

# LAVORI DI COLLEGAMENTO TRA LA S.S.11 A MAGENTA E LA TANGENZIALE OVEST DI MILANO

## VARIANTE DI ABBIATEGRASSO E ADEGUAMENTO IN SEDE DEL TRATTO ABBIATEGRASSO-VIGEVANO FINO AL PONTE SUL FIUME TICINO

### 1° STRALCIO DA MAGENTA A VIGEVANO - TRATTA C

## PROGETTO ESECUTIVO

|                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br><br><b>Ing. Renato Vaira</b><br>(Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4863 W) | <br><br><b>Ing. Valerio Bajetti</b><br>Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211                                           | <b>ING. RENATO DEL PRETE</b><br><br><b>Ing. Renato Del Prete</b><br>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073                                                  | <br><br><b>Arch. Nicoletta Frattini</b><br>Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433 | <br><br><b>Ing. Gabriele Incecchi</b><br>Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102 |
|                                                                                                                                                                          | <br>Società designata: <b>GA&amp;M</b><br><br><b>Prof. Ing. Matteo Ranieri</b><br>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137 | <b>SETAC Srl</b><br>Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni<br><br><b>Prof. Ing. Luigi Monterisi</b><br>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771 | <b>ARKE' INGENGERIA S.r.l.</b><br>Via Imperatore Traiano n. 4 - 70126 Bari<br><br><b>Ing. Gioacchino Angarano</b><br>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970              | <b>DOTT. GEOL. DANILO GALLO</b><br><br><b>Dott. Geol. Danilo Gallo</b><br>Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 688                                                      |

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO



Dott. Ing. Giuseppe Danilo MALGERI

INTEGRATORE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE



Ing. Valerio BAJETTI

GEOLOGO



Prof. Ing. Geol. Luigi MONTERISI

IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE



Ing. Gianluca CICIRIELLO

HM03

## H - PROGETTO STRUTTURALE OPERE PRINCIPALI

HM - VI02 - VIADOTTO N.02 - SVINCOLO 10

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

|                 |                                                                                     |          |                             |  |                   |                      |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------|--|-------------------|----------------------|
| CODICE PROGETTO |                                                                                     |          | NOME FILE                   |  | REVISIONE         | SCALA:               |
| PROGETTO        | LIV. PROG.                                                                          | N. PROG. | HM03-P00VI02STRRE03_B.dwg   |  |                   |                      |
| LO203           | E                                                                                   | 1801     | CODICE ELAB. P00VI02STRRE03 |  | B                 | -----                |
| C               |                                                                                     |          |                             |  |                   |                      |
| B               | EMISSIONE A SEGUITO DI RAPPORTO INTERMEDIO DI VERIFICA ITCF-C186001-01-ATF-RA-00001 |          | MAGGIO 2019                 |  | ING. NICOLA LIGAS | ING. GAETANO RANIERI |
| A               | EMISSIONE                                                                           |          | DICEMBRE 2018               |  | ING. NICOLA LIGAS | ING. GAETANO RANIERI |
| REV.            | DESCRIZIONE                                                                         |          | DATA                        |  | REDATTO           | VERIFICATO           |
|                 |                                                                                     |          |                             |  |                   | APPROVATO            |

## SOMMARIO

|        |                                                                            |    |
|--------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1      | PREMESSA .....                                                             | 7  |
| 2      | NORMATIVA.....                                                             | 8  |
| 3      | UNITA' DI MISURA .....                                                     | 8  |
| 4      | MATERIALI .....                                                            | 9  |
| 4.1    | Calcestruzzi .....                                                         | 9  |
| 4.1.1  | Calcestruzzo per opere di sottofondazione .....                            | 9  |
| 4.1.2  | Calcestruzzo per pali di fondazione (UNI 11104-2016) .....                 | 9  |
| 4.1.3  | Calcestruzzo per zattere di fondazione (UNI 11104-2016).....               | 9  |
| 4.1.4  | Calcestruzzo per elevazioni (UNI 11104-2016).....                          | 10 |
| 4.2    | Acciai.....                                                                | 10 |
| 4.2.1  | Acciaio per armatura lenta .....                                           | 10 |
| 4.3    | Calcolo dei copriferri minimi .....                                        | 11 |
| 4.3.1  | Pali di fondazione .....                                                   | 11 |
| 4.3.2  | Zattere di fondazione .....                                                | 12 |
| 4.3.3  | Elevazioni .....                                                           | 13 |
| 5      | CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....                              | 14 |
| 5.1    | Definizione della stratigrafia e dei parametri geotecnici di calcolo ..... | 14 |
| 5.2    | Approccio di calcolo .....                                                 | 15 |
| 6      | ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....                              | 16 |
| 6.1    | Identificazione della località e dei parametri sismici generali.....       | 16 |
| 6.2    | Definizione della strategia progettuale .....                              | 17 |
| 6.3    | Parametri di calcolo .....                                                 | 18 |
| 6.3.1  | Parametri numerici sismici .....                                           | 18 |
| 6.3.2  | Categoria dei terreni di fondazione e categoria topografica .....          | 19 |
| 6.3.3  | Categoria dei terreni di fondazione e categoria topografica .....          | 19 |
| 6.3.4  | Fattori di struttura.....                                                  | 19 |
| 6.4    | Definizione dello spettro di progetto elastico per lo SLV.....             | 20 |
| 6.5    | Definizione dello spettro di progetto smorzato per lo SLV .....            | 23 |
| 6.6    | Definizione dello spettro di progetto smorzato per lo SLC.....             | 24 |
| 7      | ANALISI DEI CARICHI.....                                                   | 25 |
| 7.1    | Peso proprio delle strutture in cemento armato.....                        | 25 |
| 7.2    | Peso proprio delle strutture metalliche .....                              | 25 |
| 7.3    | Peso proprio delle lastre prefabbricate tralicciate in cemento armato..... | 25 |
| 7.4    | Peso proprio della soletta in cemento armato .....                         | 25 |
| 7.5    | Peso proprio della pavimentazione stradale.....                            | 25 |
| 7.6    | Peso proprio dei cordoli laterali in cemento armato.....                   | 25 |
| 7.7    | Peso proprio delle barriere guard - rail.....                              | 26 |
| 7.8    | Peso proprio delle velette laterali prefabbricate in cemento armato .....  | 26 |
| 7.9    | Azione del ritiro sulla soletta .....                                      | 26 |
| 7.10   | Carichi accidentali .....                                                  | 27 |
| 7.10.1 | Carichi viaggianti da traffico .....                                       | 27 |
| 7.10.2 | Carico accidentale folla.....                                              | 32 |
| 7.10.3 | Incremento dinamico dei carichi mobili (q2) .....                          | 32 |
| 7.10.4 | Azione termica longitudinale .....                                         | 32 |
| 7.10.5 | Azione termica differenziale.....                                          | 32 |
| 7.11   | Azione trasversale del vento .....                                         | 42 |

|        |                                                                                           |    |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.12   | Azione sismica .....                                                                      | 43 |
| 7.12.1 | Azione inerziale delle masse.....                                                         | 43 |
| 8      | COMBINAZIONI DI CARICO.....                                                               | 44 |
| 8.1    | Combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio – Combinazioni quasi- permanenti    | 44 |
| 8.2    | Combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio – Combinazioni frequenti.....       | 44 |
| 8.3    | Combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio – Combinazioni caratteristiche..... | 44 |
| 8.4    | Combinazioni di carico allo Stato Limite Ultimo statiche.....                             | 45 |
| 8.5    | Combinazione di carico sismiche .....                                                     | 46 |
| 8.6    | Definizione dei carichi elementari e dei coefficienti di partecipazione.....              | 46 |
| 9      | MODELLO DI CALCOLO .....                                                                  | 47 |
| 9.1    | Validazione e taratura dei dati di predimensionamento del sistema di isolamento .....     | 50 |
| 10     | SPALLA A – VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI ALLO SPICCATO DELLE ELEVAZIONI.....      | 51 |
| 10.1   | Elevazione sinistra .....                                                                 | 51 |
| 10.2   | Elevazione destra.....                                                                    | 53 |
| 11     | SPALLA A – VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE DI SPICCATO DELLE ELEVAZIONI.....          | 55 |
| 11.1   | Sezione e armatura di verifica .....                                                      | 55 |
| 11.2   | Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni .....                            | 55 |
| 11.2.1 | Combinazione SLE – Quasi Permanente.....                                                  | 55 |
| 11.2.2 | Combinazione SLE – Frequente .....                                                        | 56 |
| 11.2.3 | Combinazione SLE – RARA .....                                                             | 57 |
| 11.3   | Verifica allo Stato Limite di fessurazione .....                                          | 57 |
| 11.4   | Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione .....                               | 58 |
| 11.4.1 | Combinazione SLU – STR.....                                                               | 58 |
| 11.4.2 | Combinazione SLV .....                                                                    | 59 |
| 11.5   | Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio .....                                        | 60 |
| 11.5.1 | Direzione longitudinale.....                                                              | 60 |
| 11.5.2 | Direzione trasversale .....                                                               | 61 |
| 12     | SPALLA A – VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI SULLA TRAVATA POSTERIORE .....           | 62 |
| 12.1   | Definizione del modello di calcolo e dei carichi agenti .....                             | 62 |
| 12.2   | Diagrammi delle azioni sollecitanti.....                                                  | 70 |
| 12.2.1 | Combinazione allo Stato Limite di Esercizio – Quasi Permanente .....                      | 70 |
| 12.2.2 | Combinazione allo Stato Limite di Esercizio – Frequente.....                              | 71 |
| 12.2.3 | Combinazione allo Stato Limite di Esercizio – Caratteristica.....                         | 72 |
| 12.2.4 | Combinazione allo Stato Limite Ultimo - STR .....                                         | 73 |
| 13     | SPALLA A – VERIFICHE STRUTTURALI DELLA TRAVATA POSTERIORE.....                            | 74 |
| 13.1   | Definizioni delle sezioni di verifica .....                                               | 74 |
| 13.2   | Riepilogo delle azioni sollecitanti sulle sezioni di verifica.....                        | 74 |
| 13.3   | Sezione A-A - Sezione ed armatura di verifica .....                                       | 75 |
| 13.4   | Sezione A-A - Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni .....              | 75 |
| 13.4.1 | Combinazione SLE - Quasi Permanente .....                                                 | 75 |
| 13.4.2 | Combinazione SLE - Frequente.....                                                         | 76 |
| 13.4.3 | Combinazione SLE - Caratteristica .....                                                   | 77 |
| 13.5   | Sezione A-A - Verifica allo Stato Limite di fessurazione.....                             | 78 |
| 13.5.1 | Combinazione SLE – Quasi Permanente.....                                                  | 78 |
| 13.5.2 | Combinazione SLE – Frequente .....                                                        | 79 |

|         |                                                                                                 |     |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 13.6    | Sezione A-A - Verifica allo Stato Limite Ultimo per flessione semplice .....                    | 80  |
| 13.7    | Sezione A-A - Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio.....                                 | 81  |
| 13.8    | Sezione B-B - Sezione ed armatura di verifica .....                                             | 82  |
| 13.9    | Sezione B-B - Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni .....                    | 82  |
| 13.9.1  | Combinazione SLE - Quasi Permanente .....                                                       | 82  |
| 13.9.2  | Combinazione SLE - Frequente.....                                                               | 83  |
| 13.9.3  | Combinazione SLE - Caratteristica .....                                                         | 84  |
| 13.10   | Sezione B-B - Verifica allo Stato Limite di fessurazione.....                                   | 85  |
| 13.10.1 | Combinazione SLE – Quasi Permanente .....                                                       | 85  |
| 13.10.2 | Combinazione SLE – Frequente.....                                                               | 86  |
| 13.11   | Sezione B-B - Verifica allo Stato Limite Ultimo per flessione semplice .....                    | 87  |
| 13.12   | Sezione B-B - Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio.....                                 | 88  |
| 13.13   | Sezione C-C - Sezione ed armatura di verifica .....                                             | 89  |
| 13.14   | Sezione C-C - Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni.....                     | 89  |
| 13.14.1 | Combinazione SLE - Quasi Permanente.....                                                        | 89  |
| 13.14.2 | Combinazione SLE - Frequente .....                                                              | 90  |
| 13.14.3 | Combinazione SLE - Caratteristica.....                                                          | 91  |
| 13.15   | Sezione C-C - Verifica allo Stato Limite di fessurazione .....                                  | 92  |
| 13.15.1 | Combinazione SLE – Quasi Permanente .....                                                       | 92  |
| 13.15.2 | Combinazione SLE – Frequente.....                                                               | 93  |
| 13.16   | Sezione C-C - Verifica allo Stato Limite Ultimo per flessione semplice .....                    | 94  |
| 14      | SPALLA A – VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI SUI PALI DI FONDAZIONE..                       | 95  |
| 14.1    | Azioni sollecitanti desunte dal modello di calcolo .....                                        | 95  |
| 14.1.1  | Zattera sinistra.....                                                                           | 95  |
| 14.1.2  | Zattera destra .....                                                                            | 107 |
| 14.1.3  | Riepilogo delle azioni sollecitanti desunte dal modello di calcolo .....                        | 119 |
| 14.2    | Azioni sollecitanti sul singolo palo connesse alla deformabilità orizzontale del terreno<br>120 |     |
| 14.2.1  | Valutazione della costante di reazione orizzontale del terreno .....                            | 120 |
| 14.2.2  | Zattera sinistra.....                                                                           | 122 |
| 14.2.3  | Zattera destra .....                                                                            | 127 |
| 14.2.4  | Riepilogo delle azioni sollecitanti di verifica.....                                            | 132 |
| 15      | SPALLA A – VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE .....                                   | 133 |
| 15.1    | Sezione ed armatura di verifica .....                                                           | 133 |
| 15.2    | Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni .....                                  | 133 |
| 15.2.1  | Combinazione SLE - Quasi Permanente - $N_{max}$ .....                                           | 133 |
| 15.2.2  | Combinazione SLE - Quasi Permanente – $N_{min}$ .....                                           | 134 |
| 15.2.3  | Combinazione SLE - Frequente - $N_{max}$ .....                                                  | 135 |
| 15.2.4  | Combinazione SLE - Frequente – $N_{min}$ .....                                                  | 136 |
| 15.2.5  | Combinazione SLE - Caratteristica - $N_{max}$ .....                                             | 137 |
| 15.2.6  | Combinazione SLE - Caratteristica – $N_{min}$ .....                                             | 138 |
| 15.3    | Verifica allo Stato Limite di fessurazione .....                                                | 139 |
| 15.3.1  | Combinazione SLE – Quasi Permanente - $N_{max}$ .....                                           | 139 |
| 15.3.2  | Combinazione SLE – Quasi Permanente – $N_{min}$ .....                                           | 140 |
| 15.3.3  | Combinazione SLE – Frequente - $N_{max}$ .....                                                  | 141 |
| 15.3.4  | Combinazione SLE – Frequente - $N_{min}$ .....                                                  | 142 |
| 15.4    | Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione .....                                     | 143 |
| 15.4.1  | Condizione statica SLU - STR - $N_{max}$ .....                                                  | 143 |

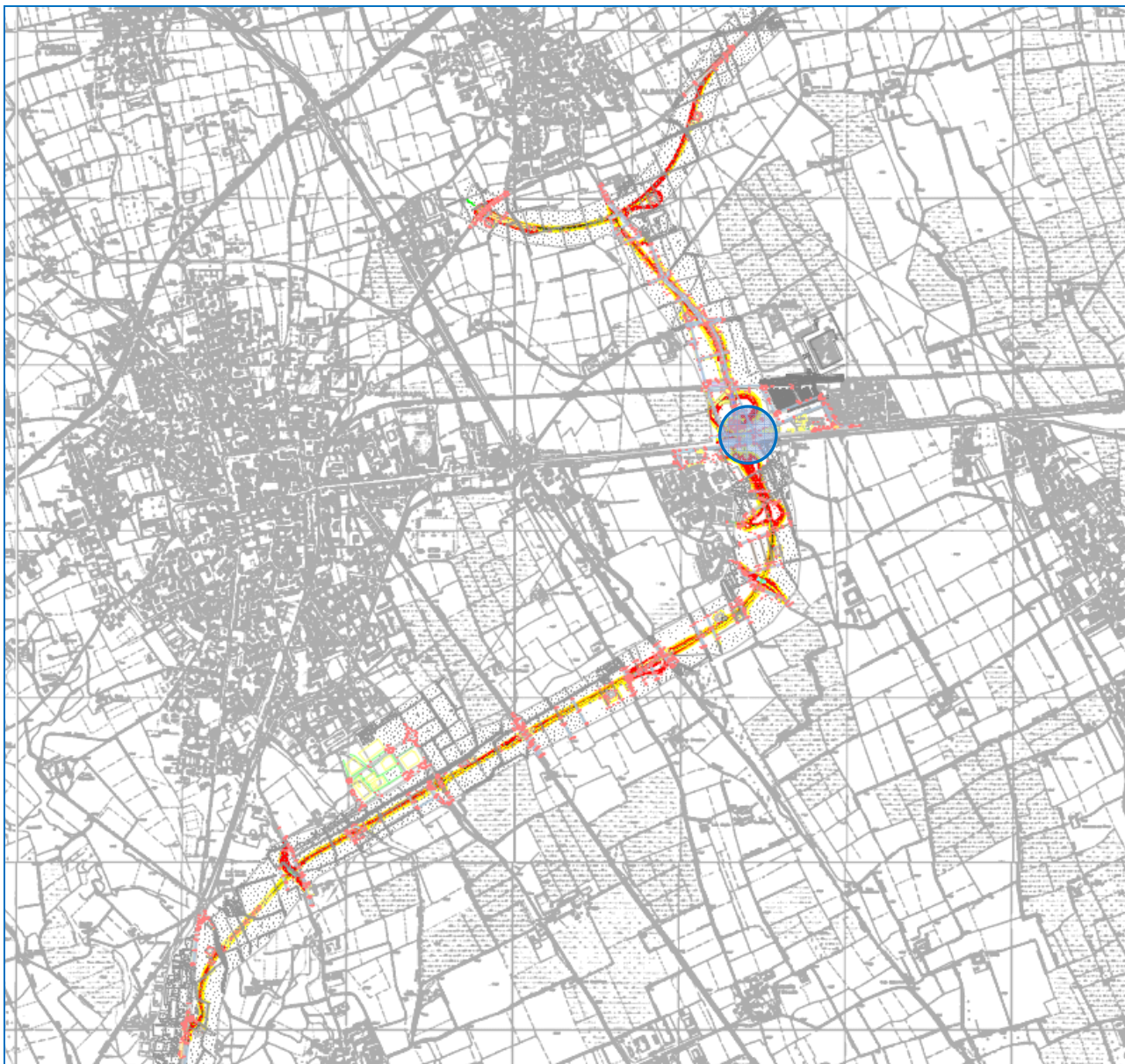
|        |                                                                                              |     |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 15.4.2 | Condizione statica SLU - STR – $N_{min}$                                                     | 144 |
| 15.4.3 | Condizione sismica SLV - $N_{max}$                                                           | 145 |
| 15.4.4 | Condizione sismica SLV – $N_{min}$                                                           | 146 |
| 15.5   | Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio                                                 | 147 |
| 16     | SPALLA A – VERIFICHE STRUTTURALI DELLE ZATTERE DI FONDAZIONE                                 | 148 |
| 16.1   | Zattera di fondazione – Verifiche strutturali                                                | 148 |
| 17     | SPALLA A – VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI DI FONDAZIONE                                      | 150 |
| 17.1   | Formulazioni adottate per la verifica del carico limite ultimo                               | 150 |
| 17.1.1 | Palo in terreno coesivo saturo                                                               | 150 |
| 17.1.2 | Palo in terreno incoerente                                                                   | 151 |
| 17.2   | Valutazione del coefficiente di capacità portante alla punta $N_q$                           | 152 |
| 17.3   | Verifiche di portanza verticale (carico limite ultimo) e laterale del palo                   | 153 |
| 17.4   | Valutazione dell'efficienza dei pali in gruppo                                               | 160 |
| 17.5   | Validazione manuale dei risultati del software                                               | 161 |
| 17.6   | Calcolo dei cedimenti verticali allo Stato Limite di Esercizio – Combinazione caratteristica | 162 |
| 18     | SPALLA B – VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI ALLO SPICCATO DELLE ELEVAZIONI              | 165 |
| 18.1   | Elevazione sinistra                                                                          | 165 |
| 18.2   | Elevazione destra                                                                            | 167 |
| 19     | SPALLA B – VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE DI SPICCATO DELLE ELEVAZIONI                  | 169 |
| 19.1   | Sezione e armatura di verifica                                                               | 169 |
| 19.2   | Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni                                     | 169 |
| 19.2.1 | Combinazione SLE – Quasi Permanente                                                          | 169 |
| 19.2.2 | Combinazione SLE – Frequente                                                                 | 170 |
| 19.2.3 | Combinazione SLE – RARA                                                                      | 171 |
| 19.3   | Verifica allo Stato Limite di fessurazione                                                   | 171 |
| 19.4   | Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione                                        | 172 |
| 19.4.1 | Combinazione SLU – STR                                                                       | 172 |
| 19.4.2 | Combinazione SLV                                                                             | 173 |
| 19.5   | Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio                                                 | 174 |
| 19.5.1 | Direzione longitudinale                                                                      | 174 |
| 19.5.2 | Direzione trasversale                                                                        | 175 |
| 20     | SPALLA B – VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI SULLA TRAVATA POSTERIORE                    | 176 |
| 20.1   | Definizione del modello di calcolo e dei carichi agenti                                      | 176 |
| 20.2   | Diagrammi delle azioni sollecitanti                                                          | 184 |
| 20.2.1 | Combinazione allo Stato Limite di Esercizio – Quasi Permanente                               | 184 |
| 20.2.2 | Combinazione allo Stato Limite di Esercizio – Frequente                                      | 185 |
| 20.2.3 | Combinazione allo Stato Limite di Esercizio – Caratteristica                                 | 186 |
| 20.2.4 | Combinazione allo Stato Limite Ultimo - STR                                                  | 187 |
| 21     | SPALLA B – VERIFICHE STRUTTURALI DELLA TRAVATA POSTERIORE                                    | 188 |
| 21.1   | Definizioni delle sezioni di verifica                                                        | 188 |
| 21.2   | Riepilogo delle azioni sollecitanti sulle sezioni di verifica                                | 188 |
| 21.3   | Sezione A-A - Sezione ed armatura di verifica                                                | 189 |
| 21.4   | Sezione A-A - Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni                       | 189 |
| 21.4.1 | Combinazione SLE - Quasi Permanente                                                          | 189 |

|         |                                                                                          |     |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 21.4.2  | Combinazione SLE - Frequente.....                                                        | 190 |
| 21.4.3  | Combinazione SLE - Caratteristica .....                                                  | 191 |
| 21.5    | Sezione A-A - Verifica allo Stato Limite di fessurazione.....                            | 192 |
| 21.5.1  | Combinazione SLE – Quasi Permanente.....                                                 | 192 |
| 21.5.2  | Combinazione SLE – Frequente .....                                                       | 193 |
| 21.6    | Sezione A-A - Verifica allo Stato Limite Ultimo per flessione semplice .....             | 194 |
| 21.7    | Sezione A-A - Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio.....                          | 195 |
| 21.8    | Sezione B-B - Sezione ed armatura di verifica .....                                      | 196 |
| 21.9    | Sezione B-B - Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni .....             | 196 |
| 21.9.1  | Combinazione SLE - Quasi Permanente .....                                                | 196 |
| 21.9.2  | Combinazione SLE - Frequente.....                                                        | 197 |
| 21.9.3  | Combinazione SLE - Caratteristica .....                                                  | 198 |
| 21.10   | Sezione B-B - Verifica allo Stato Limite di fessurazione.....                            | 199 |
| 21.10.1 | Combinazione SLE – Quasi Permanente .....                                                | 199 |
| 21.10.2 | Combinazione SLE – Frequente.....                                                        | 200 |
| 21.11   | Sezione B-B - Verifica allo Stato Limite Ultimo per flessione semplice .....             | 201 |
| 21.12   | Sezione B-B - Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio.....                          | 202 |
| 21.13   | Sezione C-C - Sezione ed armatura di verifica .....                                      | 203 |
| 21.14   | Sezione C-C - Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni.....              | 203 |
| 21.14.1 | Combinazione SLE - Quasi Permanente .....                                                | 203 |
| 21.14.2 | Combinazione SLE - Frequente .....                                                       | 204 |
| 21.14.3 | Combinazione SLE - Caratteristica.....                                                   | 205 |
| 21.15   | Sezione C-C - Verifica allo Stato Limite di fessurazione .....                           | 206 |
| 21.15.1 | Combinazione SLE – Quasi Permanente .....                                                | 206 |
| 21.15.2 | Combinazione SLE – Frequente.....                                                        | 207 |
| 21.16   | Sezione C-C - Verifica allo Stato Limite Ultimo per flessione semplice .....             | 208 |
| 22      | SPALLA B – VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI SUI PALI DI FONDAZIONE                  | 209 |
| 22.1    | Azioni sollecitanti desunte dal modello di calcolo .....                                 | 209 |
| 22.1.1  | Zattera sinistra.....                                                                    | 209 |
| 22.1.2  | Zattera destra .....                                                                     | 221 |
| 22.1.3  | Riepilogo delle azioni sollecitanti desunte dal modello di calcolo .....                 | 233 |
| 22.2    | Azioni sollecitanti sul singolo palo connesse alla deformabilità orizzontale del terreno | 234 |
| 22.2.1  | Valutazione della costante di reazione orizzontale del terreno .....                     | 234 |
| 22.2.2  | Zattera sinistra.....                                                                    | 236 |
| 22.2.3  | Zattera destra .....                                                                     | 241 |
| 22.2.4  | Riepilogo delle azioni sollecitanti di verifica.....                                     | 246 |
| 23      | SPALLA B – VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE .....                            | 247 |
| 23.1    | Sezione ed armatura di verifica .....                                                    | 247 |
| 23.2    | Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni .....                           | 247 |
| 23.2.1  | Combinazione SLE - Quasi Permanente - $N_{max}$ .....                                    | 247 |
| 23.2.2  | Combinazione SLE - Quasi Permanente – $N_{min}$ .....                                    | 248 |
| 23.2.3  | Combinazione SLE - Frequente - $N_{max}$ .....                                           | 249 |
| 23.2.4  | Combinazione SLE - Frequente – $N_{min}$ .....                                           | 250 |
| 23.2.5  | Combinazione SLE - Caratteristica - $N_{max}$ .....                                      | 251 |
| 23.2.6  | Combinazione SLE - Caratteristica – $N_{min}$ .....                                      | 252 |
| 23.3    | Verifica allo Stato Limite di fessurazione .....                                         | 253 |
| 23.3.1  | Combinazione SLE – Quasi Permanente - $N_{max}$ .....                                    | 253 |

|        |                                                                                                   |     |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 23.3.2 | Combinazione SLE – Quasi Permanente – $N_{min}$ .....                                             | 254 |
| 23.3.3 | Combinazione SLE – Frequente - $N_{max}$ .....                                                    | 255 |
| 23.3.4 | Combinazione SLE – Frequente - $N_{min}$ .....                                                    | 256 |
| 23.4   | Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione .....                                       | 257 |
| 23.4.1 | Condizione statica SLU - STR - $N_{max}$ .....                                                    | 257 |
| 23.4.2 | Condizione statica SLU - STR – $N_{min}$ .....                                                    | 258 |
| 23.4.3 | Condizione sismica SLV - $N_{max}$ .....                                                          | 259 |
| 23.4.4 | Condizione sismica SLV – $N_{min}$ .....                                                          | 260 |
| 23.5   | Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio .....                                                | 261 |
| 24     | SPALLA B – VERIFICHE STRUTTURALI DELLE ZATTERE DI FONDAZIONE .....                                | 262 |
| 24.1   | Zattera di fondazione – Verifiche strutturali.....                                                | 262 |
| 25     | SPALLA B – VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI DI FONDAZIONE .....                                     | 264 |
| 25.1   | Formulazioni adottate per la verifica del carico limite ultimo .....                              | 264 |
| 25.1.1 | Palo in terreno coesivo saturo.....                                                               | 264 |
| 25.1.2 | Palo in terreno incoerente .....                                                                  | 265 |
| 25.2   | Valutazione del coefficiente di capacità portante alla punta $N_q$ .....                          | 266 |
| 25.3   | Verifiche di portanza verticale (carico limite ultimo) e laterale del palo .....                  | 267 |
| 25.4   | Valutazione dell'efficienza dei pali in gruppo .....                                              | 274 |
| 25.5   | Validazione manuale dei risultati del software .....                                              | 275 |
| 25.6   | Calcolo dei cedimenti verticali allo Stato Limite di Esercizio – Combinazione caratteristica..... | 276 |
| 26     | VERIFICHE STRUTTURALI DEI BAGGIOLI DI APPOGGIO E DEI RITEGNI SISMICI TRASVERSALI .....            | 279 |
| 26.1   | Valutazione delle azioni sollecitanti sugli appoggi .....                                         | 279 |
| 26.2   | Baggioli di appoggio .....                                                                        | 281 |
| 26.2.1 | Verifica a punzonamento .....                                                                     | 281 |
| 26.2.2 | Verifica nei confronti delle azioni orizzontali.....                                              | 282 |
| 26.3   | Ritegni sismici trasversali .....                                                                 | 283 |
| 26.3.1 | Verifica nei confronti delle azioni orizzontali.....                                              | 283 |

## 1 PREMESSA

La presente relazione riporta il dimensionamento e le verifiche strutturali delle sottostrutture del viadotto VI-02 nell'ambito della Tratta "C" del "Collegamento tra la S.S. 11 "Padana Superiore" a Magenta e la Tangenziale ovest di Milano, con variante di Abbiategrasso e adeguamento in sede del tratto del Tratto Abbiategrasso-Vigevano fino al ponte sul fiume Ticino".



## 2 NORMATIVA

Nella redazione dei calcoli statici ci si è attenuti alle prescrizioni della Normativa vigente; in particolare:

- **Legge n°1086 del 05/11/1971** “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”
- **Legge n°64 del 02/02/1974** “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”
- **Decreto Ministeriale 17/01/2018** “Norme Tecniche per le Costruzioni”
- **Circolare Min. 02/02/2009, n° 617** “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008”
- **UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1 – Parte 2)** → Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti
- **UNI EN 1992-1 (Eurocodice 2 – Parte 1)** → Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Regole generali
- **UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2 – Parte 2)** → Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Ponti
- **UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8 – Parte 2)** → Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti
- **UNI EN 206-1:2006** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione e conformità
- **UNI 11104** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

## 3 UNITA' DI MISURA

Nei calcoli è stato fatto uso delle seguenti unità di misura:

- per i carichi:  $\text{kN/m}^2$ ,  $\text{kN/m}$ ,  $\text{kN}$
- per i momenti:  $\text{kNm}$
- per i tagli e sforzi normali:  $\text{kN}$
- per le tensioni:  $\text{N/mm}^2$
- per le accelerazioni:  $\text{m/sec}^2$

## 4 MATERIALI

### 4.1 CALCESTRUZZI

#### 4.1.1 CALCESTRUZZO PER OPERE DI SOTTOFONDAZIONE

Per le opere di sottofondazione è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C12/15** e classe di esposizione **X0**.

Tale calcestruzzo non ha valenza strutturale e quindi non se ne riportano le caratteristiche meccaniche.

#### 4.1.2 CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE (UNI 11104-2016)

Per i pali di fondazione è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C25/30** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

| CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI - D.M. 17.01.2018 |           |                  |                      |
|---------------------------------------------------------------|-----------|------------------|----------------------|
| Classe di resistenza del calcestruzzo                         | C25/30    |                  |                      |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione               | $R_{ck}$  | <b>30,00</b>     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione           | $f_{ck}$  | <b>24,90</b>     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg            | $f_{cm}$  | <b>32,90</b>     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo a compressione                          | $f_{cd}$  | <b>14,11</b>     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza media a trazione                                   | $f_{ctm}$ | <b>2,56</b>      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza caratteristica a trazione                          | $f_{ctk}$ | <b>1,79</b>      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo a trazione                              | $f_{ctd}$ | <b>1,19</b>      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Modulo elastico istantaneo                                    | $E_c$     | <b>31.220,19</b> | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Modulo elastico medio                                         | $E_{cm}$  | <b>30.440,77</b> | [N/mm <sup>2</sup> ] |

- Classe di esposizione: **XC2**
- Classe di consistenza: **S4**
- Rapporto minimo acqua / cemento: **0,60**
- Contenuto minimo di cemento: **300 kg/mc**
- Diametro massimo degli inerti: **30 mm**
- Copriferro netto minimo: **60 mm**

#### 4.1.3 CALCESTRUZZO PER ZATTERE DI FONDAZIONE (UNI 11104-2016)

Per le zattere di fondazione è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **32/40** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

| CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI - D.M. 17.01.2018 |           |                  |                      |
|---------------------------------------------------------------|-----------|------------------|----------------------|
| Classe di resistenza del calcestruzzo                         | C32/40    |                  |                      |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione               | $R_{ck}$  | <b>40,00</b>     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione           | $f_{ck}$  | <b>33,20</b>     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg            | $f_{cm}$  | <b>41,20</b>     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo a compressione                          | $f_{cd}$  | <b>18,81</b>     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza media a trazione                                   | $f_{ctm}$ | <b>3,10</b>      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza caratteristica a trazione                          | $f_{ctk}$ | <b>2,17</b>      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo a trazione                              | $f_{ctd}$ | <b>1,45</b>      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Modulo elastico istantaneo                                    | $E_c$     | <b>36.049,97</b> | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Modulo elastico medio                                         | $E_{cm}$  | <b>32.811,24</b> | [N/mm <sup>2</sup> ] |

- Classe di esposizione: **XC2**
- Classe di consistenza: **S4**
- Rapporto minimo acqua / cemento: **0,60**
- Contenuto minimo di cemento: **300 kg/mc**
- Diametro massimo degli inerti: **30 mm**
- Copriferro netto minimo: **40 mm**

#### 4.1.4 CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONI (UNI 11104-2016)

Per le elevazioni è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C32/40** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

| CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI - D.M. 17.01.2018 |           |                  |                      |
|---------------------------------------------------------------|-----------|------------------|----------------------|
| Classe di resistenza del calcestruzzo                         | C32/40    |                  |                      |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione               | $R_{ck}$  | <b>40,00</b>     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione           | $f_{ck}$  | <b>33,20</b>     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg            | $f_{cm}$  | <b>41,20</b>     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo a compressione                          | $f_{cd}$  | <b>18,81</b>     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza media a trazione                                   | $f_{ctm}$ | <b>3,10</b>      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza caratteristica a trazione                          | $f_{ctk}$ | <b>2,17</b>      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo a trazione                              | $f_{ctd}$ | <b>1,45</b>      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Modulo elastico istantaneo                                    | $E_c$     | <b>36.049,97</b> | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Modulo elastico medio                                         | $E_{cm}$  | <b>32.811,24</b> | [N/mm <sup>2</sup> ] |

- Classe di esposizione: **XF2**
- Classe di consistenza: **S6**
- Rapporto minimo acqua / cemento: **0,50**
- Contenuto minimo di cemento: **340 kg/mc**
- Diametro massimo degli inerti: **20 mm**
- Copriferro netto minimo: **40 mm**

## 4.2 ACCIAI

### 4.2.1 ACCIAIO PER ARMATURA LENTA

Per le armature lente è stato previsto un acciaio del tipo **B450C**, con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- $f_{t,k}$  = 540,00 N/mm<sup>2</sup> (resistenza caratteristica a rottura)
- $f_{y,k}$  = 450,00 N/mm<sup>2</sup> (tensione caratteristica di snervamento)
- $f_{y,d}$  = 391,30 N/mm<sup>2</sup> (resistenza di calcolo –  $\gamma_s=1,15$ )
- $E_s$  = 210.000,00 N/mm<sup>2</sup> (modulo elastico istantaneo)

### 4.3 CALCOLO DEI COPRIFERRI MINIMI

Ai sensi delle prescrizioni di cui alla normativa vigente e con riferimento alla procedura di calcolo prevista dalla Circolare Applicativa (riferita alla normativa del 2008 ma a tutt'oggi valida) si riporta di seguito il calcolo del copriferro minimo inteso come ricoprimento delle barre.

#### 4.3.1 PALI DI FONDAZIONE

|                                                                                   |             |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------|
|  | CODICE FILE | MAT-02             |
|                                                                                   | OGGETTO:    | CALCOLO COPRIFERRO |

| Definizione della condizioni ambientali (TABELLA 4.1.IV - Descrizione delle condizioni ambientali) |                                   |                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Condizioni ambientali</b>                                                                       | <b>Classe di esposizione</b>      | <b>Classe di esposizione di progetto</b> |
| Ordinarie                                                                                          | X0, XC1, XC2, XC3, XF1            | XC2                                      |
| Aggressive                                                                                         | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 | Condizioni ambientali di progetto        |
| Molto Aggressive                                                                                   | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4      | Ordinario                                |

| Definizione della classi di resistenza rispetto alla Tabelle C4.1.IV |                                              |                                                  |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Classe minima Cmin</b>                                            | <b>Classe di resistenza del calcestruzzo</b> | <b>Classe di resistenza del calcestruzzo</b>     |
| C25/30                                                               | Barre da c.a. altri elemen                   | C25/30                                           |
| <b>Classe C0</b>                                                     | <b>Vita Nominale dell'opera</b>              | <b>Produzioni sottoposte a controllo qualità</b> |
| C45/55                                                               | 50 Anni                                      | NO                                               |

| Determinazione del copriferro minimo (Tab. C4.1.IV)                                                                     |           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| Copriferro minimo ai sensi della tabella e delle precisazioni di cui al capitolo C4.1.6.1.3 della Circolare Applicativa | 25        | mm        |
| Tolleranza costruttiva                                                                                                  | 5         | mm        |
| <b>COPRIFERRO MINIMO DI PROGETTO</b>                                                                                    | <b>30</b> | <b>mm</b> |

#### 4.3.2 ZATTERE DI FONDAZIONE

|                                                                                   |             |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------|
|  | CODICE FILE | MAT-02             |
|                                                                                   | OGGETTO:    | CALCOLO COPRIFERRO |

| Definizione delle condizioni ambientali (TABELLA 4.1.IV - Descrizione delle condizioni ambientali) |                                   |                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                                                                                                    |                                   |                                   |
| Condizioni ambientali                                                                              | Classe di esposizione             | Classe di esposizione di progetto |
| Ordinarie                                                                                          | X0,XC1,XC2,XC3,XF1                | XC2                               |
| Aggressive                                                                                         | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 | Condizioni ambientali di progetto |
| Molto Aggressive                                                                                   | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4      | Ordinario                         |

| Definizione delle classi di resistenza rispetto alla Tabelle C4.1.IV |                                       |                                           |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                      |                                       |                                           |
| Classe minima Cmin                                                   | Classe di resistenza del calcestruzzo | Classe di resistenza del calcestruzzo     |
| C25/30                                                               | Barre da c.a. elementi a p            | C32/40                                    |
| Classe C0                                                            | Vita Nominale dell'opera              | Produzioni sottoposte a controllo qualità |
| C45/55                                                               | 50 Anni                               | NO                                        |

| Determinazione del copriferro minimo (Tab. C4.1.IV)                                                                     |           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| Copriferro minimo ai sensi della tabella e delle precisazioni di cui al capitolo C4.1.6.1.3 della Circolare Applicativa | 20        | mm        |
| Tolleranza costruttiva                                                                                                  | 5         | mm        |
| <b>COPRIFERRO MINIMO DI PROGETTO</b>                                                                                    | <b>25</b> | <b>mm</b> |

### 4.3.3 ELEVAZIONI

|                                                                                   |             |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------|
|  | CODICE FILE | MAT-02             |
|                                                                                   | OGGETTO:    | CALCOLO COPRIFERRO |

| Definizione delle condizioni ambientali (TABELLA 4.1.IV - Descrizione delle condizioni ambientali) |                                   |                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Condizioni ambientali</b>                                                                       | <b>Classe di esposizione</b>      | <b>Classe di esposizione di progetto</b> |
| Ordinarie                                                                                          | X0,XC1,XC2,XC3,XF1                | XF2                                      |
| Aggressive                                                                                         | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 | <b>Condizioni ambientali di progetto</b> |
| Molto Aggressive                                                                                   | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4      | <b>Aggressivo</b>                        |

| Definizione delle classi di resistenza rispetto alla Tabelle C4.1.IV |                                              |                                                  |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Classe minima Cmin</b>                                            | <b>Classe di resistenza del calcestruzzo</b> | <b>Classe di resistenza del calcestruzzo</b>     |
| C28/35                                                               | Barre da c.a. elementi a p                   | C32/40                                           |
| <b>Classe C0</b>                                                     | <b>Vita Nominale dell'opera</b>              | <b>Produzioni sottoposte a controllo qualità</b> |
| C45/55                                                               | 50 Anni                                      | NO                                               |

| Determinazione del copriferro minimo (Tab. C4.1.IV)                                                                     |           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| Copriferro minimo ai sensi della tabella e delle precisazioni di cui al capitolo C4.1.6.1.3 della Circolare Applicativa | 30        | mm        |
| Tolleranza costruttiva                                                                                                  | 5         | mm        |
| <b>COPRIFERRO MINIMO DI PROGETTO</b>                                                                                    | <b>35</b> | <b>mm</b> |

## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

### 5.1 DEFINIZIONE DELLA STRATIGRAFIA E DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

In relazione a quanto riportato all'interno della relazione geologica e geotecnica per la verifica geotecnica dei pali di fondazione delle spalle e delle pile si farà riferimento alla seguente stratigrafia:

- **Strato 1** – Unità litotecnica **G3** (da p.c. a quota -0,70 m da p.c.)
  - Peso specifico:  $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$
  - Peso specifico efficace:  $\gamma' = 8,50 \text{ kN/m}^3$
  - Angolo di attrito interno:  $\phi = 30,90^\circ$
  - Coesione drenata:  $c' = 0,00 \text{ kN/m}^2$
  - Densità relativa:  $D_r = 49,60\%$
  - Modulo elastico:  $E = 22,30 \text{ N/mm}^2$
- **Strato 2** – Unità litotecnica **L5** (da quota -0,70 a quota -2,20 m da p.c.)
  - Peso specifico:  $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
  - Peso specifico efficace:  $\gamma' = 9,00 \text{ kN/m}^3$
  - Coesione non drenata:  $c_u = 26,60 \text{ kN/m}^2$
- **Strato 3** – Unità litotecnica **G3** (da quota -2,20 a quota -9,85 m da p.c.)
  - Peso specifico:  $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$
  - Peso specifico efficace:  $\gamma' = 8,50 \text{ kN/m}^3$
  - Angolo di attrito interno:  $\phi = 30,90^\circ$
  - Coesione drenata:  $c' = 0,00 \text{ kN/m}^2$
  - Densità relativa:  $D_r = 49,60\%$
  - Modulo elastico:  $E = 22,30 \text{ N/mm}^2$
- **Strato 4** – Unità litotecnica **S1** (quota > -9,85 m da p.c.)
  - Peso specifico:  $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
  - Peso specifico efficace:  $\gamma' = 9,00 \text{ kN/m}^3$
  - Angolo di attrito interno:  $\phi = 31,70^\circ$
  - Coesione drenata:  $c' = 0,00 \text{ kN/m}^2$
  - Densità relativa:  $D_r = 50,00\%$
  - Modulo elastico:  $E = 21,70 \text{ N/mm}^2$

La falda è posta a quota – **1,00 m** di profondità dal piano di campagna.

Poiché il piano di posa delle zattere di fondazione è disposto a una quota massima pari a **-2,80 m** da p.c. (**1,00 m** di ricoprimento superiore + **1,80 m** di spessore delle zattere), la stratigrafia considerata per le verifiche geotecniche e strutturali è la seguente:

- **Strato 3** – Unità litotecnica **G3** (da quota 0,00 a quota -7,05 m da piano di posa delle zattere)
  - Peso specifico:  $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$
  - Peso specifico efficace:  $\gamma' = 8,50 \text{ kN/m}^3$
  - Angolo di attrito interno:  $\phi = 30,90^\circ$
  - Coesione drenata:  $c' = 0,00 \text{ kN/m}^2$
  - Densità relativa:  $D_r = 49,60\%$
  - Modulo elastico:  $E = 22,30 \text{ N/mm}^2$

- **Strato 4** – Unità litotecnica **S1** (quota > -7,05 m dal piano di posa delle zattere)
  - Peso specifico:  $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
  - Peso specifico efficace:  $\gamma' = 9,00 \text{ kN/m}^3$
  - Angolo di attrito interno:  $\phi = 31,70^\circ$
  - Coesione drenata:  $c' = 0,00 \text{ kN/m}^2$
  - Densità relativa:  $D_r = 50,00\%$
  - Modulo elastico:  $E = 21,70 \text{ N/mm}^2$

La falda di calcolo è assunta a quota **0,00 m** di profondità dal piano posa delle zattere di fondazione.

## 5.2 APPROCCIO DI CALCOLO

Le verifiche geotecniche di carico limite ultimo e di portanza laterale vengono condotte secondo l'approccio 2 previsto dal D.M.17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" - Combinazione A1 - M1 - R3.

| Resistenza               | Simbolo       | Pali infissi |      |      | Pali trivellati |      |      | Pali ad elica continua |      |      |
|--------------------------|---------------|--------------|------|------|-----------------|------|------|------------------------|------|------|
|                          |               | (R1)         | (R2) | (R3) | (R1)            | (R2) | (R3) | (R1)                   | (R2) | (R3) |
| Base                     | $\gamma_b$    | 1,0          | 1,45 | 1,15 | 1,0             | 1,7  | 1,35 | 1,0                    | 1,6  | 1,3  |
| Laterale in compressione | $\gamma_s$    | 1,0          | 1,45 | 1,15 | 1,0             | 1,45 | 1,15 | 1,0                    | 1,45 | 1,15 |
| Totale (*)               | $\gamma_t$    | 1,0          | 1,45 | 1,15 | 1,0             | 1,6  | 1,30 | 1,0                    | 1,55 | 1,25 |
| Laterale in trazione     | $\gamma_{st}$ | 1,0          | 1,6  | 1,25 | 1,0             | 1,6  | 1,25 | 1,0                    | 1,6  | 1,25 |

**Tabella 6.4.II** – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche.

È stata considerata la presenza di un'unica verticale indagata al fine di determinare il valore dei fattori di riduzione delle resistenze caratteristiche  $\xi_3$  e  $\xi_4$ :

| Numero di verticali indagate | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 7    | $\geq 10$ |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| $\xi_3$                      | 1,70 | 1,65 | 1,60 | 1,55 | 1,50 | 1,45 | 1,40      |
| $\xi_4$                      | 1,70 | 1,55 | 1,48 | 1,42 | 1,34 | 1,28 | 1,21      |

**Tabella 6.4.IV** – Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate.

Sulla base di quanto riportato all'interno della relazione geotecnica è possibile considerare un numero di verticali indagate pari a 7.

## 6 ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA

### 6.1 IDENTIFICAZIONE DELLA LOCALITÀ E DEI PARAMETRI SISMICI GENERALI



Il sito è definito dalle seguenti coordinate geografiche:

- Longitudine: **8,953306**
- Latitudine: **45,401149**

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

☐ Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

● Sito esterno al reticolo

● Interpolazione su 3 nodi

● Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che ... all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

## 6.2 DEFINIZIONE DELLA STRATEGIA PROGETTUALE

In riferimento al D.M. 17.01.2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”, le opere sono progettate (in funzione dell'importanza strategica dell'infrastruttura) secondo i seguenti parametri:

- Vita Nominale dell'opera: **50 anni**

**Tabella 2.4.I** – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere

| TIPI DI COSTRUZIONE |                                                                                                        | Vita Nominale<br>$V_N$ (in anni) |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1                   | Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>                   | $\leq 10$                        |
| 2                   | Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale | $\geq 50$                        |
| 3                   | Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica    | $\geq 100$                       |

- Classe d'uso dell'opera: **IV**

### 2.4.2 CLASSI D'USO

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

*Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

*Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

*Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

- Coefficiente di utilizzo dell'opera: **2,00**

**Tab. 2.4.II** – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

| CLASSE D'USO       | I   | II  | III | IV  |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| COEFFICIENTE $C_U$ | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

- Vita di riferimento dell'opera: **100 anni**

### 2.4.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.4.1)$$

Qui di seguito si riporta la sintesi delle scelte progettuali adottati con i tempi di ritorno dell'azione sismica identificati in funzione del singolo stato limite.

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

---

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE

Stati limite ultimi - SLU

$\left\{ \begin{array}{l} \text{SLO} - P_{VR} = 81\% \\ \text{SLD} - P_{VR} = 63\% \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{SLV} - P_{VR} = 10\% \\ \text{SLC} - P_{VR} = 5\% \end{array} \right.$

---

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

--□-- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

## 6.3 PARAMETRI DI CALCOLO

### 6.3.1 PARAMETRI NUMERICI SISMICI

Sono stati definiti e utilizzati nei calcoli 3 differenti spettri di risposta di progetto:

- Spettro di progetto elastico valutato per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per la valutazione delle azioni sismiche dovute alla massa delle sottostrutture e del terreno e dei sovraccarichi direttamente gravanti su di esse.
- Spettro di progetto "smorzato" (per la presenza dell'isolamento sismico alla base dell'impalcato) valutato per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per la valutazione delle azioni sismiche dovute alla massa dell'impalcato e ai sovraccarichi su esso agenti e trasmessi dagli isolatori sismici alle sottostrutture inferiori.
- Spettro di progetto "smorzato" (per la presenza dell'isolamento sismico alla base dell'impalcato) valutato allo Stato Limite di Collasso per il dimensionamento degli isolatori sismici e la verifica dello spostamento di progetto degli stessi.

Nella tabella successiva sono riportati i parametri numerici sismici per i periodi di ritorno associati ai diversi Stati Limite:

| SLATO LIMITE | $T_R$<br>[anni] | $a_g$<br>[g] | $F_0$<br>[-] | $T_c^*$<br>[s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO          | 60              | 0,023        | 2,546        | 0,194          |
| SLD          | 101             | 0,028        | 2,591        | 0,211          |
| SLV          | 949             | 0,051        | 2,730        | 0,303          |
| SLC          | 1950            | 0,060        | 2,820        | 0,318          |

### 6.3.2 CATEGORIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE E CATEGORIA TOPOGRAFICA

Ai sensi di quanto riportato nella Relazione Geotecnica e all'interno dei profili geotecnici allegati al presente progetto esecutivo il terreno di fondazione è classificato similmente come di **categoria C**.

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

| Categoria | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A</b>  | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.                                                                                                                                                                                     |
| <b>B</b>  | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).      |
| <b>C</b>  | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina). |
| <b>D</b>  | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).                |
| <b>E</b>  | <i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).                                                                                                                                                                                                                                                                      |

### 6.3.3 CATEGORIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE E CATEGORIA TOPOGRAFICA

Considerando che il territorio si presenta essenzialmente pianeggiante e privo di significati salti di quota la categoria topografica del sito è stata assunta pari a **categoria T<sub>1</sub>**.

**Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche**

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica                                                                    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>T1</b> | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$                      |
| <b>T2</b> | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$                                                                    |
| <b>T3</b> | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| <b>T4</b> | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$                  |

### 6.3.4 FATTORI DI STRUTTURA

A favore di sicurezza il calcolo e le verifiche sono stati effettuati in campo elastico.

Il fattore di struttura è stato pertanto posto pari a **q = 1,00**.

Lo spettro di progetto adottato sarà pertanto identico allo spettro elastico.

## 6.4 DEFINIZIONE DELLO SPETTRO DI PROGETTO ELASTICO PER LO SLV

Nell'immagine successiva è riportata la determinazione dei parametri dello spettro di risposta elastico valutato per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV):

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**

Stato Limite considerato SLV info

**Risposta sismica locale**

Categoria di sottosuolo C info

Categoria topografica T1 info

$S_s =$  1,500 info

$C_c =$  1,557 info

$h/H =$  1,000 info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

$S_T =$  1,000 info

**Compon. orizzontale**

☒ Spettro di progetto elastico (SLE)

☐ Spettro di progetto inelastico (SLU)

Smorzamento  $\xi$  (%) 5 info

Fattore  $q_0$  1 info

Regol. in altezza sì info

**Compon. verticale**

Spettro di progetto Fattore  $q$  1 info

**Elaborazioni**

Grafici spettri di risposta ➔

Parametri e punti spettri di risposta ➔

**Spettri di risposta**

— Spettro di progetto - componente orizzontale  
— Spettro di progetto - componente verticale  
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Nella tabella successiva sono riportati analiticamente i parametri sismici ed i valori delle accelerazioni normalizzate in funzione del periodo di vibrazione:

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

#### Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV     |
|--------------|---------|
| $a_g$        | 0,051 g |
| $F_o$        | 2,730   |
| $T_c$        | 0,303 s |
| $S_s$        | 1,500   |
| $C_D$        | 1,557   |
| $S_T$        | 1,000   |
| $q$          | 1,000   |

#### Parametri dipendenti

|        |         |
|--------|---------|
| $S$    | 1,500   |
| $\eta$ | 1,000   |
| $T_B$  | 0,157 s |
| $T_C$  | 0,472 s |
| $T_D$  | 1,804 s |

#### Punti dello spettro di risposta

| T [s] | Se [g] |
|-------|--------|
| 0,000 | 0,077  |
| 0,157 | 0,209  |
| 0,472 | 0,209  |
| 0,535 | 0,184  |
| 0,599 | 0,165  |
| 0,662 | 0,149  |
| 0,725 | 0,136  |
| 0,789 | 0,125  |
| 0,852 | 0,116  |
| 0,916 | 0,108  |
| 0,979 | 0,101  |
| 1,043 | 0,095  |
| 1,106 | 0,089  |
| 1,170 | 0,084  |
| 1,233 | 0,080  |
| 1,297 | 0,076  |
| 1,360 | 0,072  |
| 1,423 | 0,069  |
| 1,487 | 0,066  |
| 1,550 | 0,064  |
| 1,614 | 0,061  |
| 1,677 | 0,059  |
| 1,741 | 0,057  |
| 1,804 | 0,055  |
| 1,909 | 0,049  |
| 2,013 | 0,044  |
| 2,118 | 0,040  |
| 2,222 | 0,036  |
| 2,327 | 0,033  |
| 2,432 | 0,030  |
| 2,536 | 0,028  |
| 2,641 | 0,026  |
| 2,745 | 0,024  |
| 2,850 | 0,022  |
| 2,954 | 0,020  |
| 3,059 | 0,019  |
| 3,163 | 0,018  |
| 3,268 | 0,017  |
| 3,373 | 0,016  |
| 3,477 | 0,015  |
| 3,582 | 0,014  |
| 3,686 | 0,013  |
| 3,791 | 0,012  |
| 3,895 | 0,012  |
| 4,000 | 0,011  |

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_D \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

#### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

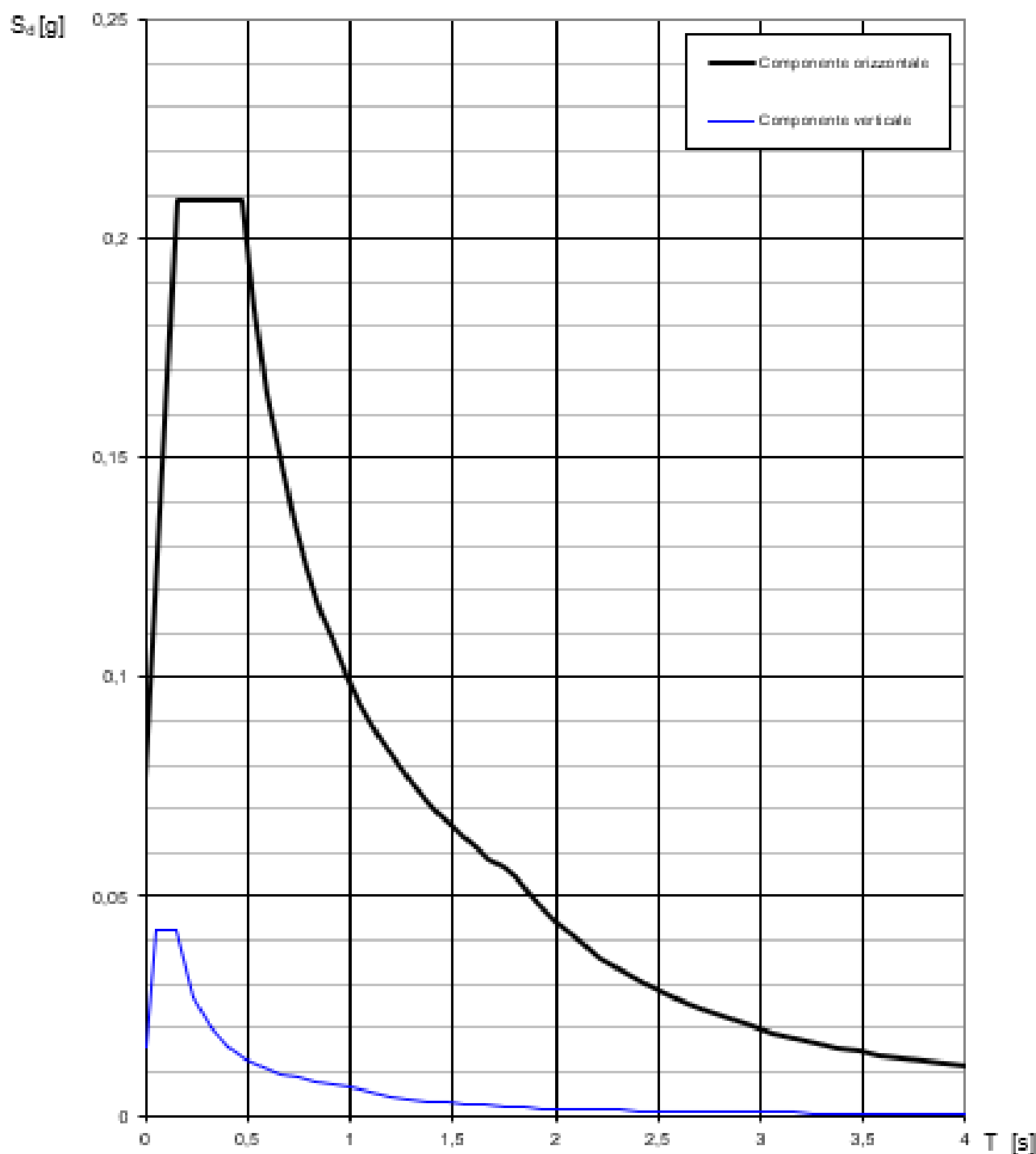
$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Nell'immagine successiva è riportato il diagramma dello spettro di risposta per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita:

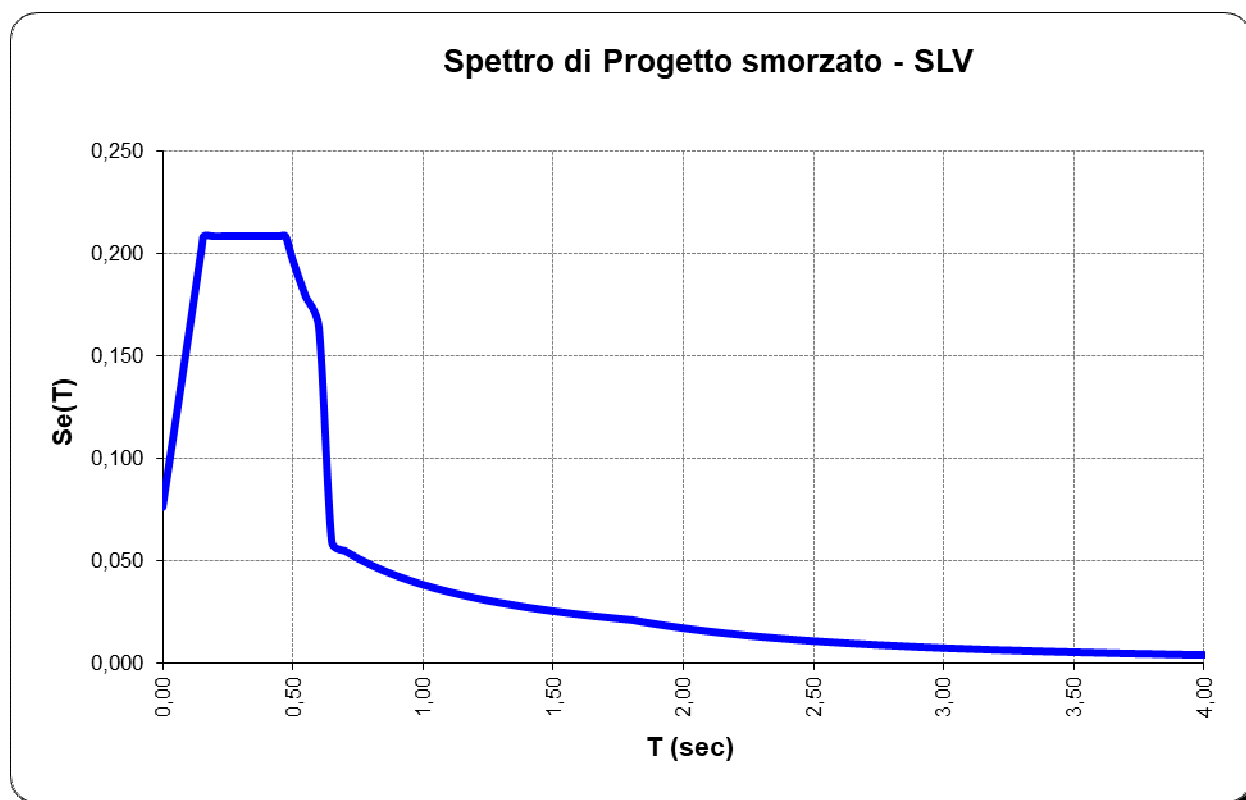


## 6.5 DEFINIZIONE DELLO SPETTRO DI PROGETTO SMORZATO PER LO SLV

Nell'immagine successiva è riportata la determinazione dei parametri dello spettro di risposta smorzato valutato per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV):

| PARAMETRI SISMICI |       |     |
|-------------------|-------|-----|
| $a_g$             | 0,051 |     |
| $F_0$             | 2,730 |     |
| $T_C^*$           | 0,303 | sec |
| $S_S$             | 1,500 |     |
| $C_C$             | 1,557 |     |
| $S_T$             | 1,000 |     |
| $S$               | 1,500 |     |
| $T_B$             | 0,157 | sec |
| $T_C$             | 0,472 | sec |
| $T_D$             | 1,804 | sec |
| $T_{iso}$         | 0,753 | sec |
| $\xi$             | 0,601 |     |

Nell'immagine successiva è riportato il diagramma dello spettro di risposta smorzato per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita:

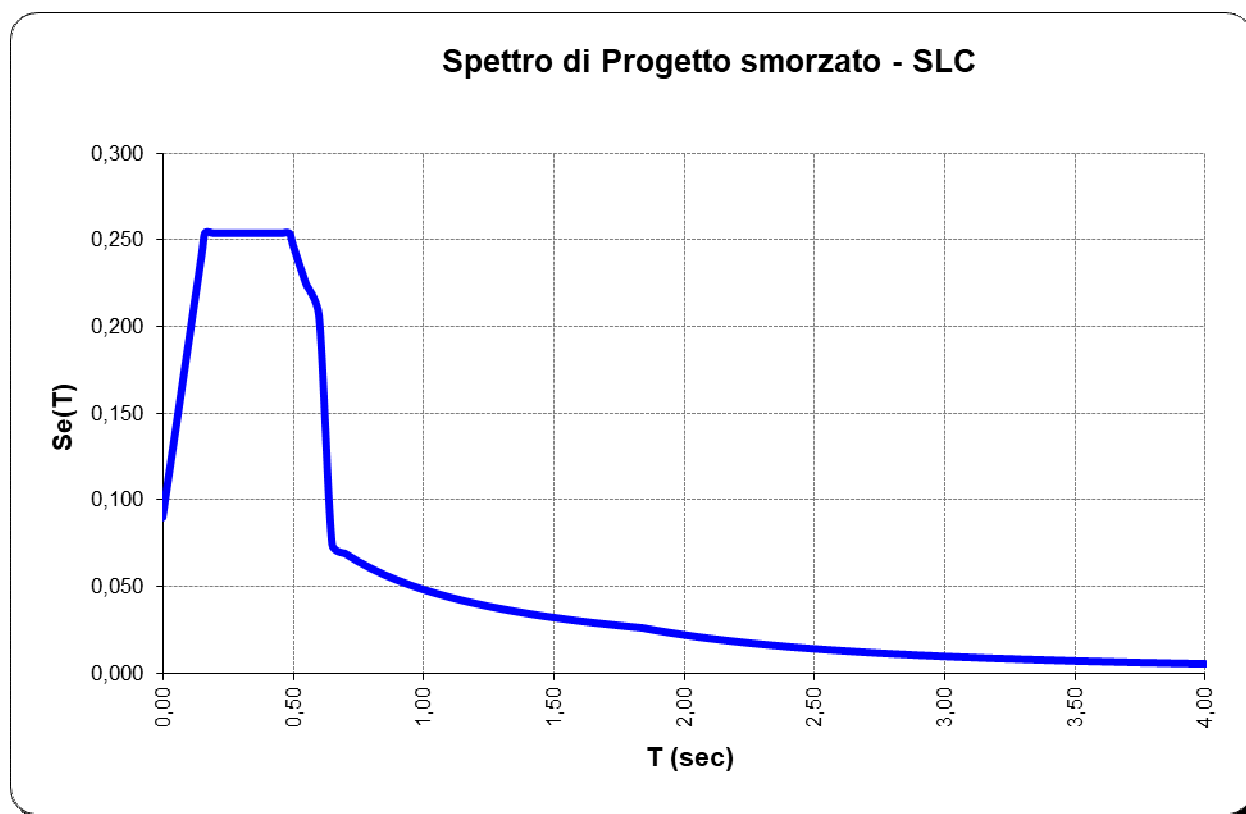


## 6.6 DEFINIZIONE DELLO SPETTRO DI PROGETTO SMORZATO PER LO SLC

Nell'immagine successiva è riportata la determinazione dei parametri dello spettro di risposta smorzato valutato per lo Stato Limite di Collasso (SLC):

| PARAMETRI SISMICI |       |     |
|-------------------|-------|-----|
| $a_g$             | 0,060 |     |
| $F_0$             | 2,820 |     |
| $T_C^*$           | 0,318 | sec |
| $S_S$             | 1,500 |     |
| $C_C$             | 1,533 |     |
| $S_T$             | 1,000 |     |
| $S$               | 1,500 |     |
| $T_B$             | 0,162 | sec |
| $T_C$             | 0,487 | sec |
| $T_D$             | 1,839 | sec |
| $T_{iso}$         | 0,753 | sec |
| $\xi$             | 0,601 |     |

Nell'immagine successiva è riportato il diagramma dello spettro di risposta smorzato per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita:



## 7 ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 PESO PROPRIO DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

Il peso proprio delle strutture in cemento armato delle spalle viene attribuito automaticamente dal programma di calcolo in relazione alle dimensioni reali delle sezioni strutturali.

Il peso per unità di volume del cemento armato è assunto pari a **25,00 kN/m<sup>3</sup>**.

### 7.2 PESO PROPRIO DELLE STRUTTURE METALLICHE

Il peso proprio delle strutture metalliche viene attribuito automaticamente dal programma di calcolo e viene opportunamente maggiorato per tener conto di irrigidenti, minuteria, bulloneria e saldature.

Il peso per unità di volume dell'acciaio è assunto pari a **78,50 kN/m<sup>3</sup>**.

### 7.3 PESO PROPRIO DELLE LASTRE PREFABBRICATE TRALICCIATE IN CEMENTO ARMATO

Lo spessore della lastra prefabbricata tralicciata è assunto pari a **5 cm**. Assunto il peso per unità di volume del calcestruzzo armato pari a **25,00 kN/m<sup>3</sup>**, il peso per unità di superficie della lastra prefabbricata tralicciata vale pertanto:

$$p_{\text{lastra}} = 0,05 \times 25,00 = 1,25 \text{ kN/m}^2$$

La larghezza di influenza delle travi risulta pari a **3,00 m**, cui corrisponde un carico per unità di lunghezza su ciascuna trave pari a:

$$p_{\text{lastra}} = 1,25 \times 3,00 = 3,75 \text{ kN/m}$$

### 7.4 PESO PROPRIO DELLA SOLETTA IN CEMENTO ARMATO

Lo spessore della soletta è assunto pari a **25 cm**. Assunto il peso per unità di volume del cemento armato pari a **25,0 kN/m<sup>3</sup>**, il peso per unità di superficie della soletta vale pertanto:

$$p_{\text{getto.soletta}} = 0,25 \times 25,00 = 6,25 \text{ kN/m}^2$$

La larghezza di influenza delle travi risulta pari a **3,00 m**, cui corrisponde un carico per unità di lunghezza su ciascuna trave pari a:

$$p_{\text{getto.soletta}} = 6,25 \times 3,00 = 18,75 \text{ kN/m}$$

### 7.5 PESO PROPRIO DELLA PAVIMENTAZIONE STRADALE

Il peso per unità di volume della pavimentazione stradale è assunto pari a **22,00 kN/m<sup>3</sup>**.

Lo spessore della pavimentazione è variabile da un minimo di **11 cm** a un massimo di **24 cm**. Lo spessore medio risulta dunque pari a **17,50 cm**. Il peso per unità di superficie dovuto alla pavimentazione stradale risulta pertanto pari:

$$p_{\text{pav}} = 0,175 \times 22,00 = 3,85 \text{ kN/m}^2$$

La larghezza di influenza delle travi risulta pari a:

- Travi di bordo →  $L_{\text{infl}} = 2,25 \text{ m}$
- Travi centrali →  $L_{\text{infl}} = 3,00 \text{ m}$

Il carico per unità di lunghezza dovuto al peso della pavimentazione stradale sulle travi metalliche risulta dunque pari a:

- Travi di bordo →  $p_{\text{pav}} = 3,85 \times 2,25 = 8,66 \text{ kN/m}$
- Travi centrali →  $p_{\text{pav}} = 3,85 \times 3,00 = 11,55 \text{ kN/m}$

### 7.6 PESO PROPRIO DEI CORDOLI LATERALI IN CEMENTO ARMATO

Lo spessore dei cordoli laterali risulta pari a **16 cm**, mentre la loro larghezza è di **75 cm**.

Assunto il peso per unità di volume del calcestruzzo armato pari a **25,00 kN/m<sup>3</sup>**, il peso per unità di lunghezza del singolo cordolo vale pertanto:

$$p_{\text{cordolo}} = 0,75 \times 0,16 \times 25,00 = 3,00 \text{ kN/m}$$

Il carico per unità di lunghezza dovuto al peso proprio dei cordoli laterali è stato applicato, a favore di sicurezza, esclusivamente e interamente alle travi metalliche di bordo.

## 7.7 PESO PROPRIO DELLE BARRIERE GUARD - RAIL

Il carico per unità di lunghezza dovuto alla barriera guard – rail (singola barriera) è assunto pari a **2,00 kN/m**.

Il carico per unità di lunghezza dovuto al peso proprio delle barriere guard - rail è stato applicato, a favore di sicurezza, esclusivamente e interamente alle travi metalliche di bordo.

## 7.8 PESO PROPRIO DELLE VELETTE LATERALI PREFABBRICATE IN CEMENTO ARMATO

Lo spessore delle velette laterali risulta pari a **5 cm**, mentre la loro altezza è di **56 cm**.

Assunto il peso per unità di volume del calcestruzzo armato pari a **25,00 kN/m³**, il peso per unità di lunghezza del singolo cordolo vale pertanto:

$$p_{\text{velette}} = 0,56 \times 0,05 \times 25,00 = 0,70 \text{ kN/m}$$

Il carico per unità di lunghezza dovuto al peso proprio delle velette laterali è stato applicato, a favore di sicurezza, esclusivamente e interamente alle travi metalliche di bordo.

## 7.9 AZIONE DEL RITIRO SULLA SOLETTA

### VALUTAZIONE DELLE AZIONI DA RITIRO (EC2 A 1.1.3)

#### 1. VALUTAZIONE DELLA DEFORMAZIONE FINALE DA RITIRO

Classe di resistenza del calcestruzzo:

C32/40

Resistenza media compressione (a 28 gg)  $f_{cm}$ :

41,2 N/mm²

Tipologia del calcestruzzo:

Calcestruzzo a indurimento normale o rapido

Coefficiente  $\beta_{sc}$  funzione della tipologia del calcestruzzo:

5

Coefficiente che tiene conto dell'effetto della resistenza del cls sul ritiro  $\epsilon_s(f_{cm})$ :

0,000404

Umidità relativa ambientale  $RH$  (>40 %):

75 %

Coeff. che tiene conto dell'effetto dell'umidità relativa sul coeff. nominale di ritiro  $\beta_{sRH}$ :

0,578125

Caratteristiche della maturazione del cls:

Calcestruzzo esposto all'aria

Coefficiente funzione della tipologia di maturazione del calcestruzzo  $\beta_{RH}$ :

-0,89609375

Coefficiente nominale di ritiro  $\epsilon_{cs0}$ :

-0,000362

Vita utile della struttura:

100 anni

Area delle sezione di calcestruzzo  $A_c$ :

3,00 m²

Perimetro della sezione di calcestruzzo a contatto con l'atmosfera  $u$ :

12,00 m

Dimensione fittizia  $h_o$ :

500 mm

Coefficiente atto a descrivere lo sviluppo del ritiro nel tempo  $\beta_s(t-t_s)$ :

0,898126

Deformazione finale dovuta al ritiro  $\epsilon_{cs}(t-t_s)$ :

-0,000325

#### 2. VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI OMOGENEIZZAZIONE PER L'AZIONE DI RITIRO

Coeff. che tiene conto dell'effetto dell'umidità relativa sul coeff. nom. di viscosità  $\Phi_{RH}$ :

1,315

Coeff. che tiene conto dell'eff. della resist. del cls sul coeff. nom. di viscosità  $\beta(f_{cm})$ :

2,617

Coeff. che tiene conto dell'età del cls sul coefficiente nominale di viscosità  $\beta(t_o)$ :

0,909

Coefficiente nominale di viscosità  $\Phi_o$ :

3,129

Coefficiente funzione dell'umidità relativa RH e dalla dimensione fittizia  $h_o$   $\beta_H$ :

1112,571

Coefficiente che tiene conto dello sviluppo della viscosità nel tempo  $\beta_c(t-t_o)$ :

0,991

Coefficiente di viscosità  $\Phi(t-t_o)$ :

3,101

Modulo elastico dell'acciaio  $E_a$ :

210000,00 N/mm²

Modulo elastico medio del calcestruzzo  $E_{cm}$ :

32811,24 N/mm²

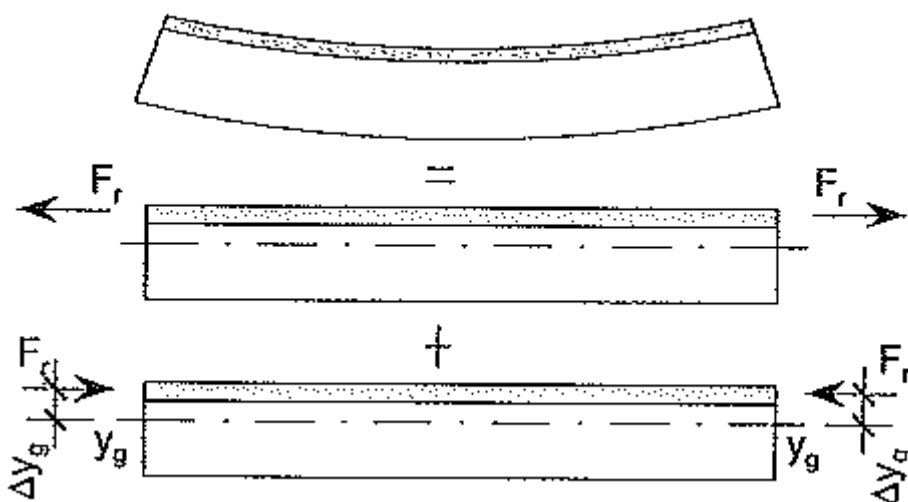
Coefficiente di omogeneizzazione per gli effetti del ritiro  $n_{rit}$ :

17,316

### 3. VALUTAZIONE DELL'AZIONE ASSIALE TOTALE DOVUTA AL RITIRO

|                                                                                |           |                   |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------|
| Tensione di trazione sul calcestruzzo dovuta al ritiro $\sigma_{rit}$ :        | -3,943    | N/mm <sup>2</sup> |
| Azione totale di trazione agente sul calcestruzzo dovuta al ritiro $N_{rit}$ : | -11829,79 | kN                |
| Numero di travi che costituiscono l'impalcato:                                 | 4         |                   |
| Azione di compressione agente sulla singola travata $N_R$ :                    | 2957,45   | kN                |

Il ritiro impedito (per la presenza delle travi metalliche che impediscono la deformazione della soletta) è un fenomeno auto - equilibrato. L'azione di trazione sulla soletta è equilibrata da una reazione di compressione (deformazione impedita) applicata sull'intera sezione composta ed agente sul suo baricentro. Tale reazione genera un momento flettente di trasporto sulla sezione.



## 7.10 CARICHI ACCIDENTALI

### 7.10.1 CARICHI VIAGGIANTI DA TRAFFICO

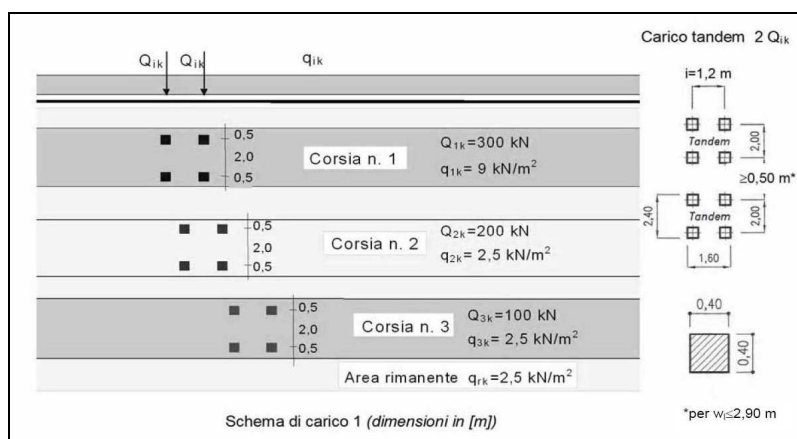
Il carico accidentale del traffico viene valutato secondo lo schema n. 1 riportato nel D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", par. 5.1.3.3.3 e 5.1.3.3.5.

La carreggiata risulta divisa in corsie convenzionali che presentano ciascuna una larghezza pari a **3,00 m**. Poiché la carreggiata presenta una larghezza complessiva pari a **10,50 m**, il numero di corsie convenzionali presenti risulta pertanto:

$$n_{\text{corsie}} = \text{int}(w/3,00) = \text{int}(10,50/3,00) = \text{int}(3,50) = 3 \text{ corsie convenzionali}$$

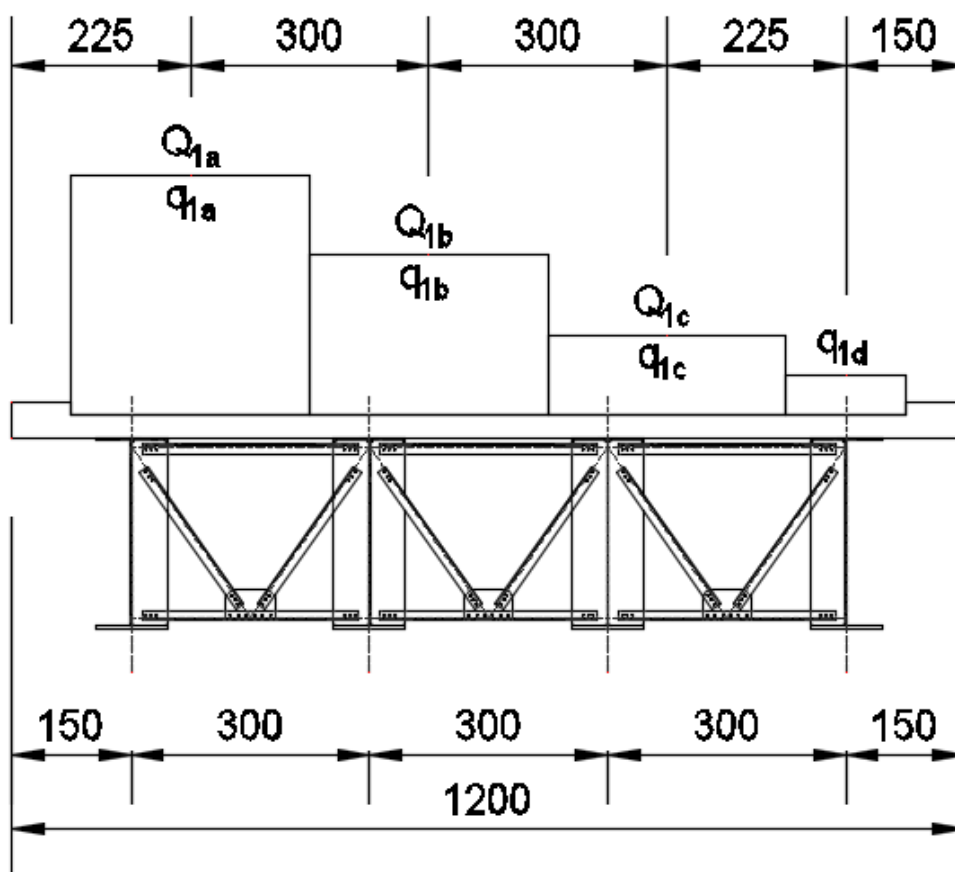
Trattandosi di un viadotto di **1ª Categoria** su ciascuna corsia convenzionale verranno applicati i seguenti carichi mobili da traffico:

- 1ª corsia convenzionale  
 $Q_{1a} = 2 \times 300 \text{ kN}$  disposti come in figura  
 $q_{1a} = 9,00 \text{ kN/m}^2 \times 3,00 \text{ m} = 27,00 \text{ kN/m}$
- 2ª corsia convenzionale  
 $Q_{1b} = 2 \times 200 \text{ kN}$  disposti come in figura  
 $q_{1b} = 2,50 \text{ kN/m}^2 \times 3,00 \text{ m} = 7,50 \text{ kN/m}$
- 3ª corsia convenzionale  
 $Q_{1c} = 2 \times 100 \text{ kN}$  disposti come in figura  
 $q_{1c} = 2,50 \text{ kN/m}^2 \times 3,00 \text{ m} = 7,50 \text{ kN/m}$
- Carreggiata rimanente  
 $q_{1d} = 2,50 \text{ kN/m}^2 \times 1,50 \text{ m} = 3,75 \text{ kN/m}$

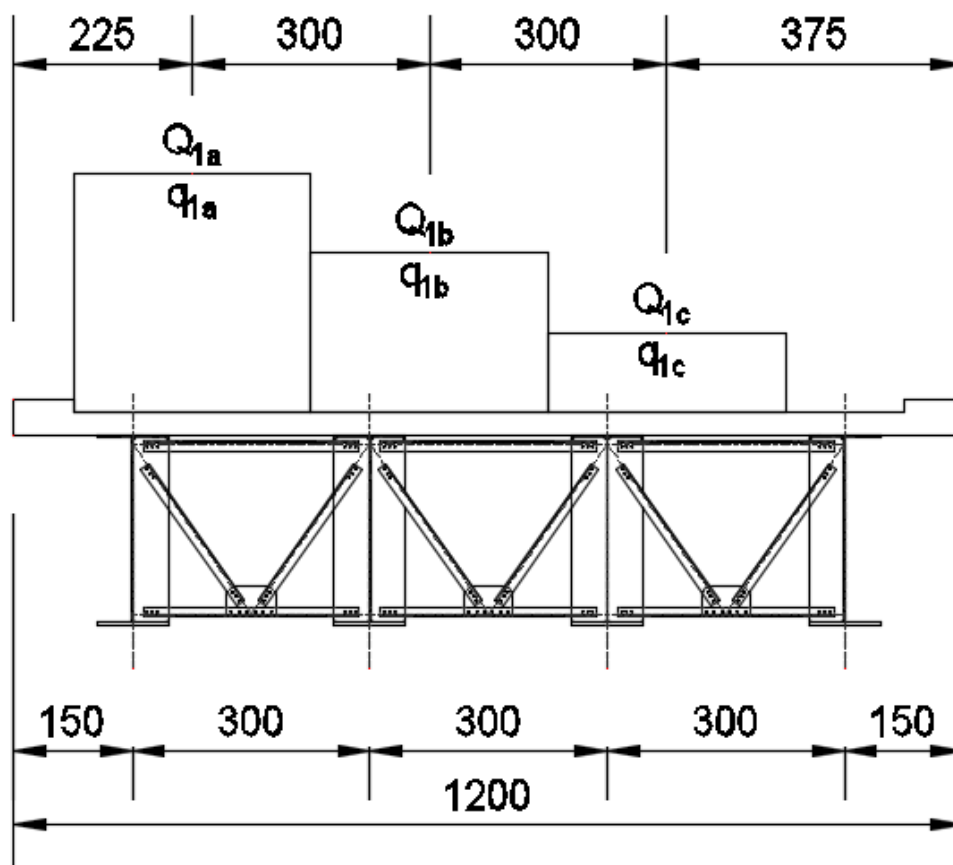


Sono state considerate otto differenti disposizioni dei carichi viaggianti da traffico.

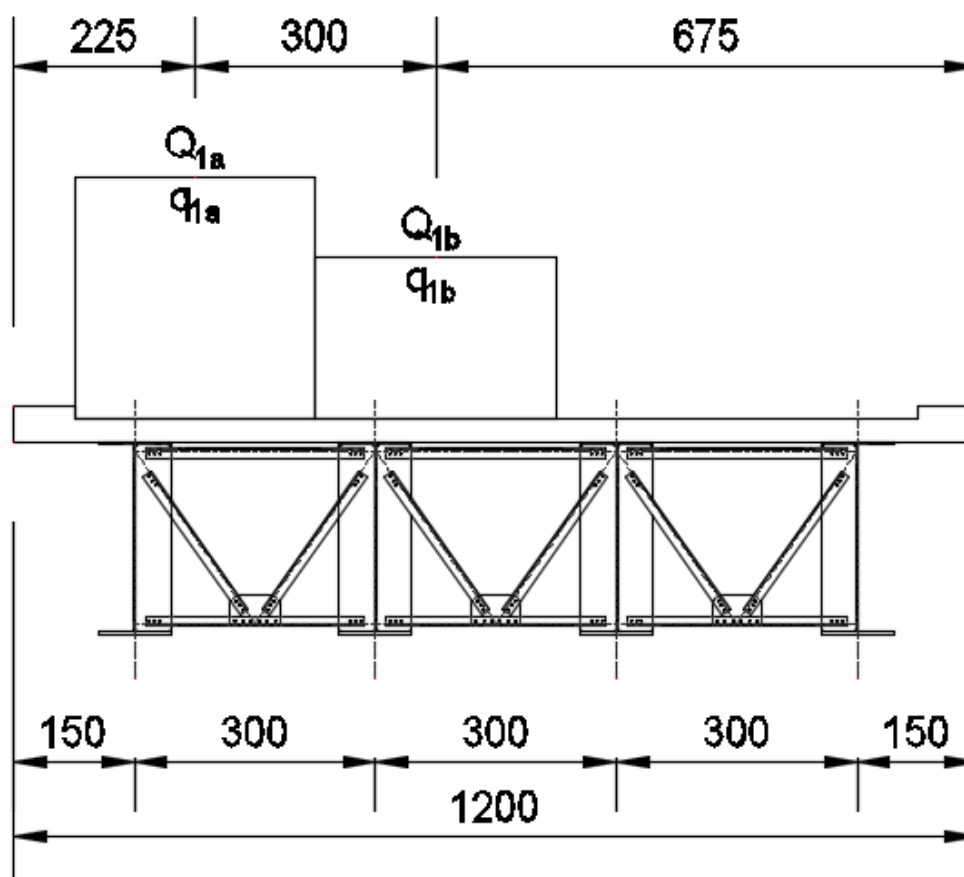
### CONDIZIONE 1



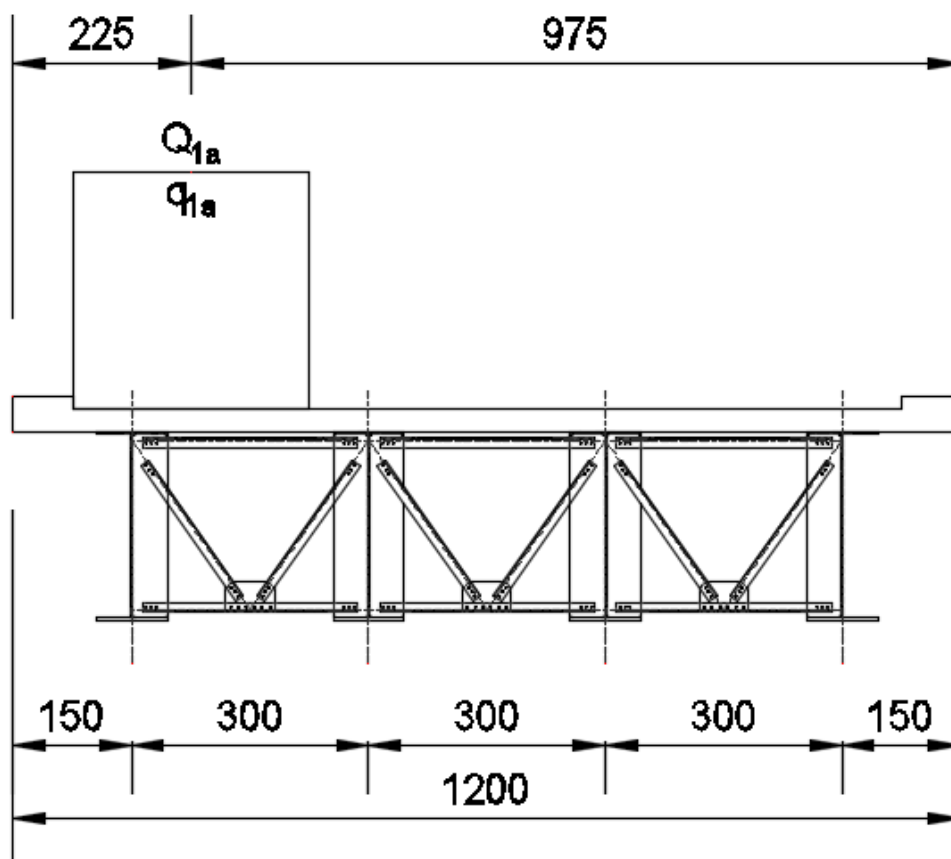
## CONDIZIONE 2



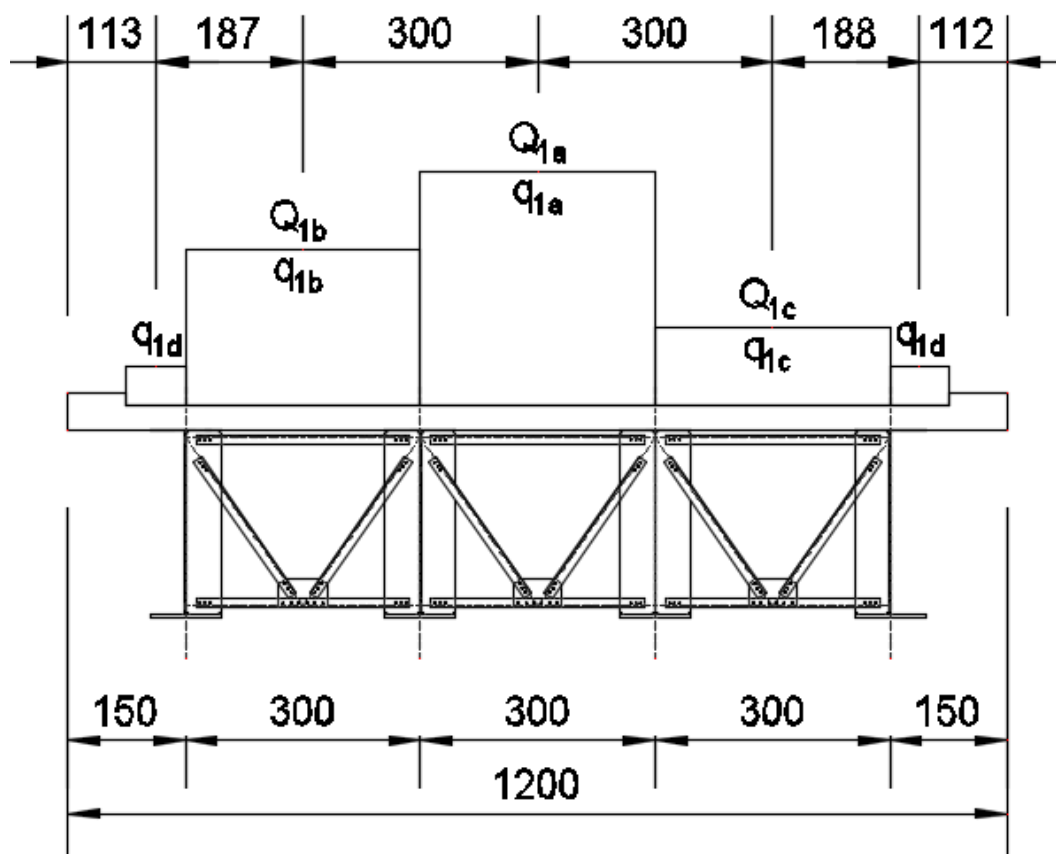
## CONDIZIONE 3



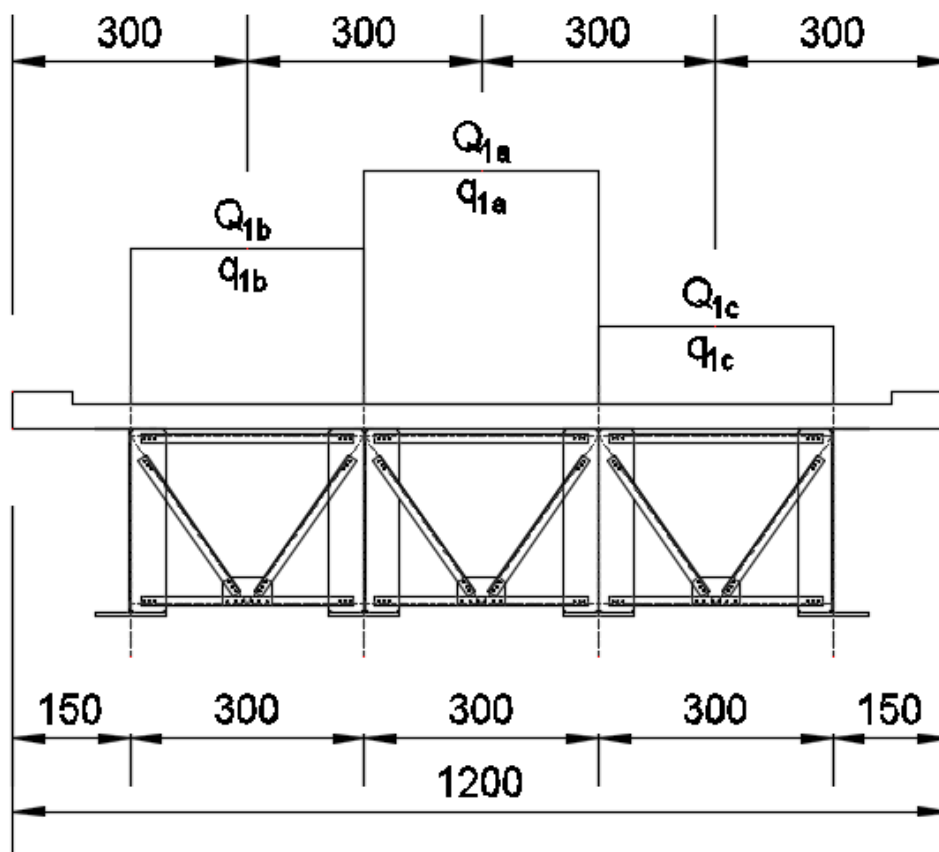
CONDIZIONE 4



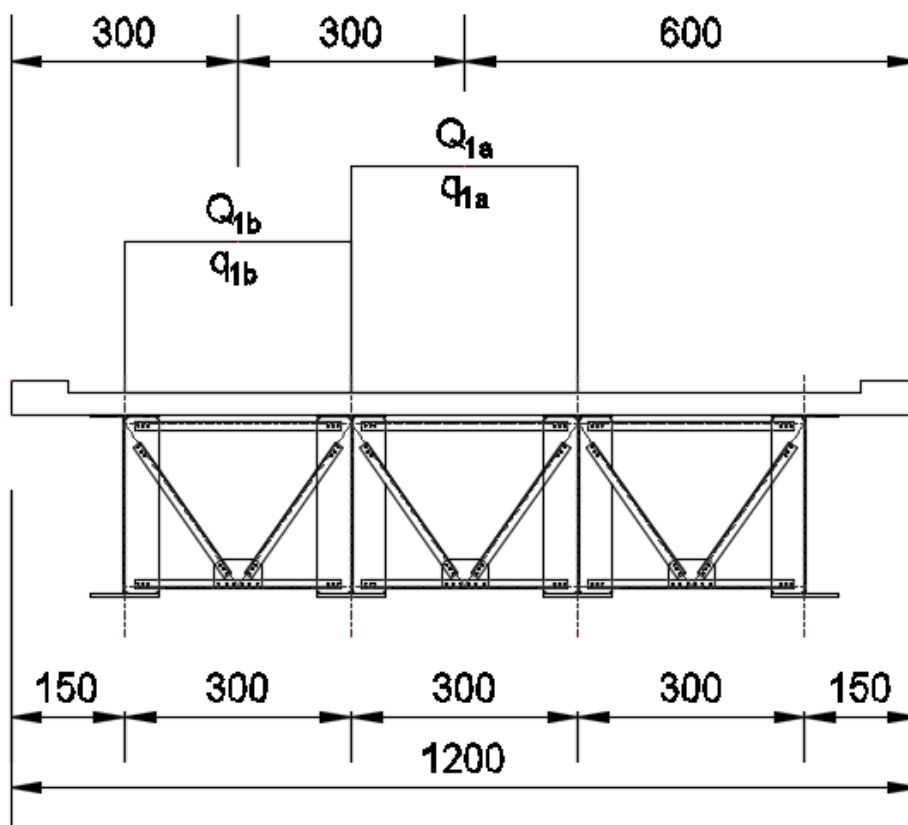
CONDIZIONE 5



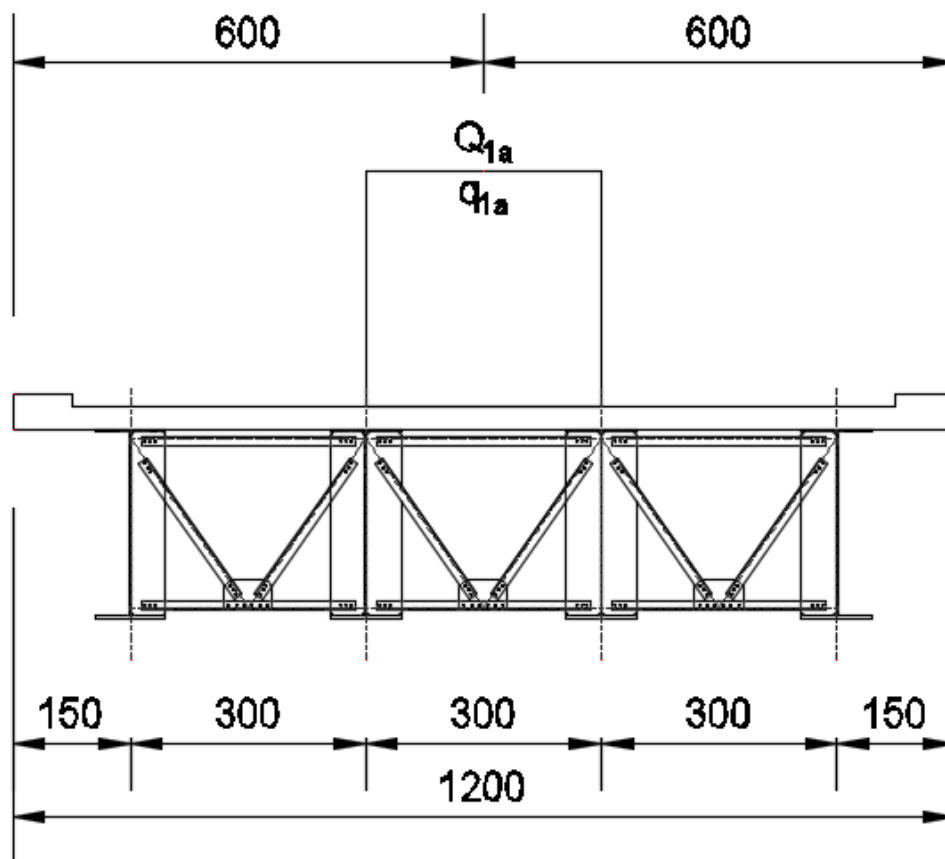
CONDIZIONE 6



CONDIZIONE 7



## CONDIZIONE 8



### 7.10.2 CARICO ACCIDENTALE FOLLA

Non essendo presenti marciapiedi adibiti al passaggio di persone non è stato considerato il carico della folla.

### 7.10.3 INCREMENTO DINAMICO DEI CARICHI MOBILI (Q2)

L'incremento dinamico è già compreso nei valori sopra citati.

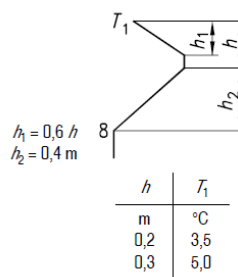
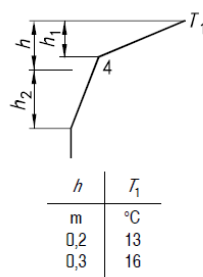
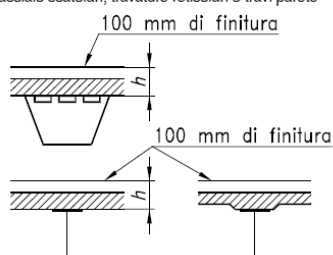
### 7.10.4 AZIONE TERMICA LONGITUDINALE

Si assume che le travi principali subiscano un'azione termica longitudinale pari a  $\Delta T = \pm 30^\circ$ . Tale azione verrà presa in considerazione esclusivamente per la valutazione dell'escursione dei giunti e degli apparecchi di appoggio/isolamento.

### 7.10.5 AZIONE TERMICA DIFFERENZIALE

L'azione termica differenziale è stata calcolata mediante l'applicazione di un gradiente termico valutato sulla base delle distribuzioni di temperatura previste dall'EC1 Parte 2-5 "Azioni sulle strutture – Azioni termiche", appendici B e C.

Impalcati di ponti di calcestruzzo su profili di acciaio scatolari, travature reticolari o travi parete



Per la definizione della temperatura  $T_1$  si è fatto riferimento al prospetto B.2 della sopra citata normativa:

| Profondità della soletta<br>(h) | Spessore della superficie | Differenza positiva di temperatura | Differenza negativa di temperatura |
|---------------------------------|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                                 |                           | $T_1$                              | $T_1$                              |
| m                               | mm                        | °C                                 | °C                                 |
| 0,2                             | Senza finitura            | [16,5]                             | [5,9]                              |
|                                 | Resistente all'acqua      | [23,0]                             | [5,9]                              |
|                                 | 50                        | [18,0]                             | [4,4]                              |
|                                 | 100                       | [13,0]                             | [3,5]                              |
|                                 | 150                       | [10,5]                             | [2,3]                              |
|                                 | 200                       | [8,5]                              | [1,6]                              |
| 0,3                             | Senza finitura            | [18,5]                             | [9,0]                              |
|                                 | Resistente all'acqua      | [26,5]                             | [9,0]                              |
|                                 | 50                        | [20,5]                             | [6,8]                              |
|                                 | 100                       | [16,0]                             | [5,0]                              |
|                                 | 150                       | [12,5]                             | [3,7]                              |
|                                 | 200                       | [10,0]                             | [2,7]                              |

Nel caso di soletta calda è stata assunta una temperatura  $T_1$  pari a **16,0 °C**, mentre per una soletta fredda è stata assunta una temperatura  $T_1$  pari a **6,0 °C**.

Per la valutazione del gradiente lineare verticale equivalente da applicare ai calcoli di verifica delle sezioni si è fatto riferimento alla relazione [C.4] riportato dall'EC1 parte 2-5 al paragrafo C.5:

$$DT_{MY} = \frac{n_E n_\alpha \int_{A_1} T(Z,Y) Y dA_1 + \int_{A_2} T(Z,Y) Y dA_2}{n_E J_{Z1} + J_{Z2}}$$

dove:

- $n_E$  è il rapporto tra i moduli elastici dell'acciaio e del calcestruzzo della soletta
- $n_\alpha$  è il rapporto tra i coefficienti di dilatazione termica dell'acciaio e del calcestruzzo
- $J_{Z1}$  è il momento di inerzia della soletta in calcestruzzo rispetto al baricentro della sezione omogeneizzata
- $J_{Z2}$  è il momento di inerzia della sezione in acciaio rispetto al baricentro della sezione omogeneizzata

Sulla base del gradiente termico equivalente calcolato sono stati determinati, alla stregua di quanto già riportato relativamente agli effetti del ritiro:

- effetti isostatici (azione normale e momento flettente)

## CONCIO TIPO 1 – SEZIONI DI TESTATA

### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### CALCESTRUZZO DELLA SOLETTA

|        |          |       |                      |           |           |                      |
|--------|----------|-------|----------------------|-----------|-----------|----------------------|
| C32/40 | $R_{ck}$ | 40,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctm}$ | 3,10      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|        | $f_{ck}$ | 33,20 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctk}$ | 2,17      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|        | $f_{cm}$ | 41,20 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctd}$ | 1,45      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|        | $f_{cd}$ | 18,81 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $E_{cm}$  | 32.811,24 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

#### ACCIAIO PER LE BARRE DI ARMATURA

|       |          |        |                      |           |            |                      |
|-------|----------|--------|----------------------|-----------|------------|----------------------|
| B450C | $f_{tk}$ | 540,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{yd}$  | 391,30     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|       | $f_{yk}$ | 450,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctk}$ | 210.000,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

#### ACCIAIO PER CARPENTERIA

|      |          |        |                      |           |            |                      |
|------|----------|--------|----------------------|-----------|------------|----------------------|
| S355 | $f_{tk}$ | 510,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{yd}$  | 338,10     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|      | $f_{yk}$ | 355,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctk}$ | 210.000,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA TRAVE METALLICA

| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE |            |                    |                           |            |                    |
|-----------------------------|------------|--------------------|---------------------------|------------|--------------------|
| H                           | 2.400,00   | [mm]               | $h_{an}$                  | 20,00      | [mm]               |
| $l_{imp,sup}$               | 0,00       | [mm]               | $l_{p,inf}$               | 900,00     | [mm]               |
| $s_{imp,sup}$               | 0,00       | [mm]               | $s_{p,inf}$               | 40,00      | [mm]               |
| $l_{p,sup}$                 | 900,00     | [mm]               | $l_{imp,inf}$             | 0,00       | [mm]               |
| $s_{p,sup}$                 | 20,00      | [mm]               | $s_{imp,inf}$             | 0,00       | [mm]               |
| $h_{an}$                    | 2.340,00   | [mm]               | CARATTERISTICHE INERZIALI |            |                    |
| A                           | 100.800,00 | [mm <sup>2</sup> ] | $J_t$                     | 2,784E+07  | [mm <sup>4</sup> ] |
| S                           | 1,004E+08  | [mm <sup>3</sup> ] | $W_{sup}$                 | 6,607E+07  | [mm <sup>3</sup> ] |
| $Y_G$                       | 995,71     | [mm]               | $W_{inf}$                 | -9,317E+07 | [mm <sup>3</sup> ] |
| J                           | 9,277E+10  | [mm <sup>4</sup> ] | $A_V$                     | 48.000,00  | [mm <sup>2</sup> ] |

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED INERZIALI DELLA SOLETTA IN CALCESTRUZZO

| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E INERZIALI |          |                    |                        |           |                    |
|-----------------------------------------|----------|--------------------|------------------------|-----------|--------------------|
| $h_s$                                   | 250,00   | [mm]               | $Y_G$                  | 167,41    | [mm]               |
| $h_p$                                   | 50,00    | [mm]               | $A_c$                  | 7,900E+05 | [mm <sup>2</sup> ] |
| $b_{eff}$                               | 3.000,00 | [mm]               | J                      | 4,769E+09 | [mm <sup>4</sup> ] |
| $b_{inf}$                               | 800,00   | [mm]               | ARMATURA LONGITUDINALE |           |                    |
| $\emptyset_{inf}$                       | 16,00    | [mm]               | $\emptyset_{sup}$      | 16,00     | [mm]               |
| $i_{inf}$                               | 100,00   | [mm]               | $i_{sup}$              | 100,00    | [mm]               |
| $A_{s,inf}$                             | 6.030,00 | [mm <sup>2</sup> ] | $A_{s,sup}$            | 6.030,00  | [mm <sup>2</sup> ] |
| $Y_{s,inf}$                             | 90,00    | [mm]               | $Y_{s,sup}$            | 230,00    | [mm]               |

SOLETTA FESSURATA

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED INERZIALI DELLA SEZIONE COMPOSTA

| CARATTERISICA GEOMETRICA/INERZIALE      |                                 | FASE I<br>(pesi propri) | FASE II-A<br>(permanenti) | FASE II-B<br>(ritiro) | FASE III<br>(accidentali) |
|-----------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Coefficiente di viscosità:              | $\Phi(t_0, \infty)$             | -                       | 2,165                     | 3,101                 | -                         |
| Coefficiente di omogeneizzazione        | n                               | -                       | 21,64                     | 17,32                 | 6,40                      |
| Momento statico della sezione           | S [m <sup>3</sup> ]             | 1,004E+02               | 1,312E-01                 | 1,312E-01             | 1,312E-01                 |
| Baricentro della sezione                | $Y_G$ [m]                       | 0,996                   | 1,163                     | 1,163                 | 1,163                     |
| Area della sezione                      | A [m <sup>2</sup> ]             | 1,008E-01               | 1,129E-01                 | 1,129E-01             | 1,129E-01                 |
| Costante torsionale della sezione       | $J_t$ [m <sup>4</sup> ]         | 2,784E-05               | 2,784E-05                 | 2,784E-05             | 2,784E-05                 |
| Momento di inerzia della sezione        | J [m <sup>4</sup> ]             | 9,277E-02               | 1,192E-01                 | 1,192E-01             | 1,192E-01                 |
| Modulo di resistenza estradosso soletta | $W_{soletta}$ [m <sup>3</sup> ] | -                       | -                         | -                     | -                         |
| Modulo di resistenza armatura superiore | $W_{am,sup}$ [m <sup>3</sup> ]  | -                       | 8,124E-02                 | 8,124E-02             | 8,124E-02                 |
| Modulo di resistenza armatura inferiore | $W_{am,inf}$ [m <sup>3</sup> ]  | -                       | 8,981E-02                 | 8,981E-02             | 8,981E-02                 |
| Modulo di resistenza estradosso trave   | $W_{tr,sup}$ [m <sup>3</sup> ]  | 6,607E-02               | 9,634E-02                 | 9,634E-02             | 9,634E-02                 |
| Modulo di resistenza intradosso trave   | $W_{tr,inf}$ [m <sup>3</sup> ]  | -9,317E-02              | -1,025E-01                | -1,025E-01            | -1,025E-01                |

**DEFINIZIONE DEL PROFILO DI TEMPERATURA PER  $\Delta T$  POSITIVO (SOLETTA CALDA)**

Temperatura all'estradosso della soletta:

16,00 [°C]

Larghezza di applicazione dell'azione termica in soletta per singola trave:

$L_{\Delta T}$  3,00 [m]

Gradiente termico lineare per unità di altezza:

$\Delta T_{,1}$  4,42 [°C/m]

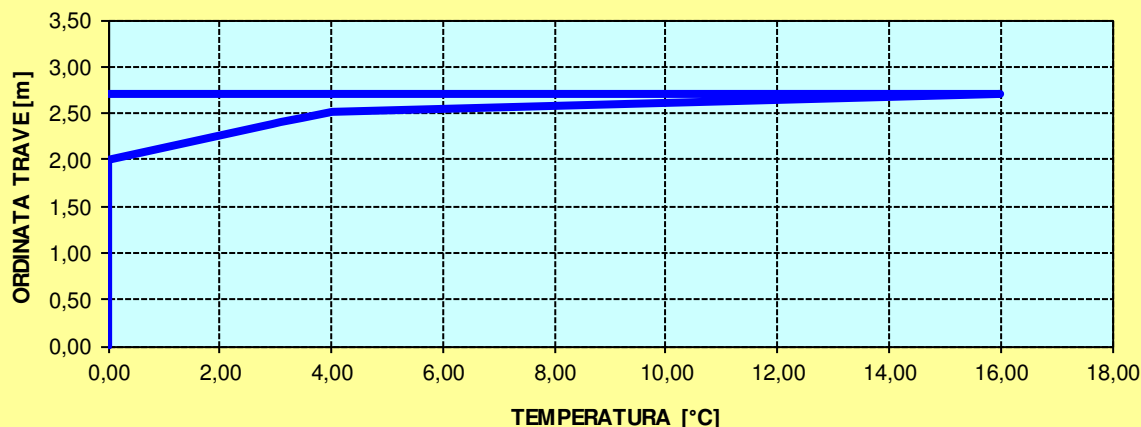
Gradiente termico lineare totale:

$\Delta T$  11,94 [°C]

Azione normale isostatica:

$N_{\Delta T}$  3.712,61 [kN]

**SOLETTA CALDA - PROFILO DELLE TEMPERATURE**



**DEFINIZIONE DEL PROFILO DI TEMPERATURA PER  $\Delta T$  NEGATIVO (SOLETTA FREDDA)**

Temperatura all'estradosso della soletta:

6,00 [°C]

Temperatura all'intradosso della trave metallica:

8,00 [°C]

Larghezza di applicazione dell'azione termica in soletta per singola trave:

$L_{\Delta T}$  3,00 [m]

Gradiente termico lineare per unità di altezza:

$\Delta T_{,1}$  0,04 [°C/m]

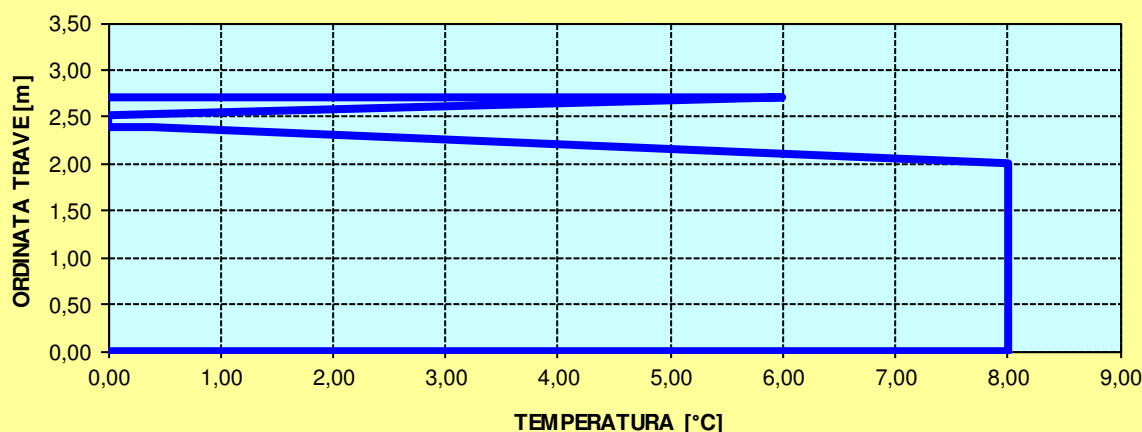
Gradiente termico lineare totale:

$\Delta T$  0,10 [°C]

Azione normale isostatica:

$N_{\Delta T}$  10,13 [kN]

**SOLETTA FREDDA - PROFILO DELLE TEMPERATURE**



## CONCIO TIPO 1 – SEZIONI DI GIUNTO

### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### CALCESTRUZZO DELLA SOLETTA

|        |          |       |                      |           |           |                      |
|--------|----------|-------|----------------------|-----------|-----------|----------------------|
| C32/40 | $R_{ck}$ | 40,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctm}$ | 3,10      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|        | $f_{ck}$ | 33,20 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctk}$ | 2,17      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|        | $f_{cm}$ | 41,20 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctd}$ | 1,45      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|        | $f_{cd}$ | 18,81 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $E_{cm}$  | 32.811,24 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

#### ACCIAIO PER LE BARRE DI ARMATURA

|       |          |        |                      |           |            |                      |
|-------|----------|--------|----------------------|-----------|------------|----------------------|
| B450C | $f_{tk}$ | 540,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{yd}$  | 391,30     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|       | $f_{yk}$ | 450,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctk}$ | 210.000,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

#### ACCIAIO PER CARPENTERIA

|      |          |        |                      |           |            |                      |
|------|----------|--------|----------------------|-----------|------------|----------------------|
| S355 | $f_{tk}$ | 510,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{yd}$  | 338,10     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|      | $f_{yk}$ | 355,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctk}$ | 210.000,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA TRAVE METALLICA

| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE |            |                    |               |            |                    |
|-----------------------------|------------|--------------------|---------------|------------|--------------------|
| H                           | 2.400,00   | [mm]               | $h_{an}$      | 20,00      | [mm]               |
| $l_{imp,sup}$               | 0,00       | [mm]               | $l_{p,inf}$   | 900,00     | [mm]               |
| $s_{imp,sup}$               | 0,00       | [mm]               | $s_{p,inf}$   | 40,00      | [mm]               |
| $l_{p,sup}$                 | 900,00     | [mm]               | $l_{imp,inf}$ | 0,00       | [mm]               |
| $s_{p,sup}$                 | 20,00      | [mm]               | $s_{imp,inf}$ | 0,00       | [mm]               |
| $h_{an}$                    | 2.340,00   | [mm]               |               |            |                    |
| CARATTERISTICHE INERZIALI   |            |                    |               |            |                    |
| A                           | 100.800,00 | [mm <sup>2</sup> ] | $J_t$         | 2,784E+07  | [mm <sup>4</sup> ] |
| S                           | 1,004E+08  | [mm <sup>3</sup> ] | $W_{sup}$     | 6,607E+07  | [mm <sup>3</sup> ] |
| $Y_G$                       | 995,71     | [mm]               | $W_{inf}$     | -9,317E+07 | [mm <sup>3</sup> ] |
| J                           | 9,277E+10  | [mm <sup>4</sup> ] | $A_v$         | 48.000,00  | [mm <sup>2</sup> ] |

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED INERZIALI DELLA SOLETTA IN CALCESTRUZZO

Technical drawing of a reinforced concrete slab cross-section. The drawing shows a slab with a total width  $b_{eff}$ , a central width  $b$ , and a bottom width  $b_{inf}$ . The slab is supported by a central column. The effective depth is  $h_s$ , the total height is  $h_p$ , and the bottom reinforcement is at a distance  $i_{inf}$  from the bottom. The top reinforcement is at a distance  $i_{sup}$  from the top. The slab is shown with a top view and a side view. The side view shows the slab thickness  $h_s$  and the bottom reinforcement at a distance  $i_{inf}$  from the bottom. The top view shows the slab width  $b_{eff}$  and the central width  $b$ . The bottom view shows the slab width  $b_{inf}$ .

| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E INERZIALI |          |                    |                     |           |                    |
|-----------------------------------------|----------|--------------------|---------------------|-----------|--------------------|
| $h_s$                                   | 250,00   | [mm]               | $Y_G$               | 167,41    | [mm]               |
| $h_p$                                   | 50,00    | [mm]               | $A_c$               | 7,900E+05 | [mm <sup>2</sup> ] |
| $b_{eff}$                               | 3.000,00 | [mm]               | $J$                 | 4,769E+09 | [mm <sup>4</sup> ] |
| $b_{inf}$                               | 800,00   | [mm]               |                     |           |                    |
| ARMATURA LONGITUDINALE                  |          |                    |                     |           |                    |
| $\varnothing_{inf}$                     | 16,00    | [mm]               | $\varnothing_{sup}$ | 16,00     | [mm]               |
| $i_{inf}$                               | 200,00   | [mm]               | $i_{sup}$           | 200,00    | [mm]               |
| $A_{s,inf}$                             | 3.015,00 | [mm <sup>2</sup> ] | $A_{s,sup}$         | 3.015,00  | [mm <sup>2</sup> ] |
| $Y_{s,inf}$                             | 90,00    | [mm]               | $Y_{s,sup}$         | 230,00    | [mm]               |

☐ SOLETTA FESSURATA

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED INERZIALI DELLA SEZIONE COMPOSTA

| CARATTERISICA GEOMETRICA/INERZIALE      |                                 | FASE I<br>(pesi propri) | FASE II-A<br>(permanenti) | FASE II-B<br>(ritiro) | FASE III<br>(accidentali) |
|-----------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Coefficiente di viscosità:              | $\Phi(t_0, \infty)$             | -                       | 2,165                     | 3,101                 | -                         |
| Coefficiente di omogeneizzazione        | n                               | -                       | 21,64                     | 17,32                 | 6,40                      |
| Momento statico della sezione           | S [m <sup>3</sup> ]             | 1,004E+02               | 2,095E-01                 | 2,329E-01             | 4,327E-01                 |
| Baricentro della sezione                | $Y_G$ [m]                       | 0,996                   | 1,462                     | 1,528                 | 1,879                     |
| Area della sezione                      | A [m <sup>2</sup> ]             | 1,008E-01               | 1,433E-01                 | 1,525E-01             | 2,303E-01                 |
| Costante torsionale della sezione       | $J_t$ [m <sup>4</sup> ]         | 2,784E-05               | 7,513E-04                 | 9,321E-04             | 2,474E-03                 |
| Momento di inerzia della sezione        | J [m <sup>4</sup> ]             | 9,277E-02               | 1,668E-01                 | 1,780E-01             | 2,736E-01                 |
| Modulo di resistenza estradosso soletta | $W_{soletta}$ [m <sup>3</sup> ] | -                       | 1,347E-01                 | 1,519E-01             | 3,333E-01                 |
| Modulo di resistenza armatura superiore | $W_{am,sup}$ [m <sup>3</sup> ]  | -                       | 1,428E-01                 | 1,615E-01             | 3,644E-01                 |
| Modulo di resistenza armatura inferiore | $W_{am,inf}$ [m <sup>3</sup> ]  | -                       | 1,622E-01                 | 1,850E-01             | 4,479E-01                 |
| Modulo di resistenza estradosso trave   | $W_{tr,sup}$ [m <sup>3</sup> ]  | 6,607E-02               | 1,778E-01                 | 2,041E-01             | 5,253E-01                 |
| Modulo di resistenza intradosso trave   | $W_{tr,inf}$ [m <sup>3</sup> ]  | -9,317E-02              | -1,141E-01                | -1,165E-01            | -1,456E-01                |

**DEFINIZIONE DEL PROFILO DI TEMPERATURA PER  $\Delta T$  POSITIVO (SOLETTA CALDA)**

Temperatura all'estradosso della soletta:

16,00 [°C]

Larghezza di applicazione dell'azione termica in soletta per singola trave:

$L_{\Delta T}$  3,00 [m]

Gradiente termico lineare per unità di altezza:

$\Delta T_{,1}$  3,25 [°C/m]

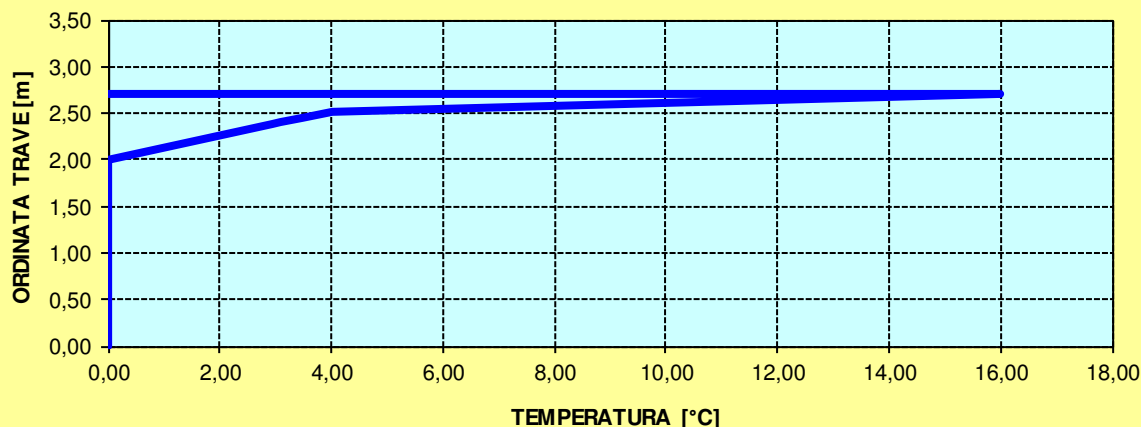
Gradiente termico lineare totale:

$\Delta T$  8,77 [°C]

Azione normale isostatica:

$N_{\Delta T}$  2.726,96 [kN]

**SOLETTA CALDA - PROFILO DELLE TEMPERATURE**



**DEFINIZIONE DEL PROFILO DI TEMPERATURA PER  $\Delta T$  NEGATIVO (SOLETTA FREDDA)**

Temperatura all'estradosso della soletta:

6,00 [°C]

Temperatura all'intradosso della trave metallica:

8,00 [°C]

Larghezza di applicazione dell'azione termica in soletta per singola trave:

$L_{\Delta T}$  3,00 [m]

Gradiente termico lineare per unità di altezza:

$\Delta T_{,1}$  -0,60 [°C/m]

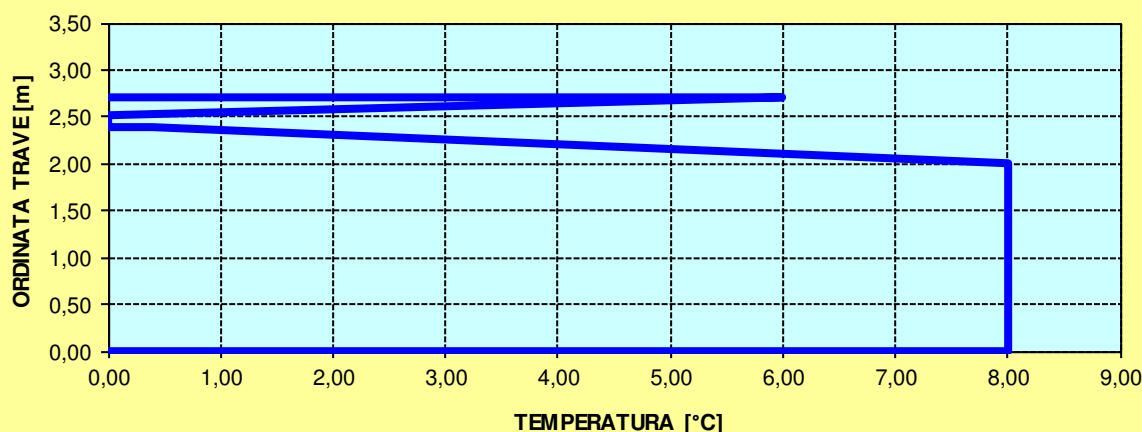
Gradiente termico lineare totale:

$\Delta T$  -1,63 [°C]

Azione normale isostatica:

$N_{\Delta T}$  -172,91 [kN]

**SOLETTA FREDDA - PROFILO DELLE TEMPERATURE**



## CONCIO TIPO 2

### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### CALCESTRUZZO DELLA SOLETTA

|        |          |       |                      |           |           |                      |
|--------|----------|-------|----------------------|-----------|-----------|----------------------|
| C32/40 | $R_{ck}$ | 40,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctm}$ | 3,10      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|        | $f_{ck}$ | 33,20 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctk}$ | 2,17      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|        | $f_{cm}$ | 41,20 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctd}$ | 1,45      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|        | $f_{cd}$ | 18,81 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $E_{cm}$  | 32.811,24 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

#### ACCIAIO PER LE BARRE DI ARMATURA

|       |          |        |                      |           |            |                      |
|-------|----------|--------|----------------------|-----------|------------|----------------------|
| B450C | $f_{tk}$ | 540,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{yd}$  | 391,30     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|       | $f_{yk}$ | 450,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctk}$ | 210.000,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

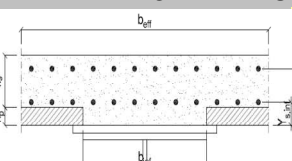
#### ACCIAIO PER CARPENTERIA

|      |          |        |                      |           |            |                      |
|------|----------|--------|----------------------|-----------|------------|----------------------|
| S355 | $f_{tk}$ | 510,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{yd}$  | 338,10     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|      | $f_{yk}$ | 355,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctk}$ | 210.000,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA TRAVE METALLICA

| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE |            |       |                      |            |       |
|-----------------------------|------------|-------|----------------------|------------|-------|
| H                           | 2.400,00   | [mm]  | h <sub>an</sub>      | 20,00      | [mm]  |
| l <sub>imp,sup</sub>        | 0,00       | [mm]  | l <sub>p,inf</sub>   | 900,00     | [mm]  |
| s <sub>imp,sup</sub>        | 0,00       | [mm]  | s <sub>p,inf</sub>   | 30,00      | [mm]  |
| l <sub>p,sup</sub>          | 900,00     | [mm]  | l <sub>imp,inf</sub> | 1.000,00   | [mm]  |
| s <sub>p,sup</sub>          | 35,00      | [mm]  | s <sub>imp,inf</sub> | 30,00      | [mm]  |
| h <sub>an</sub>             | 2.305,00   | [mm]  |                      |            |       |
| CARATTERISTICHE INERZIALI   |            |       |                      |            |       |
| A                           | 134.600,00 | [mm²] | J <sub>t</sub>       | 3,611E+07  | [mm⁴] |
| S                           | 1,326E+08  | [mm³] | W <sub>sup</sub>     | 9,642E+07  | [mm³] |
| Y <sub>G</sub>              | 985,22     | [mm]  | W <sub>inf</sub>     | -1,385E+08 | [mm³] |
| J                           | 1,364E+11  | [mm⁴] | A <sub>v</sub>       | 48.000,00  | [mm²] |

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED INERZIALI DELLA SOLETTA IN CALCESTRUZZO



| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E INERZIALI |          |      |       |           |                    |
|-----------------------------------------|----------|------|-------|-----------|--------------------|
| $h_s$                                   | 250,00   | [mm] | $Y_G$ | 167,41    | [mm]               |
| $h_p$                                   | 50,00    | [mm] | $A_c$ | 7,900E+05 | [mm <sup>2</sup> ] |
| $b_{eff}$                               | 3.000,00 | [mm] | $J$   | 4,769E+09 | [mm <sup>4</sup> ] |
| $b_{inf}$                               | 800,00   | [mm] |       |           |                    |

| ARMATURA LONGITUDINALE |          |                    |                     |          |                    |
|------------------------|----------|--------------------|---------------------|----------|--------------------|
| $\varnothing_{inf}$    | 16,00    | [mm]               | $\varnothing_{sup}$ | 16,00    | [mm]               |
| $i_{inf}$              | 200,00   | [mm]               | $i_{sup}$           | 200,00   | [mm]               |
| $A_{s,inf}$            | 3.015,00 | [mm <sup>2</sup> ] | $A_{s,sup}$         | 3.015,00 | [mm <sup>2</sup> ] |
| $Y_{s,inf}$            | 90,00    | [mm]               | $Y_{s,sup}$         | 230,00   | [mm]               |

☐ SOLETTA FESSURATA

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED INERZIALI DELLA SEZIONE COMPOSTA

| CARATTERISICA GEOMETRICA/INERZIALE      |                                 | FASE I<br>(pesi propri) | FASE II-A<br>(permanenti) | FASE II-B<br>(ritiro) | FASE III<br>(accidentali) |
|-----------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Coefficiente di viscosità:              | $\Phi(t_0, \infty)$             | -                       | 2,165                     | 3,101                 | -                         |
| Coefficiente di omogeneizzazione        | n                               | -                       | 21,64                     | 17,32                 | 6,40                      |
| Momento statico della sezione           | S [m <sup>3</sup> ]             | 1,326E+02               | 2,418E-01                 | 2,652E-01             | 4,649E-01                 |
| Baricentro della sezione                | $Y_G$ [m]                       | 0,985                   | 1,365                     | 1,424                 | 1,761                     |
| Area della sezione                      | A [m <sup>2</sup> ]             | 1,346E-01               | 1,771E-01                 | 1,863E-01             | 2,641E-01                 |
| Costante torsionale della sezione       | $J_t$ [m <sup>4</sup> ]         | 3,611E-05               | 7,596E-04                 | 9,404E-04             | 2,483E-03                 |
| Momento di inerzia della sezione        | J [m <sup>4</sup> ]             | 1,364E-01               | 2,175E-01                 | 2,307E-01             | 3,437E-01                 |
| Modulo di resistenza estradosso soletta | $W_{soletta}$ [m <sup>3</sup> ] | -                       | 1,629E-01                 | 1,808E-01             | 3,659E-01                 |
| Modulo di resistenza armatura superiore | $W_{am,sup}$ [m <sup>3</sup> ]  | -                       | 1,719E-01                 | 1,913E-01             | 3,954E-01                 |
| Modulo di resistenza armatura inferiore | $W_{am,inf}$ [m <sup>3</sup> ]  | -                       | 1,933E-01                 | 2,164E-01             | 4,713E-01                 |
| Modulo di resistenza estradosso trave   | $W_{tr,sup}$ [m <sup>3</sup> ]  | 9,642E-02               | 2,101E-01                 | 2,363E-01             | 5,376E-01                 |
| Modulo di resistenza intradosso trave   | $W_{tr,inf}$ [m <sup>3</sup> ]  | -1,385E-01              | -1,593E-01                | -1,620E-01            | -1,952E-01                |

**DEFINIZIONE DEL PROFILO DI TEMPERATURA PER  $\Delta T$  POSITIVO (SOLETTA CALDA)**

Temperatura all'estradosso della soletta:

16,00 [°C]

Larghezza di applicazione dell'azione termica in soletta per singola trave:

$L_{\Delta T}$  3,00 [m]

Gradiente termico lineare per unità di altezza:

$\Delta T_{,1}$  3,00 [°C/m]

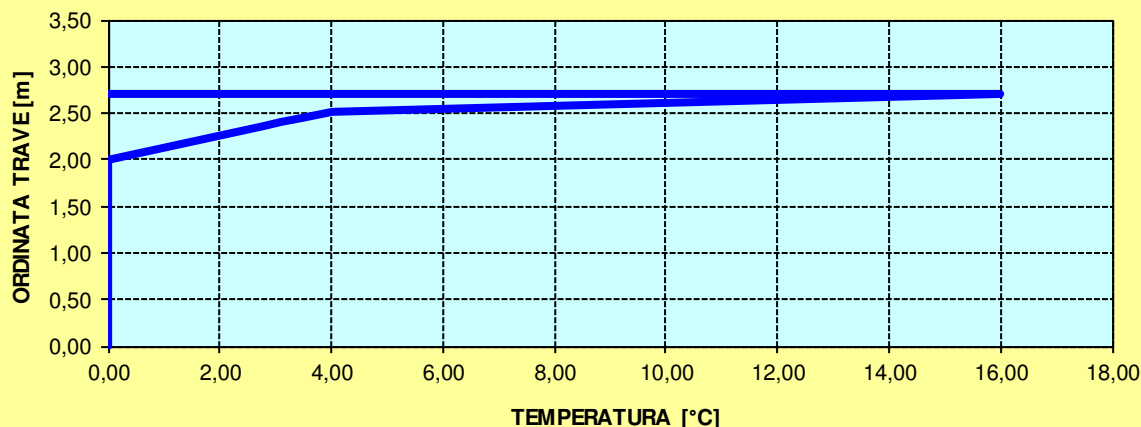
Gradiente termico lineare totale:

$\Delta T$  8,11 [°C]

Azione normale isostatica:

$N_{\Delta T}$  2.523,37 [kN]

**SOLETTA CALDA - PROFILO DELLE TEMPERATURE**



**DEFINIZIONE DEL PROFILO DI TEMPERATURA PER  $\Delta T$  NEGATIVO (SOLETTA FREDDA)**

Temperatura all'estradosso della soletta:

6,00 [°C]

Temperatura all'intradosso della trave metallica:

8,00 [°C]

Larghezza di applicazione dell'azione termica in soletta per singola trave:

$L_{\Delta T}$  3,00 [m]

Gradiente termico lineare per unità di altezza:

$\Delta T_{,1}$  -0,78 [°C/m]

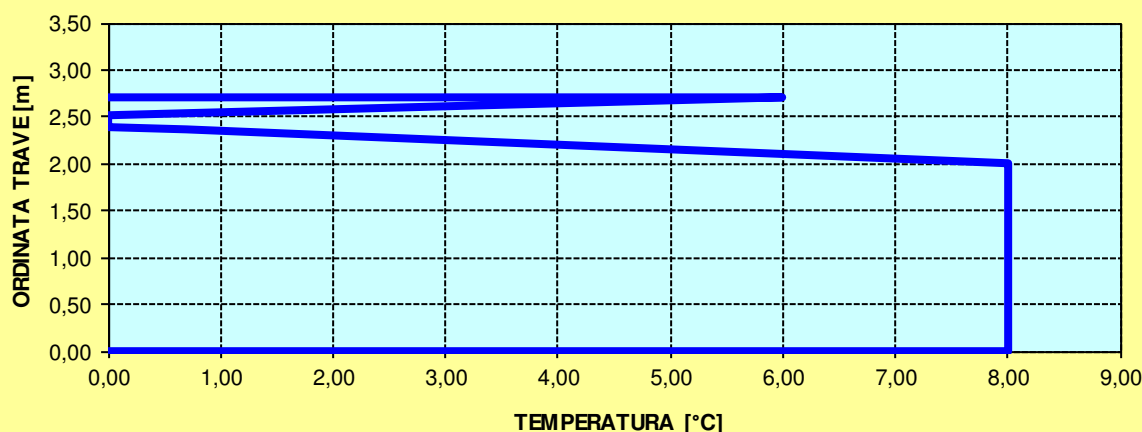
Gradiente termico lineare totale:

$\Delta T$  -2,09 [°C]

Azione normale isostatica:

$N_{\Delta T}$  -222,53 [kN]

**SOLETTA FREDDA - PROFILO DELLE TEMPERATURE**



## CONCIO TIPO 3

### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### CALCESTRUZZO DELLA SOLETTA

|        |          |       |                      |           |           |                      |
|--------|----------|-------|----------------------|-----------|-----------|----------------------|
| C32/40 | $R_{ck}$ | 40,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctm}$ | 3,10      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|        | $f_{ck}$ | 33,20 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctk}$ | 2,17      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|        | $f_{cm}$ | 41,20 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctd}$ | 1,45      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|        | $f_{cd}$ | 18,81 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $E_{cm}$  | 32.811,24 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

#### ACCIAIO PER LE BARRE DI ARMATURA

|       |          |        |                      |           |            |                      |
|-------|----------|--------|----------------------|-----------|------------|----------------------|
| B450C | $f_{tk}$ | 540,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{yd}$  | 391,30     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|       | $f_{yk}$ | 450,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctk}$ | 210.000,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

#### ACCIAIO PER CARPENTERIA

|      |          |        |                      |           |            |                      |
|------|----------|--------|----------------------|-----------|------------|----------------------|
| S355 | $f_{tk}$ | 510,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{yd}$  | 338,10     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
|      | $f_{yk}$ | 355,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{ctk}$ | 210.000,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA TRAVE METALLICA

| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE |            |                    |               |            |                    |
|-----------------------------|------------|--------------------|---------------|------------|--------------------|
| $H$                         | 2.400,00   | [mm]               | $h_{an}$      | 20,00      | [mm]               |
| $l_{imp,sup}$               | 0,00       | [mm]               | $l_{p,inf}$   | 900,00     | [mm]               |
| $s_{imp,sup}$               | 0,00       | [mm]               | $s_{p,inf}$   | 30,00      | [mm]               |
| $l_{p,sup}$                 | 900,00     | [mm]               | $l_{imp,inf}$ | 1.000,00   | [mm]               |
| $s_{p,sup}$                 | 40,00      | [mm]               | $s_{imp,inf}$ | 35,00      | [mm]               |
| $h_{an}$                    | 2.295,00   | [mm]               |               |            |                    |
| CARATTERISTICHE INERZIALI   |            |                    |               |            |                    |
| $A$                         | 143.900,00 | [mm <sup>2</sup> ] | $J_t$         | 4,771E+07  | [mm <sup>4</sup> ] |
| $S$                         | 1,433E+08  | [mm <sup>3</sup> ] | $W_{sup}$     | 1,061E+08  | [mm <sup>3</sup> ] |
| $Y_G$                       | 995,80     | [mm]               | $W_{inf}$     | -1,496E+08 | [mm <sup>3</sup> ] |
| $J$                         | 1,489E+11  | [mm <sup>4</sup> ] | $A_v$         | 48.000,00  | [mm <sup>2</sup> ] |

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED INERZIALI DELLA SOLETTA IN CALCESTRUZZO

| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E INERZIALI |          |                    |                   |           |                    |
|-----------------------------------------|----------|--------------------|-------------------|-----------|--------------------|
| $h_s$                                   | 250,00   | [mm]               | $Y_G$             | 167,41    | [mm]               |
| $h_p$                                   | 50,00    | [mm]               | $A_c$             | 7,900E+05 | [mm <sup>2</sup> ] |
| $b_{eff}$                               | 3.000,00 | [mm]               | $J$               | 4,769E+09 | [mm <sup>4</sup> ] |
| $b_{inf}$                               | 800,00   | [mm]               |                   |           |                    |
| ARMATURA LONGITUDINALE                  |          |                    |                   |           |                    |
| $\emptyset_{inf}$                       | 16,00    | [mm]               | $\emptyset_{sup}$ | 16,00     | [mm]               |
| $i_{inf}$                               | 200,00   | [mm]               | $i_{sup}$         | 200,00    | [mm]               |
| $A_{s,inf}$                             | 3.015,00 | [mm <sup>2</sup> ] | $A_{s,sup}$       | 3.015,00  | [mm <sup>2</sup> ] |
| $Y_{s,inf}$                             | 90,00    | [mm]               | $Y_{s,sup}$       | 230,00    | [mm]               |

☐ SOLETTA FESSURATA

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED INERZIALI DELLA SEZIONE COMPOSTA

| CARATTERISICA GEOMETRICA/INERZIALE      |                                 | FASE I<br>(pesi propri) | FASE II-A<br>(permanenti) | FASE II-B<br>(ritiro) | FASE III<br>(accidentali) |
|-----------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Coefficiente di viscosità:              | $\Phi(t_0, \infty)$             | -                       | 2,165                     | 3,101                 | -                         |
| Coefficiente di omogeneizzazione        | $n$                             | -                       | 21,64                     | 17,32                 | 6,40                      |
| Momento statico della sezione           | $S$ [m <sup>3</sup> ]           | 1,433E+02               | 2,524E-01                 | 2,759E-01             | 4,756E-01                 |
| Baricentro della sezione                | $Y_G$ [m]                       | 0,996                   | 1,354                     | 1,411                 | 1,740                     |
| Area della sezione                      | $A$ [m <sup>2</sup> ]           | 1,439E-01               | 1,864E-01                 | 1,956E-01             | 2,734E-01                 |
| Costante torsionale della sezione       | $J_t$ [m <sup>4</sup> ]         | 4,771E-05               | 7,712E-04                 | 9,520E-04             | 2,494E-03                 |
| Momento di inerzia della sezione        | $J$ [m <sup>4</sup> ]           | 1,489E-01               | 2,302E-01                 | 2,436E-01             | 3,587E-01                 |
| Modulo di resistenza estradosso soletta | $W_{soletta}$ [m <sup>3</sup> ] | -                       | 1,710E-01                 | 1,890E-01             | 3,736E-01                 |
| Modulo di resistenza armatura superiore | $W_{arm,sup}$ [m <sup>3</sup> ] | -                       | 1,804E-01                 | 1,998E-01             | 4,030E-01                 |
| Modulo di resistenza armatura inferiore | $W_{arm,inf}$ [m <sup>3</sup> ] | -                       | 2,026E-01                 | 2,257E-01             | 4,782E-01                 |
| Modulo di resistenza estradosso trave   | $W_{tr,sup}$ [m <sup>3</sup> ]  | 1,061E-01               | 2,201E-01                 | 2,463E-01             | 5,434E-01                 |
| Modulo di resistenza intradosso trave   | $W_{tr,inf}$ [m <sup>3</sup> ]  | -1,496E-01              | -1,700E-01                | -1,727E-01            | -2,061E-01                |

**DEFINIZIONE DEL PROFILO DI TEMPERATURA PER  $\Delta T$  POSITIVO (SOLETTA CALDA)**

Temperatura all'estradosso della soletta:

16,00 [°C]

Larghezza di applicazione dell'azione termica in soletta per singola trave:

$L_{\Delta T}$  3,00 [m]

Gradiente termico lineare per unità di altezza:

$\Delta T_{,1}$  2,95 [°C/m]

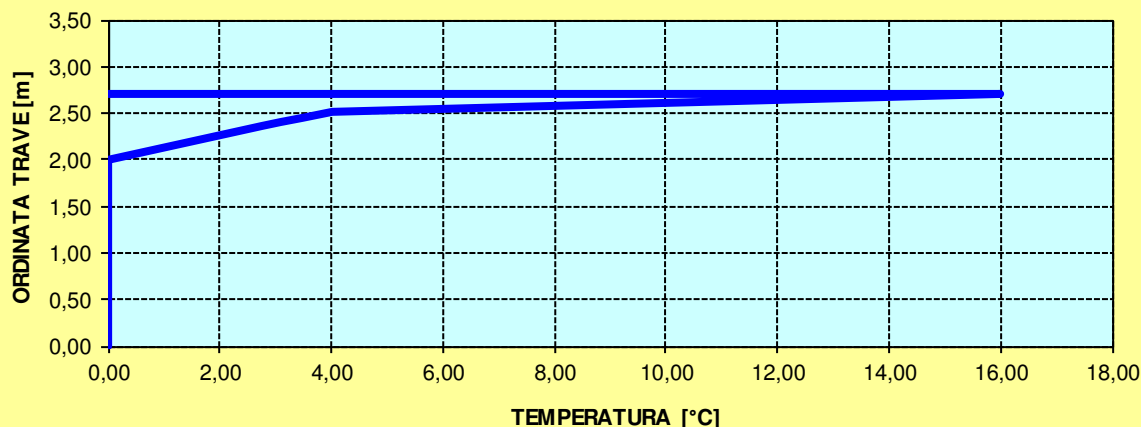
Gradiente termico lineare totale:

$\Delta T$  7,97 [°C]

Azione normale isostatica:

$N_{\Delta T}$  2.480,23 [kN]

**SOLETTA CALDA - PROFILO DELLE TEMPERATURE**



**DEFINIZIONE DEL PROFILO DI TEMPERATURA PER  $\Delta T$  NEGATIVO (SOLETTA FREDDA)**

Temperatura all'estradosso della soletta:

6,00 [°C]

Temperatura all'intradosso della trave metallica:

8,00 [°C]

Larghezza di applicazione dell'azione termica in soletta per singola trave:

$L_{\Delta T}$  3,00 [m]

Gradiente termico lineare per unità di altezza:

$\Delta T_{,1}$  -0,82 [°C/m]

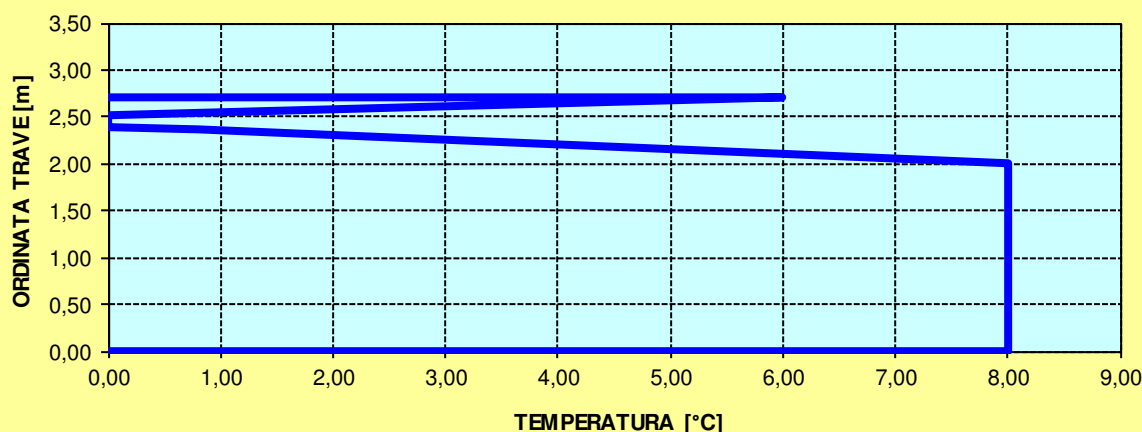
Gradiente termico lineare totale:

$\Delta T$  -2,21 [°C]

Azione normale isostatica:

$N_{\Delta T}$  -234,51 [kN]

**SOLETTA FREDDA - PROFILO DELLE TEMPERATURE**



## 7.11 AZIONE TRASVERSALE DEL VENTO

L'altezza di riferimento per la valutazione della pressione caratteristica del vento è stata valutata, a favore di sicurezza, pari a  $h_1 = 10,00$  m dal piano di campagna.

All'altezza massima della sottostruttura sono stati sommati:

- Altezza massima delle travi  $\rightarrow h_2 = 2,40$  m
- Spessore della soletta  $\rightarrow h_3 = 0,30$  m
- Spessore medio della pavimentazione  $\rightarrow h_4 = 0,175$  m
- Sagoma fittizia dell'autoveicolo  $\rightarrow h_5 = 3,00$  m

L'altezza totale di riferimento, a favore di sicurezza, per la valutazione della pressione caratteristica del vento risulta pertanto pari a:

$$h_{rif} = 10,00 + 2,40 + 0,30 + 0,175 + 3,00 = 15,875 \text{ m}$$

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)

| Zona                                                          | $v_{b,0}$ [m/s] | $a_0$ [m] | $k_a$ [1/s] |
|---------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|-------------|
| 1                                                             | 25              | 1000      | 0,01        |
| $a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])                   |                 |           | 120         |
| $T_R$ (Tempo di ritorno)                                      |                 |           | 100         |
| $v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$                            |                 |           |             |
| $v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m |                 |           |             |
| $y_b$ ( $T_R = 50$ [m/s])                                     |                 |           | 25,000      |
| $\alpha_R$ ( $T_R$ )                                          |                 |           | 1,03924     |
| $v_b$ ( $T_R$ ) = $v_b \times \alpha_R$ [m/s]                 |                 |           | 25,981      |

|                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------|
| $p$ (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$ |
| $q_b$ (pressione cinetica di riferimento [N/mq])                       |
| $c_e$ (coefficiente di esposizione)                                    |
| $c_p$ (coefficiente di forma)                                          |
| $c_d$ (coefficiente dinamico)                                          |



### Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

|              |        |
|--------------|--------|
| $q_b$ [N/mq] | 421,88 |
|--------------|--------|

### Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

### Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

B) Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive

Categoria di esposizione

| ZONE 1,2,3,4,5                                             |       |       |       |      |    |
|------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|----|
|                                                            | costa | mare  | 500m  | 750m |    |
|                                                            | 2 km  | 10 km | 30 km |      |    |
| A                                                          | --    | IV    | IV    | V    | V  |
| B                                                          | --    | III   | III   | IV   | IV |
| C                                                          | --    | *     | III   | III  | IV |
| D                                                          | I     | II    | II    | III  | ** |
| * Categoria II in zona 1,2,3,4<br>Categoria III in zona 5  |       |       |       |      |    |
| ** Categoria III in zona 2,3,4,5<br>Categoria IV in zona 1 |       |       |       |      |    |

| ZONA 6 |       |       |       |     |     |
|--------|-------|-------|-------|-----|-----|
|        | costa | mare  | 500m  |     |     |
|        | 2 km  | 10 km | 30 km |     |     |
| A      | --    | III   | IV    | V   | V   |
| B      | --    | II    | III   | IV  | IV  |
| C      | --    | II    | III   | III | IV  |
| D      | I     | I     | II    | II  | III |

| ZONE 7,8                                            |        |        |     |
|-----------------------------------------------------|--------|--------|-----|
|                                                     | mare   | costa  |     |
|                                                     | 1.5 km | 0.5 km |     |
| A                                                   | --     | --     | IV  |
| B                                                   | --     | --     | IV  |
| C                                                   | --     | --     | III |
| D                                                   | I      | II     | *   |
| * Categoria II in zona 8<br>Categoria III in zona 7 |        |        |     |

| ZONA 9 |       |   |
|--------|-------|---|
|        | costa |   |
|        | mare  |   |
| A      | --    | I |
| B      | --    | I |
| C      | --    | I |
| D      | I     | I |

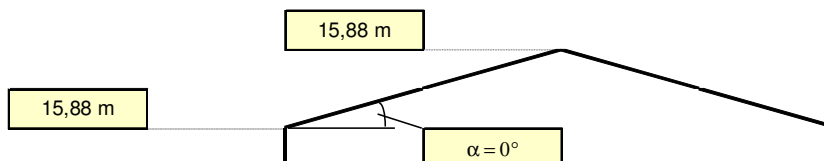
| Zona | Classe di rugosità | $a_s$ [m] |
|------|--------------------|-----------|
| 1    | B                  | 120       |

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

| Cat. Esposiz. | $k_r$ | $z_0$ [m] | $z_{\min}$ [m] | $c_t$ |
|---------------|-------|-----------|----------------|-------|
| III           | 0,2   | 0,1       | 5              | 1     |

| z [m]        | $c_e$ |
|--------------|-------|
| $z \leq 5$   | 1,708 |
| $z = 15,875$ | 2,446 |
| $z = 15,875$ | 2,446 |



Il coefficiente di esposizione maggiore risulta pari a  $c_{e,max} = 2,446$ .

La pressione del vento di calcolo risulta dunque pari a:

$$p_{vento} = 0,42188 \times 2,446 \times 1,00 \times 1,00 = 1,032 \text{ kN/m}^2$$

L'azione trasversale risultante del vento sull'impalcato, valutata per metro lineare di impalcato stesso, è uguale a:

$$P_{vento} = 1,032 \times [2,40 + 0,30 + 0,175 + 3,00] = 6,063 \text{ kN/m}$$

L'azione trasversale del vento produce un momento flettente trasversale sull'impalcato che risulta pari a:

$$M_{T,vento} = 6,063 \times [(2,40 + 0,30 + 0,175 + 3,00)/2 - (2,40 + 0,30)/2] = 9,63 \text{ kNm/m}$$

Tale azione si considera scomposta in coppia sulle travi di estremità (effetto "tira e spingi") producendo sulle travi di estremità un'azione verticale (alternata in segno).

Tale azione verticale, considerata una distanza tra le travi di bordo pari a **9,00 m**, risulta pari a:

$$p_{vento, trave} = 9,63 / 9,00 = \pm 1,07 \text{ kN/m}$$

## 7.12 AZIONE SISMICA

### 7.12.1 AZIONE INERZIALE DELLE MASSE

L'azione sismica verrà assegnata alle strutture in cemento armato mediante un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta elastico allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita.

Gli isolatori sismici sono stati modellati assegnando loro caratteristiche di rigidità e di smorzamento lineari equivalenti.

## 8 COMBINAZIONI DI CARICO

### 8.1 COMBINAZIONI DI CARICO ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – COMBINAZIONI QUASI-PERMANENTI

Per le combinazioni di carico statiche relative alla struttura in oggetto si è fatto riferimento a quanto riportato nel capitolo nel D.M. 17.01.2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”, par. 2.5.3.

Sulla base di ciò sono state individuate le combinazioni di carico statiche quasi permanenti allo Stato Limite di Esercizio, ottenute tramite la relazione generale:

$$F_d = \sum G_{kj} + \sum (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

dove:

- $G_{kj}$  rappresenta il valore caratteristico della j-esima azione permanente
- $Q_{ki}$  rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile
- $\psi_{2i}$  rappresentano i coefficienti di combinazione per tener conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i loro valori quasi permanenti

### 8.2 COMBINAZIONI DI CARICO ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – COMBINAZIONI FREQUENTI

Per le combinazioni di carico statiche relative alla struttura in oggetto si è fatto riferimento a quanto riportato nel capitolo nel D.M. 17.01.2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”, par. 2.5.3.

Sulla base di ciò sono state individuate le combinazioni di carico statiche frequenti allo Stato Limite di Esercizio, ottenute tramite la relazione generale:

$$F_d = \sum G_{kj} + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

dove:

- $G_{kj}$  rappresenta il valore caratteristico della j-esima azione permanente
- $Q_{k1}$  rappresenta il valore caratteristico dell'azione variabile di base in ogni combinazione
- $Q_{ki}$  rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile
- $\psi_{1i}$  rappresentano i coefficienti di combinazione per tener conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i loro valori frequenti

### 8.3 COMBINAZIONI DI CARICO ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – COMBINAZIONI CARATTERISTICHE

Per le combinazioni di carico statiche relative alla struttura in oggetto si è fatto riferimento a quanto riportato nel capitolo nel D.M. 17.01.2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”, par. 2.5.3.

Sulla base di ciò sono state individuate le combinazioni di carico statiche caratteristiche allo Stato Limite di Esercizio, ottenute tramite la relazione generale:

$$F_d = \sum G_{kj} + Q_{k1} + \sum (\psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

dove:

- $G_{kj}$  rappresenta il valore caratteristico della j-esima azione permanente
- $Q_{k1}$  rappresenta il valore caratteristico dell'azione variabile di base in ogni combinazione
- $Q_{ki}$  rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile
- $\psi_{0i}$  rappresentano i coefficienti di combinazione per tener conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i loro valori caratteristici

## 8.4 COMBINAZIONI DI CARICO ALLO STATO LIMITE ULTIMO STATICHE

Per le combinazioni di carico statiche relative alla struttura in oggetto si è fatto riferimento a quanto riportato nel capitolo nel D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", par. 2.5.3.

Sulla base di ciò sono state individuate le combinazioni di carico statiche allo Stato Limite Ultimo, ottenute tramite la relazione generale:

$$F_d = \sum_{j=1}^m (\gamma_{Gj} \cdot G_{kj}) + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \cdot \gamma_{Qi} \cdot Q_{ki})$$

dove:

- $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$  rappresentano i coefficienti parziali di amplificazione dei carichi
- $G_{kj}$  rappresenta il valore caratteristico della j-esima azione permanente
- $Q_{k1}$  rappresenta il valore caratteristico dell'azione variabile di base in ogni combinazione
- $Q_{ki}$  rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile
- $\Psi_{0i}$  rappresentano i coefficienti di combinazione per tener conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i loro valori caratteristici

I coefficienti di amplificazione dei carichi per le combinazioni di carico A1, secondo il D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", par. 5.1.3.12, tabella 5.1.V, sono di seguito riepilogati:

**Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU**

|                                                              |             | Coefficiente                                                    | EQU <sup>(1)</sup>  | A1 STR              | A2 GEO |
|--------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Carichi permanenti                                           | favorevoli  | $\gamma_{G1}$                                                   | 0,90                | 1,00                | 1,00   |
|                                                              | sfavorevoli |                                                                 | 1,10                | 1,35                | 1,00   |
| Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>            | favorevoli  | $\gamma_{G2}$                                                   | 0,00                | 0,00                | 0,00   |
|                                                              | sfavorevoli |                                                                 | 1,50                | 1,50                | 1,30   |
| Carichi variabili da traffico                                | favorevoli  | $\gamma_Q$                                                      | 0,00                | 0,00                | 0,00   |
|                                                              | sfavorevoli |                                                                 | 1,35                | 1,35                | 1,15   |
| Carichi variabili                                            | favorevoli  | $\gamma_{Qi}$                                                   | 0,00                | 0,00                | 0,00   |
|                                                              | sfavorevoli |                                                                 | 1,50                | 1,50                | 1,30   |
| Distorsioni e presollecitazioni di progetto                  | favorevoli  | $\gamma_{\epsilon 1}$                                           | 0,90                | 1,00                | 1,00   |
|                                                              | sfavorevoli |                                                                 | 1,00 <sup>(3)</sup> | 1,00 <sup>(4)</sup> | 1,00   |
| Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari | favorevoli  | $\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$ | 0,00                | 0,00                | 0,00   |
|                                                              | sfavorevoli |                                                                 | 1,20                | 1,20                | 1,00   |

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

I coefficienti di partecipazione dei carichi, secondo il D.M. 17.01.2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”, par. 5.1.3.12, tabella 5.1.VI, sono di seguito riepilogati:

**Tabella 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali**

| Azioni                              | Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)     | Coefficiente $\psi_0$ di combinazione | Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti) | Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti) |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV) | Schema 1 (Carichi tandem)             | 0,75                                  | 0,75                                     | 0,0                                             |
|                                     | Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti) | 0,40                                  | 0,40                                     | 0,0                                             |
|                                     | Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)    | 0,40                                  | 0,40                                     | 0,0                                             |
|                                     | Schema 2                              | 0,0                                   | 0,75                                     | 0,0                                             |
|                                     | 2                                     | 0,0                                   | 0,0                                      | 0,0                                             |
|                                     | 3                                     | 0,0                                   | 0,0                                      | 0,0                                             |
|                                     | 4 (folla)                             | ----                                  | 0,75                                     | 0,0                                             |
|                                     | 5                                     | 0,0                                   | 0,0                                      | 0,0                                             |
| Vento $q_5$                         | Vento a ponte scarico<br>SLU e SLE    | 0,6                                   | 0,2                                      | 0,0                                             |
|                                     | Esecuzione                            | 0,8                                   | ----                                     | 0,0                                             |
|                                     | Vento a ponte carico                  | 0,6                                   |                                          |                                                 |
| Neve $q_5$                          | SLU e SLE                             | 0,0                                   | 0,0                                      | 0,0                                             |
|                                     | esecuzione                            | 0,8                                   | 0,6                                      | 0,5                                             |
| Temperatura                         | $T_k$                                 | 0,6                                   | 0,6                                      | 0,5                                             |

## 8.5 COMBINAZIONE DI CARICO SISMICHE

In fase sismica è stata ipotizzata un'unica combinazione di carico allo Stato Limite di Salvaguardia ottenuta tramite la relazione generale:

$$F_d = E + \sum G_{kj} + \sum (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

dove:

- E rappresenta il carico sismico
- $G_{kj}$  rappresenta il valore caratteristico della j-esima azione permanente
- $Q_{ki}$  rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile
- $\psi_{2i}$  rappresentano i coefficienti di combinazione per tener conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i loro valori quasi permanenti

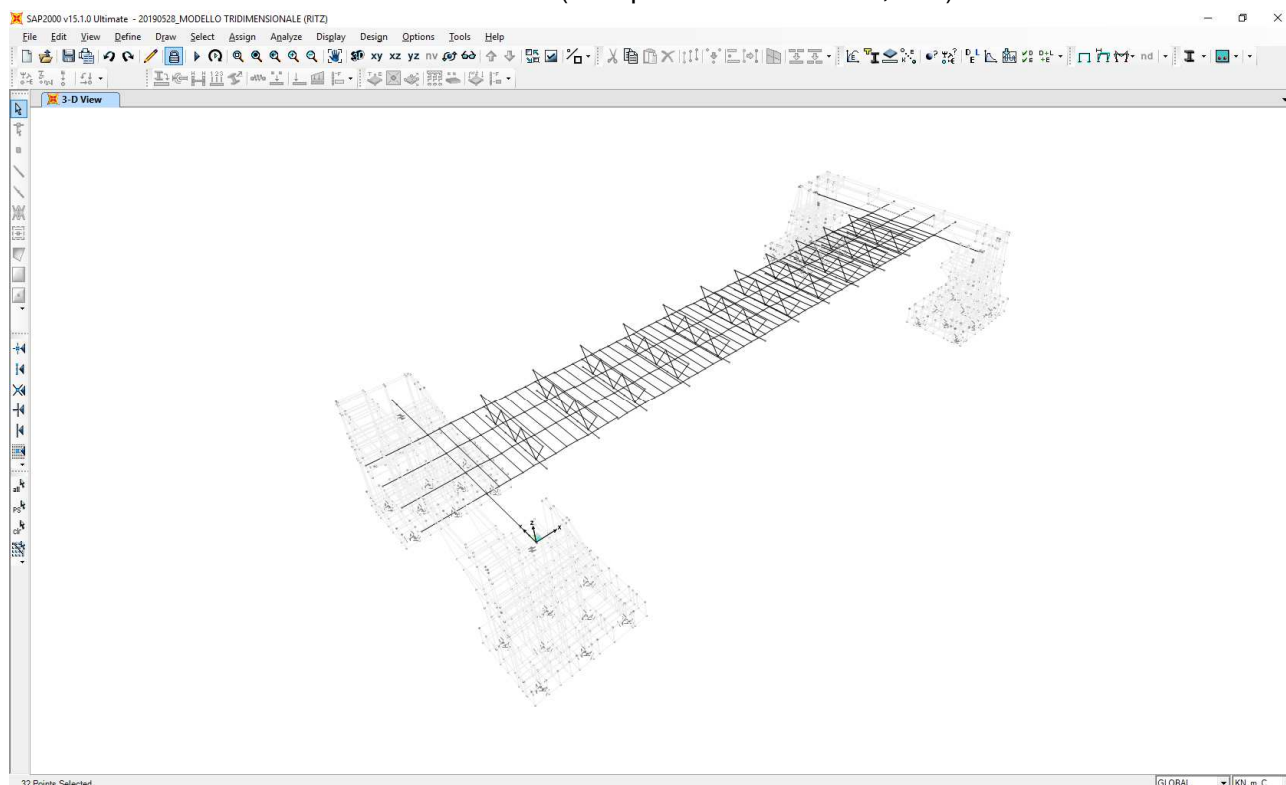
## 8.6 DEFINIZIONE DEI CARICHI ELEMENTARI E DEI COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE

La definizione dei coefficienti di partecipazione e la definizione dei coefficienti moltiplicativi per ciascuna combinazione di carico assunta sono riportati all'interno del seguente allegato alla presente relazione:

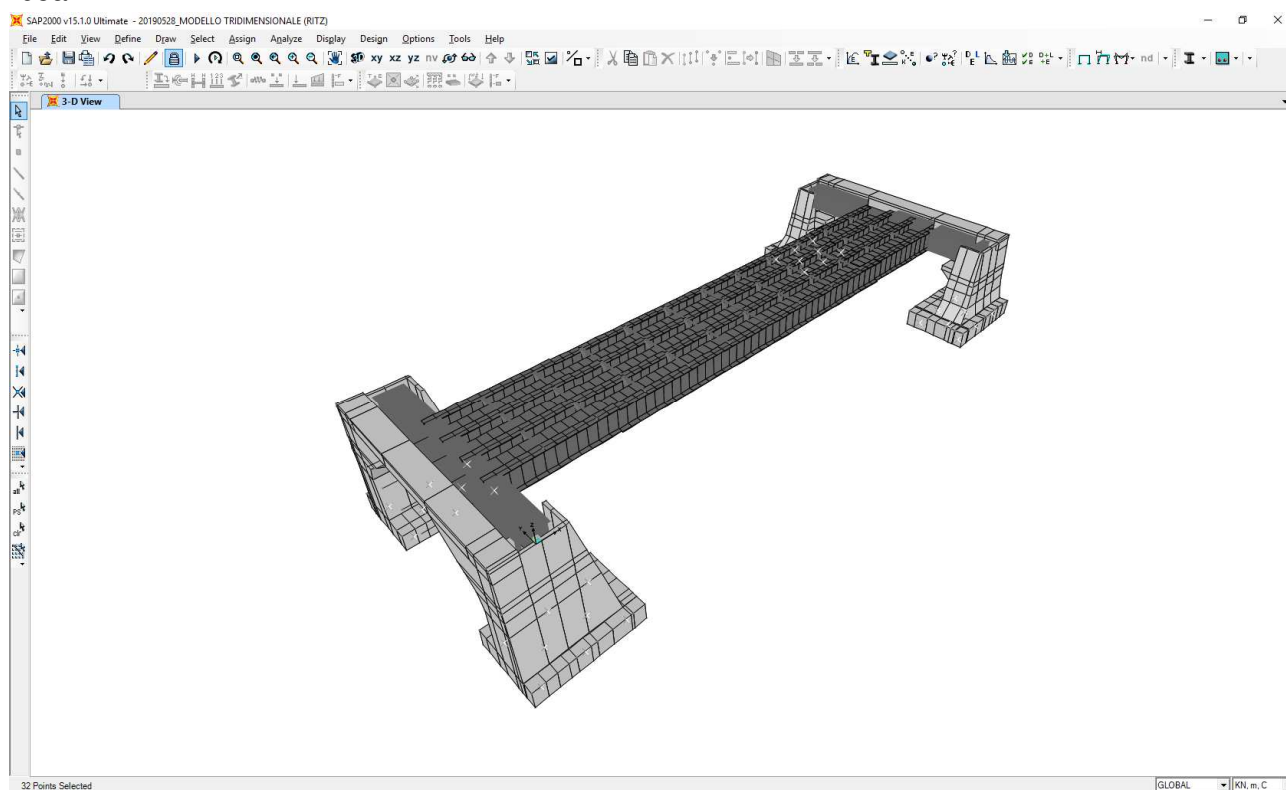
- Allegato 1 → Combinazioni di carico

## 9 MODELLO DI CALCOLO

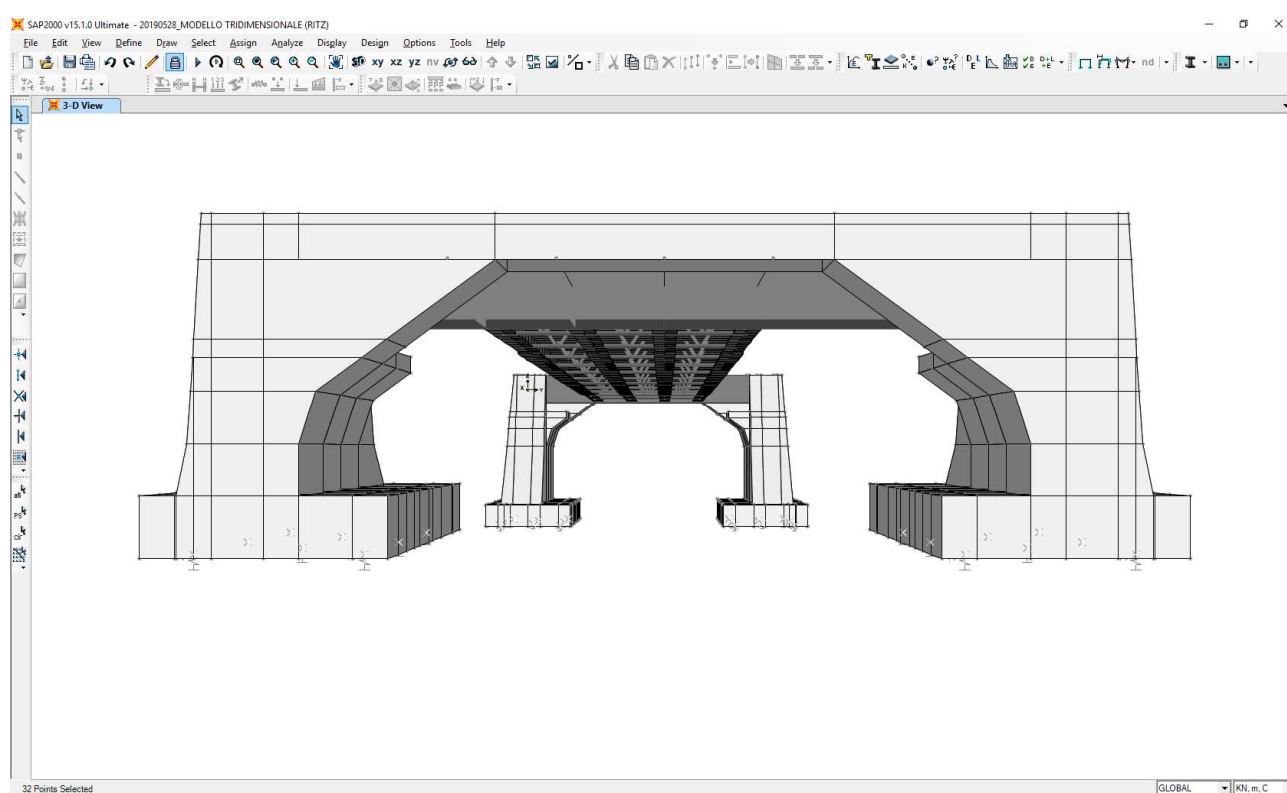
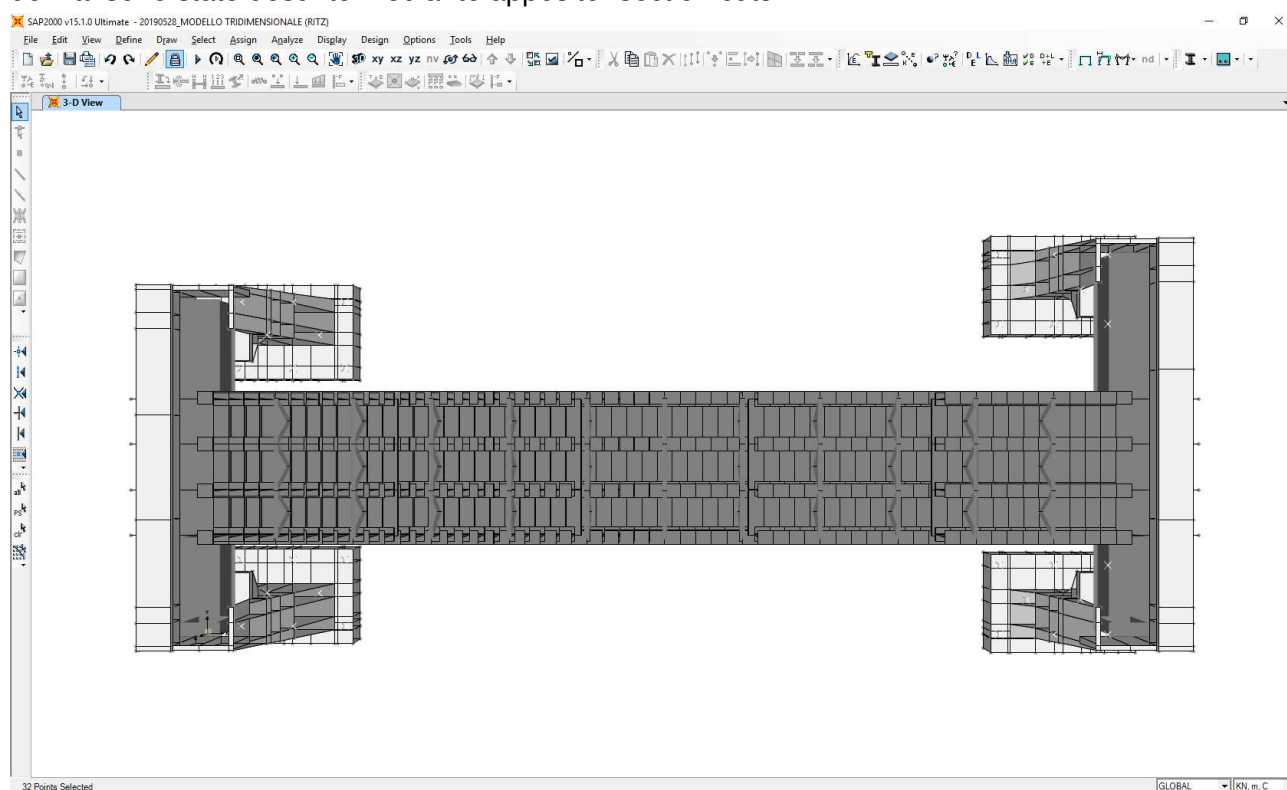
Al fine di determinare le azioni sollecitanti sugli elementi delle sottostrutture (elevazioni, zattere di fondazione e pali di fondazione) è stato approntato un apposito modello di calcolo agli elementi finiti mediante il software SAP2000 v.15.1 (Computers & Structures, Inc.).

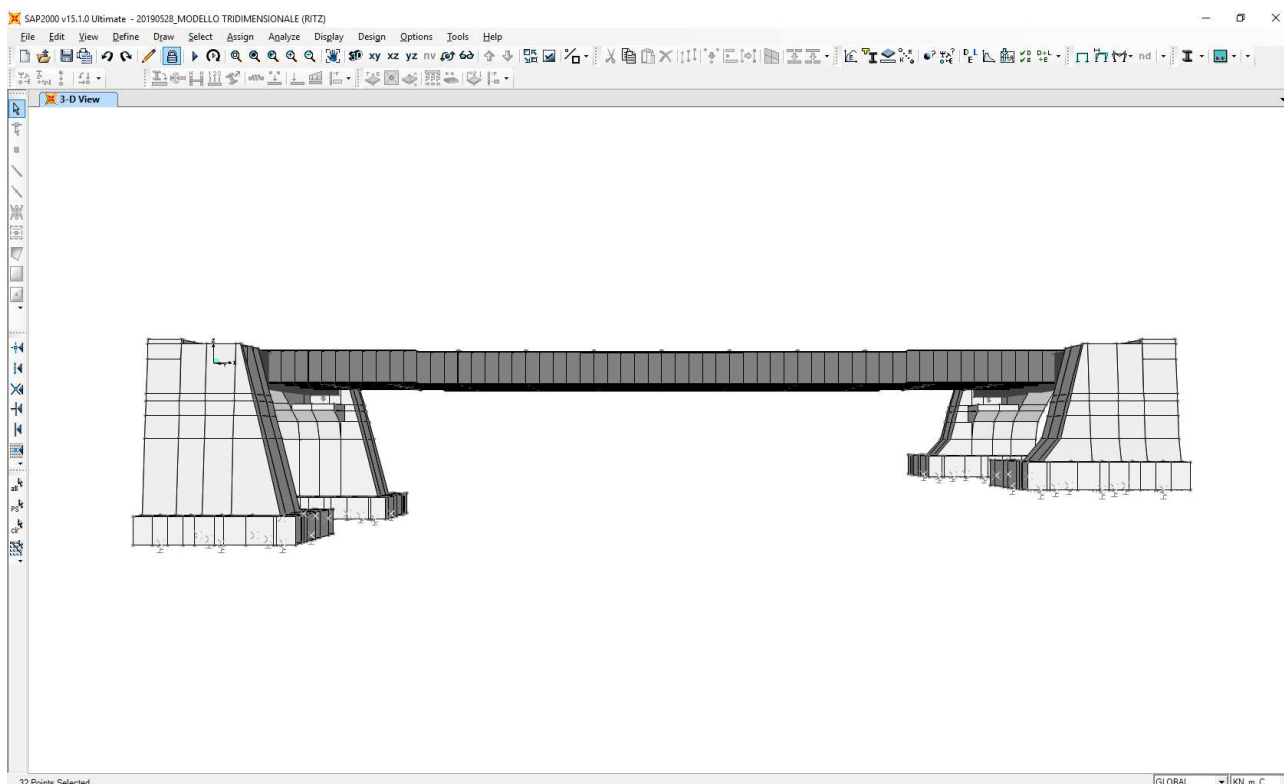


Gli elementi dell'impalcato sono stato tutti modellati mediante elementi monodimensionali tipo "beam".



Le sottostrutture, al fine di rispettare le esatte geometrie e il corretto posizionamento delle masse, sono state modellate mediante elementi tridimensionali tipo "solid". Le sollecitazioni allo spiccato dei ritti sono state desunte mediante apposite "section cuts".





I pali di fondazione sono stati modellati come molle elastiche con le seguenti costanti di rigidezza:

- Direzione verticale → **k = 1.000.000,00 kN/m**
- Direzione orizzontale → **k = 500.000,00 kN/m**

La scelta di costanti di rigidezza elevate delle molle, rispetto alla scelta di appoggi semplici, è stata valutata con la finalità di garantire alla struttura un comportamento rigido (massimizzazione delle azioni sollecitanti sulle strutture in cemento armato) e di evitare la formazione di punte di tensione non congruenti con il reale funzionamento della struttura tipiche dell'utilizzo di appoggi semplici come elemento di modellazione dei pali di fondazione.

Gli isolatori sismici sono stati modellati mediante elementi "nlink" lineari equivalenti del tipo "linear", ai quali sono stati attribuiti i valori della rigidezza equivalente dell'isolatore a pendolo a singola superficie di scorrimento (rigidezza secante), valutata mediante la seguente relazione:

$$K_e = N_{SD} \cdot \left( \frac{1}{R} + \frac{\mu}{d} \right)$$

Nella tabella successiva sono riepilogati i valori delle rigidezze lineari equivalenti orizzontali assegnate ai differenti isolatori (valori di primo tentativo dedotti dal predimensionamento → relazione di calcolo dell'impalcato metallico):

| SOTTOSTRUTTURA | APPOGGIO | N <sub>SLC</sub> | μ     | R<br>[mm] | D<br>[mm] | K <sub>e</sub><br>[kN/mm] | K <sub>e</sub><br>[kN/m] | ξ      |
|----------------|----------|------------------|-------|-----------|-----------|---------------------------|--------------------------|--------|
| SPALLA A       | 1        | 3.141,12         | 5,45% | 2.500,00  | 10,15     | 18,12                     | <b>18.122,56</b>         | 59,25% |
|                | 2        | 3.144,65         | 5,45% | 2.500,00  | 10,15     | 18,14                     | <b>18.142,93</b>         | 59,25% |
| SPALLA B       | 1        | 3.556,52         | 4,92% | 2.500,00  | 10,15     | 18,66                     | <b>18.662,09</b>         | 58,81% |
|                | 2        | 2.812,13         | 5,98% | 2.500,00  | 10,15     | 17,69                     | <b>17.692,87</b>         | 59,61% |

## VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

The image shows two windows from a structural analysis software. The left window, 'Link/Support Property Data', is for defining a linear link with properties like mass, weight, and stiffness. The right window, 'Linear Link/Support Directional Properties', shows directional control settings for U1, U2, U3 and R1, R2, R3, along with stiffness and damping values.

### 9.1 VALIDAZIONE E TARATURA DEI DATI DI PREDIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI ISOLAMENTO

E' stato adottato un procedimento iterativo partendo da una condizione iniziale caratterizzata dall'assegnazione ai singoli isolatori sismici delle caratteristiche di rigidezza e di smorzamento elastiche equivalenti determinate mediante il predimensionamento.

Successivamente è stata eseguita un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta smorzato allo Stato Limite di Collasso.

Determinato il periodo principale di oscillazione della struttura in direzione longitudinale e in direzione trasversale si è proceduto a ricalcolare le caratteristiche di rigidezza e smorzamento elastiche equivalenti degli isolatori in relazione dei valori di tali periodi.

Tale iter è stata implementato fino a una sostanziale stabilità dei risultati → variazione degli spostamenti in fase sismica < 1,00%.

| SOTTOSTRUTTURA | APPOGGIO | PREDIMENSIONAMENTO MANUALE   |                            |                             |                          |  | MODELLO DI CALCOLO - 1° TENTATIVO |                            |                             |                          |                      |
|----------------|----------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|--|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|
|                |          | RIGIDEZZA EQUIVALENTE [kN/m] | SPOSTAMENTO $d_{SLC}$ [mm] | PERIODO DI ISOLAMENTO [sec] | SMORZAMENT O EQUIVALENTE |  | RIGIDEZZA EQUIVALENTE [kN/m]      | SPOSTAMENTO $d_{SLC}$ [mm] | PERIODO DI ISOLAMENTO [sec] | SMORZAMENT O EQUIVALENTE | $\Delta d_{SLC}$ [%] |
| SPALLA A       | A        | 18.289,51                    | 10,01                      | 0,8269                      | 59,34%                   |  | 18.289,51                         | 9,17                       | 0,8269                      | 59,34%                   | 8,39%                |
|                | B        | 18.281,70                    | 10,01                      |                             |                          |  | 18.281,70                         | 9,13                       |                             |                          | 8,79%                |
| SPALLA B       | A        | 18.801,92                    | 10,01                      | 0,8269                      | 59,34%                   |  | 18.801,92                         | 9,44                       | 0,8269                      | 59,34%                   | 5,69%                |
|                | B        | 17.835,55                    | 10,01                      |                             |                          |  | 17.835,55                         | 8,41                       |                             |                          | 15,98%               |

| SOTTOSTRUTTURA | APPOGGIO | MODELLO DI CALCOLO - 2° TENTATIVO |                            |                             |                          |                      | MODELLO DI CALCOLO - 3° TENTATIVO |                            |                             |                          |                      |
|----------------|----------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|
|                |          | RIGIDEZZA EQUIVALENTE [kN/m]      | SPOSTAMENTO $d_{SLC}$ [mm] | PERIODO DI ISOLAMENTO [sec] | SMORZAMENT O EQUIVALENTE | $\Delta d_{SLC}$ [%] | RIGIDEZZA EQUIVALENTE [kN/m]      | SPOSTAMENTO $d_{SLC}$ [mm] | PERIODO DI ISOLAMENTO [sec] | SMORZAMENT O EQUIVALENTE | $\Delta d_{SLC}$ [%] |
| SPALLA A       | A        | 19.869,14                         | 8,75                       | 0,7876                      | 59,74%                   | 4,58%                | 20.763,63                         | 8,55                       | 0,7678                      | 59,93%                   | 2,29%                |
|                | B        | 19.929,39                         | 8,68                       |                             |                          | 4,93%                | 20.898,59                         | 8,46                       |                             |                          | 2,53%                |
| SPALLA B       | A        | 19.859,25                         | 9,08                       | 0,7876                      | 59,74%                   | 3,81%                | 20.591,03                         | 8,89                       | 0,7678                      | 59,93%                   | 2,09%                |
|                | B        | 21.041,63                         | 7,78                       |                             |                          | 7,49%                | 22.656,05                         | 7,49                       |                             |                          | 3,73%                |

| SOTTOSTRUTTURA | APPOGGIO | MODELLO DI CALCOLO - 4° TENTATIVO |                            |                             |                          |                      | MODELLO DI CALCOLO - 5° TENTATIVO |                            |                             |                          |                      |
|----------------|----------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|
|                |          | RIGIDEZZA EQUIVALENTE [kN/m]      | SPOSTAMENTO $d_{SLC}$ [mm] | PERIODO DI ISOLAMENTO [sec] | SMORZAMENT O EQUIVALENTE | $\Delta d_{SLC}$ [%] | RIGIDEZZA EQUIVALENTE [kN/m]      | SPOSTAMENTO $d_{SLC}$ [mm] | PERIODO DI ISOLAMENTO [sec] | SMORZAMENT O EQUIVALENTE | $\Delta d_{SLC}$ [%] |
| SPALLA A       | A        | 21.220,47                         | 8,45                       | 0,7580                      | 60,03%                   | 1,17%                | 21.457,00                         | 8,39                       | 0,7530                      | 60,07%                   | 0,71%                |
|                | B        | 21.409,95                         | 8,35                       |                             |                          | 1,30%                | 21.675,73                         | 8,29                       |                             |                          | 0,72%                |
| SPALLA B       | A        | 21.001,14                         | 8,79                       | 0,7580                      | 60,03%                   | 1,12%                | 21.224,10                         | 8,74                       | 0,7530                      | 60,07%                   | 0,57%                |
|                | B        | 23.490,47                         | 7,35                       |                             |                          | 1,87%                | 23.916,86                         | 7,28                       |                             |                          | 0,95%                |

Il periodo finale di isolamento è stato dunque definito pari a **0,753 secondi**, cui corrisponde uno smorzamento pari a **60,07%**.

## 10 SPALLA A – VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI ALLO SPICCATO DELLE ELEVAZIONI

### 10.1 ELEVAZIONE SINISTRA

Nella tabella successiva sono riepilogati i valori delle azioni sollecitanti in corrispondenza dello spiccatto dell'elevazione sinistra per le differenti combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio e allo Stato Limite Ultimo:

| COMBINAZIONE  |     | N <sub>Sd</sub><br>[kN] | V <sub>long,Sd</sub><br>[kN] | V <sub>trasv,Sd</sub><br>[kN] | M <sub>long,Sd</sub><br>[kNm] | M <sub>trasv,Sd</sub><br>[kNm] | M <sub>torc,Sd</sub><br>[kNm] |
|---------------|-----|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| SLE - Q.P.01  | Max | 10.551,35               | 208,32                       | 549,08                        | 12.297,90                     | 3.513,55                       | -1.775,80                     |
| SLE - Q.P.01  | Min | 10.551,35               | 208,32                       | 549,08                        | 12.297,90                     | 3.513,55                       | -1.775,80                     |
| SLE - Q.P.02  | Max | 10.551,43               | 214,68                       | 539,61                        | 12.352,64                     | 3.545,62                       | -1.829,71                     |
| SLE - Q.P.02  | Min | 10.551,43               | 214,68                       | 539,61                        | 12.352,64                     | 3.545,62                       | -1.829,71                     |
| SLE - FREQ.01 | Max | 11.664,95               | 275,74                       | 588,39                        | 13.404,02                     | 3.876,67                       | -1.775,80                     |
| SLE - FREQ.01 | Min | 10.551,25               | 207,76                       | 549,06                        | 12.297,61                     | 3.513,54                       | -1.897,32                     |
| SLE - FREQ.02 | Max | 11.665,03               | 282,11                       | 578,92                        | 13.458,76                     | 3.908,75                       | -1.829,71                     |
| SLE - FREQ.02 | Min | 10.551,33               | 214,13                       | 539,58                        | 12.352,34                     | 3.545,62                       | -1.951,23                     |
| SLE - FREQ.03 | Max | 10.551,34               | 207,68                       | 550,03                        | 12.292,43                     | 3.510,34                       | -1.770,41                     |
| SLE - FREQ.03 | Min | 10.551,34               | 207,68                       | 550,03                        | 12.292,43                     | 3.510,34                       | -1.770,41                     |
| SLE - FREQ.04 | Max | 10.551,44               | 215,31                       | 538,66                        | 12.358,11                     | 3.548,83                       | -1.835,10                     |
| SLE - FREQ.04 | Min | 10.551,44               | 215,31                       | 538,66                        | 12.358,11                     | 3.548,83                       | -1.835,10                     |
| SLE - CAR.01  | Max | 12.056,83               | 297,35                       | 657,05                        | 13.830,09                     | 3.753,05                       | -1.780,10                     |
| SLE - CAR.01  | Min | 10.571,89               | 206,71                       | 604,60                        | 12.354,87                     | 3.268,87                       | -1.942,12                     |
| SLE - CAR.02  | Max | 12.056,93               | 304,98                       | 645,68                        | 13.895,78                     | 3.791,54                       | -1.844,79                     |
| SLE - CAR.02  | Min | 10.572,00               | 214,34                       | 593,23                        | 12.420,55                     | 3.307,36                       | -2.006,82                     |
| SLE - CAR.03  | Max | 12.015,45               | 297,81                       | 547,84                        | 13.704,36                     | 4.235,97                       | -1.760,72                     |
| SLE - CAR.03  | Min | 10.530,52               | 207,17                       | 495,39                        | 12.229,14                     | 3.751,79                       | -1.922,74                     |
| SLE - CAR.04  | Max | 12.015,56               | 305,45                       | 536,47                        | 13.770,05                     | 4.274,47                       | -1.825,41                     |
| SLE - CAR.04  | Min | 10.530,62               | 214,81                       | 484,02                        | 12.294,82                     | 3.790,29                       | -1.987,43                     |
| SLE - CAR.05  | Max | 11.699,42               | 274,71                       | 680,35                        | 13.503,27                     | 3.471,03                       | -1.786,56                     |
| SLE - CAR.05  | Min | 10.585,72               | 206,73                       | 641,01                        | 12.396,86                     | 3.107,90                       | -1.908,08                     |
| SLE - CAR.06  | Max | 11.699,52               | 282,35                       | 668,98                        | 13.568,96                     | 3.509,52                       | -1.851,25                     |
| SLE - CAR.06  | Min | 10.585,82               | 214,37                       | 629,64                        | 12.462,54                     | 3.146,39                       | -1.972,77                     |
| SLE - CAR.07  | Max | 11.630,46               | 275,49                       | 498,33                        | 13.293,72                     | 4.275,91                       | -1.754,25                     |
| SLE - CAR.07  | Min | 10.516,76               | 207,51                       | 458,99                        | 12.187,30                     | 3.912,77                       | -1.875,77                     |
| SLE - CAR.08  | Max | 11.630,56               | 283,12                       | 486,96                        | 13.359,41                     | 4.314,40                       | -1.818,95                     |
| SLE - CAR.08  | Min | 10.516,86               | 215,14                       | 447,62                        | 12.252,99                     | 3.951,27                       | -1.940,47                     |
| SLE - CAR.09  | Max | 11.685,60               | 272,33                       | 647,74                        | 13.439,49                     | 3.619,17                       | -1.758,54                     |
| SLE - CAR.09  | Min | 10.571,89               | 204,35                       | 608,40                        | 12.333,07                     | 3.256,04                       | -1.880,05                     |
| SLE - CAR.10  | Max | 11.685,77               | 285,05                       | 628,79                        | 13.548,96                     | 3.683,33                       | -1.866,36                     |
| SLE - CAR.10  | Min | 10.572,06               | 217,07                       | 589,45                        | 12.442,54                     | 3.320,19                       | -1.987,88                     |
| SLE - CAR.11  | Max | 11.644,22               | 272,79                       | 538,53                        | 13.313,76                     | 4.102,10                       | -1.739,15                     |
| SLE - CAR.11  | Min | 10.530,52               | 204,81                       | 499,19                        | 12.207,34                     | 3.738,96                       | -1.860,67                     |
| SLE - CAR.12  | Max | 11.644,39               | 285,52                       | 519,58                        | 13.423,23                     | 4.166,25                       | -1.846,97                     |
| SLE - CAR.12  | Min | 10.530,69               | 217,54                       | 480,24                        | 12.316,81                     | 3.803,12                       | -1.968,49                     |
| SLU - STR.01  | Max | 16.396,42               | 410,92                       | 899,12                        | 18.832,04                     | 5.072,17                       | -2.427,07                     |
| SLU - STR.01  | Min | 14.391,76               | 288,55                       | 828,31                        | 16.840,49                     | 4.418,53                       | -2.645,80                     |
| SLU - STR.02  | Max | 16.396,54               | 420,08                       | 885,47                        | 18.910,86                     | 5.118,36                       | -2.504,70                     |
| SLU - STR.02  | Min | 14.391,88               | 297,72                       | 814,66                        | 16.919,31                     | 4.464,72                       | -2.723,44                     |
| SLU - STR.03  | Max | 16.334,36               | 411,62                       | 735,30                        | 18.643,44                     | 5.796,55                       | -2.398,00                     |
| SLU - STR.03  | Min | 14.329,69               | 289,25                       | 664,49                        | 16.651,89                     | 5.142,91                       | -2.616,73                     |
| SLU - STR.04  | Max | 16.334,48               | 420,78                       | 721,65                        | 18.722,26                     | 5.842,75                       | -2.475,63                     |
| SLU - STR.04  | Min | 14.329,81               | 298,41                       | 650,85                        | 16.730,71                     | 5.189,11                       | -2.694,36                     |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| COMBINAZIONE |     | N <sub>Sd</sub><br>[kN] | V <sub>long,Sd</sub><br>[kN] | V <sub>trav,Sd</sub><br>[kN] | M <sub>long,Sd</sub><br>[kNm] | M <sub>trav,Sd</sub><br>[kNm] | M <sub>torc,Sd</sub><br>[kNm] |
|--------------|-----|-------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| SLU - STR.05 | Max | 15.915,99               | 380,34                       | 936,03                       | 18.397,12                     | 4.667,30                      | -2.436,76                     |
| SLU - STR.05 | Min | 14.412,49               | 288,57                       | 882,92                       | 16.903,45                     | 4.177,07                      | -2.600,81                     |
| SLU - STR.06 | Max | 15.920,24               | 389,59                       | 922,39                       | 18.478,38                     | 4.714,65                      | -2.513,67                     |
| SLU - STR.06 | Min | 14.416,75               | 297,81                       | 869,28                       | 16.984,72                     | 4.224,42                      | -2.677,72                     |
| SLU - STR.07 | Max | 15.812,55               | 381,50                       | 663,00                       | 18.082,79                     | 5.874,61                      | -2.388,30                     |
| SLU - STR.07 | Min | 14.309,05               | 289,73                       | 609,90                       | 16.589,13                     | 5.384,38                      | -2.552,35                     |
| SLU - STR.08 | Max | 15.812,67               | 390,67                       | 649,36                       | 18.161,61                     | 5.920,80                      | -2.465,93                     |
| SLU - STR.08 | Min | 14.309,17               | 298,89                       | 596,25                       | 16.667,95                     | 5.430,57                      | -2.629,98                     |
| SLU - STR.09 | Max | 15.895,26               | 377,52                       | 885,97                       | 18.308,01                     | 4.893,36                      | -2.401,19                     |
| SLU - STR.09 | Min | 14.391,76               | 285,75                       | 832,87                       | 16.814,35                     | 4.403,13                      | -2.565,24                     |
| SLU - STR.10 | Max | 15.895,46               | 392,79                       | 863,23                       | 18.439,38                     | 4.970,35                      | -2.530,58                     |
| SLU - STR.10 | Min | 14.391,96               | 301,02                       | 810,13                       | 16.945,71                     | 4.480,12                      | -2.694,63                     |
| SLU - STR.11 | Max | 15.833,19               | 378,22                       | 722,16                       | 18.119,41                     | 5.617,75                      | -2.372,12                     |
| SLU - STR.11 | Min | 14.329,70               | 286,44                       | 669,05                       | 16.625,75                     | 5.127,52                      | -2.536,17                     |
| SLU - STR.12 | Max | 15.833,40               | 393,49                       | 699,42                       | 18.250,78                     | 5.694,74                      | -2.501,50                     |
| SLU - STR.12 | Min | 14.329,90               | 301,72                       | 646,31                       | 16.757,12                     | 5.204,51                      | -2.665,55                     |
| SLV - X - 01 | Max | 10.884,75               | 1.245,50                     | 894,28                       | 21.648,69                     | 4.834,46                      | 121,23                        |
| SLV - X - 01 | Min | 10.224,86               | -348,22                      | 280,56                       | 7.064,85                      | 1.754,52                      | -3.841,76                     |
| SLV - X - 02 | Max | 10.884,79               | 1.258,23                     | 870,59                       | 21.758,25                     | 4.923,37                      | -3,91                         |
| SLV - X - 02 | Min | 10.224,90               | -335,49                      | 256,86                       | 7.174,41                      | 1.843,43                      | -3.966,91                     |
| SLV - Y - 01 | Max | 10.978,00               | 737,06                       | 1.493,50                     | 17.339,07                     | 7.299,67                      | -341,16                       |
| SLV - Y - 01 | Min | 10.131,61               | 160,22                       | -318,67                      | 11.374,47                     | -710,69                       | -3.379,37                     |
| SLV - Y - 02 | Max | 10.978,04               | 749,79                       | 1.469,81                     | 17.448,63                     | 7.388,58                      | -466,31                       |
| SLV - Y - 02 | Min | 10.131,65               | 172,95                       | -342,36                      | 11.484,03                     | -621,78                       | -3.504,51                     |

## 10.2 ELEVAZIONE DESTRA

Nella tabella successiva sono riepilogati i valori delle azioni sollecitanti in corrispondenza dello spiccato dell'elevazione sinistra per le differenti combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio e allo Stato Limite Ultimo:

| COMBINAZIONE  |     | N <sub>Sd</sub><br>[kN] | V <sub>long,Sd</sub><br>[kN] | V <sub>trasv,Sd</sub><br>[kN] | M <sub>long,Sd</sub><br>[kNm] | M <sub>trasv,Sd</sub><br>[kNm] | M <sub>torc,Sd</sub><br>[kNm] |
|---------------|-----|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| SLE - Q.P.01  | Max | 10.551,86               | 207,03                       | -545,20                       | 12.284,10                     | -3.531,97                      | 1.776,60                      |
| SLE - Q.P.01  | Min | 10.551,86               | 207,03                       | -545,20                       | 12.284,10                     | -3.531,97                      | 1.776,60                      |
| SLE - Q.P.02  | Max | 10.551,78               | 214,19                       | -535,47                       | 12.344,72                     | -3.564,75                      | 1.829,34                      |
| SLE - Q.P.02  | Min | 10.551,78               | 214,19                       | -535,47                       | 12.344,72                     | -3.564,75                      | 1.829,34                      |
| SLE - FREQ.01 | Max | 11.490,74               | 271,05                       | -545,20                       | 13.295,25                     | -3.531,85                      | 1.927,20                      |
| SLE - FREQ.01 | Min | 10.551,86               | 206,89                       | -583,72                       | 12.284,10                     | -3.847,96                      | 1.776,54                      |
| SLE - FREQ.02 | Max | 11.490,65               | 278,21                       | -535,47                       | 13.355,87                     | -3.564,63                      | 1.979,94                      |
| SLE - FREQ.02 | Min | 10.551,78               | 214,05                       | -573,99                       | 12.344,72                     | -3.880,75                      | 1.829,27                      |
| SLE - FREQ.03 | Max | 10.551,87               | 206,31                       | -546,18                       | 12.278,04                     | -3.528,69                      | 1.771,33                      |
| SLE - FREQ.03 | Min | 10.551,87               | 206,31                       | -546,18                       | 12.278,04                     | -3.528,69                      | 1.771,33                      |
| SLE - FREQ.04 | Max | 10.551,77               | 214,90                       | -534,50                       | 12.350,78                     | -3.568,03                      | 1.834,61                      |
| SLE - FREQ.04 | Min | 10.551,77               | 214,90                       | -534,50                       | 12.350,78                     | -3.568,03                      | 1.834,61                      |
| SLE - CAR.01  | Max | 11.783,02               | 291,73                       | -491,88                       | 13.561,81                     | -3.768,95                      | 1.960,75                      |
| SLE - CAR.01  | Min | 10.531,18               | 206,18                       | -543,24                       | 12.213,61                     | -4.190,44                      | 1.759,86                      |
| SLE - CAR.02  | Max | 11.782,92               | 300,32                       | -480,20                       | 13.634,56                     | -3.808,29                      | 2.024,03                      |
| SLE - CAR.02  | Min | 10.531,08               | 214,78                       | -531,56                       | 12.286,36                     | -4.229,78                      | 1.823,14                      |
| SLE - CAR.03  | Max | 11.824,40               | 291,62                       | -600,47                       | 13.690,60                     | -3.288,10                      | 1.983,50                      |
| SLE - CAR.03  | Min | 10.572,56               | 206,08                       | -651,83                       | 12.342,40                     | -3.709,59                      | 1.782,62                      |
| SLE - CAR.04  | Max | 11.824,29               | 300,22                       | -588,79                       | 13.763,34                     | -3.327,44                      | 2.046,78                      |
| SLE - CAR.04  | Min | 10.572,45               | 214,67                       | -640,15                       | 12.415,14                     | -3.748,93                      | 1.845,90                      |
| SLE - CAR.05  | Max | 11.456,27               | 270,42                       | -455,68                       | 13.181,82                     | -3.929,28                      | 1.902,97                      |
| SLE - CAR.05  | Min | 10.517,39               | 206,26                       | -494,20                       | 12.170,66                     | -4.245,40                      | 1.752,30                      |
| SLE - CAR.06  | Max | 11.456,17               | 279,01                       | -444,00                       | 13.254,56                     | -3.968,61                      | 1.966,25                      |
| SLE - CAR.06  | Min | 10.517,29               | 214,85                       | -482,52                       | 12.243,41                     | -4.284,73                      | 1.815,58                      |
| SLE - CAR.07  | Max | 11.525,23               | 270,24                       | -636,67                       | 13.396,46                     | -3.127,86                      | 1.940,89                      |
| SLE - CAR.07  | Min | 10.586,35               | 206,08                       | -675,19                       | 12.385,31                     | -3.443,98                      | 1.790,22                      |
| SLE - CAR.08  | Max | 11.525,13               | 278,84                       | -624,99                       | 13.469,20                     | -3.167,20                      | 2.004,17                      |
| SLE - CAR.08  | Min | 10.586,25               | 214,68                       | -663,51                       | 12.458,05                     | -3.483,32                      | 1.853,50                      |
| SLE - CAR.09  | Max | 11.470,09               | 267,52                       | -495,77                       | 13.200,52                     | -3.755,88                      | 1.889,46                      |
| SLE - CAR.09  | Min | 10.531,21               | 203,36                       | -534,29                       | 12.189,37                     | -4.072,00                      | 1.738,79                      |
| SLE - CAR.10  | Max | 11.469,92               | 281,84                       | -476,31                       | 13.321,75                     | -3.821,44                      | 1.994,92                      |
| SLE - CAR.10  | Min | 10.531,04               | 217,68                       | -514,82                       | 12.310,60                     | -4.137,56                      | 1.844,26                      |
| SLE - CAR.11  | Max | 11.511,47               | 267,42                       | -604,37                       | 13.329,30                     | -3.275,03                      | 1.912,21                      |
| SLE - CAR.11  | Min | 10.572,59               | 203,26                       | -642,89                       | 12.318,15                     | -3.591,15                      | 1.761,55                      |
| SLE - CAR.12  | Max | 11.511,30               | 281,74                       | -584,90                       | 13.450,54                     | -3.340,59                      | 2.017,68                      |
| SLE - CAR.12  | Min | 10.572,42               | 217,58                       | -623,42                       | 12.439,39                     | -3.656,71                      | 1.867,01                      |
| SLU - STR.01  | Max | 16.020,57               | 403,41                       | -659,60                       | 18.450,83                     | -5.166,78                      | 2.667,69                      |
| SLU - STR.01  | Min | 14.330,58               | 287,92                       | -728,94                       | 16.630,76                     | -5.735,80                      | 2.396,50                      |
| SLU - STR.02  | Max | 16.020,44               | 413,72                       | -645,59                       | 18.538,12                     | -5.213,98                      | 2.743,63                      |
| SLU - STR.02  | Min | 14.330,46               | 298,23                       | -714,92                       | 16.718,05                     | -5.783,00                      | 2.472,43                      |
| SLU - STR.03  | Max | 16.082,63               | 403,25                       | -822,50                       | 18.644,01                     | -4.445,51                      | 2.701,83                      |
| SLU - STR.03  | Min | 14.392,65               | 287,76                       | -891,83                       | 16.823,94                     | -5.014,52                      | 2.430,63                      |
| SLU - STR.04  | Max | 16.082,51               | 413,56                       | -808,48                       | 18.731,30                     | -4.492,71                      | 2.777,76                      |
| SLU - STR.04  | Min | 14.392,53               | 298,07                       | -877,82                       | 16.911,23                     | -5.061,73                      | 2.506,56                      |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| COMBINAZIONE |     | N <sub>Sd</sub><br>[kN] | V <sub>long,Sd</sub><br>[kN] | V <sub>trav,Sd</sub><br>[kN] | M <sub>long,Sd</sub><br>[kNm] | M <sub>trav,Sd</sub><br>[kNm] | M <sub>torc,Sd</sub><br>[kNm] |
|--------------|-----|-------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| SLU - STR.05 | Max | 15.577,38               | 374,65                       | -605,31                      | 17.931,39                     | -5.407,26                     | 2.588,55                      |
| SLU - STR.05 | Min | 14.309,89               | 288,03                       | -657,31                      | 16.566,33                     | -5.834,02                     | 2.385,15                      |
| SLU - STR.06 | Max | 15.573,13               | 384,90                       | -591,29                      | 18.016,40                     | -5.453,31                     | 2.665,22                      |
| SLU - STR.06 | Min | 14.305,64               | 298,28                       | -643,29                      | 16.651,35                     | -5.880,07                     | 2.461,82                      |
| SLU - STR.07 | Max | 15.680,82               | 374,38                       | -876,79                      | 18.253,35                     | -4.205,14                     | 2.645,43                      |
| SLU - STR.07 | Min | 14.413,34               | 287,76                       | -928,80                      | 16.888,30                     | -4.631,90                     | 2.442,04                      |
| SLU - STR.08 | Max | 15.680,70               | 384,69                       | -862,78                      | 18.340,64                     | -4.252,34                     | 2.721,37                      |
| SLU - STR.08 | Min | 14.413,21               | 298,08                       | -914,78                      | 16.975,59                     | -4.679,10                     | 2.517,97                      |
| SLU - STR.09 | Max | 15.598,11               | 371,16                       | -664,28                      | 17.966,71                     | -5.151,10                     | 2.574,61                      |
| SLU - STR.09 | Min | 14.330,62               | 284,54                       | -716,28                      | 16.601,66                     | -5.577,86                     | 2.371,22                      |
| SLU - STR.10 | Max | 15.597,91               | 388,35                       | -640,92                      | 18.112,20                     | -5.229,78                     | 2.701,17                      |
| SLU - STR.10 | Min | 14.330,42               | 301,73                       | -692,92                      | 16.747,14                     | -5.656,54                     | 2.497,78                      |
| SLU - STR.11 | Max | 15.660,18               | 371,00                       | -827,17                      | 18.159,89                     | -4.429,83                     | 2.608,74                      |
| SLU - STR.11 | Min | 14.392,69               | 284,38                       | -879,17                      | 16.794,84                     | -4.856,59                     | 2.405,35                      |
| SLU - STR.12 | Max | 15.659,97               | 388,19                       | -803,81                      | 18.305,38                     | -4.508,50                     | 2.735,31                      |
| SLU - STR.12 | Min | 14.392,48               | 301,57                       | -855,81                      | 16.940,32                     | -4.935,26                     | 2.531,91                      |
| SLV - X - 01 | Max | 10.890,09               | 1.248,09                     | -266,06                      | 21.659,11                     | -1.819,12                     | 3.839,43                      |
| SLV - X - 01 | Min | 10.206,72               | -341,89                      | -876,37                      | 7.089,25                      | -4.905,65                     | -119,32                       |
| SLV - X - 02 | Max | 10.890,05               | 1.264,61                     | -242,38                      | 21.799,12                     | -1.906,75                     | 3.961,28                      |
| SLV - X - 02 | Min | 10.206,67               | -325,36                      | -852,68                      | 7.229,26                      | -4.993,28                     | 2,53                          |
| SLV - Y - 01 | Max | 10.970,08               | 738,21                       | 335,10                       | 17.360,84                     | 649,34                        | 3.372,77                      |
| SLV - Y - 01 | Min | 10.126,72               | 167,99                       | -1.477,53                    | 11.387,52                     | -7.374,11                     | 347,34                        |
| SLV - Y - 02 | Max | 10.970,04               | 754,73                       | 358,79                       | 17.500,85                     | 561,71                        | 3.494,62                      |
| SLV - Y - 02 | Min | 10.126,68               | 184,52                       | -1.453,84                    | 11.527,53                     | -7.461,74                     | 469,19                        |

## 11 SPALLA A – VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE DI SPICCATO DELLE ELEVAZIONI

### 11.1 SEZIONE E ARMATURA DI VERIFICA

La sezione di armatura è rettangolare con base pari a **350 cm** (direzione perpendicolare all'impalcato) e altezza pari a **899 cm** (direzione parallela all'impalcato).

L'armatura verticale è costituita da:

- Ø26/10 disposti lungo i lati maggiori
- Ø26/10 disposti lungo i lati maggiori

L'armatura a taglio è costituita da staffe Ø16/20. Il copreferro minimo è assunto pari a **40 mm**.

### 11.2 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

#### 11.2.1 COMBINAZIONE SLE – QUASI PERMANENTE

La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLE – Q.P.02**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a **N<sub>Sd</sub> = 10.551,78 kNm**.

Il momento flettente longitudinale di calcolo è assunto pari a **M<sub>long,Sd</sub> = 12.344,72 kNm**

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a **M<sub>trasv,Sd</sub> = -3.564,75 kNm**.

**Verifica C.A. S.L.U. - File: SPICCATO ELEVAZIONI**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

**Titolo: SPICCATO ELEVAZIONE**

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 246 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 0      | 0      |
| 2  | 0      | 899    |
| 3  | 350    | 899    |
| 4  | 350    | 0      |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1  | 5,31     | 6,5    | 6,5    |
| 2  | 5,31     | 6,5    | 14,5   |
| 3  | 5,31     | 6,5    | 24,5   |
| 4  | 5,31     | 6,5    | 34,5   |
| 5  | 5,31     | 6,5    | 44,5   |
| 6  | 5,31     | 6,5    | 54,5   |

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 10551,78 kN  
M<sub>Ed</sub> 0 12344,72 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 -3564,75 kNm

**P.to applicazione N**  
Centro Baricentro cls  
Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Metodo di calcolo**  
S.L.U.+ S.L.U.-  
Metodo n

**Materiali**  
B450C C32/40

ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 1  
ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333  
τ<sub>cl</sub> 2,114

σ<sub>c</sub> -0,7288 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 1,34 N/mm²

Verifica N° iterazioni: 2

Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

- $\sigma_c = 0,72 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$
- $\sigma_s = 1,34 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 11.2.2 COMBINAZIONE SLE – FREQUENTE

La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLE – FREQ.02**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  **$N_{sd} = 10.551,78$  kNm**.

Il momento flettente longitudinale di calcolo è assunto pari a  **$M_{long,Sd} = 12.344,72$  kNm**

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  **$M_{trasv,Sd} = -3.880,75$  kNm**.

Verifica C.A. S.L.U. - File: SPICCATO ELEVAZIONI

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: SPICCATO ELEVAZIONE

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 246 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 0      | 0      |
| 2  | 0      | 899    |
| 3  | 350    | 899    |
| 4  | 350    | 0      |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1  | 5,31     | 6,5    | 6,5    |
| 2  | 5,31     | 6,5    | 14,5   |
| 3  | 5,31     | 6,5    | 24,5   |
| 4  | 5,31     | 6,5    | 34,5   |
| 5  | 5,31     | 6,5    | 44,5   |
| 6  | 5,31     | 6,5    | 54,5   |

Tipo Sezione:  
☐ Rettang. re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☒ Coord.

Sollecitazioni:  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 10551,78 kN  
 M<sub>Ed</sub>: 0 12344,72 kNm  
 M<sub>Ed</sub>: 0 -3880,75 kNm

P.to applicazione N:  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo:  
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.- ☒ Metodo n

Materiali:  
 B450C C32/40  
 E<sub>su</sub>: 67,5 % E<sub>c2</sub>: 2 %  
 f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm² E<sub>cu</sub>: 3,5  
 E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 18,81  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 1  
 E<sub>syd</sub>: 1,957 % σ<sub>c,adm</sub>: 12,25  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0,7333  
 τ<sub>cl</sub>: 2,114

σ<sub>c</sub>: -0,7456 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 1,596 N/mm²  
 Verifica  
 N° iterazioni: 2  
☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

- $\sigma_c = 0,74 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$
- $\sigma_s = 1,59 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 11.2.3 COMBINAZIONE SLE – RARA

La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLE – CAR.06**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a **N<sub>Sd</sub> = 10.517,29 kNm**.

Il momento flettente longitudinale di calcolo è assunto pari a **M<sub>long,Sd</sub> = 12.243,41 kNm**

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a **M<sub>trasv,Sd</sub> = -4.284,73 kNm**.

Verifica C.A. S.L.U. - File: SPICCATO ELEVAZIONI

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: SPICCATO ELEVAZIONE

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 246 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 0      | 0      |
| 2  | 0      | 899    |
| 3  | 350    | 899    |
| 4  | 350    | 0      |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1  | 5,31     | 6,5    | 6,5    |
| 2  | 5,31     | 6,5    | 14,5   |
| 3  | 5,31     | 6,5    | 24,5   |
| 4  | 5,31     | 6,5    | 34,5   |
| 5  | 5,31     | 6,5    | 44,5   |
| 6  | 5,31     | 6,5    | 54,5   |

Tipo Sezione:  
☐ Rettang. re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☒ Coord.

Collecitazioni:  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 10517,29 kN  
 M<sub>Ed</sub>: 0 12243,41 kNm  
 M<sub>Ed</sub>: 0 -4284,73 kNm

P.to applicazione N:  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo:  
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.- ☐ Metodo n

Materiali:  
 B450C C32/40  
 E<sub>su</sub>: 67,5 % E<sub>c2</sub>: 2 %  
 f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm² E<sub>cu</sub>: 3,5  
 E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 18,81  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 1  
 E<sub>syd</sub>: 1,957 % σ<sub>c,adm</sub>: 12,25  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0,7333  
 τ<sub>c1</sub>: 2,114

σ<sub>c</sub>: -0,7644 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 1,92 N/mm²  
 ε<sub>s</sub>: 0,009602 %  
 d: 680,1 cm  
 x: 582,5 x/d: 0,8566  
 δ: 1

Verifica N° iterazioni: 2

☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

- $\sigma_c = 0,76 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$
- $\sigma_s = 1,92 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 11.3 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

Stanti le tensioni sui materiali estremamente ridotte, le verifiche allo Stato Limite di fessurazione possono essere considerate implicitamente soddisfatte.

## 11.4 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSOFLESSIONE

### 11.4.1 COMBINAZIONE SLU – STR

La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLU – STR.08**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 15.812,67 \text{ kNm}$ .

Il momento flettente longitudinale di calcolo è assunto pari a  $M_{long,Sd} = 18.161,61 \text{ kNm}$

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{trasv,Sd} = 5.920,80 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File: SPICCATO ELEVAZIONI

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** SPICCATO ELEVAZIONE

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 246 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 0      | 0      |
| 2  | 0      | 899    |
| 3  | 350    | 899    |
| 4  | 350    | 0      |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1  | 5,31     | 6,5    | 6,5    |
| 2  | 5,31     | 6,5    | 14,5   |
| 3  | 5,31     | 6,5    | 24,5   |
| 4  | 5,31     | 6,5    | 34,5   |
| 5  | 5,31     | 6,5    | 44,5   |
| 6  | 5,31     | 6,5    | 54,5   |

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 15812,67 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 18161,61 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 5920,80 0 kNm

**P.to applicazione N**  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Tipo sezione**  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☒ Coord.

**Metodo di calcolo**  
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

**Tipo flessione**  
☐ Retta ☒ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

**Materiali**  
B450C C32/40  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 I<sub>cc</sub>/I<sub>cd</sub> 1 ?  
ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 ‰  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333  
τ<sub>c1</sub> 2,114

M<sub>xRd</sub> 235.476 kNm  
M<sub>yRd</sub> 77.444 kNm  
σ<sub>c</sub> -18,81 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 11,58 ‰  
d 783,9 cm  
x 181,9 x/d 0,2321  
δ 0,7301

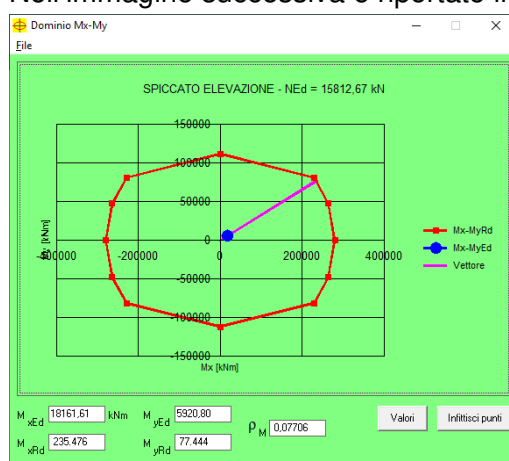
angolo asse neutro θ° 304

☐ Precompresso

I momenti resistenti risultano pari a:

- $M_{long,Rd} = 235.476,00 \text{ kNm} > M_{long,Sd} = 18.161,61 \text{ kNm}$
- $M_{trasv,Rd} = 77.444,00 \text{ kNm} > M_{trasv,Sd} = 5.920,80 \text{ kNm}$

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 11.4.2 COMBINAZIONE SLV

La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLV – Y - 02**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  **$N_{Sd} = 10.978,04$  kNm**.

Il momento flettente longitudinale di calcolo è assunto pari a  **$M_{long,Sd} = 17.448,63$  kNm**

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  **$M_{trasv,Sd} = 7.338,58$  kNm**.

Verifica C.A. S.L.U. - File: SPICCATO ELEVAZIONI

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: SPICCATO ELEVAZIONE

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 246 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 0      | 0      |
| 2  | 0      | 899    |
| 3  | 350    | 899    |
| 4  | 350    | 0      |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1  | 5,31     | 6,5    | 6,5    |
| 2  | 5,31     | 6,5    | 14,5   |
| 3  | 5,31     | 6,5    | 24,5   |
| 4  | 5,31     | 6,5    | 34,5   |
| 5  | 5,31     | 6,5    | 44,5   |
| 6  | 5,31     | 6,5    | 54,5   |

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 15812,67 kN  
M<sub>xEd</sub>: 18161,61 kNm  
M<sub>yEd</sub>: 5920,80 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls  
Coord. [cm]: xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ°: 304

Precompresso

Materiali:

B450C C32/40

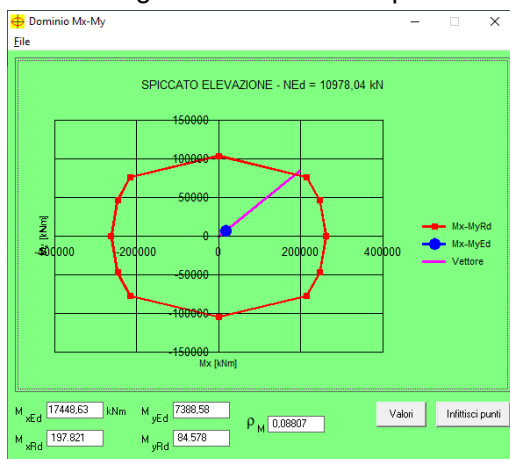
ε<sub>su</sub>: 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub>: 3,5 ‰  
E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 18,81 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 1 ?  
ε<sub>syd</sub>: 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 12,25 ‰  
σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0,7333 ‰  
τ<sub>c1</sub>: 2,114 ‰

M<sub>xRd</sub>: 235.476 kNm  
M<sub>yRd</sub>: 77.444 kNm  
σ<sub>c</sub>: -18,81 N/mm²  
σ<sub>s</sub>: 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub>: 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub>: 11,58 ‰  
d: 783,9 cm  
x: 181,9 x/d: 0,2321  
δ: 0,7301

I momenti resistenti risultano pari a:

- **$M_{long,Rd} = 197.821$  kNm >  $M_{long,Sd} = 17.448,63$  kNm**
- **$M_{trasv,Rd} = 84.578,00$  kNm >  $M_{trasv,Sd} = 7.338,58$  kNm**

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 11.5 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

### 11.5.1 DIREZIONE LONGITUDINALE

La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLV – X - 02**.

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a  **$V_{sd} = 1.264,61$  kNm**.

#### VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO D.M. 17.01.2018 - CAPITOLO 4.1.2.3.5.2

##### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE

|                                    |   |        |      |
|------------------------------------|---|--------|------|
| Base della sezione trasversale:    | b | 350,00 | [cm] |
| Altezza della sezione trasversale: | h | 899,00 | [cm] |
| Copriferro netto:                  | c | 4,00   | [cm] |
| Altezza utile della sezione:       | d | 895,00 | [cm] |

##### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

|                                                      |          |        |                      |
|------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------|
| Classe di resistenza del calcestruzzo:               |          | C32/40 |                      |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione:     | $R_{ck}$ | 40,00  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione: | $f_{ck}$ | 33,20  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo a compressione:                | $f_{cd}$ | 18,81  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tipologia dell'acciaio da armatura:                  |          | B450C  |                      |
| Tensione caratteristica di rottura:                  | $f_{tk}$ | 540,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione caratteristica di snervamento:              | $f_{yk}$ | 450,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo:                               | $f_{yd}$ | 391,30 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

##### AZIONI SOLLECITANTI DI CALCOLO

|                              |           |         |      |
|------------------------------|-----------|---------|------|
| Azione tagliante di calcolo: | $V_{S,d}$ | 1264,61 | [kN] |
| Azione normale di calcolo:   | $N_{S,d}$ | 0,00    | [kN] |

##### ARMATURA TRASVERSALE

|                                                                       |                    |       |                      |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------|-------|----------------------|
| Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo:                             | $\theta$           | 45,00 | [°]                  |
| Cotangente dell'angolo $\theta$ :                                     | $\cot(\theta)$     | 1,00  |                      |
| Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave: | $\alpha$           | 90,00 | [°]                  |
| Numero di bracci dell'armatura trasversale:                           | n                  | 2,00  |                      |
| Passo longitudinale delle armature trasversali:                       | s                  | 20,00 | [cm]                 |
| Diametro dell'armatura trasversale:                                   | $\emptyset_{trav}$ | 16,00 | [mm]                 |
| Area della singola barra:                                             | $A_{barra}$        | 2,01  | [cm <sup>2</sup> ]   |
| Area totale dell'armatura trasversale:                                | $A_{tot}$          | 20,10 | [cm <sup>2</sup> /m] |

##### VERIFICA ALLO S.L.U. PER TAGLIO

La resistenza di calcolo a "taglio trazione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.27]:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot [\cot(\alpha) + \cot(\theta)] \cdot \sin(\alpha)$$

La resistenza di calcolo a "taglio compressione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.28]:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{[\cot(\alpha) + \cot(\theta)]}{[1 + \cot^2(\theta)]}$$

|                                                     |                           |           |                      |
|-----------------------------------------------------|---------------------------|-----------|----------------------|
| Larghezza minima della sezione:                     | $b_w$                     | 350,00    | [cm]                 |
| Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo: | $f_{yd}$                  | 9,41      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione media di compressione nella sezione:       | $\sigma_{cp}$             | 0,00      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Coefficiente maggiorativo $\alpha_c$ :              | $\alpha_c$                | 1,00      |                      |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"           | $V_{Rsd}$                 | 6335,43   | [kN]                 |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSIONE"       | $V_{Rcd}$                 | 132598,73 | [kN]                 |
| AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:          | $V_{R,d}$                 | 6.335,43  | [kN]                 |
| COEFFICIENTE DI SICUREZZA:                          | $F_s = V_{R,d} / V_{S,d}$ | 5,01      |                      |

LA VERIFICA RISULTA POSITIVA.

## 11.5.2 DIREZIONE TRASVERSALE

La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLV – Y - 01**.  
L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a  **$V_{Sd} = 1.493,50$  kNm**.

**VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO**  
D.M. 17.01.2018 - CAPITOLO 4.1.2.3.5.2

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE

|                                    |   |        |      |
|------------------------------------|---|--------|------|
| Base della sezione trasversale:    | b | 899,00 | [cm] |
| Altezza della sezione trasversale: | h | 350,00 | [cm] |
| Copriferro netto:                  | c | 4,00   | [cm] |
| Altezza utile della sezione:       | d | 346,00 | [cm] |

### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

|                                                      |          |        |                      |
|------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------|
| Classe di resistenza del calcestruzzo:               |          | C32/40 |                      |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione:     | $R_{ck}$ | 40,00  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione: | $f_{ck}$ | 33,20  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo a compressione:                | $f_{cd}$ | 18,81  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tipologia dell'acciaio da armatura:                  |          | B450C  |                      |
| Tensione caratteristica di rottura:                  | $f_{tk}$ | 540,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione caratteristica di snervamento:              | $f_{yk}$ | 450,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo:                               | $f_{yd}$ | 391,30 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

### AZIONI SOLLECITANTI DI CALCOLO

|                              |           |         |      |
|------------------------------|-----------|---------|------|
| Azione tagliante di calcolo: | $V_{S,d}$ | 1493,50 | [kN] |
| Azione normale di calcolo:   | $N_{S,d}$ | 0,00    | [kN] |

### ARMATURA TRASVERSALE

|                                                                       |                      |       |                      |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|-------|----------------------|
| Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo:                             | $\theta$             | 45,00 | [°]                  |
| Cotangente dell'angolo $\theta$ :                                     | $\cot(\theta)$       | 1,00  |                      |
| Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave: | $\alpha$             | 90,00 | [°]                  |
| Numero di bracci dell'armatura trasversale:                           | n                    | 2,00  |                      |
| Passo longitudinale delle armature trasversali:                       | s                    | 20,00 | [cm]                 |
| Diametro dell'armatura trasversale:                                   | $\varnothing_{trav}$ | 16,00 | [mm]                 |
| Area della singola barra:                                             | $A_{barra}$          | 2,01  | [cm <sup>2</sup> ]   |
| Area totale dell'armatura trasversale:                                | $A_{tot}$            | 20,10 | [cm <sup>2</sup> /m] |

### VERIFICA ALLO S.L.U. PER TAGLIO

La resistenza di calcolo a "taglio trazione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.27]:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot [\cot(\alpha) + \cot(\theta)] \cdot \sin(\alpha)$$

La resistenza di calcolo a "taglio compressione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.28]:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot \frac{[\cot(\alpha) + \cot(\theta)]}{[1 + \cot^2(\theta)]}$$

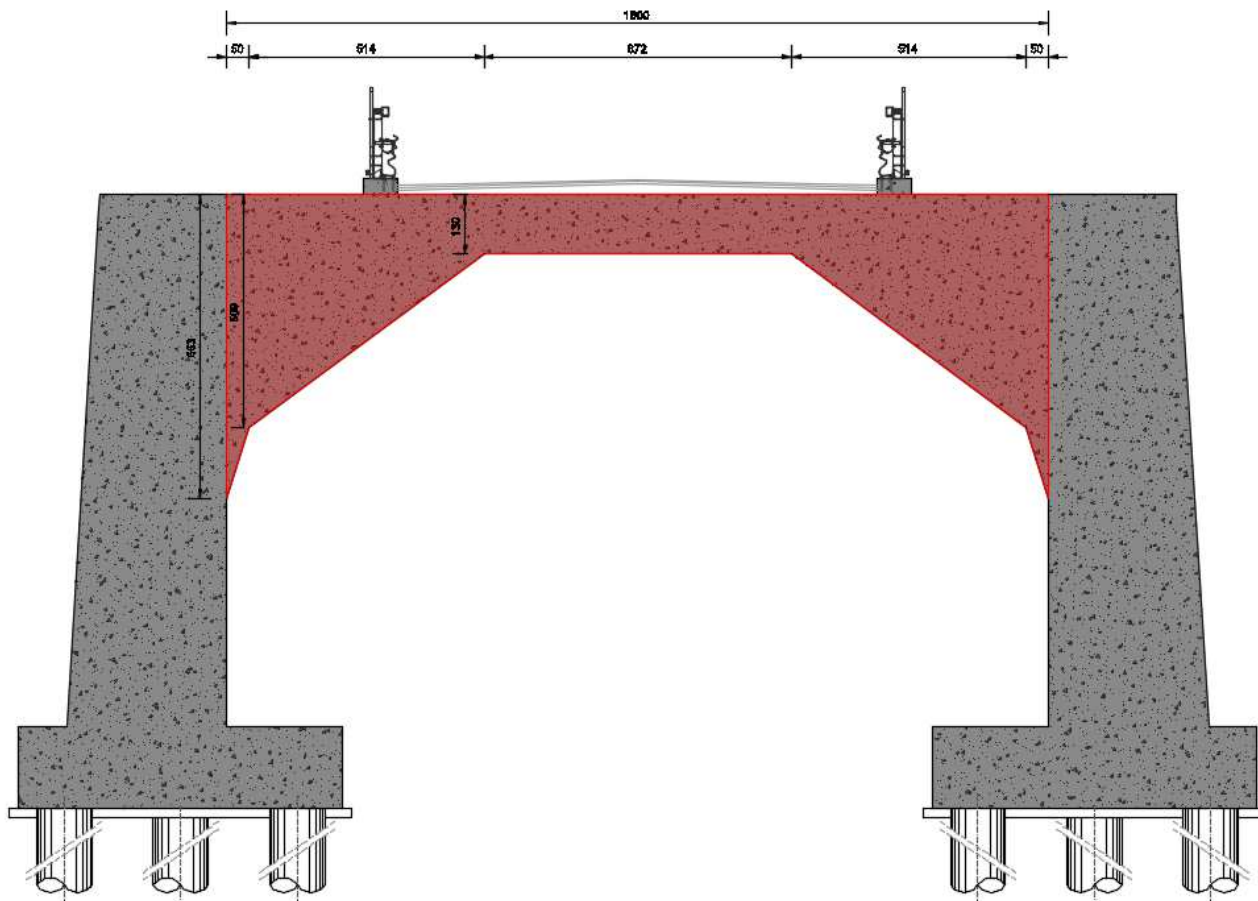
|                                                     |                           |           |                      |
|-----------------------------------------------------|---------------------------|-----------|----------------------|
| Larghezza minima della sezione:                     | $b_w$                     | 899,00    | [cm]                 |
| Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo: | $f_{yd}$                  | 9,41      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione media di compressione nella sezione:       | $\sigma_{cp}$             | 0,00      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Coefficiente maggiorativo $\alpha_c$ :              | $\alpha_c$                | 1,00      |                      |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"           | $V_{Rsd}$                 | 2449,23   | [kN]                 |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSIONE"       | $V_{Rcd}$                 | 131669,16 | [kN]                 |
| AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:          | $V_{R,d}$                 | 2.449,23  | [kN]                 |
| COEFFICIENTE DI SICUREZZA:                          | $F_s = V_{R,d} / V_{S,d}$ | 1,64      |                      |

**LA VERIFICA RISULTA POSITIVA.**

## 12 SPALLA A – VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI SULLA TRAVATA POSTERIORE

### 12.1 DEFINIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO E DEI CARICHI AGENTI

Al fine di valutare le azioni sollecitanti sulla travata posteriore è stato realizzato un apposito modello di calcolo (locale) mediante il software agli elementi finiti SAP2000 v.15.1 (Computers & Structures, Inc.), che rappresenta l'elemento di seguito evidenziato:



Lo schema statico adottato è di trave a campata unica incastrata agli estremi.

La larghezza della trave è stata considerata pari a **199 cm**, mentre la larghezza di applicazione dei carichi statici e mobili è stata considerata pari a **219 cm** (per tener conto della presenza del dente superiore in cemento armato).

Sono stati pertanto presi in esame i seguenti carichi:

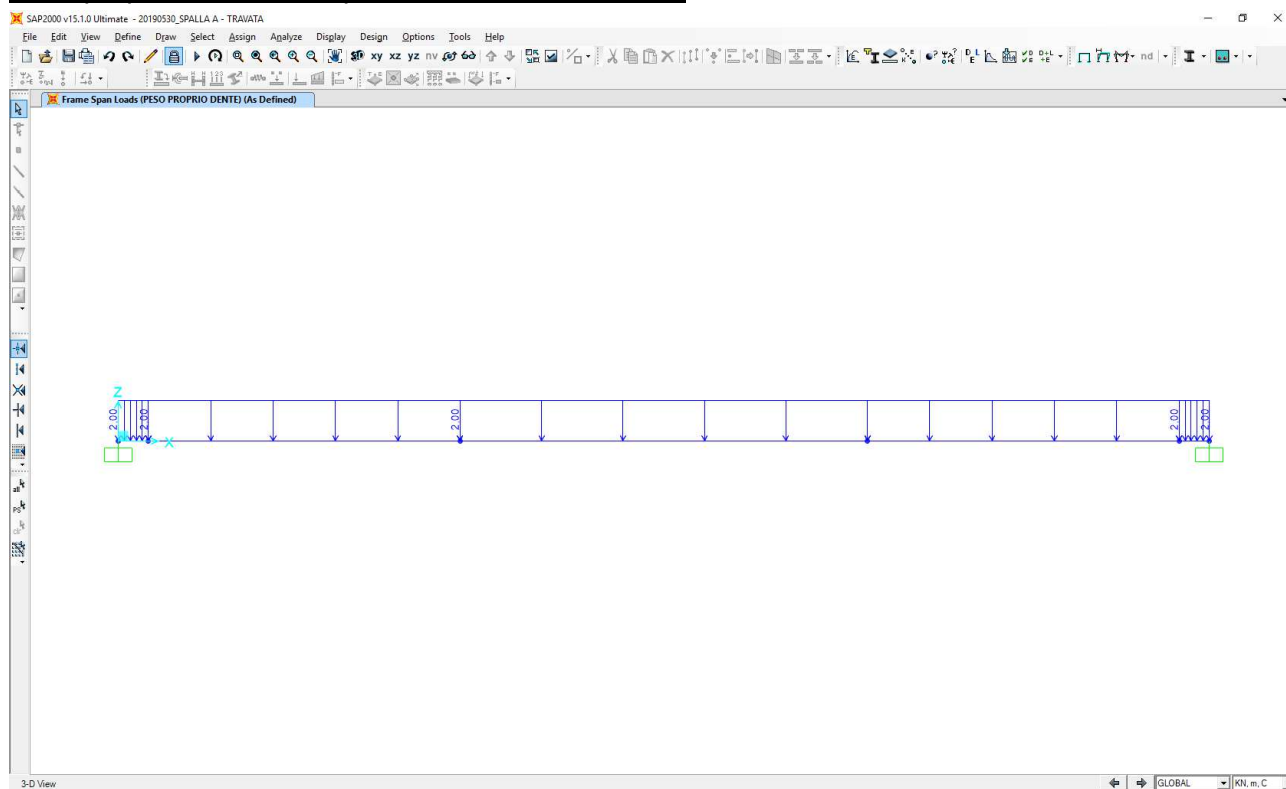
- Peso proprio della travata
- Peso proprio del dente superiore in cemento armato
- Peso proprio dei cordoli laterali in cemento armato
- Peso proprio della pavimentazione stradale
- Peso proprio delle barriere guard – rail
- Carichi accidentali da traffico (secondo le disposizioni definite al capitolo 7.10.1)

Nella tabella successiva è riportata la determinazione dei carichi concentrati e lineari, relativi ai carichi permanenti, applicati al modello di calcolo:

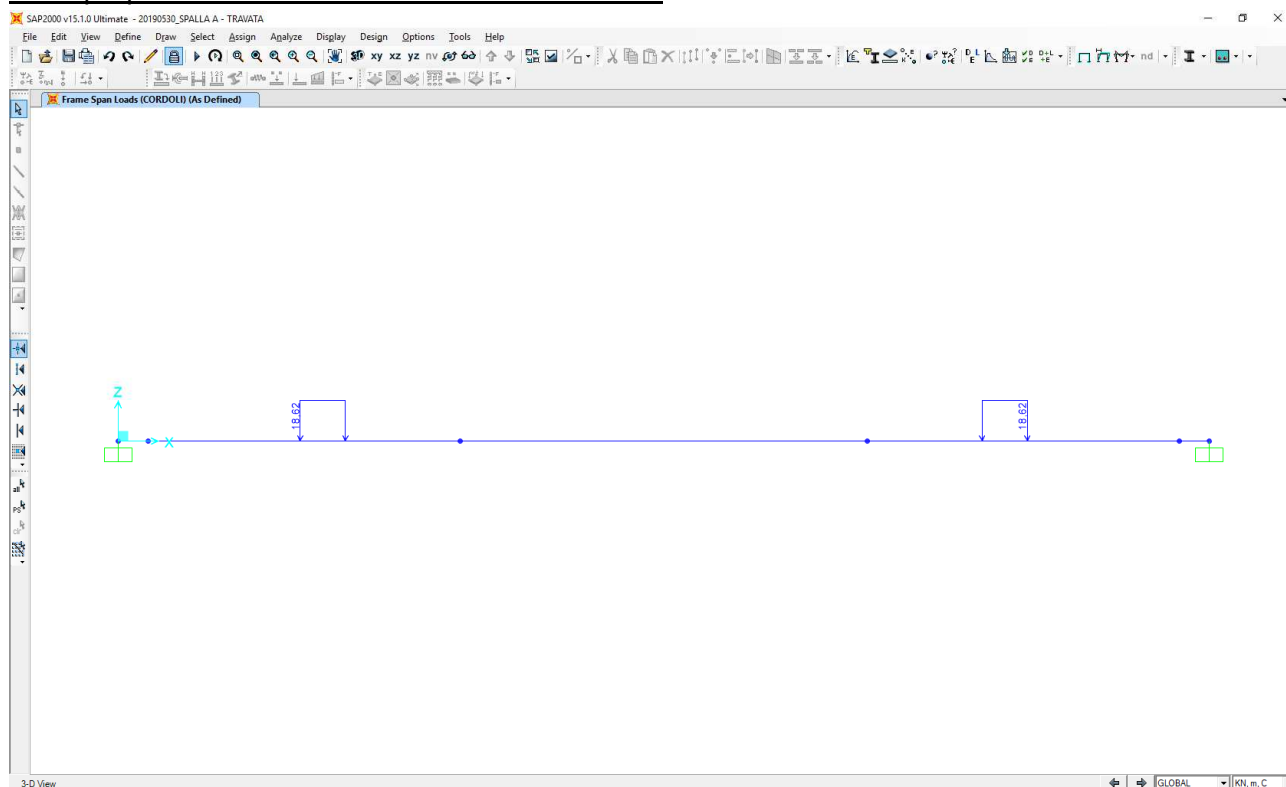
| CARICO                               | b <sub>1</sub><br>[m] | b <sub>2</sub><br>[m] | h<br>[m] | L<br>[m] | V<br>[m <sup>3</sup> /m] | γ<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | p<br>[kN/m] | P<br>[kN] |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|--------------------------|---------------------------|-------------|-----------|
| Peso proprio dente in cemento armato | 0,50                  | 0,30                  | 0,20     | -        | 0,08                     | 25,00                     | 2,00        | -         |
| Cordoli in cemento armato            | -                     | -                     | 0,34     | 2,19     | 0,74                     | 25,00                     | 18,62       | -         |
| Pavimentazione (h <sub>min</sub> )   | -                     | -                     | 0,21     | 2,19     | 0,46                     | 22,00                     | 10,12       | -         |
| Pavimentazione (h <sub>max</sub> )   | -                     | -                     | 0,34     | 2,19     | 0,74                     | 22,00                     | 16,38       | -         |
| Barriere guard rail                  | -                     | -                     | -        | 2,19     | -                        | 2,00                      | -           | 4,38      |

Nelle immagini seguenti è riportata l'applicazione dei carichi al modello di calcolo.

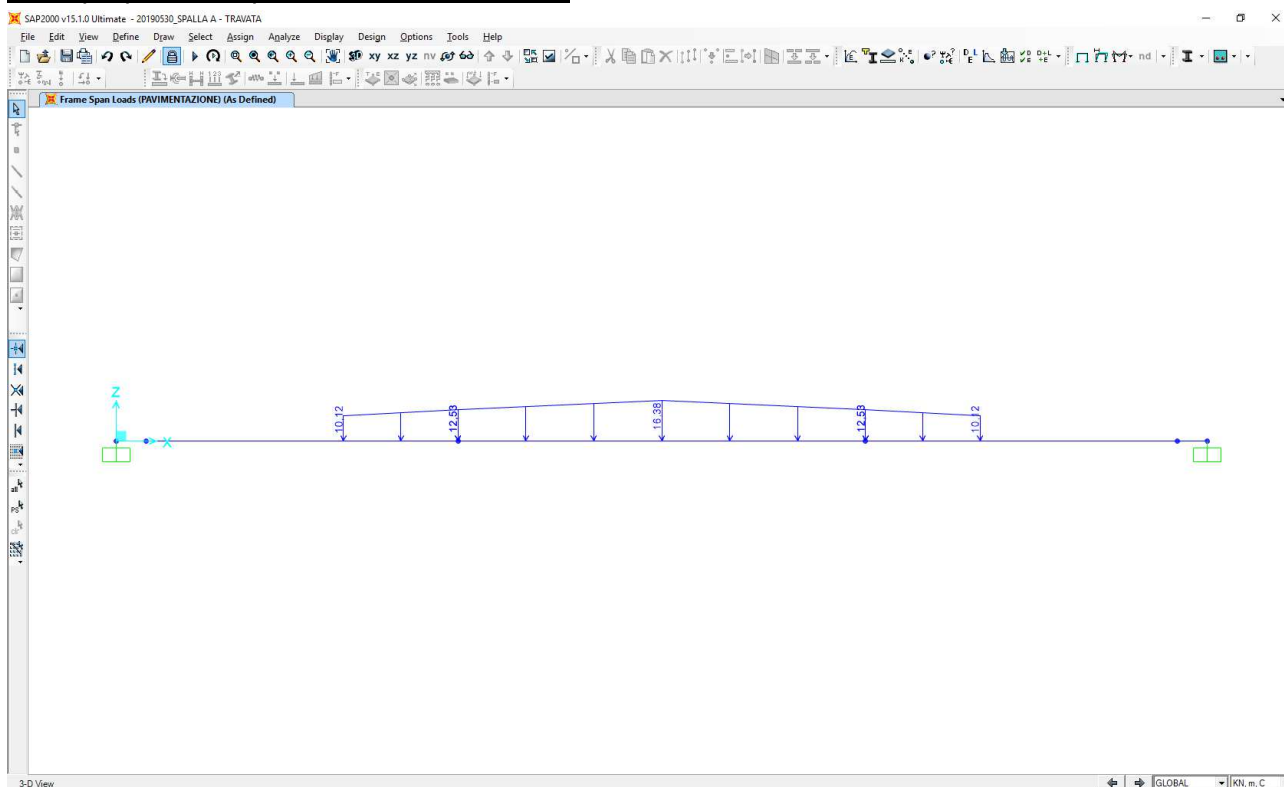
### Peso proprio del dente superiore in cemento armato



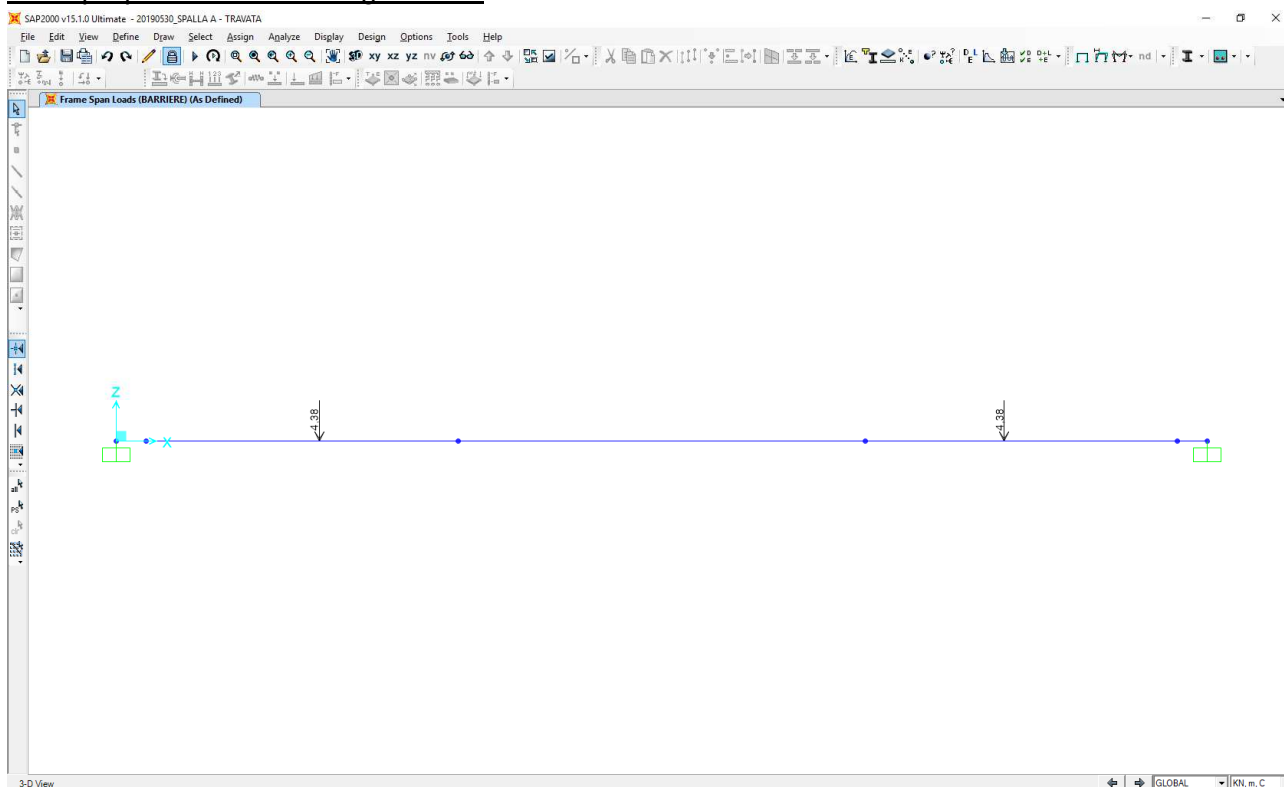
### Peso proprio dei cordoli laterali in cemento armato



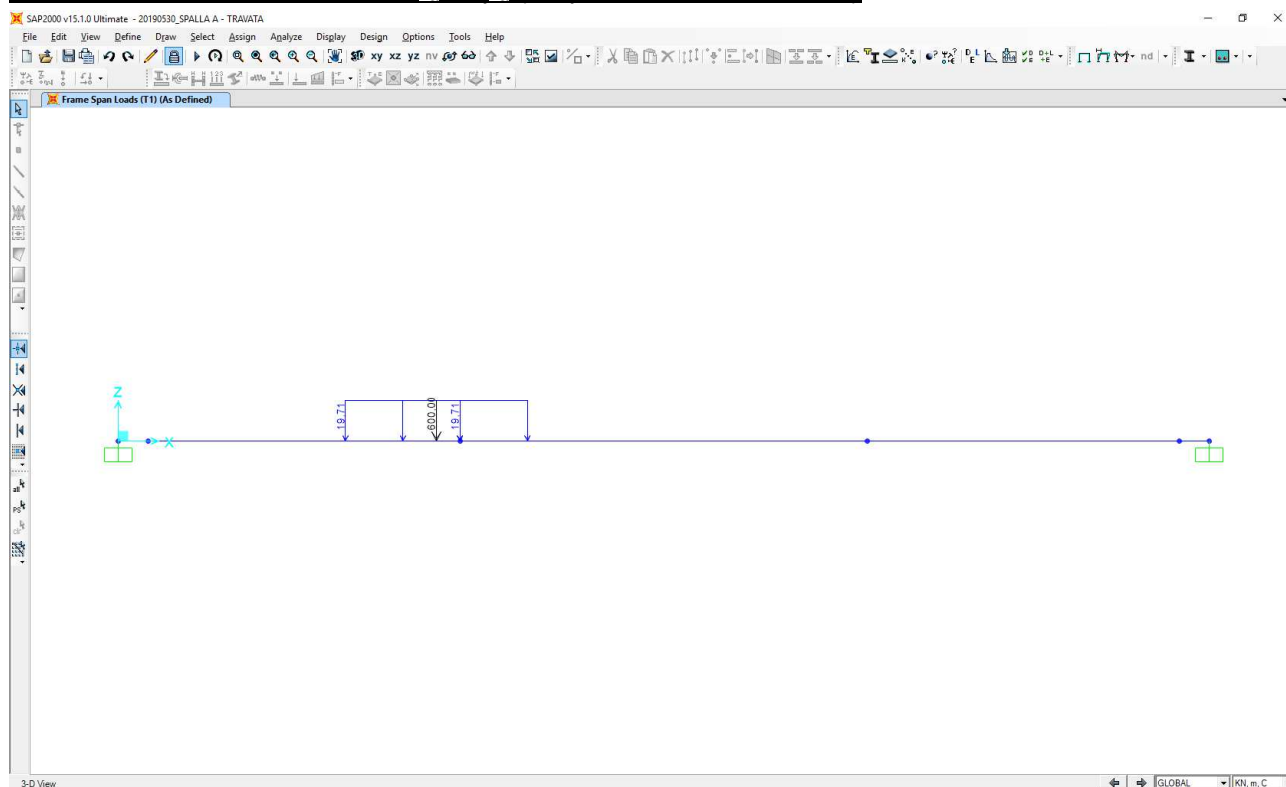
## Peso proprio della pavimentazione stradale



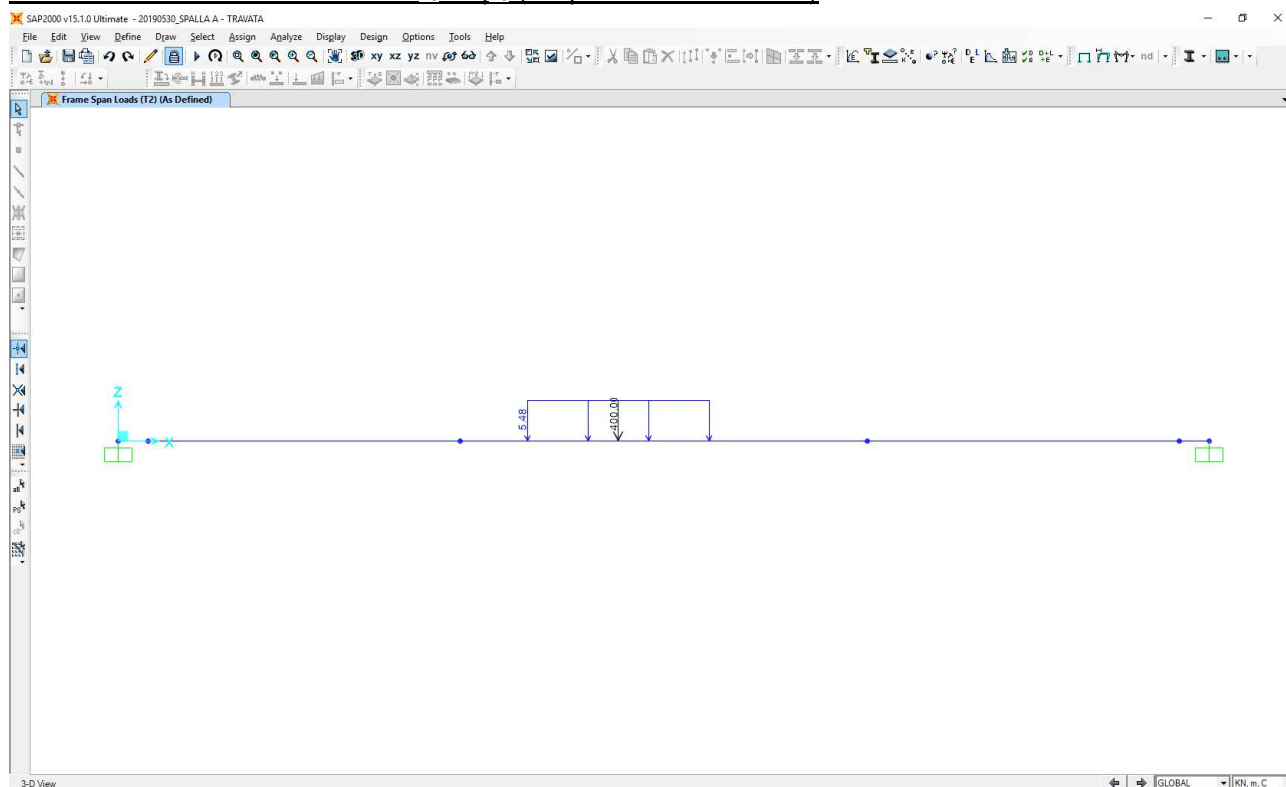
## Peso proprio delle barriere guard rail



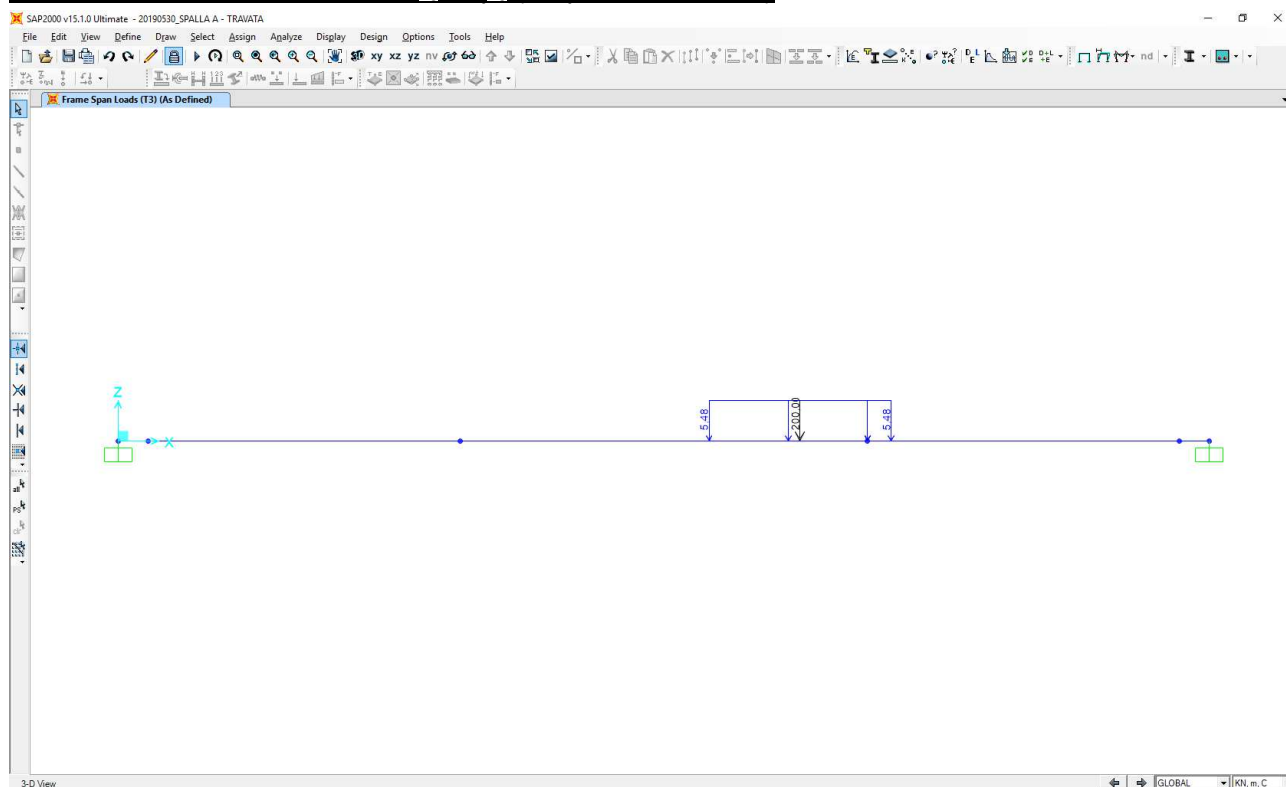
## Carico accidentale da traffico $Q_{1a} - q_{1a}$ (Disposizioni 01-02-03-04)



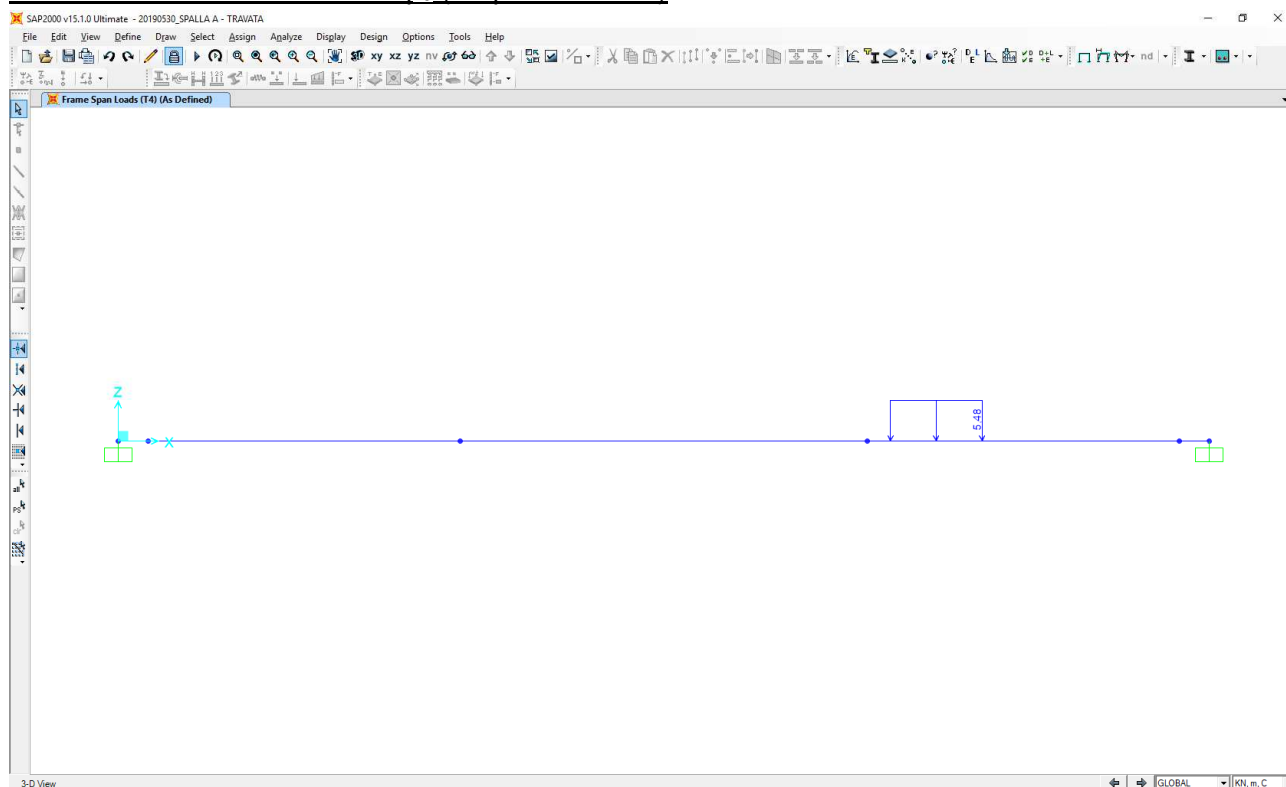
## Carico accidentale da traffico $Q_{1b} - q_{1b}$ (Disposizioni 01-02-03)



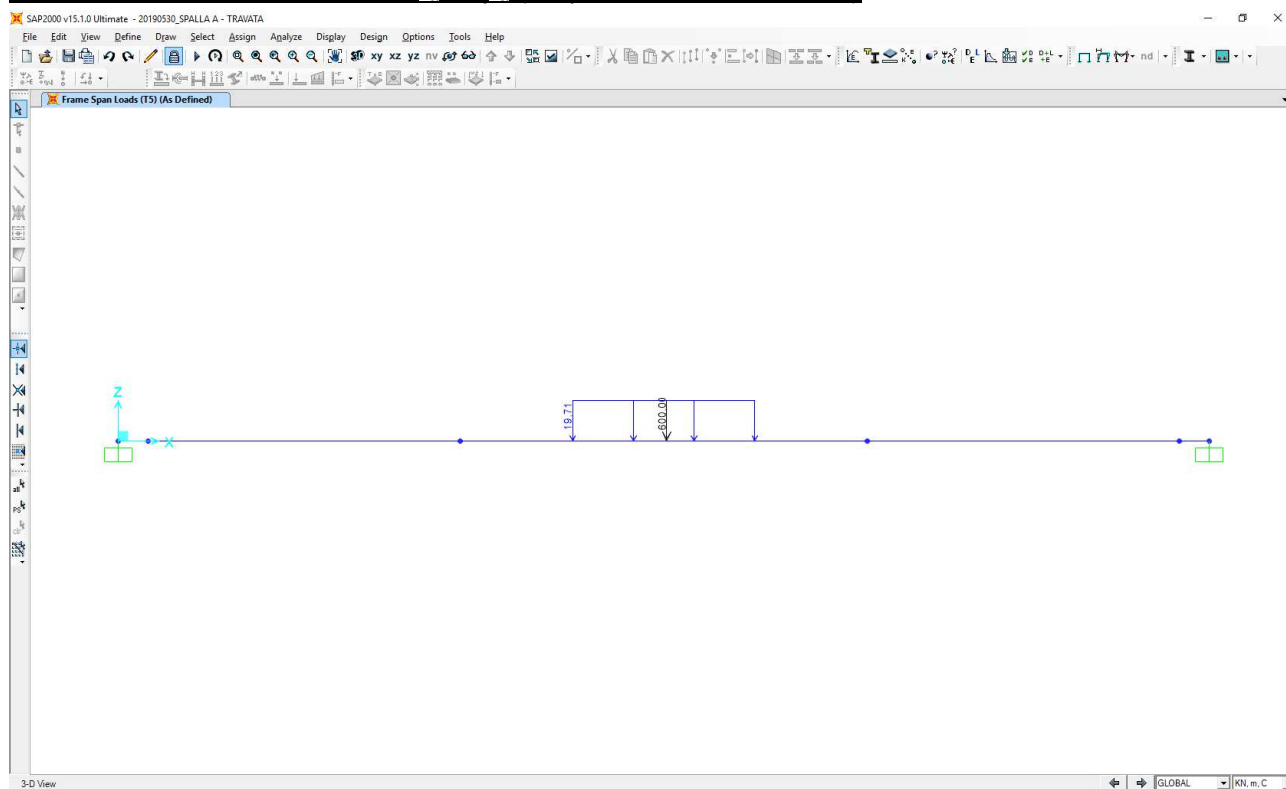
## Carico accidentale da traffico $Q_{1c} - q_{1c}$ (Disposizioni 01-02)



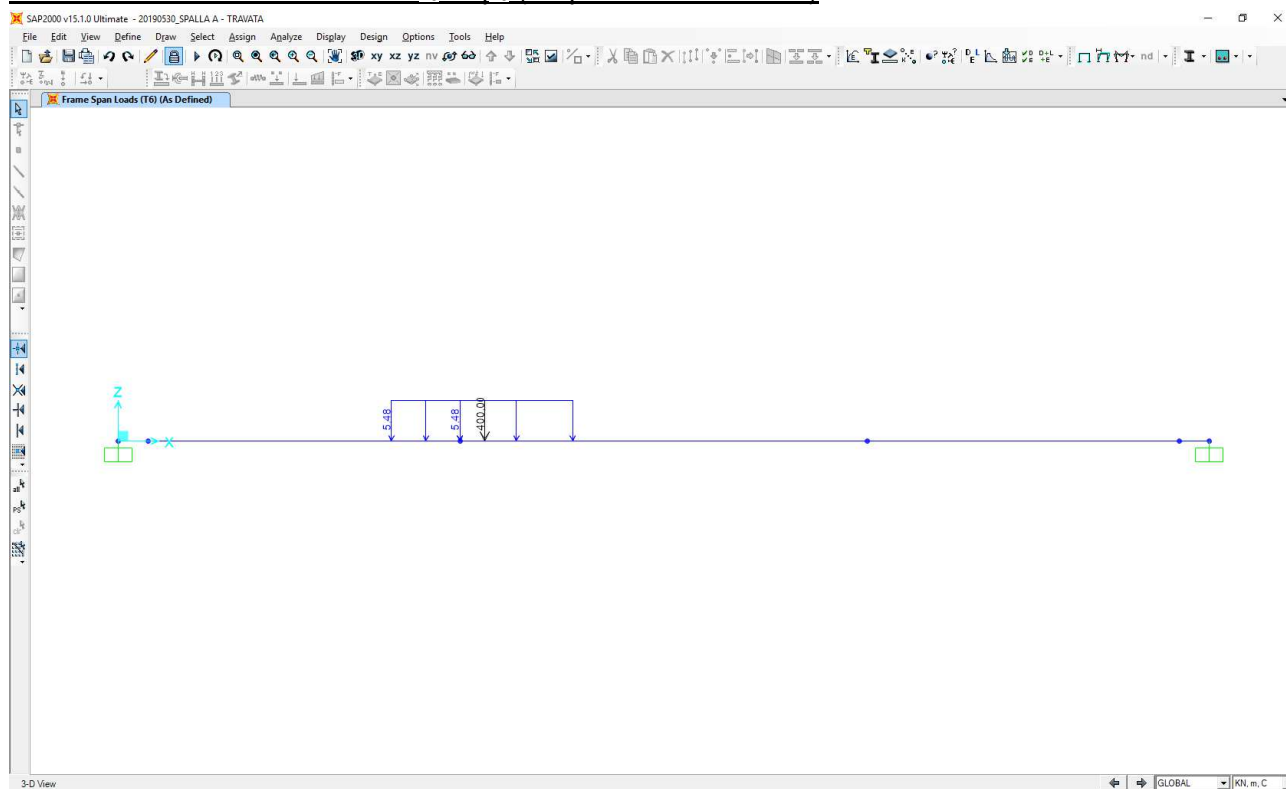
## Carico accidentale da traffico $q_{1d}$ (Disposizione 01)



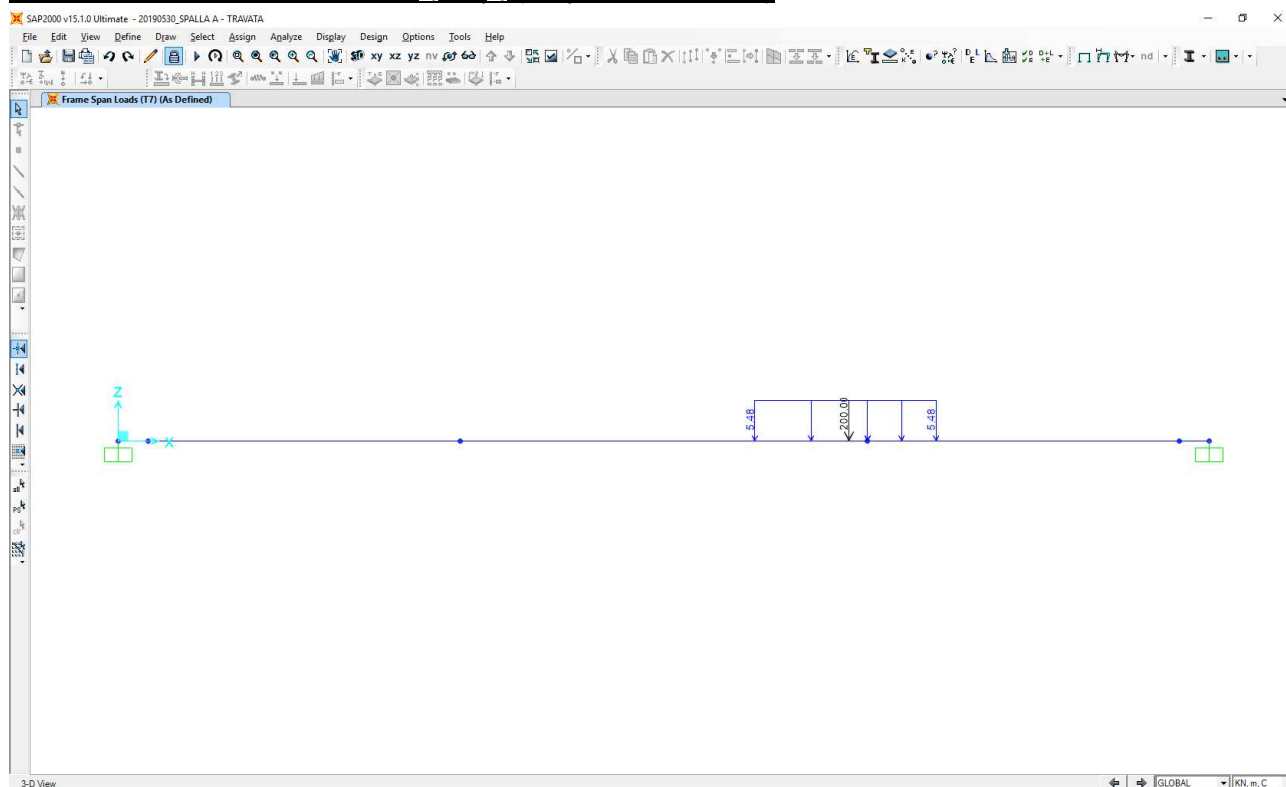
### Carico accidentale da traffico $Q_{1a} - q_{1a}$ (Disposizioni 05-06-07-08)



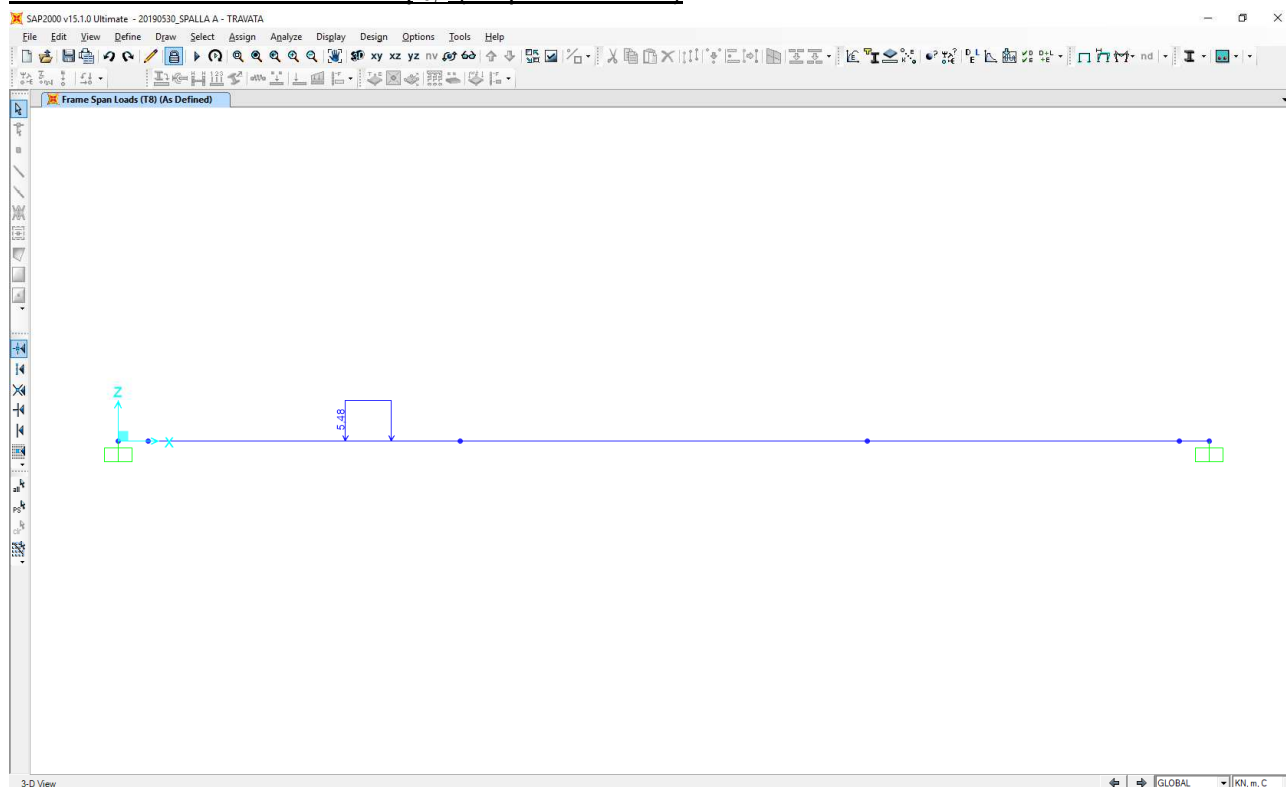
### Carico accidentale da traffico $Q_{1b} - q_{1b}$ (Disposizioni 05-06-07)



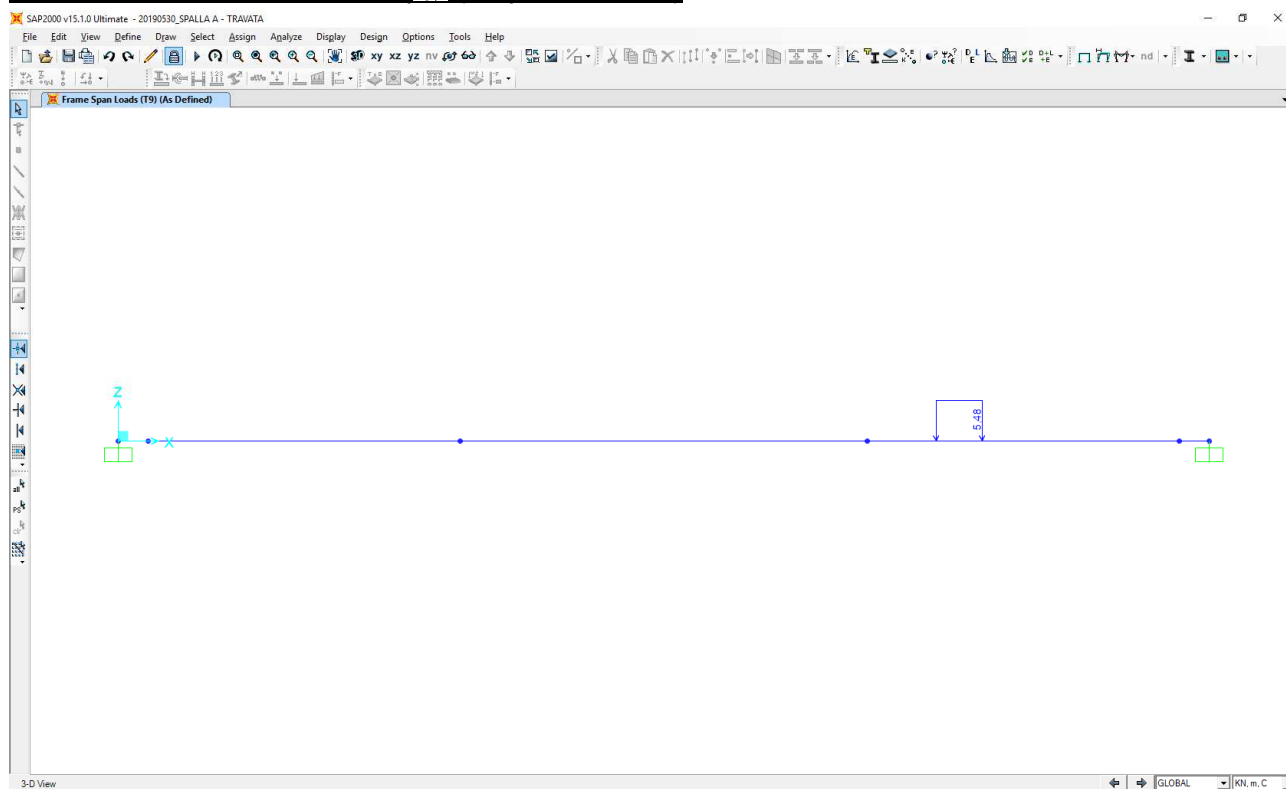
## Carico accidentale da traffico $Q_{1c} - q_{1c}$ (Disposizioni 05-06)



## Carico accidentale da traffico $q_{1d,1}$ (Disposizione 05)



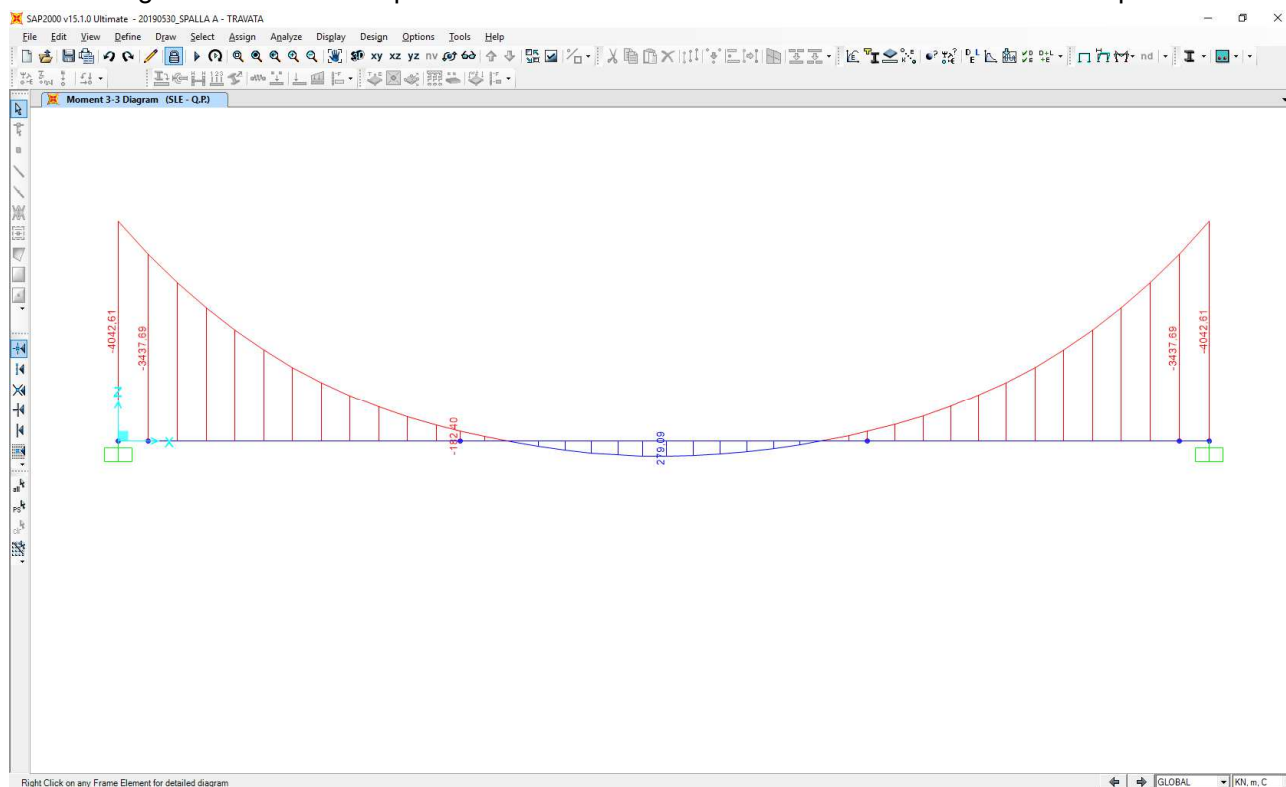
## Carico accidentale da traffico $q_{1d,2}$ (Disposizione 05)



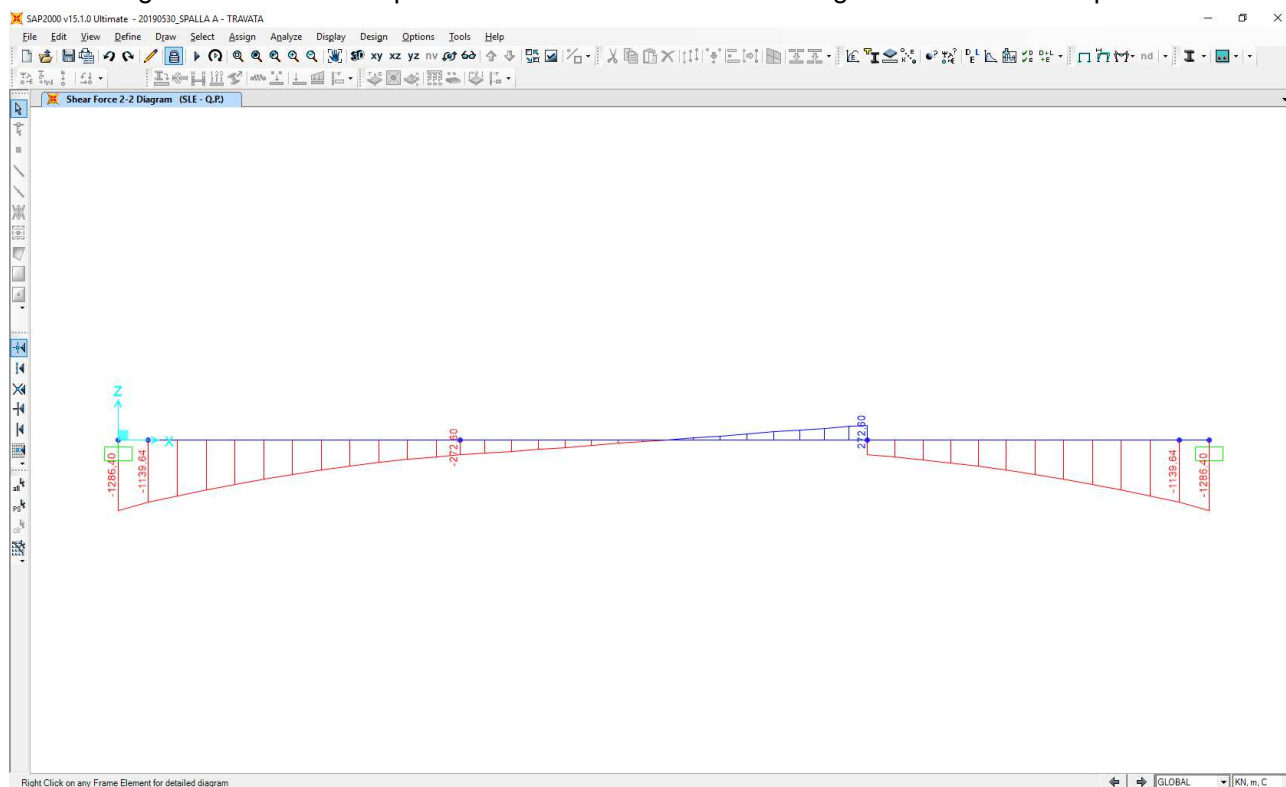
## 12.2 DIAGRAMMI DELLE AZIONI SOLLECITANTI

### 12.2.1 COMBINAZIONE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – QUASI PERMANENTE

Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del momento flettente sulla travata posteriore:

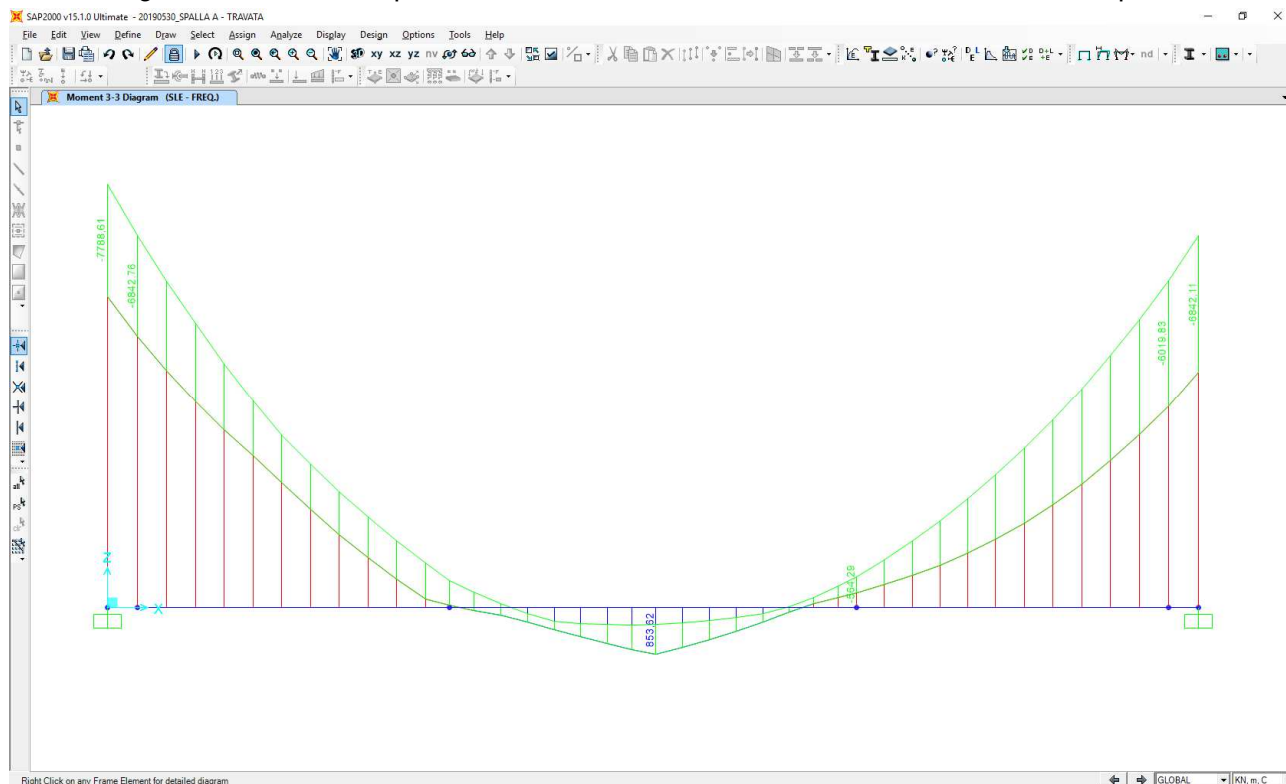


Nell'immagine successiva è riportato l'andamento dell'azione tagliante sulla travata posteriore:

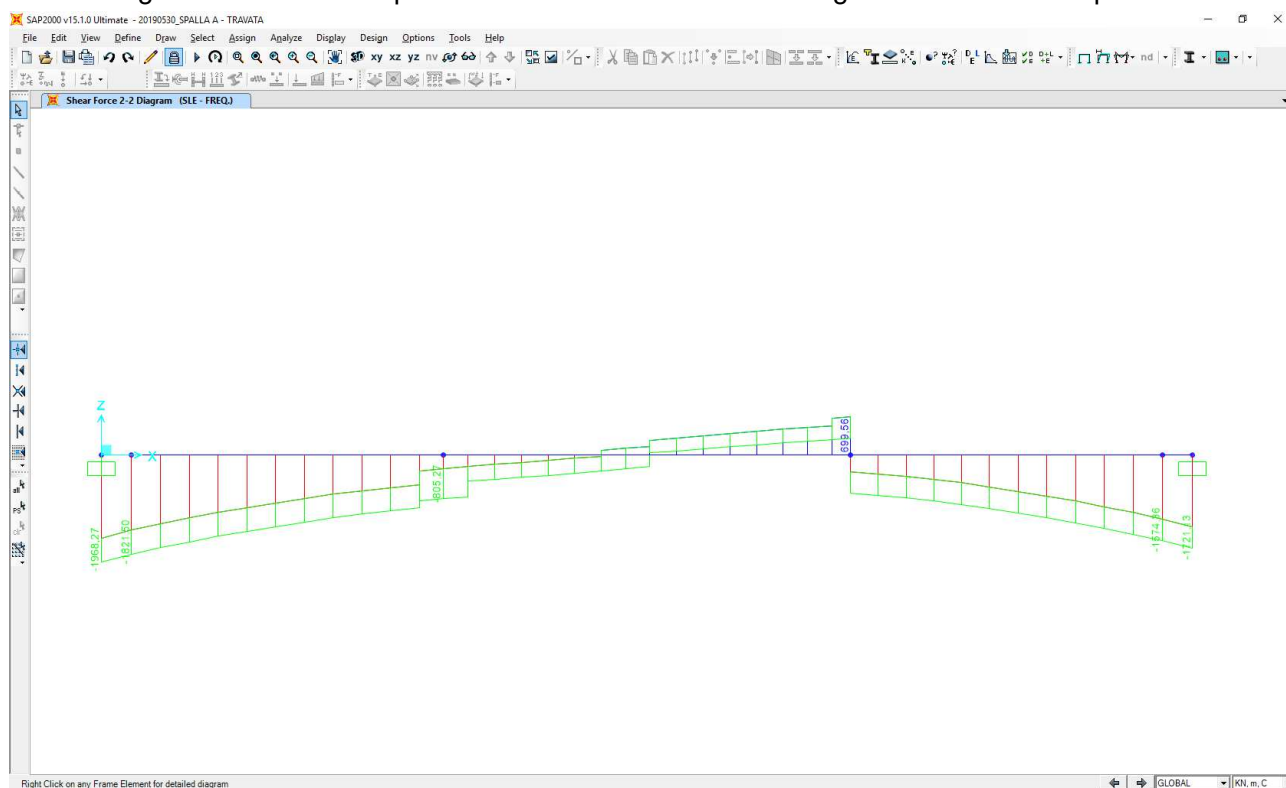


## 12.2.2 COMBINAZIONE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – FREQUENTE

Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del momento flettente sulla travata posteriore:

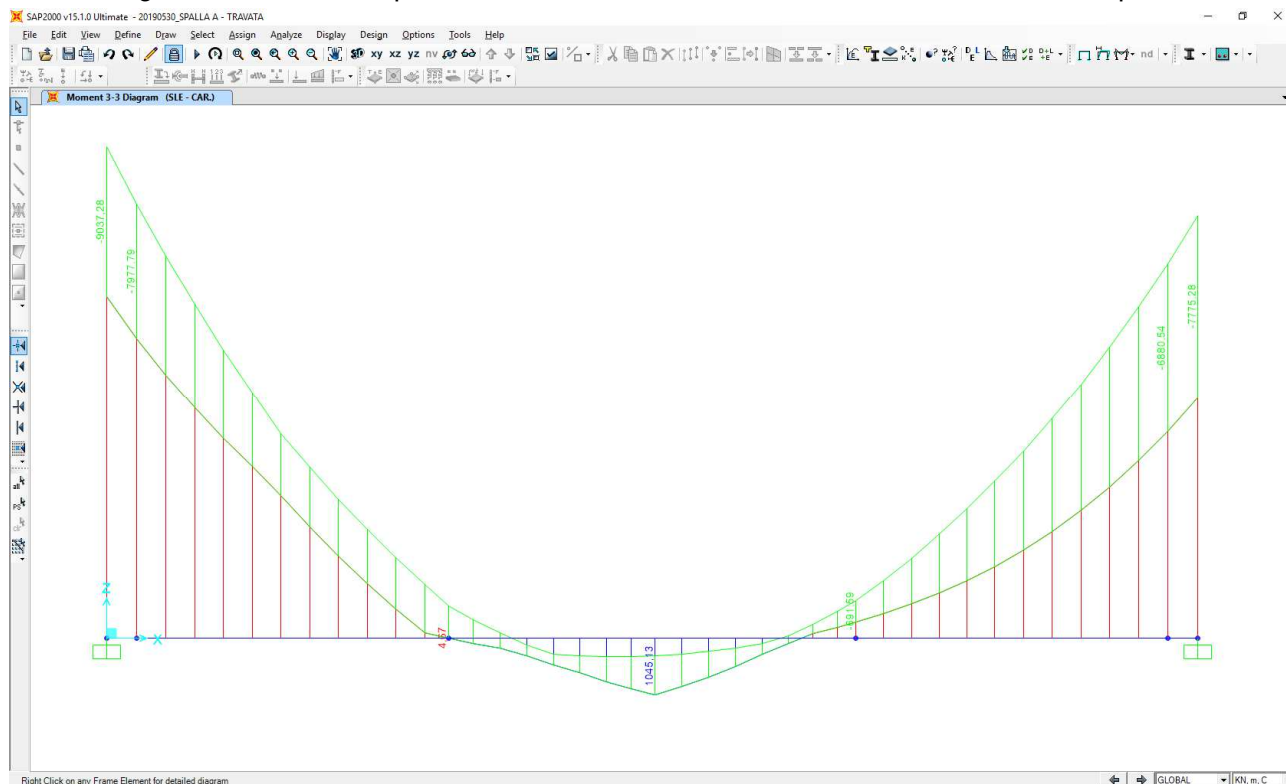


Nell'immagine successiva è riportato l'andamento dell'azione tagliante sulla travata posteriore:

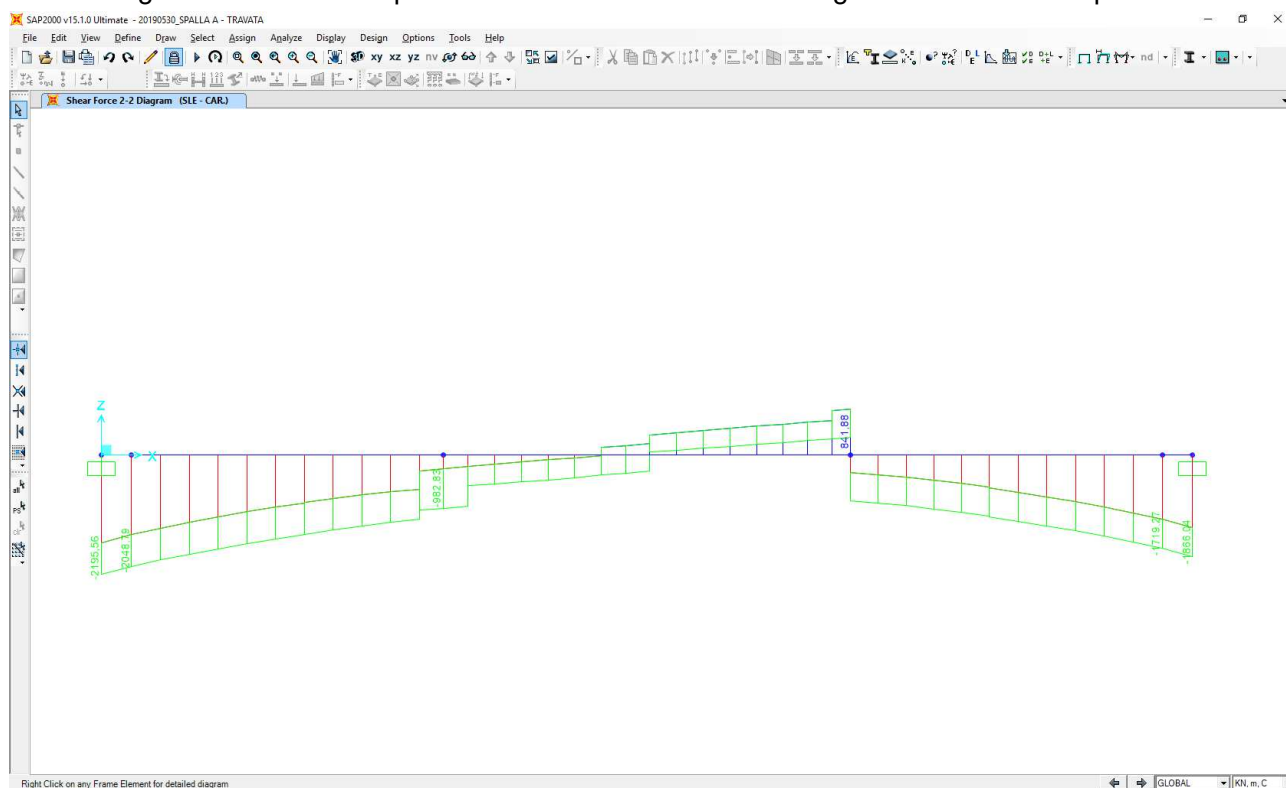


### 12.2.3 COMBINAZIONE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – CARATTERISTICA

Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del momento flettente sulla travata posteriore:

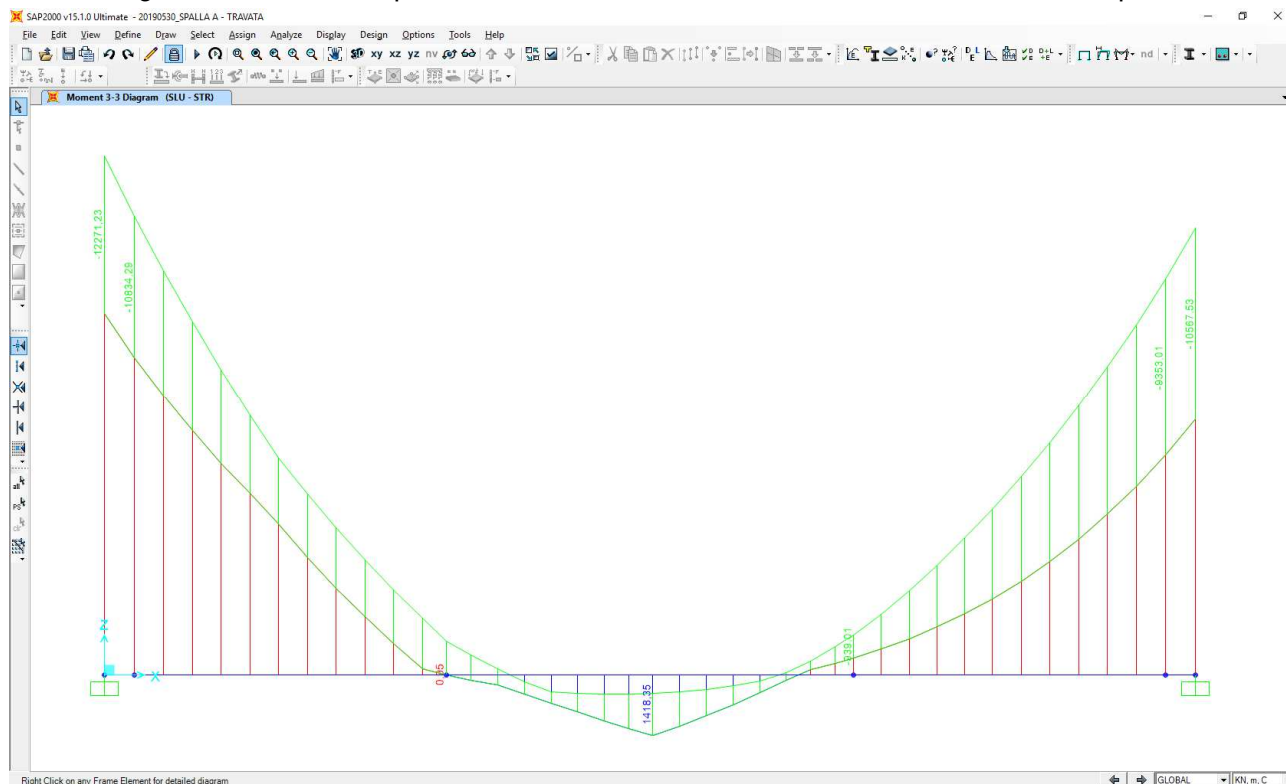


Nell'immagine successiva è riportato l'andamento dell'azione tagliante sulla travata posteriore:

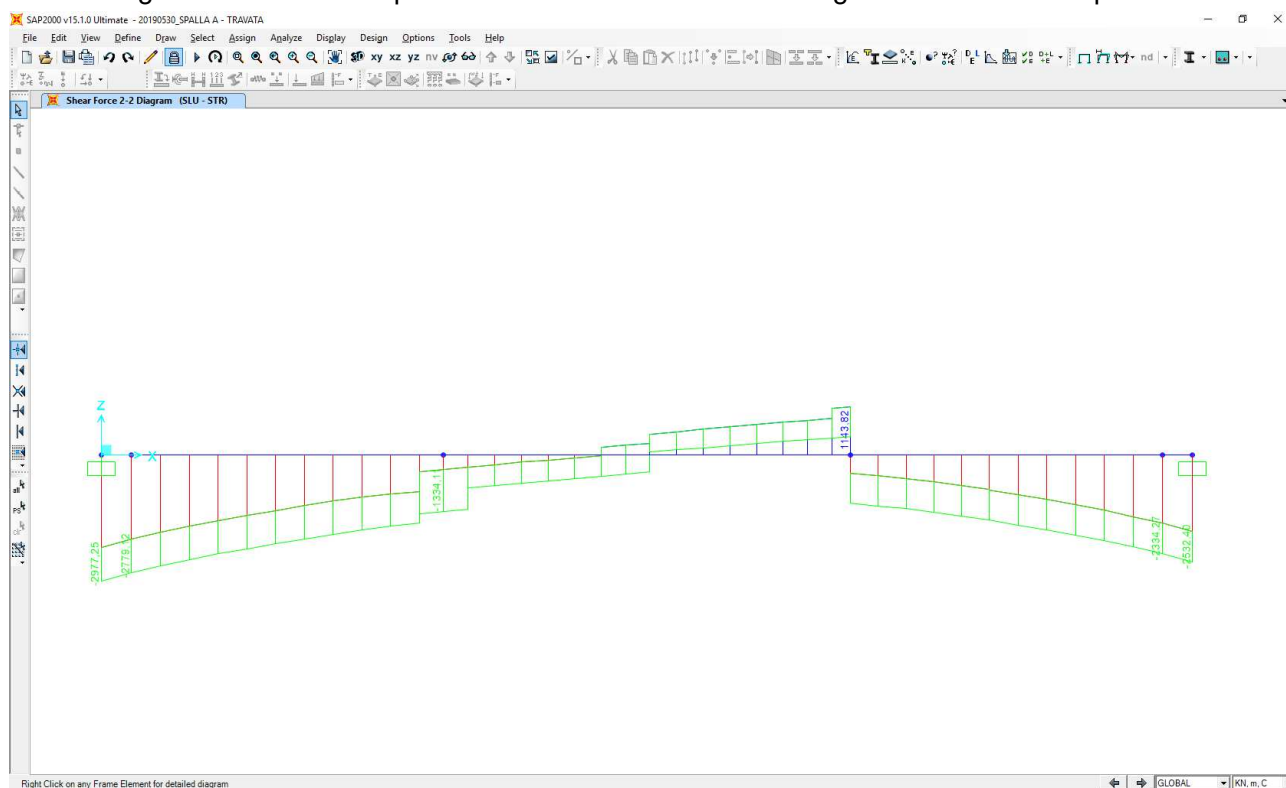


## 12.2.4 COMBINAZIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO - STR

Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del momento flettente sulla travata posteriore:



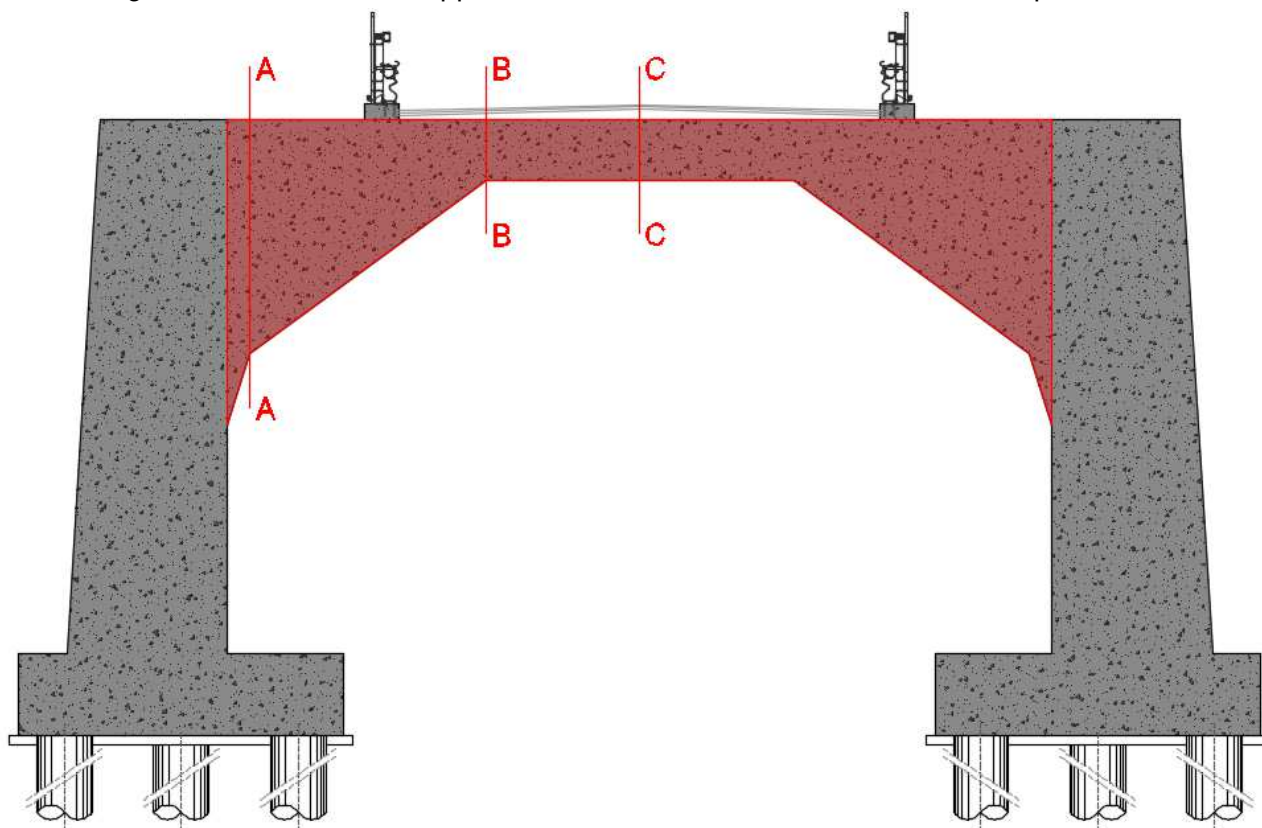
Nell'immagine successiva è riportato l'andamento dell'azione tagliante sulla travata posteriore:



## 13 SPALLA A – VERIFICHE STRUTTURALI DELLA TRAVATA POSTERIORE

### 13.1 DEFINIZIONI DELLE SEZIONI DI VERIFICA

Nell'immagine successiva sono rappresentate le sezioni di verifica della travata posteriore:



### 13.2 RIEPILOGO DELLE AZIONI SOLLECITANTI SULLE SEZIONI DI VERIFICA

Nella tabella successiva sono riepilogati i valori delle azioni sollecitanti in corrispondenza delle sezioni di verifica precedentemente definite per le diverse combinazioni di carico considerate:

| SEZIONE | COMBINAZIONE           | $M_{Sd}$<br>[kNm] | $V_{Sd}$<br>[kN] |
|---------|------------------------|-------------------|------------------|
| A-A     | SLE - QUASI PERMANENTE | -3.437,69         | -1.139,64        |
|         | SLE - FREQUENTE        | -6.842,76         | -1.821,50        |
|         | SLE - CARATTERISTICA   | -7.977,79         | -2.048,79        |
|         | SLU - STR              | -10.834,00        | -2.779,12        |
| B-B     | SLE - QUASI PERMANENTE | -182,40           | -272,60          |
|         | SLE - FREQUENTE        | -487,74           | -805,27          |
|         | SLE - CARATTERISTICA   | -589,52           | -982,83          |
|         | SLU - STR              | -801,22           | -1.334,11        |
| C-C     | SLE - QUASI PERMANENTE | 279,09            | 0,00             |
|         | SLE - FREQUENTE        | 853,62            | 0,00             |
|         | SLE - CARATTERISTICA   | 1.045,13          | 0,00             |
|         | SLU - STR              | 1.418,35          | 0,00             |

### 13.3 SEZIONE A-A - SEZIONE ED ARMATURA DI VERIFICA

La sezione di verifica è rettangolare con base pari a **199 cm** e altezza pari a **509 cm**.

L'armatura longitudinale è prevista realizzata come segue:

- **16Ø26** superiori
- **16Ø26** inferiori

L'armatura a taglio è costituita da staffe **Ø16/20**. Il copriferro netto minimo è assunto pari a **40 mm**.

### 13.4 SEZIONE A-A - VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

#### 13.4.1 COMBINAZIONE SLE - QUASI PERMANENTE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a **M<sub>Sd</sub> = -3.437,69 kNm**.

**Verifica C.A. S.L.U. - File:**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:**

**N° strati barre:** 2 **Zoom**

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 199    | 509    |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 84,95    | 6,9    |
| 2  | 84,95    | 502,10 |

**Sollecitazioni:** S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>Ed</sub> -3437,69 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0

**P.to applicazione N:** Centro Baricentro cls  
Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Tipo Sezione:** Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.

**Metodo di calcolo:** S.L.U.+ S.L.U.-  
Metodo n

**Materiali:** B450C C32/40

ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 1  
ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333  
τ<sub>c1</sub> 2,114

σ<sub>c</sub> -0,8919 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 84,06 N/mm²

ε<sub>s</sub> 0,4203 ‰  
d 502,1 cm  
x 68,94 x/d 0,1373  
δ 0,7

**Verifica** N° iterazioni: 5

☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 0,89 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 84,06 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 13.4.2 COMBINAZIONE SLE - FREQUENTE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = -6.842,76 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File: [ ] [ ] [ ]

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : [ ]

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 199    | 509    | 1  | 84,95    | 6,9    |
|    |        |        | 2  | 84,95    | 502,10 |

Tipo Sezione  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 -6842,76 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali  
 B450C C32/40  
 ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 1  
 ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333  
 τ<sub>cl</sub> 2,114

σ<sub>c</sub> -1,775 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 167,3 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 0,8366 ‰  
 d 502,1 cm  
 x 68,94 x/d 0,1373  
 δ 0,7

Verifica N° iterazioni: 5

☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 1,77 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 167,30 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 13.4.3 COMBINAZIONE SLE - CARATTERISTICA

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = -7.977,79 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File: [ ] [ ] [X]

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: [ ]

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 199    | 509    | 1  | 84,95    | 6,9    |
|    |        |        | 2  | 84,95    | 502,10 |

Tipo Sezione  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n  
 N Ed 0 0 kN  
 M xEd -7977,79 kNm  
 M yEd 0 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali  
 B450C C32/40  
 ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 1  
 ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333  
 τ<sub>cl</sub> 2,114

σ<sub>c</sub> -2,07 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 195,1 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 0,9754 ‰  
 d 502,1 cm  
 x 68,94 x/d 0,1373  
 δ 0,7

Verifica N° iterazioni: 5

☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 2,07 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 195,10 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 13.5 SEZIONE A-A - VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

### 13.5.1 COMBINAZIONE SLE – QUASI PERMANENTE

|                                                                         |                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>Geometria della sezione</b>                                          |                                                                  |
| Altezza della sezione                                                   | $h$ 5090 [mm]                                                    |
| Larghezza della sezione                                                 | $b$ 1990 [mm]                                                    |
| Altezza utile della sezione                                             | $d$ 5021 [mm]                                                    |
| Distanza tra asse armatura e lembo compresso                            | $d'$ 69 [mm]                                                     |
| Ricoprimento dell'armatura                                              | $c$ 56 [mm]                                                      |
| <a href="#">Armatura tesa ordinaria</a>                                 |                                                                  |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione                             | $n_{f,1}$ 16 [-]                                                 |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione                          | $\phi_{f,1}$ 26 [mm]                                             |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione                              | $A_{sf,1}$ 8495 [mm <sup>2</sup> ]                               |
| <a href="#">Armatura tesa di infittimento</a>                           |                                                                  |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione                             | $n_{f,2}$ 0 [-]                                                  |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione                          | $\phi_{f,2}$ 0 [mm]                                              |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione                              | $A_{sf,2}$ 0 [mm <sup>2</sup> ]                                  |
| <b>Caratteristiche dei materiali</b>                                    |                                                                  |
| Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo                   | $f_{ck}$ 33,2 [MPa]                                              |
| Resistenza a trazione media del calcestruzzo                            | $f_{ctm}$ 3,1 [MPa]                                              |
| Modulo di elasticità del calcestruzzo                                   | $E_{cm}$ 33643 [MPa]                                             |
| Resistenza a snervamento dell'acciaio                                   | $f_{yk}$ 450 [MPa]                                               |
| Modulo di elasticità dell'acciaio                                       | $E_s$ 210000 [MPa]                                               |
| <b>DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE</b>                       |                                                                  |
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata           | $\sigma_s$ 84,06 [MPa]                                           |
| Asse neutro della sezione                                               | $x$ 689,4 [mm]                                                   |
| Tipo e durata dei carichi applicati                                     | Lunga                                                            |
| Coefficiente di omogeneizzazione                                        | $\alpha_e$ 6,24 [-]                                              |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa                     | $A_s$ 8495 [mm <sup>2</sup> ]                                    |
| Area efficace tesa di calcestruzzo                                      | $A_{c,eff,1}$ 343275 [mm <sup>2</sup> ]                          |
|                                                                         | $A_{c,eff,2}$ 2919065 [mm <sup>2</sup> ]                         |
|                                                                         | $A_{c,eff,3}$ 5064550 [mm <sup>2</sup> ]                         |
|                                                                         | $A_{c,eff,min}$ 343275 [mm <sup>2</sup> ]                        |
| Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso       | $\rho_{p,eff}$ 0,02475 [-]                                       |
| Resistenza efficace media del calcestruzzo                              | $f_{ct,eff}$ 3,1 [MPa]                                           |
| Fattore di durata del carico                                            | $k_t$ 0,4 [-]                                                    |
| <b>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</b>            | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$ 0,000240 [-]             |
|                                                                         | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ 0,000125 [-]           |
|                                                                         | <b><math>[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]</math> 0,000240 [-]</b> |
| Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)          | $s$ 100 [mm]                                                     |
| Diametro equivalente delle barre                                        | $\phi_{eq}$ 26,00 [mm]                                           |
| Spaziatura massima di riferimento                                       | $s_{max,rif}$ 345 [mm]                                           |
| Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione             | $k_1$ 0,800 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_2$ 0,500 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_3$ 3,400 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_4$ 0,425 [-]                                                  |
| <b>Distanza massima tra le fessure</b>                                  | $s_{r,max,1}$ 369 [mm]                                           |
|                                                                         | $s_{r,max,2}$ 5721 [mm]                                          |
|                                                                         | <b><math>s_{r,max}</math> 369 [mm]</b>                           |
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$ 0,20 [mm]                                            |
| <b>Ampiezza delle fessure (di calcolo)</b>                              | <b><math>w_k</math> 0,09 [mm]</b>                                |

### 13.5.2 COMBINAZIONE SLE – FREQUENTE

| Geometria della sezione                                                 |                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Altezza della sezione                                                   | $h$ 5090 [mm]                                                    |
| Larghezza della sezione                                                 | $b$ 1990 [mm]                                                    |
| Altezza utile della sezione                                             | $d$ 5021 [mm]                                                    |
| Distanza tra asse armatura e lembo compresso                            | $d'$ 69 [mm]                                                     |
| Ricoprimento dell'armatura                                              | $c$ 56 [mm]                                                      |
| <a href="#">Armatura tesa ordinaria</a>                                 |                                                                  |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione                             | $n_{f,1}$ 16 [-]                                                 |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione                          | $\phi_{f,1}$ 26 [mm]                                             |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione                              | $A_{sf,1}$ 8495 [mm <sup>2</sup> ]                               |
| <a href="#">Armatura tesa di infittimento</a>                           |                                                                  |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione                             | $n_{f,2}$ 0 [-]                                                  |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione                          | $\phi_{f,2}$ 0 [mm]                                              |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione                              | $A_{sf,2}$ 0 [mm <sup>2</sup> ]                                  |
| Caratteristiche dei materiali                                           |                                                                  |
| Resistenza caratteristica cilindrica dal calcestruzzo                   | $f_{ck}$ 33,2 [MPa]                                              |
| Resistenza a trazione media del calcestruzzo                            | $f_{ctm}$ 3,1 [MPa]                                              |
| Modulo di elasticità del calcestruzzo                                   | $E_{cm}$ 33643 [MPa]                                             |
| Resistenza a snervamento dell'acciaio                                   | $f_{yk}$ 450 [MPa]                                               |
| Modulo di elasticità dell'acciaio                                       | $E_s$ 210000 [MPa]                                               |
| DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE                              |                                                                  |
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata           | $\sigma_s$ 167,3 [MPa]                                           |
| Asse neutro della sezione                                               | $x$ 689,4 [mm]                                                   |
| Tipo e durata dei carichi applicati                                     | Lunga                                                            |
| Coefficiente di omogeneizzazione                                        | $\alpha_e$ 6,24 [-]                                              |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa                     | $A_s$ 8495 [mm <sup>2</sup> ]                                    |
| Area efficace tesa di calcestruzzo                                      | $A_{c,eff.1}$ 343275 [mm <sup>2</sup> ]                          |
|                                                                         | $A_{c,eff.2}$ 2919065 [mm <sup>2</sup> ]                         |
|                                                                         | $A_{c,eff.3}$ 5064550 [mm <sup>2</sup> ]                         |
|                                                                         | $A_{c,eff.min}$ 343275 [mm <sup>2</sup> ]                        |
| Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso       | $\rho_{p,eff}$ 0,02475 [-]                                       |
| Resistenza efficace media del calcestruzzo                              | $f_{ct,eff}$ 3,1 [MPa]                                           |
| Fattore di durata del carico                                            | $k_t$ 0,4 [-]                                                    |
| <b>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</b>            | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$ 0,000478 [-]             |
|                                                                         | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ 0,000521 [-]           |
|                                                                         | <b><math>[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]</math> 0,000521 [-]</b> |
| Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)          | $s$ 100 [mm]                                                     |
| Diametro equivalente delle barre                                        | $\phi_{eq}$ 26,00 [mm]                                           |
| Spaziatura massima di riferimento                                       | $s_{max,rif}$ 345 [mm]                                           |
| Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione             | $k_1$ 0,800 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_2$ 0,500 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_3$ 3,400 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_4$ 0,425 [-]                                                  |
| <b>Distanza massima tra le fessure</b>                                  | $s_{r,max.1}$ 369 [mm]                                           |
|                                                                         | $s_{r,max.2}$ 5721 [mm]                                          |
|                                                                         | <b><math>s_{r,max}</math> 369 [mm]</b>                           |
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$ 0,30 [mm]                                            |
| <b>Ampiezza delle fessure (di calcolo)</b>                              | <b><math>w_k</math> 0,19 [mm]</b>                                |

### 13.6 SEZIONE A-A - VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE SEMPLICE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{Sd} = -10.834,00$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File: [ ] [ ] [ ]

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: [ ]

N° strati barre: 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 199    | 509    | 1  | 84,95    | 6,9    |
|    |        |        | 2  | 84,95    | 502,10 |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>Ed</sub> -10834 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N  
Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo  
S.L.U. + S.L.U. -  
Metodo n

Tipo flessione  
Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C32/40

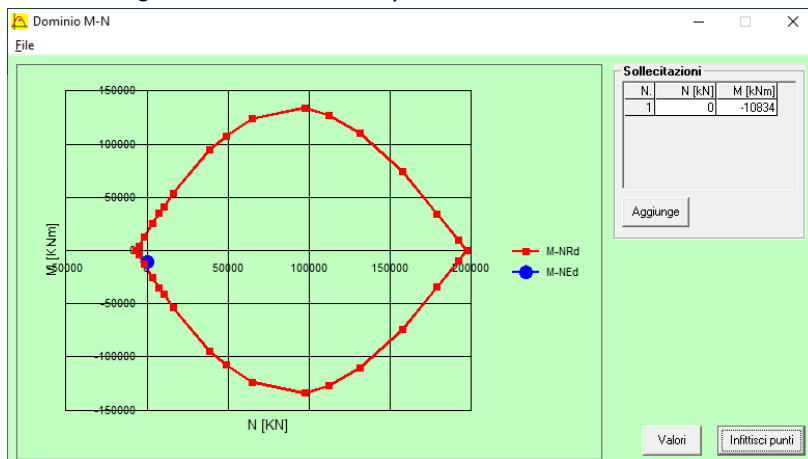
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² E<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 1 ?  
ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 ‰  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333 ‰  
τ<sub>c1</sub> 2,114 ‰

M<sub>xRd</sub> -16.523 kNm  
g<sub>c</sub> -17,69 N/mm²  
g<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
E<sub>c</sub> 1,512 ‰  
E<sub>s</sub> 67,5 ‰  
d 502,1 cm  
x 11 x/d 0,02191  
δ 0,7

Il momento resistente risulta pari a:

$$M_{Rd} = -16.523,00 \text{ kNm} > M_{Sd} = -10.834,00 \text{ kNm}$$

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 13.7 SEZIONE A-A - VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a  $V_{Sd} = -2.779,12 \text{ kN}$ .

#### VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO

D.M. 17.01.2018 - CAPITOLO 4.1.2.3.5.2

##### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE

|                                    |   |        |      |
|------------------------------------|---|--------|------|
| Base della sezione trasversale:    | b | 199,00 | [cm] |
| Altezza della sezione trasversale: | h | 509,00 | [cm] |
| Copriferro netto:                  | c | 4,00   | [cm] |
| Altezza utile della sezione:       | d | 505,00 | [cm] |

##### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

|                                                      |          |        |                      |
|------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------|
| Classe di resistenza del calcestruzzo:               |          | C32/40 |                      |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione:     | $R_{ck}$ | 40,00  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione: | $f_{ck}$ | 33,20  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo a compressione:                | $f_{cd}$ | 18,81  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tipologia dell'acciaio da armatura:                  |          | B450C  |                      |
| Tensione caratteristica di rottura:                  | $f_{tk}$ | 540,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione caratteristica di snervamento:              | $f_{yk}$ | 450,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo:                               | $f_{yd}$ | 391,30 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

##### AZIONI SOLLECITANTI DI CALCOLO

|                              |           |         |      |
|------------------------------|-----------|---------|------|
| Azione tagliante di calcolo: | $V_{S,d}$ | 2779,12 | [kN] |
| Azione normale di calcolo:   | $N_{S,d}$ | 0,00    | [kN] |

##### ARMATURA TRASVERSALE

|                                                                       |                    |       |                      |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------|-------|----------------------|
| Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo:                             | $\theta$           | 45,00 | [°]                  |
| Cotangente dell'angolo $\theta$ :                                     | $\cot(\theta)$     | 1,00  |                      |
| Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave: | $\alpha$           | 90,00 | [°]                  |
| Numero di bracci dell'armatura trasversale:                           | n                  | 2,00  |                      |
| Passo longitudinale delle armature trasversali:                       | s                  | 20,00 | [cm]                 |
| Diametro dell'armatura trasversale:                                   | $\emptyset_{trav}$ | 16,00 | [mm]                 |
| Area della singola barra:                                             | $A_{barra}$        | 2,01  | [cm <sup>2</sup> ]   |
| Area totale dell'armatura trasversale:                                | $A_{tot}$          | 20,10 | [cm <sup>2</sup> /m] |

##### VERIFICA ALLO S.L.U. PER TAGLIO

La resistenza di calcolo a "taglio trazione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.27]:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot [\cot(\alpha) + \cot(\theta)] \cdot \sin(\alpha)$$

La resistenza di calcolo a "taglio compressione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.28]:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{[\cot(\alpha) + \cot(\theta)]}{[1 + \cot^2(\theta)]}$$

|                                                     |                           |          |                      |
|-----------------------------------------------------|---------------------------|----------|----------------------|
| Larghezza minima della sezione:                     | $b_w$                     | 199,00   | [cm]                 |
| Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo: | $f'_{yd}$                 | 9,41     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione media di compressione nella sezione:       | $\sigma_{cp}$             | 0,00     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Coefficiente maggiorativo $\alpha_c$ :              | $\alpha_c$                | 1,00     |                      |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"           | $V_{Rsd}$                 | 3574,74  | [kN]                 |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSIONE"       | $V_{Rcd}$                 | 42539,53 | [kN]                 |
| AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:          | $V_{R,d}$                 | 3.574,74 | [kN]                 |
| COEFFICIENTE DI SICUREZZA:                          | $F_s = V_{R,d} / V_{S,d}$ | 1,29     |                      |

LA VERIFICA RISULTA POSITIVA.

### 13.8 SEZIONE B-B - SEZIONE ED ARMATURA DI VERIFICA

La sezione di verifica è rettangolare con base pari a **199 cm** e altezza pari a **130 cm**.

L'armatura longitudinale è prevista realizzata come segue:

- **16Ø26** superiori
- **16Ø26** inferiori

L'armatura a taglio è costituita da staffe **Ø16/10**. Il copriferro netto minimo è assunto pari a **40 mm**.

### 13.9 SEZIONE B-B - VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

#### 13.9.1 COMBINAZIONE SLE - QUASI PERMANENTE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a **M<sub>Sd</sub> = -182,40 kNm**.

**Verifica C.A. S.L.U. - File:**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:**

**N° strati barre:** 2 **Zoom**

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 199    | 130    |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 84,95    | 6,9    |
| 2  | 84,95    | 123,1  |

**Tipo Sezione:**  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

**Sollecitazioni:**  
 S.L.U. ☒ Metodo n  
 N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>Ed</sub> -182,40 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0

**P.to applicazione N:**  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Metodo di calcolo:**  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.- ☒ Metodo n

**Materiali:**  
 B450C C32/40  
 ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 1  
 ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333  
 τ<sub>c1</sub> 2,114

σ<sub>c</sub> -0,4043 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 18,85 N/mm²

**Verifica**  
 N° iterazioni: 4  
☐ Precompresso

ε<sub>s</sub> 0,09427 ‰  
 d 123,1 cm  
 x 29,96 x/d 0,2434  
 δ 0,7442

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 0,40 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 18,85 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 13.9.2 COMBINAZIONE SLE - FREQUENTE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = -487,74$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File: [ ] [ ] [ ]

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: [ ]

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 199    | 130    | 1  | 84,95    | 6,9    |
|    |        |        | 2  | 84,95    | 123,1  |

Tipo Sezione  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n  
 N Ed 0 0 kN  
 M xEd 0 -487,74 kNm  
 M yEd 0 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali  
 B450C C32/40  
 ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 1  
 ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333  
 τ<sub>c1</sub> 2,114

σ<sub>c</sub> -1,081 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 50,42 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 0,2521 ‰  
 d 123,1 cm  
 x 29,96 x/d 0,2434  
 δ 0,7442

Verifica N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 1,08 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 50,42 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 13.9.3 COMBINAZIONE SLE - CARATTERISTICA

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = -589,52 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File: [ ] [ ] [ ]

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: [ ]

N° strati barre: 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 199    | 130    | 1  | 84,95    | 6,9    |
|    |        |        | 2  | 84,95    | 123,1  |

Tipo Sezione  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n  
 N Ed 0 0 kN  
 M xEd 0 -589,52 kNm  
 M yEd 0 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali  
 B450C C32/40  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  18,81 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  12,25 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,7333 N/mm²  
 $\tau_{cl}$  2,114 N/mm²

$\sigma_c$  -1,307 N/mm²  
 $\sigma_s$  60,94 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0,3047 ‰  
 d 123,1 cm  
 x 29,96 x/d 0,2434  
 $\delta$  0,7442

Verifica N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 1,30 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 60,94 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 13.10 SEZIONE B-B - VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

### 13.10.1 COMBINAZIONE SLE – QUASI PERMANENTE

#### Geometria della sezione

|                                                |              |      |                    |
|------------------------------------------------|--------------|------|--------------------|
| Altezza della sezione                          | h            | 1300 | [mm]               |
| Larghezza della sezione                        | b            | 1990 | [mm]               |
| Altezza utile della sezione                    | d            | 1231 | [mm]               |
| Distanza tra asse armatura e lembo compresso   | d'           | 69   | [mm]               |
| Ricoprimento dell'armatura                     | c            | 56   | [mm]               |
| <u>Armatura tesa ordinaria</u>                 |              |      |                    |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione    | $n_{f,1}$    | 16   | [-]                |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione | $\phi_{f,1}$ | 26   | [mm]               |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione     | $A_{sf,1}$   | 8495 | [mm <sup>2</sup> ] |
| <u>Armatura tesa di infittimento</u>           |              |      |                    |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione    | $n_{f,2}$    | 0    | [-]                |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione | $\phi_{f,2}$ | 0    | [mm]               |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione     | $A_{sf,2}$   | 0    | [mm <sup>2</sup> ] |

#### Caratteristiche dei materiali

|                                                       |           |        |       |
|-------------------------------------------------------|-----------|--------|-------|
| Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo | $f_{ck}$  | 33,2   | [MPa] |
| Resistenza a trazione media del calcestruzzo          | $f_{ctm}$ | 3,1    | [MPa] |
| Modulo di elasticità del calcestruzzo                 | $E_{cm}$  | 33643  | [MPa] |
| Resistenza a snervamento dell'acciaio                 | $f_{yk}$  | 450    | [MPa] |
| Modulo di elasticità dell'acciaio                     | $E_s$     | 210000 | [MPa] |

#### DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

|                                                                   |                                           |           |                    |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------|--------------------|
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata     | $\sigma_s$                                | 18,85     | [MPa]              |
| Asse neutro della sezione                                         | x                                         | 299,6     | [mm]               |
| Tipo e durata dei carichi applicati                               |                                           | Lunga     |                    |
| Coefficiente di omogeneizzazione                                  | $\alpha_e$                                | 6,24      | [-]                |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa               | $A_s$                                     | 8495      | [mm <sup>2</sup> ] |
| Area efficace tesa di calcestruzzo                                | $A_{c,eff,1}$                             | 343275    | [mm <sup>2</sup> ] |
|                                                                   | $A_{c,eff,2}$                             | 663599    | [mm <sup>2</sup> ] |
|                                                                   | $A_{c,eff,3}$                             | 1293500   | [mm <sup>2</sup> ] |
|                                                                   | $A_{c,eff,min}$                           | 343275    | [mm <sup>2</sup> ] |
| Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso | $\rho_{p,eff}$                            | 0,02475   | [-]                |
| Resistenza efficace media del calcestruzzo                        | $f_{ct,eff}$                              | 3,1       | [MPa]              |
| Fattore di durata del carico                                      | $k_t$                                     | 0,4       | [-]                |
| <u>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</u>      | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$   | 0,000054  | [-]                |
|                                                                   | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ | -0,000186 | [-]                |
|                                                                   | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]$         | 0,000054  | [-]                |

|                                                                |               |       |      |
|----------------------------------------------------------------|---------------|-------|------|
| Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri) | s             | 100   | [mm] |
| Diametro equivalente delle barre                               | $\phi_{eq}$   | 26,00 | [mm] |
| Spaziatura massima di riferimento                              | $s_{max,rif}$ | 345   | [mm] |
| Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione    | $k_1$         | 0,800 | [-]  |
|                                                                | $k_2$         | 0,500 | [-]  |
|                                                                | $k_3$         | 3,400 | [-]  |
|                                                                | $k_4$         | 0,425 | [-]  |
| <u>Distanza massima tra le fessure</u>                         | $s_{r,max,1}$ | 369   | [mm] |
|                                                                | $s_{r,max,2}$ | 1301  | [mm] |
|                                                                | $s_{r,max}$   | 369   | [mm] |

|                                                                         |             |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------|------|------|
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$ | 0,20 | [mm] |
| Ampiezza delle fessure (di calcolo)                                     | $w_k$       | 0,02 | [mm] |

### 13.10.2 COMBINAZIONE SLE – FREQUENTE

| Geometria della sezione                                                 |                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Altezza della sezione                                                   | $h$ 1300 [mm]                                                    |
| Larghezza della sezione                                                 | $b$ 1990 [mm]                                                    |
| Altezza utile della sezione                                             | $d$ 1231 [mm]                                                    |
| Distanza tra asse armatura e lembo compresso                            | $d'$ 69 [mm]                                                     |
| Ricoprimento dell'armatura                                              | $c$ 56 [mm]                                                      |
| <a href="#">Armatura tesa ordinaria</a>                                 |                                                                  |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione                             | $n_{f,1}$ 16 [-]                                                 |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione                          | $\phi_{f,1}$ 26 [mm]                                             |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione                              | $A_{sf,1}$ 8495 [mm <sup>2</sup> ]                               |
| <a href="#">Armatura tesa di infittimento</a>                           |                                                                  |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione                             | $n_{f,2}$ 0 [-]                                                  |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione                          | $\phi_{f,2}$ 0 [mm]                                              |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione                              | $A_{sf,2}$ 0 [mm <sup>2</sup> ]                                  |
| Caratteristiche dei materiali                                           |                                                                  |
| Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo                   | $f_{ck}$ 33,2 [MPa]                                              |
| Resistenza a trazione media del calcestruzzo                            | $f_{ctm}$ 3,1 [MPa]                                              |
| Modulo di elasticità del calcestruzzo                                   | $E_{cm}$ 33643 [MPa]                                             |
| Resistenza a snervamento dell'acciaio                                   | $f_{yk}$ 450 [MPa]                                               |
| Modulo di elasticità dell'acciaio                                       | $E_s$ 210000 [MPa]                                               |
| DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE                              |                                                                  |
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata           | $\sigma_s$ 50,42 [MPa]                                           |
| Asse neutro della sezione                                               | $x$ 299,6 [mm]                                                   |
| Tipo e durata dei carichi applicati                                     | Lunga                                                            |
| Coefficiente di omogeneizzazione                                        | $\alpha_e$ 6,24 [-]                                              |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa                     | $A_s$ 8495 [mm <sup>2</sup> ]                                    |
| Area efficace tesa di calcestruzzo                                      | $A_{c,eff.1}$ 343275 [mm <sup>2</sup> ]                          |
|                                                                         | $A_{c,eff.2}$ 663599 [mm <sup>2</sup> ]                          |
|                                                                         | $A_{c,eff.3}$ 1293500 [mm <sup>2</sup> ]                         |
|                                                                         | $A_{c,eff.min}$ 343275 [mm <sup>2</sup> ]                        |
| Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso       | $\rho_{p,eff}$ 0,02475 [-]                                       |
| Resistenza efficace media del calcestruzzo                              | $f_{ct,eff}$ 3,1 [MPa]                                           |
| Fattore di durata del carico                                            | $k_t$ 0,4 [-]                                                    |
| <b>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</b>            | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$ 0,000144 [-]             |
|                                                                         | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ -0,000035 [-]          |
|                                                                         | <b><math>[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]</math> 0,000144 [-]</b> |
| Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)          | $s$ 100 [mm]                                                     |
| Diametro equivalente delle barre                                        | $\phi_{eq}$ 26,00 [mm]                                           |
| Spaziatura massima di riferimento                                       | $s_{max,rif}$ 345 [mm]                                           |
| Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione             | $k_1$ 0,800 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_2$ 0,500 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_3$ 3,400 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_4$ 0,425 [-]                                                  |
| <b>Distanza massima tra le fessure</b>                                  | $s_{r,max.1}$ 369 [mm]                                           |
|                                                                         | $s_{r,max.2}$ 1301 [mm]                                          |
|                                                                         | <b><math>s_{r,max}</math> 369 [mm]</b>                           |
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$ 0,30 [mm]                                            |
| <b>Ampiezza delle fessure (di calcolo)</b>                              | <b><math>w_k</math> 0,05 [mm]</b>                                |

### 13.11 SEZIONE B-B - VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE SEMPLICE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{Sd} = -801,22 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 199    | 130    |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 84,95    | 6,9    |
| 2  | 84,95    | 123,1  |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>Ed</sub> -801,22 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N  
Centro Baricentro cls  
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo  
S.L.U.+ S.L.U.-  
Metodo n

Tipo flessione  
Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>o</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C32/40

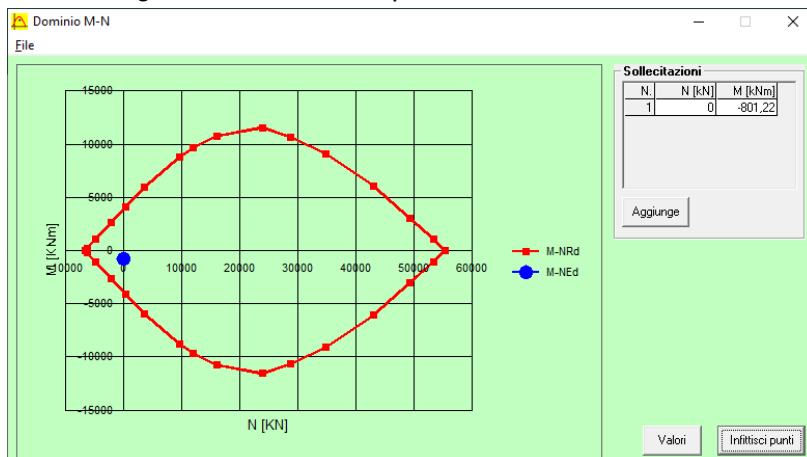
$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  18,81 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  12,25 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,7333  
 $\tau_{c1}$  2,114

M<sub>xRd</sub> -3.949 kNm  
 $\sigma_c$  -18,81 N/mm²  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  49,84 ‰  
d 123,1 cm  
x 8,077 x/d 0,06561  
 $\delta$  0,7

Il momento resistente risulta pari a:

$$M_{Rd} = -3.949,00 \text{ kNm} > M_{Sd} = -801,22 \text{ kNm}$$

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 13.12 SEZIONE B-B - VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a  $V_{sd} = -1.334,11$  kN.

#### VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO

D.M. 17.01.2018 - CAPITOLO 4.1.2.3.5.2

##### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE

|                                    |   |        |      |
|------------------------------------|---|--------|------|
| Base della sezione trasversale:    | b | 199,00 | [cm] |
| Altezza della sezione trasversale: | h | 130,00 | [cm] |
| Copri ferro netto:                 | c | 4,00   | [cm] |
| Altezza utile della sezione:       | d | 126,00 | [cm] |

##### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

|                                                      |          |        |                      |
|------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------|
| Classe di resistenza del calcestruzzo:               |          | C32/40 |                      |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione:     | $R_{ck}$ | 40,00  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione: | $f_{ck}$ | 33,20  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo a compressione:                | $f_{cd}$ | 18,81  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tipologia dell'acciaio da armatura:                  |          | B450C  |                      |
| Tensione caratteristica di rottura:                  | $f_{tk}$ | 540,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione caratteristica di snervamento:              | $f_{yk}$ | 450,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo:                               | $f_{yd}$ | 391,30 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

##### AZIONI SOLLECITANTI DI CALCOLO

|                              |           |         |      |
|------------------------------|-----------|---------|------|
| Azione tagliante di calcolo: | $V_{S,d}$ | 1334,11 | [kN] |
| Azione normale di calcolo:   | $N_{S,d}$ | 0,00    | [kN] |

##### ARMATURA TRASVERSALE

|                                                                       |                    |       |                      |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------|-------|----------------------|
| Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo:                             | $\theta$           | 45,00 | [°]                  |
| Cotangente dell'angolo $\theta$ :                                     | $\cot(\theta)$     | 1,00  |                      |
| Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave: | $\alpha$           | 90,00 | [°]                  |
| Numero di bracci dell'armatura trasversale:                           | n                  | 2,00  |                      |
| Passo longitudinale delle armature trasversali:                       | s                  | 10,00 | [cm]                 |
| Diametro dell'armatura trasversale:                                   | $\emptyset_{trav}$ | 16,00 | [mm]                 |
| Area della singola barra:                                             | $A_{barra}$        | 2,01  | [cm <sup>2</sup> ]   |
| Area totale dell'armatura trasversale:                                | $A_{tot}$          | 40,20 | [cm <sup>2</sup> /m] |

##### VERIFICA ALLO S.L.U. PER TAGLIO

La resistenza di calcolo a "taglio trazione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.27]:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot [\cot(\alpha) + \cot(\theta)] \cdot \sin(\alpha)$$

La resistenza di calcolo a "taglio compressione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.28]:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{[\cot(\alpha) + \cot(\theta)]}{[1 + \cot^2(\theta)]}$$

|                                                     |                           |          |                      |
|-----------------------------------------------------|---------------------------|----------|----------------------|
| Larghezza minima della sezione:                     | $b_w$                     | 199,00   | [cm]                 |
| Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo: | $f'_{yd}$                 | 9,41     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione media di compressione nella sezione:       | $\sigma_{cp}$             | 0,00     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Coefficiente maggiorativo $\alpha_c$ :              | $\alpha_c$                | 1,00     |                      |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"           | $V_{Rsd}$                 | 1783,83  | [kN]                 |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSIONE"       | $V_{Rcd}$                 | 10613,82 | [kN]                 |
| AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:          | $V_{R,d}$                 | 1.783,83 | [kN]                 |
| COEFFICIENTE DI SICUREZZA:                          | $F_s = V_{R,d} / V_{S,d}$ | 1,34     |                      |

LA VERIFICA RISULTA POSITIVA.

### 13.13 SEZIONE C-C - SEZIONE ED ARMATURA DI VERIFICA

La sezione di verifica è rettangolare con base pari a **199 cm** e altezza pari a **130 cm**.

L'armatura longitudinale è prevista realizzata come segue:

- **16Ø26** superiori
- **16Ø26** inferiori

L'armatura a taglio è costituita da staffe **Ø16/20**. Il copriferro netto minimo è assunto pari a **40 mm**.

### 13.14 SEZIONE C-C - VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

#### 13.14.1 COMBINAZIONE SLE - QUASI PERMANENTE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a **M<sub>Sd</sub> = 279,09 kNm**.

**Verifica C.A. S.L.U. - File**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** \_\_\_\_\_

**N° strati barre:** 2 **Zoom**

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 199    | 130    |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 84,95    | 6,9    |
| 2  | 84,95    | 123,1  |

**Tipo Sezione**  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

**Sollecitazioni**  
**S.L.U.** **Metodo n**  
 N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>Ed</sub> 279,09 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0

**P.to applicazione N**  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Metodo di calcolo**  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.- ☒ Metodo n

**Materiali**  
**B450C** **C32/40**  
 ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 1  
 ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333  
 τ<sub>c1</sub> 2,114

σ<sub>c</sub> -0,6186 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 28,85 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 0,1442 ‰  
 d 123,1 cm  
 x 29,96 x/d 0,2434  
 δ 0,7442

**Verifica** N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 0,61 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 28,85 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 13.14.2 COMBINAZIONE SLE - FREQUENTE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 853,62 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File: [ ] [ ] [ ]

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : [ ]

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 199    | 130    | 1  | 84,95    | 6,9    |
|    |        |        | 2  | 84,95    | 123,1  |

Tipo Sezione  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n  
 N Ed 0 0 kN  
 M xEd 0 853,62 kNm  
 M yEd 0 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali  
 B450C C32/40  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  18,81 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  12,25 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,7333  
 $\tau_{cl}$  2,114

$\sigma_c$  -1,892 N/mm²  
 $\sigma_s$  88,24 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0,4412 ‰  
 $d$  123,1 cm  
 $x$  29,96  $x/d$  0,2434  
 $\delta$  0,7442

Verifica N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 1,89 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 88,24 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 13.14.3 COMBINAZIONE SLE - CARATTERISTICA

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.045,13 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File: [ ] [ ] [ ]

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: [ ]

N° strati barre: 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 199    | 130    | 1  | 84,95    | 6,9    |
|    |        |        | 2  | 84,95    | 123,1  |

Tipo Sezione  
☒ Rettang. re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n

N Ed 0 0 kN  
 M xEd 0 1045,13 kNm  
 M yEd 0 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali  
 B450C C32/40  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  18,81 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  12,25 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,7333 N/mm²  
 $\tau_{cl}$  2,114 N/mm²

$\sigma_c$  -2,317 N/mm²  
 $\sigma_s$  108 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0,5402 ‰  
 d 123,1 cm  
 x 29,96 x/d 0,2434  
 $\delta$  0,7442

Verifica N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 2,31 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 108,00 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 13.15 SEZIONE C-C - VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

### 13.15.1 COMBINAZIONE SLE – QUASI PERMANENTE

|                                                                         |                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>Geometria della sezione</b>                                          |                                                                  |
| Altezza della sezione                                                   | $h$ 1300 [mm]                                                    |
| Larghezza della sezione                                                 | $b$ 1990 [mm]                                                    |
| Altezza utile della sezione                                             | $d$ 1231 [mm]                                                    |
| Distanza tra asse armatura e lembo compresso                            | $d'$ 69 [mm]                                                     |
| Ricoprimento dell'armatura                                              | $c$ 56 [mm]                                                      |
| <u>Armatura tesa ordinaria</u>                                          |                                                                  |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione                             | $n_{f,1}$ 16 [-]                                                 |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione                          | $\phi_{f,1}$ 26 [mm]                                             |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione                              | $A_{sf,1}$ 8495 [mm <sup>2</sup> ]                               |
| <u>Armatura tesa di infittimento</u>                                    |                                                                  |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione                             | $n_{f,2}$ 0 [-]                                                  |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione                          | $\phi_{f,2}$ 0 [mm]                                              |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione                              | $A_{sf,2}$ 0 [mm <sup>2</sup> ]                                  |
| <b>Caratteristiche dei materiali</b>                                    |                                                                  |
| Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo                   | $f_{ck}$ 33,2 [MPa]                                              |
| Resistenza a trazione media del calcestruzzo                            | $f_{ctm}$ 3,1 [MPa]                                              |
| Modulo di elasticità del calcestruzzo                                   | $E_{cm}$ 33643 [MPa]                                             |
| Resistenza a snervamento dell'acciaio                                   | $f_{yk}$ 450 [MPa]                                               |
| Modulo di elasticità dell'acciaio                                       | $E_s$ 210000 [MPa]                                               |
| <b>DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE</b>                       |                                                                  |
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata           | $\sigma_s$ 28,85 [MPa]                                           |
| Asse neutro della sezione                                               | $x$ 299,6 [mm]                                                   |
| Tipo e durata dei carichi applicati                                     | Lunga                                                            |
| Coefficiente di omogeneizzazione                                        | $\alpha_e$ 6,24 [-]                                              |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa                     | $A_s$ 8495 [mm <sup>2</sup> ]                                    |
| Area efficace tesa di calcestruzzo                                      | $A_{c,eff,1}$ 343275 [mm <sup>2</sup> ]                          |
|                                                                         | $A_{c,eff,2}$ 663599 [mm <sup>2</sup> ]                          |
|                                                                         | $A_{c,eff,3}$ 1293500 [mm <sup>2</sup> ]                         |
|                                                                         | $A_{c,eff,min}$ 343275 [mm <sup>2</sup> ]                        |
| Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso       | $\rho_{p,eff}$ 0,02475 [-]                                       |
| Resistenza efficace media del calcestruzzo                              | $f_{ct,eff}$ 3,1 [MPa]                                           |
| Fattore di durata del carico                                            | $k_t$ 0,4 [-]                                                    |
| <b>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</b>            | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$ 0,000082 [-]             |
|                                                                         | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ -0,000138 [-]          |
|                                                                         | <b><math>[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]</math> 0,000082 [-]</b> |
| Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)          | $s$ 100 [mm]                                                     |
| Diametro equivalente delle barre                                        | $\phi_{eq}$ 26,00 [mm]                                           |
| Spaziatura massima di riferimento                                       | $s_{max,rif}$ 345 [mm]                                           |
| Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione             | $k_1$ 0,800 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_2$ 0,500 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_3$ 3,400 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_4$ 0,425 [-]                                                  |
| <b>Distanza massima tra le fessure</b>                                  | $s_{r,max,1}$ 369 [mm]                                           |
|                                                                         | $s_{r,max,2}$ 1301 [mm]                                          |
|                                                                         | <b><math>s_{r,max}</math> 369 [mm]</b>                           |
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$ 0,20 [mm]                                            |
| <b>Ampiezza delle fessure (di calcolo)</b>                              | <b><math>w_k</math> 0,03 [mm]</b>                                |

### 13.15.2 COMBINAZIONE SLE – FREQUENTE

| Geometria della sezione                                                 |                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Altezza della sezione                                                   | $h$ 1300 [mm]                                                    |
| Larghezza della sezione                                                 | $b$ 1990 [mm]                                                    |
| Altezza utile della sezione                                             | $d$ 1231 [mm]                                                    |
| Distanza tra asse armatura e lembo compresso                            | $d'$ 69 [mm]                                                     |
| Ricoprimento dell'armatura                                              | $c$ 56 [mm]                                                      |
| <a href="#">Armatura tesa ordinaria</a>                                 |                                                                  |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione                             | $n_{f,1}$ 16 [-]                                                 |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione                          | $\phi_{f,1}$ 26 [mm]                                             |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione                              | $A_{sf,1}$ 8495 [mm <sup>2</sup> ]                               |
| <a href="#">Armatura tesa di infittimento</a>                           |                                                                  |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione                             | $n_{f,2}$ 0 [-]                                                  |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione                          | $\phi_{f,2}$ 0 [mm]                                              |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione                              | $A_{sf,2}$ 0 [mm <sup>2</sup> ]                                  |
| Caratteristiche dei materiali                                           |                                                                  |
| Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo                   | $f_{ck}$ 33,2 [MPa]                                              |
| Resistenza a trazione media del calcestruzzo                            | $f_{ctm}$ 3,1 [MPa]                                              |
| Modulo di elasticità del calcestruzzo                                   | $E_{cm}$ 33643 [MPa]                                             |
| Resistenza a snervamento dell'acciaio                                   | $f_{yk}$ 450 [MPa]                                               |
| Modulo di elasticità dell'acciaio                                       | $E_s$ 210000 [MPa]                                               |
| DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE                              |                                                                  |
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata           | $\sigma_s$ 88,24 [MPa]                                           |
| Asse neutro della sezione                                               | $x$ 299,6 [mm]                                                   |
| Tipo e durata dei carichi applicati                                     | Lunga                                                            |
| Coefficiente di omogeneizzazione                                        | $\alpha_e$ 6,24 [-]                                              |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa                     | $A_s$ 8495 [mm <sup>2</sup> ]                                    |
| Area efficace tesa di calcestruzzo                                      | $A_{c,eff.1}$ 343275 [mm <sup>2</sup> ]                          |
|                                                                         | $A_{c,eff.2}$ 663599 [mm <sup>2</sup> ]                          |
|                                                                         | $A_{c,eff.3}$ 1293500 [mm <sup>2</sup> ]                         |
|                                                                         | $A_{c,eff.min}$ 343275 [mm <sup>2</sup> ]                        |
| Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso       | $\rho_{p,eff}$ 0,02475 [-]                                       |
| Resistenza efficace media del calcestruzzo                              | $f_{ct,eff}$ 3,1 [MPa]                                           |
| Fattore di durata del carico                                            | $k_t$ 0,4 [-]                                                    |
| <b>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</b>            | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$ 0,000252 [-]             |
|                                                                         | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ 0,000145 [-]           |
|                                                                         | <b><math>[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]</math> 0,000252 [-]</b> |
| Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)          | $s$ 100 [mm]                                                     |
| Diametro equivalente delle barre                                        | $\phi_{eq}$ 26,00 [mm]                                           |
| Spaziatura massima di riferimento                                       | $s_{max,rif}$ 345 [mm]                                           |
| Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione             | $k_1$ 0,800 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_2$ 0,500 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_3$ 3,400 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_4$ 0,425 [-]                                                  |
| <b>Distanza massima tra le fessure</b>                                  | $s_{r,max.1}$ 369 [mm]                                           |
|                                                                         | $s_{r,max.2}$ 1301 [mm]                                          |
|                                                                         | <b><math>s_{r,max}</math> 369 [mm]</b>                           |
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$ 0,30 [mm]                                            |
| <b>Ampiezza delle fessure (di calcolo)</b>                              | <b><math>w_k</math> 0,09 [mm]</b>                                |

### 13.16 SEZIONE C-C - VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE SEMPLICE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{Sd} = 1.418,35 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 199    | 130    |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 84,95    | 6,9    |
| 2  | 84,95    | 123,1  |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>Ed</sub> 1418,35 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N  
Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo  
S.L.U. + S.L.U. - Metodo n

Tipo flessione  
Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>o</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C32/40

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  18,81 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  12,25 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,7333  
 $\tau_{c1}$  2,114

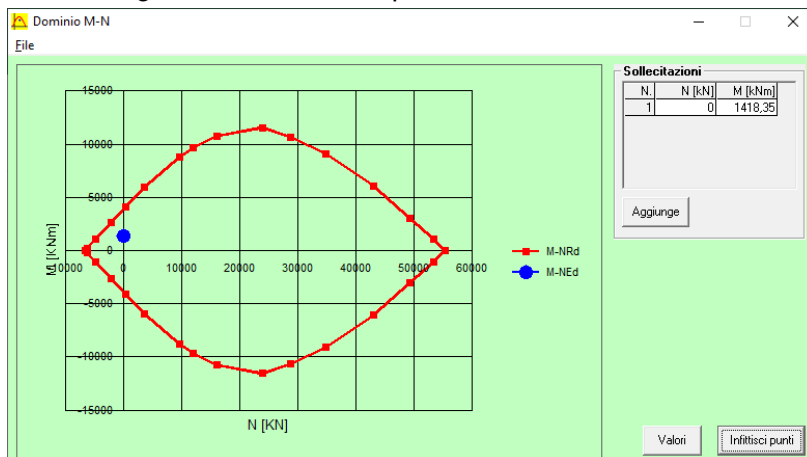
M<sub>xRd</sub> 3.949 kNm

$\sigma_c$  -18,81 N/mm²  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  49,84 ‰  
d 123,1 cm  
x 8,077 x/d 0,06561  
 $\delta$  0,7

Il momento resistente risulta pari a:

$$M_{Rd} = 3.949,00 \text{ kNm} > M_{Sd} = 1.418,35 \text{ kNm}$$

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 14 SPALLA A – VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI SUI PALI DI FONDAZIONE

### 14.1 AZIONI SOLLECITANTI DESUNTE DAL MODELLO DI CALCOLO

#### 14.1.1 ZATTERA SINISTRA

Nelle tabelle successive sono riepilogati i valori delle azioni sollecitanti (azione normale e taglio nelle due direzioni trasversali) valutati in corrispondenza delle molle elastiche mediante le quali sono stati modellati i pali di fondazione all'interno del modello di calcolo tridimensionale.

Per ciascun palo è stata determinata anche la risultante di taglio orizzontale, valutata come combinazione quadratica delle azioni taglianti valutate lungo le due direzioni orizzontali ortogonali.

#### Combinazioni allo Stato Limite di Esercizio – Quasi Permanenti

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V_{Sd}}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|----------------------|
| SP.A-SX-1 | SLE - Q.P.01 | Max | 115,47                 | 110,58                 | 2.161,53         | 159,88               |
| SP.A-SX-1 | SLE - Q.P.01 | Min | 115,47                 | 110,58                 | 2.161,53         | 159,88               |
| SP.A-SX-1 | SLE - Q.P.02 | Max | 117,55                 | 111,13                 | 2.168,16         | 161,77               |
| SP.A-SX-1 | SLE - Q.P.02 | Min | 117,55                 | 111,13                 | 2.168,16         | 161,77               |
| SP.A-SX-2 | SLE - Q.P.01 | Max | 122,30                 | 48,70                  | 1.265,12         | 131,64               |
| SP.A-SX-2 | SLE - Q.P.01 | Min | 122,30                 | 48,70                  | 1.265,12         | 131,64               |
| SP.A-SX-2 | SLE - Q.P.02 | Max | 124,48                 | 50,29                  | 1.268,92         | 134,25               |
| SP.A-SX-2 | SLE - Q.P.02 | Min | 124,48                 | 50,29                  | 1.268,92         | 134,25               |
| SP.A-SX-3 | SLE - Q.P.01 | Max | 103,83                 | 12,14                  | 339,65           | 104,53               |
| SP.A-SX-3 | SLE - Q.P.01 | Min | 103,83                 | 12,14                  | 339,65           | 104,53               |
| SP.A-SX-3 | SLE - Q.P.02 | Max | 105,61                 | 14,50                  | 340,10           | 106,60               |
| SP.A-SX-3 | SLE - Q.P.02 | Min | 105,61                 | 14,50                  | 340,10           | 106,60               |
| SP.A-SX-4 | SLE - Q.P.01 | Max | 21,14                  | -104,09                | 2.739,61         | 106,21               |
| SP.A-SX-4 | SLE - Q.P.01 | Min | 21,14                  | -104,09                | 2.739,61         | 106,21               |
| SP.A-SX-4 | SLE - Q.P.02 | Max | 22,07                  | -103,49                | 2.742,38         | 105,81               |
| SP.A-SX-4 | SLE - Q.P.02 | Min | 22,07                  | -103,49                | 2.742,38         | 105,81               |
| SP.A-SX-5 | SLE - Q.P.01 | Max | 10,47                  | -62,19                 | 1.437,00         | 63,07                |
| SP.A-SX-5 | SLE - Q.P.01 | Min | 10,47                  | -62,19                 | 1.437,00         | 63,07                |
| SP.A-SX-5 | SLE - Q.P.02 | Max | 11,46                  | -60,25                 | 1.434,50         | 61,33                |
| SP.A-SX-5 | SLE - Q.P.02 | Min | 11,46                  | -60,25                 | 1.434,50         | 61,33                |
| SP.A-SX-6 | SLE - Q.P.01 | Max | -53,80                 | -328,03                | 3.230,63         | 332,41               |
| SP.A-SX-6 | SLE - Q.P.01 | Min | -53,80                 | -328,03                | 3.230,63         | 332,41               |
| SP.A-SX-6 | SLE - Q.P.02 | Max | -54,40                 | -328,60                | 3.232,07         | 333,07               |
| SP.A-SX-6 | SLE - Q.P.02 | Min | -54,40                 | -328,60                | 3.232,07         | 333,07               |
| SP.A-SX-7 | SLE - Q.P.01 | Max | -68,04                 | -167,96                | 1.987,81         | 181,21               |
| SP.A-SX-7 | SLE - Q.P.01 | Min | -68,04                 | -167,96                | 1.987,81         | 181,21               |
| SP.A-SX-7 | SLE - Q.P.02 | Max | -68,36                 | -166,78                | 1.983,30         | 180,25               |
| SP.A-SX-7 | SLE - Q.P.02 | Min | -68,36                 | -166,78                | 1.983,30         | 180,25               |
| SP.A-SX-8 | SLE - Q.P.01 | Max | -44,05                 | -65,17                 | 709,82           | 78,66                |
| SP.A-SX-8 | SLE - Q.P.01 | Min | -44,05                 | -65,17                 | 709,82           | 78,66                |
| SP.A-SX-8 | SLE - Q.P.02 | Max | -43,93                 | -62,64                 | 701,68           | 76,51                |
| SP.A-SX-8 | SLE - Q.P.02 | Min | -43,93                 | -62,64                 | 701,68           | 76,51                |

## Combinazioni allo Stato Limite di Esercizio – Frequenti

| PALO      | COMBINAZIONE  |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|---------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-SX-1 | SLE - FREQ.01 | Max | 127,96                 | 122,89                 | 2.316,69         | 177,41             |
| SP.A-SX-1 | SLE - FREQ.01 | Min | 115,47                 | 110,58                 | 2.161,53         | 159,88             |
| SP.A-SX-1 | SLE - FREQ.02 | Max | 130,04                 | 123,43                 | 2.323,32         | 179,29             |
| SP.A-SX-1 | SLE - FREQ.02 | Min | 117,55                 | 111,13                 | 2.168,16         | 161,77             |
| SP.A-SX-1 | SLE - FREQ.03 | Max | 115,26                 | 110,53                 | 2.160,87         | 159,69             |
| SP.A-SX-1 | SLE - FREQ.03 | Min | 115,26                 | 110,53                 | 2.160,87         | 159,69             |
| SP.A-SX-1 | SLE - FREQ.04 | Max | 117,76                 | 111,18                 | 2.168,83         | 161,96             |
| SP.A-SX-1 | SLE - FREQ.04 | Min | 117,76                 | 111,18                 | 2.168,83         | 161,96             |
| SP.A-SX-2 | SLE - FREQ.01 | Max | 136,74                 | 54,33                  | 1.343,49         | 147,14             |
| SP.A-SX-2 | SLE - FREQ.01 | Min | 122,30                 | 48,70                  | 1.265,11         | 131,63             |
| SP.A-SX-2 | SLE - FREQ.02 | Max | 138,92                 | 55,92                  | 1.347,29         | 149,75             |
| SP.A-SX-2 | SLE - FREQ.02 | Min | 124,48                 | 50,28                  | 1.268,91         | 134,25             |
| SP.A-SX-2 | SLE - FREQ.03 | Max | 122,08                 | 48,55                  | 1.264,74         | 131,38             |
| SP.A-SX-2 | SLE - FREQ.03 | Min | 122,08                 | 48,55                  | 1.264,74         | 131,38             |
| SP.A-SX-2 | SLE - FREQ.04 | Max | 124,70                 | 50,45                  | 1.269,30         | 134,52             |
| SP.A-SX-2 | SLE - FREQ.04 | Min | 124,70                 | 50,45                  | 1.269,30         | 134,52             |
| SP.A-SX-3 | SLE - FREQ.01 | Max | 116,44                 | 13,91                  | 351,08           | 117,27             |
| SP.A-SX-3 | SLE - FREQ.01 | Min | 103,83                 | 10,41                  | 323,03           | 104,35             |
| SP.A-SX-3 | SLE - FREQ.02 | Max | 118,22                 | 16,27                  | 351,52           | 119,33             |
| SP.A-SX-3 | SLE - FREQ.02 | Min | 105,61                 | 12,78                  | 323,48           | 106,38             |
| SP.A-SX-3 | SLE - FREQ.03 | Max | 103,65                 | 11,90                  | 339,61           | 104,33             |
| SP.A-SX-3 | SLE - FREQ.03 | Min | 103,65                 | 11,90                  | 339,61           | 104,33             |
| SP.A-SX-3 | SLE - FREQ.04 | Max | 105,78                 | 14,74                  | 340,14           | 106,81             |
| SP.A-SX-3 | SLE - FREQ.04 | Min | 105,78                 | 14,74                  | 340,14           | 106,81             |
| SP.A-SX-4 | SLE - FREQ.01 | Max | 29,02                  | -104,09                | 2.939,01         | 108,06             |
| SP.A-SX-4 | SLE - FREQ.01 | Min | 21,14                  | -111,04                | 2.739,61         | 113,04             |
| SP.A-SX-4 | SLE - FREQ.02 | Max | 29,95                  | -103,49                | 2.941,77         | 107,73             |
| SP.A-SX-4 | SLE - FREQ.02 | Min | 22,07                  | -110,44                | 2.742,38         | 112,62             |
| SP.A-SX-4 | SLE - FREQ.03 | Max | 21,04                  | -104,15                | 2.739,33         | 106,26             |
| SP.A-SX-4 | SLE - FREQ.03 | Min | 21,04                  | -104,15                | 2.739,33         | 106,26             |
| SP.A-SX-4 | SLE - FREQ.04 | Max | 22,16                  | -103,43                | 2.742,65         | 105,77             |
| SP.A-SX-4 | SLE - FREQ.04 | Min | 22,16                  | -103,43                | 2.742,65         | 105,77             |
| SP.A-SX-5 | SLE - FREQ.01 | Max | 18,04                  | -62,19                 | 1.528,10         | 64,76              |
| SP.A-SX-5 | SLE - FREQ.01 | Min | 9,75                   | -67,07                 | 1.436,95         | 67,78              |
| SP.A-SX-5 | SLE - FREQ.02 | Max | 19,03                  | -60,25                 | 1.525,59         | 63,19              |
| SP.A-SX-5 | SLE - FREQ.02 | Min | 10,74                  | -65,13                 | 1.434,45         | 66,01              |
| SP.A-SX-5 | SLE - FREQ.03 | Max | 10,37                  | -62,39                 | 1.437,25         | 63,24              |
| SP.A-SX-5 | SLE - FREQ.03 | Min | 10,37                  | -62,39                 | 1.437,25         | 63,24              |
| SP.A-SX-5 | SLE - FREQ.04 | Max | 11,56                  | -60,06                 | 1.434,25         | 61,16              |
| SP.A-SX-5 | SLE - FREQ.04 | Min | 11,56                  | -60,06                 | 1.434,25         | 61,16              |
| SP.A-SX-6 | SLE - FREQ.01 | Max | -50,66                 | -328,03                | 3.469,72         | 331,92             |
| SP.A-SX-6 | SLE - FREQ.01 | Min | -56,09                 | -352,82                | 3.230,63         | 357,25             |
| SP.A-SX-6 | SLE - FREQ.02 | Max | -51,26                 | -328,60                | 3.471,16         | 332,57             |
| SP.A-SX-6 | SLE - FREQ.02 | Min | -56,69                 | -353,39                | 3.232,07         | 357,90             |
| SP.A-SX-6 | SLE - FREQ.03 | Max | -53,75                 | -327,97                | 3.230,48         | 332,35             |
| SP.A-SX-6 | SLE - FREQ.03 | Min | -53,75                 | -327,97                | 3.230,48         | 332,35             |
| SP.A-SX-6 | SLE - FREQ.04 | Max | -54,46                 | -328,66                | 3.232,22         | 333,14             |
| SP.A-SX-6 | SLE - FREQ.04 | Min | -54,46                 | -328,66                | 3.232,22         | 333,14             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE  |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|---------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-SX-7 | SLE - FREQ.01 | Max | -64,38                 | -167,96                | 2.125,20         | 179,87             |
| SP.A-SX-7 | SLE - FREQ.01 | Min | -71,05                 | -181,45                | 1.987,81         | 194,86             |
| SP.A-SX-7 | SLE - FREQ.02 | Max | -64,69                 | -166,78                | 2.120,69         | 178,89             |
| SP.A-SX-7 | SLE - FREQ.02 | Min | -71,36                 | -180,28                | 1.983,30         | 193,89             |
| SP.A-SX-7 | SLE - FREQ.03 | Max | -68,01                 | -168,07                | 1.988,26         | 181,31             |
| SP.A-SX-7 | SLE - FREQ.03 | Min | -68,01                 | -168,07                | 1.988,26         | 181,31             |
| SP.A-SX-7 | SLE - FREQ.04 | Max | -68,39                 | -166,67                | 1.982,85         | 180,15             |
| SP.A-SX-7 | SLE - FREQ.04 | Min | -68,39                 | -166,67                | 1.982,85         | 180,15             |
| SP.A-SX-8 | SLE - FREQ.01 | Max | -39,56                 | -65,17                 | 748,74           | 76,24              |
| SP.A-SX-8 | SLE - FREQ.01 | Min | -46,59                 | -71,24                 | 699,37           | 85,12              |
| SP.A-SX-8 | SLE - FREQ.02 | Max | -39,44                 | -62,64                 | 740,60           | 74,02              |
| SP.A-SX-8 | SLE - FREQ.02 | Min | -46,48                 | -68,71                 | 691,22           | 82,95              |
| SP.A-SX-8 | SLE - FREQ.03 | Max | -44,06                 | -65,42                 | 710,64           | 78,87              |
| SP.A-SX-8 | SLE - FREQ.03 | Min | -44,06                 | -65,42                 | 710,64           | 78,87              |
| SP.A-SX-8 | SLE - FREQ.04 | Max | -43,92                 | -62,39                 | 700,86           | 76,29              |
| SP.A-SX-8 | SLE - FREQ.04 | Min | -43,92                 | -62,39                 | 700,86           | 76,29              |

Combinazioni allo Stato Limite di Esercizio – Caratteristiche

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.01 | Max | 131,05                 | 136,34                 | 2.387,13         | 189,10             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.01 | Min | 114,40                 | 119,94                 | 2.180,25         | 165,74             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.02 | Max | 133,54                 | 136,99                 | 2.395,09         | 191,31             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.02 | Min | 116,90                 | 120,59                 | 2.188,21         | 167,95             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.03 | Max | 132,78                 | 117,52                 | 2.348,37         | 177,32             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.03 | Min | 116,13                 | 101,12                 | 2.141,48         | 153,99             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.04 | Max | 135,28                 | 118,18                 | 2.356,33         | 179,63             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.04 | Min | 118,63                 | 101,78                 | 2.149,44         | 156,30             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.05 | Max | 126,31                 | 138,51                 | 2.348,33         | 187,45             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.05 | Min | 113,82                 | 126,21                 | 2.193,16         | 169,95             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.06 | Max | 128,80                 | 139,16                 | 2.356,29         | 189,62             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.06 | Min | 116,32                 | 126,86                 | 2.201,12         | 172,12             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.07 | Max | 129,19                 | 107,15                 | 2.283,72         | 167,85             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.07 | Min | 116,71                 | 94,85                  | 2.128,56         | 150,39             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.08 | Max | 131,69                 | 107,81                 | 2.291,68         | 170,19             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.08 | Min | 119,21                 | 95,51                  | 2.136,52         | 152,75             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.09 | Max | 126,05                 | 132,02                 | 2.332,75         | 182,53             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.09 | Min | 113,57                 | 119,72                 | 2.177,59         | 165,01             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.10 | Max | 130,21                 | 133,11                 | 2.346,02         | 186,21             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.10 | Min | 117,73                 | 120,81                 | 2.190,86         | 168,68             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.11 | Max | 127,78                 | 113,21                 | 2.293,99         | 170,72             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.11 | Min | 115,30                 | 100,90                 | 2.138,83         | 153,22             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.12 | Max | 131,95                 | 114,30                 | 2.307,26         | 174,57             |
| SP.A-SX-1 | SLE - CAR.12 | Min | 119,46                 | 102,00                 | 2.152,10         | 157,08             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.01 | Max | 139,37                 | 64,34                  | 1.391,99         | 153,50             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.01 | Min | 120,11                 | 56,83                  | 1.287,49         | 132,88             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.02 | Max | 141,99                 | 66,24                  | 1.396,55         | 156,68             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.02 | Min | 122,73                 | 58,73                  | 1.292,04         | 136,06             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.03 | Max | 143,30                 | 47,76                  | 1.346,48         | 151,05             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.03 | Min | 124,04                 | 40,25                  | 1.241,97         | 130,41             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.04 | Max | 145,92                 | 49,66                  | 1.351,03         | 154,14             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.04 | Min | 126,67                 | 42,15                  | 1.246,53         | 133,49             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.05 | Max | 133,24                 | 68,00                  | 1.381,04         | 149,59             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.05 | Min | 118,80                 | 62,36                  | 1.302,66         | 134,17             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.06 | Max | 135,86                 | 69,90                  | 1.385,60         | 152,78             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.06 | Min | 121,42                 | 64,26                  | 1.307,22         | 137,38             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.07 | Max | 139,80                 | 40,36                  | 1.305,18         | 145,51             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.07 | Min | 125,36                 | 34,72                  | 1.226,80         | 130,07             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.08 | Max | 142,42                 | 42,26                  | 1.309,74         | 148,56             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.08 | Min | 127,98                 | 36,62                  | 1.231,36         | 133,11             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.09 | Max | 133,68                 | 61,83                  | 1.364,35         | 147,29             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.09 | Min | 119,24                 | 56,20                  | 1.285,97         | 131,82             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.10 | Max | 138,05                 | 65,00                  | 1.371,95         | 152,58             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.10 | Min | 123,60                 | 59,37                  | 1.293,57         | 137,12             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.11 | Max | 137,61                 | 45,25                  | 1.318,83         | 144,86             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.11 | Min | 123,17                 | 39,62                  | 1.240,45         | 129,38             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.12 | Max | 141,98                 | 48,42                  | 1.326,43         | 150,01             |
| SP.A-SX-2 | SLE - CAR.12 | Min | 127,54                 | 42,78                  | 1.248,05         | 134,52             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.01 | Max | 118,17                 | 20,99                  | 375,73           | 120,02             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.01 | Min | 101,35                 | 16,33                  | 338,33           | 102,65             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.02 | Max | 120,30                 | 23,83                  | 376,27           | 122,64             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.02 | Min | 103,48                 | 19,17                  | 338,87           | 105,24             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.03 | Max | 122,77                 | 7,53                   | 333,96           | 123,00             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.03 | Min | 105,95                 | 2,87                   | 296,56           | 105,98             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.04 | Max | 124,90                 | 10,37                  | 334,49           | 125,33             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.04 | Min | 108,08                 | 5,71                   | 297,10           | 108,23             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.05 | Max | 112,43                 | 24,89                  | 385,85           | 115,15             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.05 | Min | 99,81                  | 21,39                  | 357,80           | 102,08             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.06 | Max | 114,57                 | 27,73                  | 386,38           | 117,87             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.06 | Min | 101,95                 | 24,23                  | 358,33           | 104,79             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.07 | Max | 120,09                 | 2,46                   | 316,23           | 120,12             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.07 | Min | 107,48                 | -1,04                  | 288,18           | 107,48             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.08 | Max | 122,23                 | 5,30                   | 316,76           | 122,34             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.08 | Min | 109,62                 | 1,80                   | 288,71           | 109,63             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.09 | Max | 113,25                 | 19,46                  | 371,74           | 114,91             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.09 | Min | 100,64                 | 15,96                  | 343,69           | 101,89             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.10 | Max | 116,81                 | 24,19                  | 372,64           | 119,29             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.10 | Min | 104,20                 | 20,69                  | 344,59           | 106,23             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.11 | Max | 117,85                 | 6,00                   | 329,97           | 118,00             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.11 | Min | 105,23                 | 2,50                   | 301,92           | 105,26             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.12 | Max | 121,41                 | 10,73                  | 330,86           | 121,88             |
| SP.A-SX-3 | SLE - CAR.12 | Min | 108,80                 | 7,23                   | 302,82           | 109,04             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.01 | Max | 31,60                  | -97,37                 | 3.002,78         | 102,37             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.01 | Min | 21,10                  | -106,64                | 2.736,92         | 108,71             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.02 | Max | 32,72                  | -96,65                 | 3.006,10         | 102,03             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.02 | Min | 22,21                  | -105,92                | 2.740,24         | 108,22             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.03 | Max | 31,50                  | -110,93                | 3.007,61         | 115,32             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.03 | Min | 20,99                  | -120,20                | 2.741,75         | 122,02             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.04 | Max | 32,61                  | -110,21                | 3.010,93         | 114,93             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.04 | Min | 22,10                  | -119,48                | 2.745,07         | 121,51             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.05 | Max | 29,01                  | -92,85                 | 2.934,70         | 97,27              |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.05 | Min | 21,13                  | -99,80                 | 2.735,31         | 102,01             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.06 | Max | 30,13                  | -92,12                 | 2.938,02         | 96,93              |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.06 | Min | 22,25                  | -99,08                 | 2.738,63         | 101,54             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.07 | Max | 28,83                  | -115,45                | 2.942,75         | 119,00             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.07 | Min | 20,95                  | -122,41                | 2.743,36         | 124,19             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.08 | Max | 29,95                  | -114,73                | 2.946,07         | 118,57             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.08 | Min | 22,07                  | -121,68                | 2.746,68         | 123,67             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.09 | Max | 28,61                  | -97,61                 | 2.935,21         | 101,72             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.09 | Min | 20,73                  | -104,56                | 2.735,81         | 106,60             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.10 | Max | 30,46                  | -96,40                 | 2.940,74         | 101,10             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.10 | Min | 22,58                  | -103,36                | 2.741,35         | 105,80             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.11 | Max | 28,50                  | -111,17                | 2.940,04         | 114,77             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.11 | Min | 20,62                  | -118,13                | 2.740,64         | 119,91             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.12 | Max | 30,36                  | -109,97                | 2.945,57         | 114,08             |
| SP.A-SX-4 | SLE - CAR.12 | Min | 22,48                  | -116,92                | 2.746,17         | 119,06             |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.01 | Max | 20,24                  | -56,47                 | 1.560,45         | 59,98              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.01 | Min | 9,19                   | -62,98                 | 1.438,93         | 63,64              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.02 | Max | 21,43                  | -54,14                 | 1.557,44         | 58,22              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.02 | Min | 10,38                  | -60,65                 | 1.435,92         | 61,53              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.03 | Max | 20,69                  | -68,31                 | 1.556,97         | 71,37              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.03 | Min | 9,65                   | -74,81                 | 1.435,45         | 75,43              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.04 | Max | 21,88                  | -65,98                 | 1.553,97         | 69,51              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.04 | Min | 10,83                  | -72,48                 | 1.432,44         | 73,29              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.05 | Max | 17,56                  | -52,52                 | 1.531,25         | 55,38              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.05 | Min | 9,28                   | -57,40                 | 1.440,10         | 58,15              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.06 | Max | 18,75                  | -50,19                 | 1.528,24         | 53,58              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.06 | Min | 10,46                  | -55,07                 | 1.437,10         | 56,06              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.07 | Max | 18,32                  | -72,25                 | 1.525,45         | 74,54              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.07 | Min | 10,03                  | -77,13                 | 1.434,31         | 77,78              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.08 | Max | 19,51                  | -69,92                 | 1.522,44         | 72,59              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.08 | Min | 11,22                  | -74,80                 | 1.431,30         | 75,64              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.09 | Max | 17,32                  | -57,24                 | 1.531,09         | 59,81              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.09 | Min | 9,03                   | -62,13                 | 1.439,95         | 62,78              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.10 | Max | 19,30                  | -53,36                 | 1.526,08         | 56,74              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.10 | Min | 11,01                  | -58,24                 | 1.434,93         | 59,27              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.11 | Max | 17,77                  | -69,08                 | 1.527,61         | 71,33              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.11 | Min | 9,49                   | -73,96                 | 1.436,47         | 74,57              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.12 | Max | 19,75                  | -65,20                 | 1.522,60         | 68,12              |
| SP.A-SX-5 | SLE - CAR.12 | Min | 11,47                  | -70,08                 | 1.431,46         | 71,01              |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.01 | Max | -48,59                 | -320,60                | 3.515,29         | 324,27             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.01 | Min | -55,83                 | -353,65                | 3.196,51         | 358,03             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.02 | Max | -49,31                 | -321,29                | 3.517,03         | 325,05             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.02 | Min | -56,55                 | -354,34                | 3.198,24         | 358,82             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.03 | Max | -50,52                 | -335,34                | 3.583,24         | 339,13             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.03 | Min | -57,76                 | -368,39                | 3.264,45         | 372,89             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.04 | Max | -51,24                 | -336,03                | 3.584,97         | 339,91             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.04 | Min | -58,48                 | -369,07                | 3.266,19         | 373,68             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.05 | Max | -49,00                 | -315,69                | 3.412,95         | 319,47             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.05 | Min | -54,43                 | -340,48                | 3.173,86         | 344,80             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.06 | Max | -49,72                 | -316,38                | 3.414,68         | 320,26             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.06 | Min | -55,14                 | -341,16                | 3.175,59         | 345,59             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.07 | Max | -52,21                 | -340,26                | 3.526,19         | 344,24             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.07 | Min | -57,64                 | -365,04                | 3.287,10         | 369,56             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.08 | Max | -52,93                 | -340,94                | 3.527,92         | 345,02             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.08 | Min | -58,36                 | -365,73                | 3.288,83         | 370,35             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.09 | Max | -49,40                 | -320,38                | 3.435,02         | 324,16             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.09 | Min | -54,83                 | -345,16                | 3.195,93         | 349,49             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.10 | Max | -50,60                 | -321,52                | 3.437,91         | 325,47             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.10 | Min | -56,03                 | -346,30                | 3.198,82         | 350,80             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.11 | Max | -51,33                 | -335,11                | 3.502,96         | 339,02             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.11 | Min | -56,76                 | -359,90                | 3.263,87         | 364,35             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.12 | Max | -52,52                 | -336,25                | 3.505,85         | 340,33             |
| SP.A-SX-6 | SLE - CAR.12 | Min | -57,95                 | -361,04                | 3.266,77         | 365,66             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.01 | Max | -61,26                 | -162,29                | 2.142,48         | 173,46             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.01 | Min | -70,16                 | -180,28                | 1.959,30         | 193,45             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.02 | Max | -61,63                 | -160,88                | 2.137,07         | 172,28             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.02 | Min | -70,54                 | -178,87                | 1.953,89         | 192,28             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.03 | Max | -64,99                 | -173,86                | 2.200,41         | 185,61             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.03 | Min | -73,89                 | -191,85                | 2.017,23         | 205,58             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.04 | Max | -65,36                 | -172,45                | 2.195,00         | 184,42             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.04 | Min | -74,26                 | -190,44                | 2.011,82         | 204,41             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.05 | Max | -61,24                 | -158,43                | 2.077,37         | 169,86             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.05 | Min | -67,92                 | -171,92                | 1.939,99         | 184,85             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.06 | Max | -61,62                 | -157,03                | 2.071,96         | 168,68             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.06 | Min | -68,29                 | -170,52                | 1.934,58         | 183,68             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.07 | Max | -67,45                 | -177,71                | 2.173,92         | 190,08             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.07 | Min | -74,13                 | -191,20                | 2.036,54         | 205,07             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.08 | Max | -67,83                 | -176,31                | 2.168,51         | 188,90             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.08 | Min | -74,50                 | -189,80                | 2.031,13         | 203,90             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.09 | Max | -62,36                 | -162,76                | 2.098,49         | 174,29             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.09 | Min | -69,03                 | -176,25                | 1.961,10         | 189,28             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.10 | Max | -62,98                 | -160,41                | 2.089,47         | 172,33             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.10 | Min | -69,66                 | -173,91                | 1.952,08         | 187,34             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.11 | Max | -66,08                 | -174,32                | 2.156,42         | 186,43             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.11 | Min | -72,76                 | -187,82                | 2.019,03         | 201,42             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.12 | Max | -66,71                 | -171,98                | 2.147,40         | 184,47             |
| SP.A-SX-7 | SLE - CAR.12 | Min | -73,38                 | -185,47                | 2.010,01         | 199,46             |

## VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.01 | Max | -35,81                 | -61,40                 | 743,92           | 71,08              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.01 | Min | -45,19                 | -69,49                 | 678,09           | 82,89              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.02 | Max | -35,67                 | -58,36                 | 734,15           | 68,40              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.02 | Min | -45,05                 | -66,46                 | 668,32           | 80,29              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.03 | Max | -40,34                 | -69,44                 | 781,14           | 80,31              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.03 | Min | -49,72                 | -77,53                 | 715,31           | 92,11              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.04 | Max | -40,20                 | -66,41                 | 771,37           | 77,63              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.04 | Min | -49,58                 | -74,50                 | 705,53           | 89,49              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.05 | Max | -35,79                 | -58,72                 | 718,55           | 68,77              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.05 | Min | -42,83                 | -64,79                 | 669,17           | 77,66              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.06 | Max | -35,65                 | -55,68                 | 708,77           | 66,12              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.06 | Min | -42,69                 | -61,75                 | 659,40           | 75,07              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.07 | Max | -43,35                 | -72,12                 | 780,57           | 84,15              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.07 | Min | -50,38                 | -78,19                 | 731,20           | 93,02              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.08 | Max | -43,21                 | -69,09                 | 770,80           | 81,49              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.08 | Min | -50,25                 | -75,16                 | 721,42           | 90,40              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.09 | Max | -37,35                 | -62,41                 | 734,21           | 72,74              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.09 | Min | -44,39                 | -68,48                 | 684,83           | 81,61              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.10 | Max | -37,12                 | -57,35                 | 717,92           | 68,31              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.10 | Min | -44,15                 | -63,42                 | 668,54           | 77,28              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.11 | Max | -41,88                 | -70,46                 | 771,42           | 81,96              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.11 | Min | -48,92                 | -76,52                 | 722,05           | 90,82              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.12 | Max | -41,65                 | -65,39                 | 755,14           | 77,53              |
| SP.A-SX-8 | SLE - CAR.12 | Min | -48,69                 | -71,46                 | 705,76           | 86,47              |

### Combinazioni allo Stato Limite Ultimo – STR

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.01 | Max | 178,77                 | 187,30                 | 3.247,44         | 258,92             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.01 | Min | 156,30                 | 165,16                 | 2.968,15         | 227,39             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.02 | Max | 181,77                 | 188,09                 | 3.256,99         | 261,56             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.02 | Min | 159,29                 | 165,94                 | 2.977,70         | 230,02             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.03 | Max | 181,37                 | 159,08                 | 3.189,30         | 241,25             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.03 | Min | 158,89                 | 136,94                 | 2.910,01         | 209,76             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.04 | Max | 184,36                 | 159,87                 | 3.198,85         | 244,02             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.04 | Min | 161,89                 | 137,72                 | 2.919,56         | 212,55             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.05 | Max | 172,28                 | 191,17                 | 3.197,00         | 257,35             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.05 | Min | 155,43                 | 174,56                 | 2.987,53         | 233,73             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.06 | Max | 175,27                 | 191,86                 | 3.205,90         | 259,86             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.06 | Min | 158,41                 | 175,25                 | 2.996,43         | 236,24             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.07 | Max | 176,61                 | 144,14                 | 3.100,10         | 227,96             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.07 | Min | 159,76                 | 127,53                 | 2.890,63         | 204,42             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.08 | Max | 179,61                 | 144,92                 | 3.109,65         | 230,79             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.08 | Min | 162,76                 | 128,32                 | 2.900,18         | 207,25             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.09 | Max | 172,15                 | 181,50                 | 3.174,44         | 250,16             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.09 | Min | 155,30                 | 164,89                 | 2.964,97         | 226,51             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.10 | Max | 177,15                 | 182,81                 | 3.190,35         | 254,56             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.10 | Min | 160,29                 | 166,20                 | 2.980,89         | 230,90             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.11 | Max | 174,75                 | 153,28                 | 3.116,29         | 232,45             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.11 | Min | 157,89                 | 136,67                 | 2.906,83         | 208,83             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.12 | Max | 179,74                 | 154,59                 | 3.132,21         | 237,08             |
| SP.A-SX-1 | SLU - STR.12 | Min | 162,89                 | 137,99                 | 2.922,75         | 213,48             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.01 | Max | 190,12                 | 88,98                  | 1.892,68         | 209,91             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.01 | Min | 164,13                 | 78,84                  | 1.751,60         | 182,08             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.02 | Max | 193,27                 | 91,26                  | 1.898,15         | 213,73             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.02 | Min | 167,27                 | 81,12                  | 1.757,07         | 185,90             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.03 | Max | 196,03                 | 64,10                  | 1.824,41         | 206,24             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.03 | Min | 170,03                 | 53,96                  | 1.683,32         | 178,39             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.04 | Max | 199,17                 | 66,38                  | 1.829,88         | 209,94             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.04 | Min | 173,17                 | 56,24                  | 1.688,79         | 182,08             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.05 | Max | 181,66                 | 94,74                  | 1.880,17         | 204,88             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.05 | Min | 162,16                 | 87,13                  | 1.774,36         | 184,08             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.06 | Max | 184,79                 | 96,97                  | 1.885,28         | 208,69             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.06 | Min | 165,29                 | 89,37                  | 1.779,46         | 187,90             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.07 | Max | 191,49                 | 53,28                  | 1.766,38         | 198,77             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.07 | Min | 172,00                 | 45,67                  | 1.660,57         | 177,96             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.08 | Max | 194,64                 | 55,56                  | 1.771,85         | 202,41             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.08 | Min | 175,14                 | 47,95                  | 1.666,04         | 181,59             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.09 | Max | 182,58                 | 85,69                  | 1.855,59         | 201,68             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.09 | Min | 163,08                 | 78,08                  | 1.749,78         | 180,81             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.10 | Max | 187,82                 | 89,49                  | 1.864,71         | 208,05             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.10 | Min | 168,32                 | 81,88                  | 1.758,89         | 187,18             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.11 | Max | 188,48                 | 60,81                  | 1.787,32         | 198,04             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.11 | Min | 168,98                 | 53,20                  | 1.681,50         | 177,16             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.12 | Max | 193,72                 | 64,61                  | 1.796,43         | 204,21             |
| SP.A-SX-2 | SLU - STR.12 | Min | 174,22                 | 57,00                  | 1.690,62         | 183,31             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.01 | Max | 161,15                 | 29,44                  | 509,03           | 163,82             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.01 | Min | 138,45                 | 23,15                  | 458,54           | 140,37             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.02 | Max | 163,72                 | 32,85                  | 509,67           | 166,98             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.02 | Min | 141,01                 | 26,56                  | 459,19           | 143,49             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.03 | Max | 168,05                 | 9,26                   | 446,37           | 168,30             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.03 | Min | 145,34                 | 2,96                   | 395,89           | 145,37             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.04 | Max | 170,61                 | 12,67                  | 447,01           | 171,08             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.04 | Min | 147,91                 | 6,37                   | 396,53           | 148,05             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.05 | Max | 153,18                 | 35,38                  | 524,77           | 157,21             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.05 | Min | 136,15                 | 30,65                  | 486,91           | 139,55             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.06 | Max | 155,73                 | 38,78                  | 525,34           | 160,48             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.06 | Min | 138,70                 | 34,06                  | 487,48           | 142,82             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.07 | Max | 164,67                 | 1,73                   | 420,35           | 164,68             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.07 | Min | 147,64                 | -2,99                  | 382,48           | 147,67             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.08 | Max | 167,24                 | 5,14                   | 420,99           | 167,31             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.08 | Min | 150,21                 | 0,42                   | 383,12           | 150,21             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.09 | Max | 154,62                 | 27,51                  | 503,67           | 157,05             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.09 | Min | 137,59                 | 22,79                  | 465,81           | 139,47             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.10 | Max | 158,89                 | 33,19                  | 504,74           | 162,32             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.10 | Min | 141,87                 | 28,47                  | 466,88           | 144,69             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.11 | Max | 161,52                 | 7,33                   | 441,02           | 161,68             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.11 | Min | 144,49                 | 2,61                   | 403,15           | 144,51             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.12 | Max | 165,79                 | 13,00                  | 442,09           | 166,30             |
| SP.A-SX-3 | SLU - STR.12 | Min | 148,76                 | 8,28                   | 404,22           | 148,99             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.01 | Max | 43,86                  | -131,16                | 4.079,72         | 138,30             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.01 | Min | 29,68                  | -143,67                | 3.720,81         | 146,71             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.02 | Max | 45,20                  | -130,29                | 4.083,71         | 137,91             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.02 | Min | 31,01                  | -142,80                | 3.724,80         | 146,13             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.03 | Max | 43,70                  | -151,50                | 4.086,97         | 157,68             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.03 | Min | 29,52                  | -164,02                | 3.728,06         | 166,65             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.04 | Max | 45,04                  | -150,64                | 4.090,95         | 157,22             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.04 | Min | 30,85                  | -163,15                | 3.732,04         | 166,04             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.05 | Max | 40,37                  | -124,38                | 3.987,58         | 130,76             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.05 | Min | 29,73                  | -133,76                | 3.718,40         | 137,03             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.06 | Max | 41,69                  | -123,51                | 3.990,73         | 130,36             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.06 | Min | 31,06                  | -132,90                | 3.721,55         | 136,48             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.07 | Max | 40,10                  | -158,29                | 3.999,65         | 163,29             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.07 | Min | 29,46                  | -167,67                | 3.730,47         | 170,24             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.08 | Max | 41,44                  | -157,42                | 4.003,64         | 162,78             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.08 | Min | 30,80                  | -166,80                | 3.734,45         | 169,62             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.09 | Max | 39,87                  | -131,45                | 3.988,67         | 137,36             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.09 | Min | 29,23                  | -140,83                | 3.719,48         | 143,83             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.10 | Max | 42,10                  | -130,00                | 3.995,31         | 136,65             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.10 | Min | 31,46                  | -139,39                | 3.726,12         | 142,89             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.11 | Max | 39,71                  | -151,79                | 3.995,91         | 156,90             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.11 | Min | 29,07                  | -161,18                | 3.726,73         | 163,78             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.12 | Max | 41,94                  | -150,35                | 4.002,55         | 156,09             |
| SP.A-SX-4 | SLU - STR.12 | Min | 31,30                  | -159,73                | 3.733,37         | 162,77             |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.01 | Max | 28,39                  | -75,79                 | 2.116,43         | 80,94              |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.01 | Min | 13,48                  | -84,58                 | 1.952,37         | 85,65              |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.02 | Max | 29,82                  | -73,00                 | 2.112,82         | 78,85              |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.02 | Min | 14,91                  | -81,78                 | 1.948,76         | 83,13              |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.03 | Max | 29,08                  | -93,55                 | 2.111,21         | 97,96              |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.03 | Min | 14,16                  | -102,34                | 1.947,15         | 103,31             |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.04 | Max | 30,50                  | -90,75                 | 2.107,60         | 95,74              |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.04 | Min | 15,59                  | -99,54                 | 1.943,54         | 100,75             |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.05 | Max | 24,76                  | -69,88                 | 2.077,18         | 74,13              |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.05 | Min | 13,57                  | -76,46                 | 1.954,13         | 77,66              |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.06 | Max | 26,18                  | -67,07                 | 2.073,11         | 71,99              |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.06 | Min | 14,99                  | -73,65                 | 1.950,07         | 75,16              |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.07 | Max | 25,90                  | -99,47                 | 2.068,48         | 102,78             |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.07 | Min | 14,71                  | -106,06                | 1.945,44         | 107,07             |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.08 | Max | 27,32                  | -96,67                 | 2.064,87         | 100,46             |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.08 | Min | 16,14                  | -103,26                | 1.941,83         | 104,51             |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.09 | Max | 24,51                  | -76,73                 | 2.076,64         | 80,55              |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.09 | Min | 13,32                  | -83,32                 | 1.953,60         | 84,37              |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.10 | Max | 26,89                  | -72,07                 | 2.070,62         | 76,92              |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.10 | Min | 15,70                  | -78,66                 | 1.947,58         | 80,21              |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.11 | Max | 25,19                  | -94,48                 | 2.071,42         | 97,78              |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.11 | Min | 14,01                  | -101,07                | 1.948,38         | 102,04             |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.12 | Max | 27,57                  | -89,82                 | 2.065,41         | 93,96              |
| SP.A-SX-5 | SLU - STR.12 | Min | 16,38                  | -96,41                 | 1.942,36         | 97,79              |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.01 | Max | -65,19                 | -434,93                | 4.772,84         | 439,78             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.01 | Min | -74,96                 | -479,54                | 4.342,48         | 485,37             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.02 | Max | -66,05                 | -435,75                | 4.774,92         | 440,72             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.02 | Min | -75,83                 | -480,36                | 4.344,56         | 486,31             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.03 | Max | -68,08                 | -457,03                | 4.874,75         | 462,08             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.03 | Min | -77,86                 | -501,65                | 4.444,39         | 507,65             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.04 | Max | -68,95                 | -457,85                | 4.876,83         | 463,01             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.04 | Min | -78,72                 | -502,47                | 4.446,48         | 508,60             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.05 | Max | -65,64                 | -427,56                | 4.631,27         | 432,57             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.05 | Min | -72,97                 | -461,02                | 4.308,50         | 466,76             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.06 | Max | -66,53                 | -428,32                | 4.632,42         | 433,46             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.06 | Min | -73,85                 | -461,79                | 4.309,65         | 467,65             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.07 | Max | -70,46                 | -464,40                | 4.801,13         | 469,72             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.07 | Min | -77,79                 | -497,86                | 4.478,36         | 503,90             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.08 | Max | -71,32                 | -465,22                | 4.803,21         | 470,66             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.08 | Min | -78,65                 | -498,68                | 4.480,44         | 504,85             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.09 | Max | -66,32                 | -434,65                | 4.664,55         | 439,68             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.09 | Min | -73,65                 | -468,11                | 4.341,78         | 473,87             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.10 | Max | -67,76                 | -436,02                | 4.668,02         | 441,25             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.10 | Min | -75,09                 | -469,48                | 4.345,25         | 475,45             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.11 | Max | -69,21                 | -456,76                | 4.766,47         | 461,97             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.11 | Min | -76,54                 | -490,22                | 4.443,70         | 496,16             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.12 | Max | -70,65                 | -458,13                | 4.769,94         | 463,54             |
| SP.A-SX-6 | SLU - STR.12 | Min | -77,98                 | -491,59                | 4.447,17         | 497,73             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.01 | Max | -82,12                 | -219,76                | 2.904,43         | 234,60             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.01 | Min | -94,14                 | -244,05                | 2.657,14         | 261,57             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.02 | Max | -82,57                 | -218,08                | 2.897,94         | 233,18             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.02 | Min | -94,59                 | -242,36                | 2.650,65         | 260,16             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.03 | Max | -87,71                 | -237,12                | 2.991,33         | 252,82             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.03 | Min | -99,73                 | -261,40                | 2.744,03         | 279,78             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.04 | Max | -88,16                 | -235,43                | 2.984,83         | 251,39             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.04 | Min | -100,18                | -259,72                | 2.737,54         | 278,36             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.05 | Max | -81,91                 | -213,98                | 2.813,64         | 229,12             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.05 | Min | -90,92                 | -232,19                | 2.628,18         | 249,36             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.06 | Max | -82,37                 | -212,25                | 2.806,55         | 227,67             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.06 | Min | -91,38                 | -230,47                | 2.621,08         | 247,92             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.07 | Max | -91,22                 | -242,90                | 2.958,47         | 259,47             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.07 | Min | -100,24                | -261,11                | 2.773,00         | 279,69             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.08 | Max | -91,67                 | -241,21                | 2.951,97         | 258,05             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.08 | Min | -100,69                | -259,43                | 2.766,51         | 278,28             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.09 | Max | -83,62                 | -220,33                | 2.844,77         | 235,66             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.09 | Min | -92,63                 | -238,54                | 2.659,30         | 255,89             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.10 | Max | -84,37                 | -217,52                | 2.833,95         | 233,30             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.10 | Min | -93,38                 | -235,73                | 2.648,48         | 253,55             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.11 | Max | -89,21                 | -237,68                | 2.931,67         | 253,87             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.11 | Min | -98,22                 | -255,89                | 2.746,20         | 274,10             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.12 | Max | -89,96                 | -234,87                | 2.920,85         | 251,51             |
| SP.A-SX-7 | SLU - STR.12 | Min | -98,97                 | -253,08                | 2.735,38         | 271,75             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.01 | Max | -47,51                 | -82,71                 | 1.002,83         | 95,39              |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.01 | Min | -60,18                 | -93,63                 | 913,95           | 111,30             |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.02 | Max | -47,35                 | -79,07                 | 991,10           | 92,16              |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.02 | Min | -60,01                 | -89,99                 | 902,23           | 108,16             |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.03 | Max | -54,31                 | -94,78                 | 1.058,66         | 109,24             |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.03 | Min | -66,98                 | -105,70                | 969,78           | 125,13             |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.04 | Max | -54,15                 | -91,13                 | 1.046,93         | 106,00             |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.04 | Min | -66,81                 | -102,05                | 958,05           | 121,98             |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.05 | Max | -47,27                 | -78,69                 | 966,71           | 91,79              |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.05 | Min | -56,77                 | -86,88                 | 900,05           | 103,78             |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.06 | Max | -47,11                 | -75,01                 | 954,75           | 88,57              |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.06 | Min | -56,61                 | -83,20                 | 888,09           | 100,63             |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.07 | Max | -58,60                 | -98,80                 | 1.059,75         | 114,87             |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.07 | Min | -68,10                 | -106,99                | 993,10           | 126,82             |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.08 | Max | -58,43                 | -95,15                 | 1.048,02         | 111,66             |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.08 | Min | -67,93                 | -103,35                | 981,37           | 123,67             |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.09 | Max | -49,59                 | -83,93                 | 989,23           | 97,48              |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.09 | Min | -59,09                 | -92,12                 | 922,57           | 109,44             |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.10 | Max | -49,31                 | -77,85                 | 969,68           | 92,15              |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.10 | Min | -58,81                 | -86,05                 | 903,02           | 104,22             |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.11 | Max | -56,39                 | -95,99                 | 1.045,05         | 111,33             |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.11 | Min | -65,89                 | -104,18                | 978,39           | 123,27             |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.12 | Max | -56,11                 | -89,92                 | 1.025,51         | 105,99             |
| SP.A-SX-8 | SLU - STR.12 | Min | -65,61                 | -98,11                 | 958,85           | 118,03             |

Combinazioni allo Stato limite di Salvaguardia della Vita

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-SX-1 | SLV - X - 01 | Max | 303,50                 | 236,27                 | 2.853,71         | 384,62             |
| SP.A-SX-1 | SLV - X - 01 | Min | -16,53                 | 19,97                  | 1.713,90         | 25,92              |
| SP.A-SX-1 | SLV - X - 02 | Max | 308,33                 | 237,52                 | 2.869,02         | 389,21             |
| SP.A-SX-1 | SLV - X - 02 | Min | -11,70                 | 21,22                  | 1.729,21         | 24,23              |
| SP.A-SX-1 | SLV - Y - 01 | Max | 228,58                 | 348,52                 | 2.769,52         | 416,79             |
| SP.A-SX-1 | SLV - Y - 01 | Min | 58,40                  | -92,28                 | 1.798,10         | 109,21             |
| SP.A-SX-1 | SLV - Y - 02 | Max | 233,41                 | 349,77                 | 2.784,83         | 420,49             |
| SP.A-SX-1 | SLV - Y - 02 | Min | 63,23                  | -91,03                 | 1.813,41         | 110,84             |
| SP.A-SX-2 | SLV - X - 01 | Max | 346,57                 | 99,46                  | 1.401,74         | 360,56             |
| SP.A-SX-2 | SLV - X - 01 | Min | -31,32                 | -6,61                  | 1.110,67         | 32,01              |
| SP.A-SX-2 | SLV - X - 02 | Max | 351,64                 | 103,15                 | 1.410,55         | 366,45             |
| SP.A-SX-2 | SLV - X - 02 | Min | -26,25                 | -2,93                  | 1.119,48         | 26,41              |
| SP.A-SX-2 | SLV - Y - 01 | Max | 267,71                 | 202,40                 | 1.643,29         | 335,61             |
| SP.A-SX-2 | SLV - Y - 01 | Min | 47,54                  | -109,55                | 869,12           | 119,42             |
| SP.A-SX-2 | SLV - Y - 02 | Max | 272,78                 | 206,09                 | 1.652,10         | 341,88             |
| SP.A-SX-2 | SLV - Y - 02 | Min | 52,61                  | -105,87                | 877,93           | 118,22             |
| SP.A-SX-3 | SLV - X - 01 | Max | 306,54                 | 59,65                  | 691,24           | 312,29             |
| SP.A-SX-3 | SLV - X - 01 | Min | -33,94                 | -76,38                 | -250,96          | 83,58              |
| SP.A-SX-3 | SLV - X - 02 | Max | 310,67                 | 65,17                  | 692,33           | 317,43             |
| SP.A-SX-3 | SLV - X - 02 | Min | -29,81                 | -70,85                 | -249,86          | 76,86              |
| SP.A-SX-3 | SLV - Y - 01 | Max | 241,60                 | 103,27                 | 661,91           | 262,74             |
| SP.A-SX-3 | SLV - Y - 01 | Min | 31,00                  | -120,00                | -221,64          | 123,94             |
| SP.A-SX-3 | SLV - Y - 02 | Max | 245,73                 | 108,80                 | 663,01           | 268,74             |
| SP.A-SX-3 | SLV - Y - 02 | Min | 35,13                  | -114,47                | -220,54          | 119,74             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-SX-4 | SLV - X - 01 | Max | 172,49                 | -34,55                 | 3.171,10         | 175,92             |
| SP.A-SX-4 | SLV - X - 01 | Min | -71,68                 | -169,14                | 2.472,51         | 183,70             |
| SP.A-SX-4 | SLV - X - 02 | Max | 174,63                 | -33,15                 | 3.177,49         | 177,75             |
| SP.A-SX-4 | SLV - X - 02 | Min | -69,54                 | -167,74                | 2.478,90         | 181,58             |
| SP.A-SX-4 | SLV - Y - 01 | Max | 97,99                  | 55,04                  | 2.982,26         | 112,39             |
| SP.A-SX-4 | SLV - Y - 01 | Min | 2,82                   | -258,72                | 2.661,35         | 258,73             |
| SP.A-SX-4 | SLV - Y - 02 | Max | 100,14                 | 56,44                  | 2.988,65         | 114,94             |
| SP.A-SX-4 | SLV - Y - 02 | Min | 4,96                   | -257,32                | 2.667,74         | 257,37             |
| SP.A-SX-5 | SLV - X - 01 | Max | 179,82                 | -17,68                 | 1.671,34         | 180,68             |
| SP.A-SX-5 | SLV - X - 01 | Min | -90,27                 | -119,01                | 1.006,25         | 149,38             |
| SP.A-SX-5 | SLV - X - 02 | Max | 182,10                 | -13,15                 | 1.665,59         | 182,57             |
| SP.A-SX-5 | SLV - X - 02 | Min | -87,99                 | -114,49                | 1.000,49         | 144,39             |
| SP.A-SX-5 | SLV - Y - 01 | Max | 97,11                  | 43,11                  | 1.477,33         | 106,25             |
| SP.A-SX-5 | SLV - Y - 01 | Min | -7,56                  | -179,80                | 1.200,26         | 179,95             |
| SP.A-SX-5 | SLV - Y - 02 | Max | 99,39                  | 47,64                  | 1.471,58         | 110,22             |
| SP.A-SX-5 | SLV - Y - 02 | Min | -5,28                  | -175,27                | 1.194,50         | 175,35             |
| SP.A-SX-6 | SLV - X - 01 | Max | 58,82                  | -207,85                | 4.162,09         | 216,01             |
| SP.A-SX-6 | SLV - X - 01 | Min | -117,04                | -459,50                | 2.624,11         | 474,17             |
| SP.A-SX-6 | SLV - X - 02 | Max | 57,41                  | -209,17                | 4.165,43         | 216,91             |
| SP.A-SX-6 | SLV - X - 02 | Min | -118,45                | -460,83                | 2.627,44         | 475,81             |
| SP.A-SX-6 | SLV - Y - 01 | Max | 35,71                  | -136,93                | 4.142,52         | 141,51             |
| SP.A-SX-6 | SLV - Y - 01 | Min | -93,92                 | -530,41                | 2.643,68         | 538,66             |
| SP.A-SX-6 | SLV - Y - 02 | Max | 34,29                  | -138,26                | 4.145,86         | 142,45             |
| SP.A-SX-6 | SLV - Y - 02 | Min | -95,33                 | -531,74                | 2.647,01         | 540,22             |
| SP.A-SX-7 | SLV - X - 01 | Max | 68,54                  | -127,29                | 2.184,02         | 144,57             |
| SP.A-SX-7 | SLV - X - 01 | Min | -144,42                | -211,47                | 1.779,92         | 256,08             |
| SP.A-SX-7 | SLV - X - 02 | Max | 67,78                  | -124,56                | 2.173,61         | 141,81             |
| SP.A-SX-7 | SLV - X - 02 | Min | -145,18                | -208,74                | 1.769,50         | 254,26             |
| SP.A-SX-7 | SLV - Y - 01 | Max | 45,85                  | -50,08                 | 2.482,65         | 67,89              |
| SP.A-SX-7 | SLV - Y - 01 | Min | -121,73                | -288,69                | 1.481,29         | 313,30             |
| SP.A-SX-7 | SLV - Y - 02 | Max | 45,09                  | -47,35                 | 2.472,24         | 65,38              |
| SP.A-SX-7 | SLV - Y - 02 | Min | -122,49                | -285,96                | 1.470,88         | 311,09             |
| SP.A-SX-8 | SLV - X - 01 | Max | 102,29                 | 13,32                  | 1.190,36         | 103,16             |
| SP.A-SX-8 | SLV - X - 01 | Min | -127,18                | -141,63                | -45,98           | 190,35             |
| SP.A-SX-8 | SLV - X - 02 | Max | 102,53                 | 19,22                  | 1.171,55         | 104,32             |
| SP.A-SX-8 | SLV - X - 02 | Min | -126,94                | -135,73                | -64,79           | 185,84             |
| SP.A-SX-8 | SLV - Y - 01 | Max | 75,54                  | 17,89                  | 1.043,39         | 77,63              |
| SP.A-SX-8 | SLV - Y - 01 | Min | -100,42                | -146,20                | 100,99           | 177,36             |
| SP.A-SX-8 | SLV - Y - 02 | Max | 75,78                  | 23,79                  | 1.024,59         | 79,42              |
| SP.A-SX-8 | SLV - Y - 02 | Min | -100,18                | -140,30                | 82,18            | 172,39             |

### 14.1.2 ZATTERA DESTRA

Nelle tabelle successive sono riepilogati i valori delle azioni sollecitanti (azione normale e taglio nelle due direzioni trasversali) valutati in corrispondenza delle molle elastiche mediante le quali sono stati modellati i pali di fondazione all'interno del modello di calcolo tridimensionale.

Per ciascun palo è stata determinata anche la risultante di taglio orizzontale, valutata come combinazione quadratica delle azioni taglianti valutate lungo le due direzioni orizzontali ortogonali.

#### Combinazioni allo Stato Limite di Esercizio – Quasi Permanenti

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V/Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-DX-1 | SLE - Q.P.01 | Max | -53,60                 | 328,33                 | 3.232,40         | 332,67             |
| SP.A-DX-1 | SLE - Q.P.01 | Min | -53,60                 | 328,33                 | 3.232,40         | 332,67             |
| SP.A-DX-1 | SLE - Q.P.02 | Max | -54,32                 | 328,96                 | 3.233,53         | 333,41             |
| SP.A-DX-1 | SLE - Q.P.02 | Min | -54,32                 | 328,96                 | 3.233,53         | 333,41             |
| SP.A-DX-2 | SLE - Q.P.01 | Max | -67,81                 | 168,38                 | 1.989,28         | 181,52             |
| SP.A-DX-2 | SLE - Q.P.01 | Min | -67,81                 | 168,38                 | 1.989,28         | 181,52             |
| SP.A-DX-2 | SLE - Q.P.02 | Max | -68,27                 | 167,24                 | 1.984,93         | 180,63             |
| SP.A-DX-2 | SLE - Q.P.02 | Min | -68,27                 | 167,24                 | 1.984,93         | 180,63             |
| SP.A-DX-3 | SLE - Q.P.01 | Max | -43,91                 | 65,66                  | 710,51           | 78,99              |
| SP.A-DX-3 | SLE - Q.P.01 | Min | -43,91                 | 65,66                  | 710,51           | 78,99              |
| SP.A-DX-3 | SLE - Q.P.02 | Max | -43,93                 | 63,12                  | 702,88           | 76,91              |
| SP.A-DX-3 | SLE - Q.P.02 | Min | -43,93                 | 63,12                  | 702,88           | 76,91              |
| SP.A-DX-4 | SLE - Q.P.01 | Max | 21,24                  | 104,48                 | 2.739,97         | 106,62             |
| SP.A-DX-4 | SLE - Q.P.01 | Min | 21,24                  | 104,48                 | 2.739,97         | 106,62             |
| SP.A-DX-4 | SLE - Q.P.02 | Max | 22,07                  | 103,94                 | 2.742,49         | 106,26             |
| SP.A-DX-4 | SLE - Q.P.02 | Min | 22,07                  | 103,94                 | 2.742,49         | 106,26             |
| SP.A-DX-5 | SLE - Q.P.01 | Max | 10,55                  | 62,77                  | 1.436,42         | 63,65              |
| SP.A-DX-5 | SLE - Q.P.01 | Min | 10,55                  | 62,77                  | 1.436,42         | 63,65              |
| SP.A-DX-5 | SLE - Q.P.02 | Max | 11,43                  | 60,82                  | 1.434,22         | 61,88              |
| SP.A-DX-5 | SLE - Q.P.02 | Min | 11,43                  | 60,82                  | 1.434,22         | 61,88              |
| SP.A-DX-6 | SLE - Q.P.01 | Max | 115,45                 | -110,24                | 2.160,94         | 159,63             |
| SP.A-DX-6 | SLE - Q.P.01 | Min | 115,45                 | -110,24                | 2.160,94         | 159,63             |
| SP.A-DX-6 | SLE - Q.P.02 | Max | 117,47                 | -110,65                | 2.167,08         | 161,38             |
| SP.A-DX-6 | SLE - Q.P.02 | Min | 117,47                 | -110,65                | 2.167,08         | 161,38             |
| SP.A-DX-7 | SLE - Q.P.01 | Max | 122,28                 | -48,13                 | 1.263,93         | 131,41             |
| SP.A-DX-7 | SLE - Q.P.01 | Min | 122,28                 | -48,13                 | 1.263,93         | 131,41             |
| SP.A-DX-7 | SLE - Q.P.02 | Max | 124,39                 | -49,68                 | 1.267,65         | 133,94             |
| SP.A-DX-7 | SLE - Q.P.02 | Min | 124,39                 | -49,68                 | 1.267,65         | 133,94             |
| SP.A-DX-8 | SLE - Q.P.01 | Max | 103,85                 | -11,34                 | 337,79           | 104,46             |
| SP.A-DX-8 | SLE - Q.P.01 | Min | 103,85                 | -11,34                 | 337,79           | 104,46             |
| SP.A-DX-8 | SLE - Q.P.02 | Max | 105,56                 | -13,77                 | 338,54           | 106,45             |
| SP.A-DX-8 | SLE - Q.P.02 | Min | 105,56                 | -13,77                 | 338,54           | 106,45             |

### Combinazioni allo Stato Limite di Esercizio – Frequenti

| PALO      | COMBINAZIONE  |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V, Sd}$<br>[kN] |
|-----------|---------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|---------------------|
| SP.A-DX-1 | SLE - FREQ.01 | Max | -49,85                 | 355,45                 | 3.510,00         | 358,92              |
| SP.A-DX-1 | SLE - FREQ.01 | Min | -55,62                 | 328,33                 | 3.232,35         | 333,00              |
| SP.A-DX-1 | SLE - FREQ.02 | Max | -50,56                 | 356,08                 | 3.511,13         | 359,65              |
| SP.A-DX-1 | SLE - FREQ.02 | Min | -56,33                 | 328,96                 | 3.233,48         | 333,75              |
| SP.A-DX-1 | SLE - FREQ.03 | Max | -53,53                 | 328,26                 | 3.232,29         | 332,60              |
| SP.A-DX-1 | SLE - FREQ.03 | Min | -53,53                 | 328,26                 | 3.232,29         | 332,60              |
| SP.A-DX-1 | SLE - FREQ.04 | Max | -54,39                 | 329,02                 | 3.233,64         | 333,49              |
| SP.A-DX-1 | SLE - FREQ.04 | Min | -54,39                 | 329,02                 | 3.233,64         | 333,49              |
| SP.A-DX-2 | SLE - FREQ.01 | Max | -63,63                 | 183,65                 | 2.152,33         | 194,36              |
| SP.A-DX-2 | SLE - FREQ.01 | Min | -70,75                 | 168,38                 | 1.989,26         | 182,63              |
| SP.A-DX-2 | SLE - FREQ.02 | Max | -64,09                 | 182,51                 | 2.147,98         | 193,43              |
| SP.A-DX-2 | SLE - FREQ.02 | Min | -71,20                 | 167,23                 | 1.984,90         | 181,76              |
| SP.A-DX-2 | SLE - FREQ.03 | Max | -67,77                 | 168,49                 | 1.989,72         | 181,61              |
| SP.A-DX-2 | SLE - FREQ.03 | Min | -67,77                 | 168,49                 | 1.989,72         | 181,61              |
| SP.A-DX-2 | SLE - FREQ.04 | Max | -68,31                 | 167,12                 | 1.984,49         | 180,54              |
| SP.A-DX-2 | SLE - FREQ.04 | Min | -68,31                 | 167,12                 | 1.984,49         | 180,54              |
| SP.A-DX-3 | SLE - FREQ.01 | Max | -38,97                 | 73,47                  | 759,95           | 83,16               |
| SP.A-DX-3 | SLE - FREQ.01 | Min | -46,54                 | 65,66                  | 702,56           | 80,48               |
| SP.A-DX-3 | SLE - FREQ.02 | Max | -38,99                 | 70,93                  | 752,31           | 80,94               |
| SP.A-DX-3 | SLE - FREQ.02 | Min | -46,57                 | 63,12                  | 694,92           | 78,44               |
| SP.A-DX-3 | SLE - FREQ.03 | Max | -43,91                 | 65,91                  | 711,28           | 79,20               |
| SP.A-DX-3 | SLE - FREQ.03 | Min | -43,91                 | 65,91                  | 711,28           | 79,20               |
| SP.A-DX-3 | SLE - FREQ.04 | Max | -43,94                 | 62,87                  | 702,11           | 76,70               |
| SP.A-DX-3 | SLE - FREQ.04 | Min | -43,94                 | 62,87                  | 702,11           | 76,70               |
| SP.A-DX-4 | SLE - FREQ.01 | Max | 29,69                  | 111,37                 | 2.974,09         | 115,26              |
| SP.A-DX-4 | SLE - FREQ.01 | Min | 21,23                  | 104,48                 | 2.739,95         | 106,61              |
| SP.A-DX-4 | SLE - FREQ.02 | Max | 30,52                  | 110,83                 | 2.976,61         | 114,96              |
| SP.A-DX-4 | SLE - FREQ.02 | Min | 22,06                  | 103,94                 | 2.742,47         | 106,25              |
| SP.A-DX-4 | SLE - FREQ.03 | Max | 21,16                  | 104,53                 | 2.739,72         | 106,65              |
| SP.A-DX-4 | SLE - FREQ.03 | Min | 21,16                  | 104,53                 | 2.739,72         | 106,65              |
| SP.A-DX-4 | SLE - FREQ.04 | Max | 22,15                  | 103,89                 | 2.742,74         | 106,22              |
| SP.A-DX-4 | SLE - FREQ.04 | Min | 22,15                  | 103,89                 | 2.742,74         | 106,22              |
| SP.A-DX-5 | SLE - FREQ.01 | Max | 18,48                  | 68,32                  | 1.547,54         | 70,77               |
| SP.A-DX-5 | SLE - FREQ.01 | Min | 9,56                   | 62,76                  | 1.436,40         | 63,48               |
| SP.A-DX-5 | SLE - FREQ.02 | Max | 19,36                  | 66,37                  | 1.545,35         | 69,14               |
| SP.A-DX-5 | SLE - FREQ.02 | Min | 10,44                  | 60,81                  | 1.434,20         | 61,70               |
| SP.A-DX-5 | SLE - FREQ.03 | Max | 10,46                  | 62,96                  | 1.436,64         | 63,82               |
| SP.A-DX-5 | SLE - FREQ.03 | Min | 10,46                  | 62,96                  | 1.436,64         | 63,82               |
| SP.A-DX-5 | SLE - FREQ.04 | Max | 11,52                  | 60,62                  | 1.434,00         | 61,71               |
| SP.A-DX-5 | SLE - FREQ.04 | Min | 11,52                  | 60,62                  | 1.434,00         | 61,71               |
| SP.A-DX-6 | SLE - FREQ.01 | Max | 128,49                 | -110,24                | 2.342,43         | 169,30              |
| SP.A-DX-6 | SLE - FREQ.01 | Min | 115,45                 | -126,27                | 2.160,93         | 171,09              |
| SP.A-DX-6 | SLE - FREQ.02 | Max | 130,51                 | -110,64                | 2.348,57         | 171,10              |
| SP.A-DX-6 | SLE - FREQ.02 | Min | 117,47                 | -126,67                | 2.167,07         | 172,75              |
| SP.A-DX-6 | SLE - FREQ.03 | Max | 115,25                 | -110,20                | 2.160,33         | 159,46              |
| SP.A-DX-6 | SLE - FREQ.03 | Min | 115,25                 | -110,20                | 2.160,33         | 159,46              |
| SP.A-DX-6 | SLE - FREQ.04 | Max | 117,67                 | -110,69                | 2.167,70         | 161,55              |
| SP.A-DX-6 | SLE - FREQ.04 | Min | 117,67                 | -110,69                | 2.167,70         | 161,55              |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE  |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|---------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-DX-7 | SLE - FREQ.01 | Max | 137,35                 | -48,13                 | 1.357,66         | 145,54             |
| SP.A-DX-7 | SLE - FREQ.01 | Min | 122,28                 | -55,56                 | 1.263,93         | 134,31             |
| SP.A-DX-7 | SLE - FREQ.02 | Max | 139,46                 | -49,68                 | 1.361,38         | 148,04             |
| SP.A-DX-7 | SLE - FREQ.02 | Min | 124,38                 | -57,11                 | 1.267,65         | 136,87             |
| SP.A-DX-7 | SLE - FREQ.03 | Max | 122,07                 | -47,98                 | 1.263,56         | 131,16             |
| SP.A-DX-7 | SLE - FREQ.03 | Min | 122,07                 | -47,98                 | 1.263,56         | 131,16             |
| SP.A-DX-7 | SLE - FREQ.04 | Max | 124,60                 | -49,83                 | 1.268,02         | 134,20             |
| SP.A-DX-7 | SLE - FREQ.04 | Min | 124,60                 | -49,83                 | 1.268,02         | 134,20             |
| SP.A-DX-8 | SLE - FREQ.01 | Max | 117,00                 | -9,38                  | 352,99           | 117,37             |
| SP.A-DX-8 | SLE - FREQ.01 | Min | 103,84                 | -13,39                 | 322,02           | 104,70             |
| SP.A-DX-8 | SLE - FREQ.02 | Max | 118,71                 | -11,81                 | 353,75           | 119,30             |
| SP.A-DX-8 | SLE - FREQ.02 | Min | 105,55                 | -15,82                 | 322,78           | 106,73             |
| SP.A-DX-8 | SLE - FREQ.03 | Max | 103,67                 | -11,10                 | 337,71           | 104,26             |
| SP.A-DX-8 | SLE - FREQ.03 | Min | 103,67                 | -11,10                 | 337,71           | 104,26             |
| SP.A-DX-8 | SLE - FREQ.04 | Max | 105,73                 | -14,02                 | 338,62           | 106,65             |
| SP.A-DX-8 | SLE - FREQ.04 | Min | 105,73                 | -14,02                 | 338,62           | 106,65             |

Combinazioni allo Stato Limite di Esercizio – Caratteristiche

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.01 | Max | -49,46                 | 371,77                 | 3.636,33         | 375,04             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.01 | Min | -57,15                 | 335,61                 | 3.266,13         | 340,44             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.02 | Max | -50,32                 | 372,52                 | 3.637,68         | 375,91             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.02 | Min | -58,01                 | 336,36                 | 3.267,49         | 341,33             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.03 | Max | -47,59                 | 357,08                 | 3.568,50         | 360,23             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.03 | Min | -55,28                 | 320,92                 | 3.198,30         | 325,64             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.04 | Max | -48,45                 | 357,84                 | 3.569,85         | 361,10             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.04 | Min | -56,14                 | 321,68                 | 3.199,66         | 326,54             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.05 | Max | -51,33                 | 367,62                 | 3.566,40         | 371,19             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.05 | Min | -57,10                 | 340,50                 | 3.288,76         | 345,26             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.06 | Max | -52,19                 | 368,38                 | 3.567,76         | 372,06             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.06 | Min | -57,96                 | 341,26                 | 3.290,12         | 346,15             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.07 | Max | -48,21                 | 343,14                 | 3.453,35         | 346,51             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.07 | Min | -53,98                 | 316,02                 | 3.175,71         | 320,60             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.08 | Max | -49,07                 | 343,90                 | 3.454,71         | 347,38             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.08 | Min | -54,84                 | 316,78                 | 3.177,06         | 321,49             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.09 | Max | -50,42                 | 362,47                 | 3.543,34         | 365,96             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.09 | Min | -56,19                 | 335,35                 | 3.265,70         | 340,03             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.10 | Max | -51,86                 | 363,74                 | 3.545,60         | 367,41             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.10 | Min | -57,63                 | 336,62                 | 3.267,96         | 341,51             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.11 | Max | -48,55                 | 347,79                 | 3.475,51         | 351,16             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.11 | Min | -54,32                 | 320,67                 | 3.197,87         | 325,23             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.12 | Max | -49,98                 | 349,05                 | 3.477,77         | 352,61             |
| SP.A-DX-1 | SLE - CAR.12 | Min | -55,75                 | 321,93                 | 3.200,13         | 326,72             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.01 | Max | -64,03                 | 194,68                 | 2.236,21         | 204,94             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.01 | Min | -73,52                 | 174,31                 | 2.018,77         | 189,18             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.02 | Max | -64,58                 | 193,31                 | 2.230,98         | 203,81             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.02 | Min | -74,06                 | 172,94                 | 2.013,55         | 188,13             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.03 | Max | -60,36                 | 183,04                 | 2.178,03         | 192,73             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.03 | Min | -69,84                 | 162,67                 | 1.960,59         | 177,03             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.04 | Max | -60,90                 | 181,67                 | 2.172,80         | 191,60             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.04 | Min | -70,39                 | 161,30                 | 1.955,37         | 175,99             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.05 | Max | -66,65                 | 193,47                 | 2.201,25         | 204,62             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.05 | Min | -73,76                 | 178,19                 | 2.038,17         | 192,85             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.06 | Max | -67,20                 | 192,09                 | 2.196,02         | 203,51             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.06 | Min | -74,31                 | 176,82                 | 2.032,95         | 191,80             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.07 | Max | -60,52                 | 174,07                 | 2.104,29         | 184,29             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.07 | Min | -67,64                 | 158,79                 | 1.941,21         | 172,60             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.08 | Max | -61,07                 | 172,70                 | 2.099,06         | 183,18             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.08 | Min | -68,18                 | 157,42                 | 1.935,98         | 171,55             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.09 | Max | -65,24                 | 190,04                 | 2.183,60         | 200,93             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.09 | Min | -72,36                 | 174,77                 | 2.020,52         | 189,15             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.10 | Max | -66,15                 | 187,76                 | 2.174,89         | 199,07             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.10 | Min | -73,27                 | 172,48                 | 2.011,81         | 187,40             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.11 | Max | -61,57                 | 178,41                 | 2.125,42         | 188,73             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.11 | Min | -68,68                 | 163,13                 | 1.962,34         | 177,00             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.12 | Max | -62,48                 | 176,12                 | 2.116,71         | 186,87             |
| SP.A-DX-2 | SLE - CAR.12 | Min | -69,59                 | 160,84                 | 1.953,64         | 175,25             |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.01 | Max | -39,57                 | 80,43                  | 796,02           | 89,64              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.01 | Min | -49,68                 | 70,01                  | 719,50           | 85,85              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.02 | Max | -39,60                 | 77,39                  | 786,85           | 86,93              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.02 | Min | -49,71                 | 66,97                  | 710,34           | 83,40              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.03 | Max | -35,06                 | 72,22                  | 758,36           | 80,28              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.03 | Min | -45,16                 | 61,80                  | 681,84           | 76,55              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.04 | Max | -35,09                 | 69,18                  | 749,20           | 77,57              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.04 | Min | -45,19                 | 58,76                  | 672,68           | 74,13              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.05 | Max | -42,73                 | 80,56                  | 792,09           | 91,19              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.05 | Min | -50,31                 | 72,75                  | 734,70           | 88,45              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.06 | Max | -42,76                 | 77,52                  | 782,93           | 88,53              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.06 | Min | -50,34                 | 69,71                  | 725,54           | 85,98              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.07 | Max | -35,20                 | 66,88                  | 729,33           | 75,58              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.07 | Min | -42,78                 | 59,07                  | 671,95           | 72,93              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.08 | Max | -35,23                 | 63,84                  | 720,17           | 72,92              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.08 | Min | -42,81                 | 56,03                  | 662,78           | 70,51              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.09 | Max | -41,21                 | 78,84                  | 782,59           | 88,96              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.09 | Min | -48,79                 | 71,03                  | 725,21           | 86,17              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.10 | Max | -41,26                 | 73,77                  | 767,32           | 84,52              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.10 | Min | -48,84                 | 65,96                  | 709,93           | 82,07              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.11 | Max | -36,70                 | 70,63                  | 744,94           | 79,60              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.11 | Min | -44,27                 | 62,82                  | 687,55           | 76,85              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.12 | Max | -36,75                 | 65,56                  | 729,67           | 75,16              |
| SP.A-DX-3 | SLE - CAR.12 | Min | -44,32                 | 57,75                  | 672,28           | 72,80              |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.01 | Max | 32,35                  | 120,52                 | 3.054,23         | 124,79             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.01 | Min | 21,07                  | 111,33                 | 2.742,04         | 113,30             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.02 | Max | 33,35                  | 119,87                 | 3.057,26         | 124,43             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.02 | Min | 22,07                  | 110,68                 | 2.745,07         | 112,86             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.03 | Max | 32,50                  | 106,93                 | 3.049,53         | 111,76             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.03 | Min | 21,22                  | 97,74                  | 2.737,34         | 100,01             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.04 | Max | 33,50                  | 106,29                 | 3.052,55         | 111,44             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.04 | Min | 22,22                  | 97,09                  | 2.740,36         | 99,60              |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.05 | Max | 29,49                  | 122,75                 | 2.977,75         | 126,24             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.05 | Min | 21,03                  | 115,86                 | 2.743,61         | 117,75             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.06 | Max | 30,48                  | 122,10                 | 2.980,78         | 125,85             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.06 | Min | 22,02                  | 115,21                 | 2.746,64         | 117,29             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.07 | Max | 29,73                  | 100,10                 | 2.969,92         | 104,43             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.07 | Min | 21,27                  | 93,21                  | 2.735,77         | 95,60              |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.08 | Max | 30,73                  | 99,46                  | 2.972,94         | 104,10             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.08 | Min | 22,27                  | 92,56                  | 2.738,80         | 95,20              |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.09 | Max | 29,20                  | 118,44                 | 2.975,18         | 121,98             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.09 | Min | 20,74                  | 111,54                 | 2.741,04         | 113,45             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.10 | Max | 30,86                  | 117,36                 | 2.980,22         | 121,35             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.10 | Min | 22,40                  | 110,46                 | 2.746,08         | 112,71             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.11 | Max | 29,35                  | 104,85                 | 2.970,48         | 108,88             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.11 | Min | 20,89                  | 97,95                  | 2.736,33         | 100,16             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.12 | Max | 31,01                  | 103,77                 | 2.975,52         | 108,31             |
| SP.A-DX-4 | SLE - CAR.12 | Min | 22,55                  | 96,88                  | 2.741,38         | 99,47              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.01 | Max | 21,23                  | 76,35                  | 1.583,14         | 79,24              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.01 | Min | 9,34                   | 68,93                  | 1.434,95         | 69,56              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.02 | Max | 22,29                  | 74,01                  | 1.580,50         | 77,29              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.02 | Min | 10,40                  | 66,60                  | 1.432,31         | 67,41              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.03 | Max | 20,84                  | 64,38                  | 1.586,48         | 67,67              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.03 | Min | 8,95                   | 56,97                  | 1.438,29         | 57,67              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.04 | Max | 21,89                  | 62,05                  | 1.583,84         | 65,80              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.04 | Min | 10,00                  | 54,64                  | 1.435,66         | 55,54              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.05 | Max | 18,72                  | 78,48                  | 1.544,98         | 80,68              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.05 | Min | 9,81                   | 72,92                  | 1.433,84         | 73,58              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.06 | Max | 19,78                  | 76,15                  | 1.542,34         | 78,67              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.06 | Min | 10,86                  | 70,59                  | 1.431,20         | 71,42              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.07 | Max | 18,06                  | 58,54                  | 1.550,56         | 61,27              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.07 | Min | 9,14                   | 52,99                  | 1.439,41         | 53,77              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.08 | Max | 19,12                  | 56,21                  | 1.547,92         | 59,37              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.08 | Min | 10,20                  | 50,65                  | 1.436,78         | 51,67              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.09 | Max | 18,24                  | 75,27                  | 1.546,97         | 77,45              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.09 | Min | 9,32                   | 69,71                  | 1.435,83         | 70,33              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.10 | Max | 20,00                  | 71,38                  | 1.542,57         | 74,13              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.10 | Min | 11,08                  | 65,82                  | 1.431,43         | 66,75              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.11 | Max | 17,84                  | 63,31                  | 1.550,32         | 65,77              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.11 | Min | 8,92                   | 57,75                  | 1.439,18         | 58,44              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.12 | Max | 19,60                  | 59,42                  | 1.545,92         | 62,57              |
| SP.A-DX-5 | SLE - CAR.12 | Min | 10,68                  | 53,86                  | 1.434,78         | 54,91              |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.01 | Max | 133,43                 | -100,79                | 2.382,77         | 167,22             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.01 | Min | 116,05                 | -122,16                | 2.140,77         | 168,49             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.02 | Max | 135,86                 | -101,28                | 2.390,14         | 169,45             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.02 | Min | 118,47                 | -122,64                | 2.148,13         | 170,52             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.03 | Max | 131,82                 | -119,61                | 2.421,86         | 178,00             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.03 | Min | 114,44                 | -140,98                | 2.179,85         | 181,58             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.04 | Max | 134,25                 | -120,09                | 2.429,23         | 180,12             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.04 | Min | 116,86                 | -141,46                | 2.187,22         | 183,49             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.05 | Max | 129,62                 | -94,52                 | 2.309,25         | 160,43             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.05 | Min | 116,59                 | -110,54                | 2.127,74         | 160,66             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.06 | Max | 132,05                 | -95,00                 | 2.316,61         | 162,67             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.06 | Min | 119,01                 | -111,03                | 2.135,11         | 162,76             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.07 | Max | 126,94                 | -125,88                | 2.374,39         | 178,78             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.07 | Min | 113,90                 | -141,91                | 2.192,88         | 181,97             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.08 | Max | 129,37                 | -126,37                | 2.381,76         | 180,84             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.08 | Min | 116,33                 | -142,39                | 2.200,25         | 183,87             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.09 | Max | 128,28                 | -100,63                | 2.319,82         | 163,04             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.09 | Min | 115,24                 | -116,66                | 2.138,31         | 163,98             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.10 | Max | 132,32                 | -101,44                | 2.332,10         | 166,73             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.10 | Min | 119,28                 | -117,46                | 2.150,59         | 167,41             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.11 | Max | 126,67                 | -119,45                | 2.358,91         | 174,11             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.11 | Min | 113,63                 | -135,47                | 2.177,40         | 176,82             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.12 | Max | 130,71                 | -120,25                | 2.371,18         | 177,61             |
| SP.A-DX-6 | SLE - CAR.12 | Min | 117,67                 | -136,28                | 2.189,68         | 180,05             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.01 | Max | 144,06                 | -39,64                 | 1.365,69         | 149,41             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.01 | Min | 123,96                 | -49,55                 | 1.240,72         | 133,50             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.02 | Max | 146,59                 | -41,50                 | 1.370,15         | 152,35             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.02 | Min | 126,49                 | -51,40                 | 1.245,17         | 136,54             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.03 | Max | 140,26                 | -56,31                 | 1.411,38         | 151,15             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.03 | Min | 120,17                 | -66,22                 | 1.286,40         | 137,20             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.04 | Max | 142,79                 | -58,17                 | 1.415,83         | 154,19             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.04 | Min | 122,70                 | -68,08                 | 1.290,86         | 140,31             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.05 | Max | 140,30                 | -34,09                 | 1.319,22         | 144,38             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.05 | Min | 125,23                 | -41,52                 | 1.225,49         | 131,93             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.06 | Max | 142,83                 | -35,94                 | 1.323,68         | 147,28             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.06 | Min | 127,76                 | -43,37                 | 1.229,94         | 134,92             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.07 | Max | 133,98                 | -61,87                 | 1.395,36         | 147,57             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.07 | Min | 118,90                 | -69,30                 | 1.301,63         | 137,62             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.08 | Max | 136,50                 | -63,73                 | 1.399,82         | 150,65             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.08 | Min | 121,43                 | -71,16                 | 1.306,09         | 140,74             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.09 | Max | 138,19                 | -39,02                 | 1.332,96         | 143,60             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.09 | Min | 123,12                 | -46,45                 | 1.239,23         | 131,59             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.10 | Max | 142,41                 | -42,12                 | 1.340,39         | 148,51             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.10 | Min | 127,34                 | -49,55                 | 1.246,66         | 136,63             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.11 | Max | 134,40                 | -55,70                 | 1.378,65         | 145,48             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.11 | Min | 119,32                 | -63,12                 | 1.284,92         | 134,99             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.12 | Max | 138,61                 | -58,79                 | 1.386,08         | 150,56             |
| SP.A-DX-7 | SLE - CAR.12 | Min | 123,54                 | -66,22                 | 1.292,35         | 140,17             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.01 | Max | 123,45                 | -1,67                  | 337,06           | 123,46             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.01 | Min | 105,91                 | -7,02                  | 295,77           | 106,14             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.02 | Max | 125,51                 | -4,59                  | 337,97           | 125,59             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.02 | Min | 107,96                 | -9,94                  | 296,67           | 108,42             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.03 | Max | 118,97                 | -15,29                 | 378,91           | 119,95             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.03 | Min | 101,43                 | -20,65                 | 337,62           | 103,51             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.04 | Max | 121,03                 | -18,21                 | 379,82           | 122,39             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.04 | Min | 103,48                 | -23,57                 | 338,53           | 106,13             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.05 | Max | 120,56                 | 2,22                   | 318,04           | 120,58             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.05 | Min | 107,40                 | -1,79                  | 287,07           | 107,41             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.06 | Max | 122,61                 | -0,70                  | 318,95           | 122,61             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.06 | Min | 109,45                 | -4,71                  | 287,98           | 109,56             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.07 | Max | 113,10                 | -20,49                 | 387,80           | 114,94             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.07 | Min | 99,94                  | -24,50                 | 356,83           | 102,90             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.08 | Max | 115,15                 | -23,41                 | 388,70           | 117,51             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.08 | Min | 101,99                 | -27,42                 | 357,73           | 105,61             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.09 | Max | 118,38                 | -1,35                  | 331,69           | 118,39             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.09 | Min | 105,22                 | -5,36                  | 300,72           | 105,36             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.10 | Max | 121,81                 | -6,21                  | 333,20           | 121,96             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.10 | Min | 108,65                 | -10,23                 | 302,23           | 109,13             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.11 | Max | 113,90                 | -14,97                 | 373,54           | 114,88             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.11 | Min | 100,75                 | -18,99                 | 342,57           | 102,52             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.12 | Max | 117,33                 | -19,84                 | 375,05           | 118,99             |
| SP.A-DX-8 | SLE - CAR.12 | Min | 104,17                 | -23,85                 | 344,08           | 106,87             |

Combinazioni allo Stato Limite Ultimo – STR

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.01 | Max | -66,65                 | 506,22                 | 4.946,47         | 510,59             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.01 | Min | -77,04                 | 457,40                 | 4.446,71         | 463,85             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.02 | Max | -67,68                 | 507,13                 | 4.948,10         | 511,63             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.02 | Min | -78,07                 | 458,31                 | 4.448,34         | 464,91             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.03 | Max | -63,84                 | 484,19                 | 4.844,72         | 488,38             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.03 | Min | -74,23                 | 435,37                 | 4.344,96         | 441,66             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.04 | Max | -64,88                 | 485,10                 | 4.846,35         | 489,42             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.04 | Min | -75,26                 | 436,28                 | 4.346,59         | 442,73             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.05 | Max | -69,28                 | 501,36                 | 4.855,46         | 506,12             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.05 | Min | -77,07                 | 464,75                 | 4.480,64         | 471,10             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.06 | Max | -70,29                 | 502,32                 | 4.858,04         | 507,22             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.06 | Min | -78,08                 | 465,71                 | 4.483,22         | 472,21             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.07 | Max | -64,60                 | 464,64                 | 4.685,89         | 469,11             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.07 | Min | -72,39                 | 428,03                 | 4.311,07         | 434,11             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.08 | Max | -65,63                 | 465,55                 | 4.687,52         | 470,15             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.08 | Min | -73,42                 | 428,94                 | 4.312,69         | 435,18             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.09 | Max | -68,00                 | 493,71                 | 4.821,01         | 498,37             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.09 | Min | -75,79                 | 457,10                 | 4.446,19         | 463,34             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.10 | Max | -69,72                 | 495,23                 | 4.823,72         | 500,11             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.10 | Min | -77,51                 | 458,62                 | 4.448,90         | 465,12             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.11 | Max | -65,19                 | 471,68                 | 4.719,26         | 476,17             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.11 | Min | -72,98                 | 435,07                 | 4.344,44         | 441,15             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.12 | Max | -66,91                 | 473,20                 | 4.721,98         | 477,90             |
| SP.A-DX-1 | SLU - STR.12 | Min | -74,70                 | 436,59                 | 4.347,16         | 442,93             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.01 | Max | -86,42                 | 265,25                 | 3.039,76         | 278,97             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.01 | Min | -99,23                 | 237,75                 | 2.746,22         | 257,63             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.02 | Max | -87,08                 | 263,61                 | 3.033,49         | 277,62             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.02 | Min | -99,88                 | 236,11                 | 2.739,95         | 256,37             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.03 | Max | -80,91                 | 247,79                 | 2.952,49         | 260,67             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.03 | Min | -93,71                 | 220,30                 | 2.658,96         | 239,40             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.04 | Max | -81,56                 | 246,15                 | 2.946,22         | 259,31             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.04 | Min | -94,37                 | 218,65                 | 2.652,69         | 238,15             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.05 | Max | -90,14                 | 264,20                 | 2.995,48         | 279,15             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.05 | Min | -99,75                 | 243,57                 | 2.775,32         | 263,20             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.06 | Max | -90,78                 | 262,59                 | 2.989,81         | 277,84             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.06 | Min | -100,38                | 241,97                 | 2.769,65         | 261,96             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.07 | Max | -80,95                 | 235,10                 | 2.850,03         | 248,65             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.07 | Min | -90,56                 | 214,48                 | 2.629,88         | 232,81             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.08 | Max | -81,61                 | 233,46                 | 2.843,76         | 247,31             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.08 | Min | -91,21                 | 212,83                 | 2.623,61         | 231,55             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.09 | Max | -88,09                 | 258,93                 | 2.968,48         | 273,50             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.09 | Min | -97,69                 | 238,30                 | 2.748,33         | 257,55             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.10 | Max | -89,18                 | 256,18                 | 2.958,03         | 271,26             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.10 | Min | -98,78                 | 235,56                 | 2.737,87         | 255,43             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.11 | Max | -82,57                 | 241,47                 | 2.881,21         | 255,20             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.11 | Min | -92,18                 | 220,84                 | 2.661,06         | 239,31             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.12 | Max | -83,66                 | 238,73                 | 2.870,76         | 252,96             |
| SP.A-DX-2 | SLU - STR.12 | Min | -93,27                 | 218,10                 | 2.650,61         | 237,21             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.01 | Max | -53,29                 | 109,64                 | 1.078,86         | 121,90             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.01 | Min | -66,93                 | 95,58                  | 975,56           | 116,68             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.02 | Max | -53,32                 | 105,99                 | 1.067,87         | 118,64             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.02 | Min | -66,96                 | 91,92                  | 964,57           | 113,73             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.03 | Max | -46,51                 | 97,33                  | 1.022,38         | 107,87             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.03 | Min | -60,15                 | 83,26                  | 919,08           | 102,72             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.04 | Max | -46,55                 | 93,67                  | 1.011,38         | 104,60             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.04 | Min | -60,19                 | 79,61                  | 908,08           | 99,80              |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.05 | Max | -57,77                 | 110,23                 | 1.075,45         | 124,45             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.05 | Min | -68,00                 | 99,68                  | 997,97           | 120,67             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.06 | Max | -57,79                 | 106,62                 | 1.064,67         | 121,27             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.06 | Min | -68,02                 | 96,07                  | 987,20           | 117,71             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.07 | Max | -46,48                 | 89,71                  | 981,31           | 101,04             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.07 | Min | -56,71                 | 79,16                  | 903,84           | 97,38              |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.08 | Max | -46,52                 | 86,06                  | 970,31           | 97,82              |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.08 | Min | -56,75                 | 75,51                  | 892,84           | 94,46              |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.09 | Max | -55,50                 | 107,34                 | 1.060,28         | 120,84             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.09 | Min | -65,73                 | 96,80                  | 982,81           | 117,00             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.10 | Max | -55,56                 | 101,26                 | 1.041,96         | 115,50             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.10 | Min | -65,79                 | 90,71                  | 964,48           | 112,05             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.11 | Max | -48,73                 | 95,03                  | 1.003,80         | 106,79             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.11 | Min | -58,96                 | 84,48                  | 926,33           | 103,02             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.12 | Max | -48,79                 | 88,94                  | 985,47           | 101,44             |
| SP.A-DX-3 | SLU - STR.12 | Min | -59,02                 | 78,40                  | 908,00           | 98,13              |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.01 | Max | 44,85                  | 164,47                 | 4.149,88         | 170,48             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.01 | Min | 29,62                  | 152,06                 | 3.728,42         | 154,92             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.02 | Max | 46,04                  | 163,70                 | 4.153,51         | 170,05             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.02 | Min | 30,82                  | 151,28                 | 3.732,06         | 154,39             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.03 | Max | 45,07                  | 144,09                 | 4.142,83         | 150,97             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.03 | Min | 29,84                  | 131,68                 | 3.721,37         | 135,02             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.04 | Max | 46,27                  | 143,31                 | 4.146,46         | 150,60             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.04 | Min | 31,04                  | 130,90                 | 3.725,00         | 134,53             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.05 | Max | 40,97                  | 168,16                 | 4.046,88         | 173,08             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.05 | Min | 29,55                  | 158,85                 | 3.730,78         | 161,58             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.06 | Max | 42,18                  | 167,38                 | 4.051,35         | 172,61             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.06 | Min | 30,76                  | 158,07                 | 3.735,26         | 161,04             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.07 | Max | 41,34                  | 134,19                 | 4.035,12         | 140,42             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.07 | Min | 29,92                  | 124,88                 | 3.719,03         | 128,42             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.08 | Max | 42,54                  | 133,42                 | 4.038,75         | 140,03             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.08 | Min | 31,12                  | 124,11                 | 3.722,66         | 127,95             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.09 | Max | 40,65                  | 161,63                 | 4.043,31         | 166,66             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.09 | Min | 29,23                  | 152,32                 | 3.727,22         | 155,10             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.10 | Max | 42,64                  | 160,34                 | 4.049,37         | 165,91             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.10 | Min | 31,22                  | 151,03                 | 3.733,28         | 154,22             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.11 | Max | 40,87                  | 141,24                 | 4.036,26         | 147,04             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.11 | Min | 29,45                  | 131,94                 | 3.720,17         | 135,18             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.12 | Max | 42,86                  | 139,95                 | 4.042,32         | 146,37             |
| SP.A-DX-4 | SLU - STR.12 | Min | 31,44                  | 130,64                 | 3.726,22         | 134,37             |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.01 | Max | 29,79                  | 104,44                 | 2.146,55         | 108,60             |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.01 | Min | 13,74                  | 94,43                  | 1.946,50         | 95,43              |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.02 | Max | 31,06                  | 101,64                 | 2.143,38         | 106,28             |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.02 | Min | 15,01                  | 91,63                  | 1.943,33         | 92,85              |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.03 | Max | 29,20                  | 86,49                  | 2.151,57         | 91,29              |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.03 | Min | 13,15                  | 76,49                  | 1.951,52         | 77,61              |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.04 | Max | 30,46                  | 83,69                  | 2.148,40         | 89,06              |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.04 | Min | 14,41                  | 73,69                  | 1.948,35         | 75,08              |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.05 | Max | 26,42                  | 107,92                 | 2.094,87         | 111,11             |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.05 | Min | 14,39                  | 100,42                 | 1.944,83         | 101,44             |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.06 | Max | 27,70                  | 105,13                 | 2.092,15         | 108,72             |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.06 | Min | 15,66                  | 97,63                  | 1.942,11         | 98,88              |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.07 | Max | 25,43                  | 78,01                  | 2.103,24         | 82,05              |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.07 | Min | 13,39                  | 70,51                  | 1.953,20         | 71,77              |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.08 | Max | 26,70                  | 75,21                  | 2.100,07         | 79,81              |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.08 | Min | 14,66                  | 67,71                  | 1.950,03         | 69,28              |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.09 | Max | 25,80                  | 102,87                 | 2.097,60         | 106,06             |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.09 | Min | 13,77                  | 95,37                  | 1.947,56         | 96,36              |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.10 | Max | 27,91                  | 98,20                  | 2.092,32         | 102,09             |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.10 | Min | 15,88                  | 90,70                  | 1.942,28         | 92,08              |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.11 | Max | 25,21                  | 84,93                  | 2.102,62         | 88,59              |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.11 | Min | 13,17                  | 77,43                  | 1.952,58         | 78,54              |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.12 | Max | 27,32                  | 80,26                  | 2.097,34         | 84,78              |
| SP.A-DX-5 | SLU - STR.12 | Min | 15,28                  | 72,75                  | 1.947,30         | 74,34              |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.01 | Max | 182,24                 | -136,46                | 3.235,64         | 227,66             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.01 | Min | 158,77                 | -165,30                | 2.908,93         | 229,20             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.02 | Max | 185,14                 | -137,04                | 3.244,47         | 230,34             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.02 | Min | 161,68                 | -165,88                | 2.917,76         | 231,64             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.03 | Max | 179,82                 | -164,69                | 3.294,27         | 243,84             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.03 | Min | 156,35                 | -193,53                | 2.967,56         | 248,80             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.04 | Max | 182,73                 | -165,27                | 3.303,11         | 246,38             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.04 | Min | 159,26                 | -194,11                | 2.976,39         | 251,08             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.05 | Max | 177,17                 | -127,05                | 3.134,42         | 218,02             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.05 | Min | 159,57                 | -148,68                | 2.889,39         | 218,11             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.06 | Max | 180,10                 | -127,73                | 3.143,92         | 220,79             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.06 | Min | 162,50                 | -149,36                | 2.898,89         | 220,71             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.07 | Max | 173,15                 | -174,10                | 3.232,14         | 245,54             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.07 | Min | 155,55                 | -195,73                | 2.987,10         | 250,01             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.08 | Max | 176,06                 | -174,68                | 3.240,98         | 248,01             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.08 | Min | 158,46                 | -196,31                | 2.995,94         | 252,28             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.09 | Max | 175,40                 | -136,27                | 3.151,02         | 222,11             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.09 | Min | 157,80                 | -157,90                | 2.905,99         | 223,23             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.10 | Max | 180,25                 | -137,23                | 3.165,75         | 226,54             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.10 | Min | 162,65                 | -158,86                | 2.920,72         | 227,36             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.11 | Max | 172,99                 | -164,49                | 3.209,65         | 238,71             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.11 | Min | 155,39                 | -186,13                | 2.964,62         | 242,46             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.12 | Max | 177,83                 | -165,46                | 3.224,38         | 242,90             |
| SP.A-DX-6 | SLU - STR.12 | Min | 160,23                 | -187,09                | 2.979,35         | 246,33             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.01 | Max | 197,03                 | -53,11                 | 1.850,26         | 204,07             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.01 | Min | 169,90                 | -66,48                 | 1.681,55         | 182,44             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.02 | Max | 200,07                 | -55,34                 | 1.855,61         | 207,58             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.02 | Min | 172,94                 | -68,71                 | 1.686,90         | 186,08             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.03 | Max | 191,34                 | -78,12                 | 1.918,79         | 206,67             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.03 | Min | 164,21                 | -91,49                 | 1.750,08         | 187,97             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.04 | Max | 194,38                 | -80,34                 | 1.924,14         | 210,32             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.04 | Min | 167,24                 | -93,72                 | 1.755,43         | 191,71             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.05 | Max | 192,15                 | -44,77                 | 1.785,24         | 197,30             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.05 | Min | 171,80                 | -54,80                 | 1.658,71         | 180,33             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.06 | Max | 195,20                 | -47,05                 | 1.790,95         | 200,79             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.06 | Min | 174,85                 | -57,08                 | 1.664,42         | 183,93             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.07 | Max | 182,66                 | -86,45                 | 1.899,46         | 202,08             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.07 | Min | 162,31                 | -96,48                 | 1.772,92         | 188,82             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.08 | Max | 185,70                 | -88,68                 | 1.904,81         | 205,78             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.08 | Min | 165,35                 | -98,71                 | 1.778,27         | 192,57             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.09 | Max | 189,24                 | -52,37                 | 1.806,30         | 196,35             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.09 | Min | 168,89                 | -62,40                 | 1.679,77         | 180,05             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.10 | Max | 194,30                 | -56,08                 | 1.815,22         | 202,23             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.10 | Min | 173,95                 | -66,11                 | 1.688,68         | 186,09             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.11 | Max | 183,55                 | -77,37                 | 1.874,83         | 199,19             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.11 | Min | 163,20                 | -87,40                 | 1.748,30         | 185,13             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.12 | Max | 188,61                 | -81,09                 | 1.883,75         | 205,30             |
| SP.A-DX-7 | SLU - STR.12 | Min | 168,26                 | -91,11                 | 1.757,21         | 191,34             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.01 | Max | 168,96                 | -1,30                  | 450,50           | 168,97             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.01 | Min | 145,27                 | -8,52                  | 394,76           | 145,52             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.02 | Max | 171,43                 | -4,80                  | 451,59           | 171,50             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.02 | Min | 147,74                 | -12,03                 | 395,85           | 148,23             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.03 | Max | 162,25                 | -21,74                 | 513,28           | 163,70             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.03 | Min | 138,56                 | -28,96                 | 457,54           | 141,55             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.04 | Max | 164,71                 | -25,24                 | 514,37           | 166,63             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.04 | Min | 141,03                 | -32,47                 | 458,62           | 144,71             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.05 | Max | 165,28                 | 4,63                   | 422,73           | 165,34             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.05 | Min | 147,51                 | -0,79                  | 380,93           | 147,52             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.06 | Max | 167,76                 | 1,13                   | 423,89           | 167,76             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.06 | Min | 149,99                 | -4,29                  | 382,08           | 150,06             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.07 | Max | 154,09                 | -29,43                 | 527,36           | 156,87             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.07 | Min | 136,32                 | -34,85                 | 485,56           | 140,71             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.08 | Max | 156,55                 | -32,94                 | 528,45           | 159,98             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.08 | Min | 138,79                 | -38,36                 | 486,65           | 143,99             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.09 | Max | 162,22                 | -1,01                  | 443,30           | 162,22             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.09 | Min | 144,45                 | -6,43                  | 401,49           | 144,60             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.10 | Max | 166,33                 | -6,85                  | 445,11           | 166,47             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.10 | Min | 148,57                 | -12,27                 | 403,30           | 149,07             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.11 | Max | 155,50                 | -21,45                 | 506,07           | 156,98             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.11 | Min | 137,74                 | -26,87                 | 464,27           | 140,34             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.12 | Max | 159,62                 | -27,29                 | 507,89           | 161,93             |
| SP.A-DX-8 | SLU - STR.12 | Min | 141,85                 | -32,71                 | 466,08           | 145,57             |

Combinazioni allo Stato limite di Salvaguardia della Vita

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-DX-1 | SLV - X - 01 | Max | 58,74                  | 461,54                 | 4.168,39         | 465,26             |
| SP.A-DX-1 | SLV - X - 01 | Min | -118,33                | 210,01                 | 2.631,05         | 241,05             |
| SP.A-DX-1 | SLV - X - 02 | Max | 56,82                  | 462,96                 | 4.169,42         | 466,43             |
| SP.A-DX-1 | SLV - X - 02 | Min | -120,25                | 211,43                 | 2.632,07         | 243,24             |
| SP.A-DX-1 | SLV - Y - 01 | Max | 35,12                  | 532,54                 | 4.148,37         | 533,70             |
| SP.A-DX-1 | SLV - Y - 01 | Min | -94,71                 | 139,00                 | 2.651,07         | 168,20             |
| SP.A-DX-1 | SLV - Y - 02 | Max | 33,20                  | 533,97                 | 4.149,40         | 535,00             |
| SP.A-DX-1 | SLV - Y - 02 | Min | -96,63                 | 140,42                 | 2.652,09         | 170,46             |
| SP.A-DX-2 | SLV - X - 01 | Max | 68,07                  | 212,84                 | 2.189,79         | 223,46             |
| SP.A-DX-2 | SLV - X - 01 | Min | -145,93                | 129,45                 | 1.790,89         | 195,07             |
| SP.A-DX-2 | SLV - X - 02 | Max | 66,72                  | 210,12                 | 2.179,42         | 220,46             |
| SP.A-DX-2 | SLV - X - 02 | Min | -147,28                | 126,72                 | 1.780,52         | 194,29             |
| SP.A-DX-2 | SLV - Y - 01 | Max | 44,96                  | 290,25                 | 2.489,95         | 293,71             |
| SP.A-DX-2 | SLV - Y - 01 | Min | -122,82                | 52,04                  | 1.490,73         | 133,38             |
| SP.A-DX-2 | SLV - Y - 02 | Max | 43,61                  | 287,53                 | 2.479,58         | 290,82             |
| SP.A-DX-2 | SLV - Y - 02 | Min | -124,17                | 49,31                  | 1.480,35         | 133,60             |
| SP.A-DX-3 | SLV - X - 01 | Max | 101,62                 | 142,79                 | 1.199,02         | 175,26             |
| SP.A-DX-3 | SLV - X - 01 | Min | -128,83                | -11,84                 | -39,15           | 129,37             |
| SP.A-DX-3 | SLV - X - 02 | Max | 101,27                 | 136,80                 | 1.182,15         | 170,20             |
| SP.A-DX-3 | SLV - X - 02 | Min | -129,17                | -17,84                 | -56,01           | 130,39             |
| SP.A-DX-3 | SLV - Y - 01 | Max | 74,51                  | 147,38                 | 1.051,43         | 165,14             |
| SP.A-DX-3 | SLV - Y - 01 | Min | -101,72                | -16,43                 | 108,44           | 103,03             |
| SP.A-DX-3 | SLV - Y - 02 | Max | 74,16                  | 141,38                 | 1.034,56         | 159,65             |
| SP.A-DX-3 | SLV - Y - 02 | Min | -102,06                | -22,42                 | 91,58            | 104,49             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.A-DX-4 | SLV - X - 01 | Max | 172,05                 | 171,05                 | 3.170,62         | 242,60             |
| SP.A-DX-4 | SLV - X - 01 | Min | -72,30                 | 36,84                  | 2.472,19         | 81,15              |
| SP.A-DX-4 | SLV - X - 02 | Max | 173,73                 | 169,78                 | 3.175,81         | 242,92             |
| SP.A-DX-4 | SLV - X - 02 | Min | -70,61                 | 35,58                  | 2.477,38         | 79,07              |
| SP.A-DX-4 | SLV - Y - 01 | Max | 96,09                  | 260,74                 | 2.983,38         | 277,88             |
| SP.A-DX-4 | SLV - Y - 01 | Min | 3,66                   | -52,86                 | 2.659,43         | 52,98              |
| SP.A-DX-4 | SLV - Y - 02 | Max | 97,78                  | 259,48                 | 2.988,57         | 277,29             |
| SP.A-DX-4 | SLV - Y - 02 | Min | 5,34                   | -54,12                 | 2.664,62         | 54,39              |
| SP.A-DX-5 | SLV - X - 01 | Max | 179,38                 | 120,56                 | 1.673,60         | 216,12             |
| SP.A-DX-5 | SLV - X - 01 | Min | -91,02                 | 19,62                  | 1.006,53         | 93,11              |
| SP.A-DX-5 | SLV - X - 02 | Max | 181,14                 | 115,89                 | 1.669,30         | 215,04             |
| SP.A-DX-5 | SLV - X - 02 | Min | -89,27                 | 14,95                  | 1.002,23         | 90,51              |
| SP.A-DX-5 | SLV - Y - 01 | Max | 95,41                  | 181,35                 | 1.481,19         | 204,92             |
| SP.A-DX-5 | SLV - Y - 01 | Min | -7,06                  | -41,17                 | 1.198,94         | 41,77              |
| SP.A-DX-5 | SLV - Y - 02 | Max | 97,17                  | 176,68                 | 1.476,89         | 201,64             |
| SP.A-DX-5 | SLV - Y - 02 | Min | -5,30                  | -45,84                 | 1.194,64         | 46,14              |
| SP.A-DX-6 | SLV - X - 01 | Max | 303,53                 | -17,08                 | 2.846,80         | 304,01             |
| SP.A-DX-6 | SLV - X - 01 | Min | -17,13                 | -233,15                | 1.706,28         | 233,78             |
| SP.A-DX-6 | SLV - X - 02 | Max | 308,04                 | -17,89                 | 2.860,25         | 308,56             |
| SP.A-DX-6 | SLV - X - 02 | Min | -12,62                 | -233,96                | 1.719,73         | 234,30             |
| SP.A-DX-6 | SLV - Y - 01 | Max | 228,12                 | 95,29                  | 2.762,20         | 247,22             |
| SP.A-DX-6 | SLV - Y - 01 | Min | 58,28                  | -345,51                | 1.790,87         | 350,39             |
| SP.A-DX-6 | SLV - Y - 02 | Max | 232,63                 | 94,48                  | 2.775,65         | 251,08             |
| SP.A-DX-6 | SLV - Y - 02 | Min | 62,79                  | -346,33                | 1.804,33         | 351,97             |
| SP.A-DX-7 | SLV - X - 01 | Max | 346,75                 | 8,82                   | 1.394,55         | 346,86             |
| SP.A-DX-7 | SLV - X - 01 | Min | -31,85                 | -96,85                 | 1.105,94         | 101,95             |
| SP.A-DX-7 | SLV - X - 02 | Max | 351,40                 | 5,12                   | 1.403,50         | 351,43             |
| SP.A-DX-7 | SLV - X - 02 | Min | -27,21                 | -100,54                | 1.114,89         | 104,16             |
| SP.A-DX-7 | SLV - Y - 01 | Max | 267,43                 | 111,77                 | 1.636,51         | 289,84             |
| SP.A-DX-7 | SLV - Y - 01 | Min | 47,47                  | -199,79                | 863,99           | 205,35             |
| SP.A-DX-7 | SLV - Y - 02 | Max | 272,08                 | 108,07                 | 1.645,45         | 292,75             |
| SP.A-DX-7 | SLV - Y - 02 | Min | 52,11                  | -203,49                | 872,94           | 210,06             |
| SP.A-DX-8 | SLV - X - 01 | Max | 306,85                 | 77,92                  | 687,22           | 316,59             |
| SP.A-DX-8 | SLV - X - 01 | Min | -34,31                 | -57,67                 | -254,90          | 67,11              |
| SP.A-DX-8 | SLV - X - 02 | Max | 310,59                 | 71,96                  | 690,18           | 318,81             |
| SP.A-DX-8 | SLV - X - 02 | Min | -30,57                 | -63,63                 | -251,93          | 70,59              |
| SP.A-DX-8 | SLV - Y - 01 | Max | 241,42                 | 121,51                 | 657,66           | 270,28             |
| SP.A-DX-8 | SLV - Y - 01 | Min | 31,11                  | -101,27                | -225,34          | 105,94             |
| SP.A-DX-8 | SLV - Y - 02 | Max | 245,16                 | 115,56                 | 660,62           | 271,03             |
| SP.A-DX-8 | SLV - Y - 02 | Min | 34,85                  | -107,22                | -222,37          | 112,74             |

### 14.1.3 RIEPILOGO DELLE AZIONI SOLLECITANTI DESUNTE DAL MODELLO DI CALCOLO

Nella tabella successiva sono riepilogati i valori maggiormente gravosi delle azioni sollecitanti per le differenti famiglie di combinazioni di carico adottate:

| SOTTOSTRUTTURA |            | COMBINAZIONE           | $N_{Sd,max}$<br>[kN] | $N_{Sd,min}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|----------------|------------|------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| SPALLA A       | ZATTERA SX | SLE - QUASI PERMANENTE | 3.232,07             | 339,65               | 333,07             |
|                |            | SLE - FREQUENTE        | 3.471,16             | 323,03               | 357,90             |
|                |            | SLE - CARATTERISTICA   | 3.584,97             | 288,18               | 373,68             |
|                |            | SLU - STR              | 4.876,83             | 382,48               | 508,60             |
|                |            | SLV                    | 4.165,43             | -250,96              | 540,22             |
|                | ZATTERA DX | SLE - QUASI PERMANENTE | 3.233,53             | 337,79               | 333,41             |
|                |            | SLE - FREQUENTE        | 3.511,13             | 322,02               | 359,65             |
|                |            | SLE - CARATTERISTICA   | 3.637,68             | 287,07               | 375,91             |
|                |            | SLU - STR              | 4.948,10             | 380,93               | 511,63             |
|                |            | SLV                    | 4.169,42             | -254,90              | 535,00             |

## 14.2 AZIONI SOLLECITANTI SUL SINGOLO PALO CONNESSE ALLA DEFORMABILITÀ ORIZZONTALE DEL TERRENO

Per effetto del taglio e della deformabilità del terreno nell'intorno del palo si generano le azioni sollecitanti definite nel seguito.

### 14.2.1 VALUTAZIONE DELLA COSTANTE DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO

Per terreni **prevalentemente incoerenti** si considera la costante di reazione orizzontale del terreno variabile con la profondità, secondo la seguente relazione lineare:

$$k_h = n_h \cdot \frac{z}{d}$$

dove:

- $n_h \rightarrow$  costante dipendente dalla litologia
- $z \rightarrow$  profondità
- $d \rightarrow$  diametro del palo

Il valore della costante  $n_h$  viene determinato per via tabellare in funzione del valore della densità relativa del terreno:

|                                             |                              |                        |
|---------------------------------------------|------------------------------|------------------------|
| Sabbia sciolta ( $Dr\% < 30\%$ )            | secca-umida<br>$n_h = 0.224$ | satura $n_h = 0.128$ ; |
| Sabbia media ( $Dr > 30$<br>$e \leq 70\%$ ) | secca-umida<br>$n_h = 0.672$ | satura $n_h = 0.448$ ; |
| Sabbia grossa ( $Dr\% > 70$ )               | secca-umida<br>$n_h = 1.792$ | satura $n_h = 1.088$ ; |

Per terreni **prevalentemente coerenti sovraconsolidati** ( $c_u > 0,50 \text{ kg/cm}^2$ ) si considera la costante di reazione orizzontale del terreno variabile con la profondità, secondo la seguente relazione lineare (Matlock & Reese, 1956)

$$k_h = c_f \cdot \frac{c_u}{d}$$

dove:

- $c_f \rightarrow$  costante assunta pari a 67 (Davisson 1970)
- $c_u \rightarrow$  coesione non drenata
- $d \rightarrow$  diametro del palo

Per terreni prevalentemente coerenti normal-consolidati si considera la costante di reazione orizzontale del terreno variabile con la profondità, secondo la seguente relazione lineare (Matlock & Reese, 1956)

$$k_h = \delta \cdot \frac{z}{d}$$

dove:

- $\delta \rightarrow$  costante dipendente dalla coesione non drenata:
  - $c_u \leq 0,25 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \delta = 0,022 \text{ kg/cm}^3 = 0,22 \text{ N/cm}^3$
  - $0,25 < c_u \leq 0,50 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \delta = 3,51 \text{ kg/cm}^3 = 35,10 \text{ N/cm}^3$
- $z \rightarrow$  profondità
- $d \rightarrow$  diametro del palo

Essendo stata posta la falda di progetto a **0,00 m** dal piano di riferimento tutto il terreno è considerato “satturo”.

Il valore di  $k_h$  finale è stato determinato come media ponderata dei valori di  $k_h$  valutati per ciascuno strato della stratigrafia considerata:

| STRATO | UNITA' LITOTECNICA | QUOTA INIZIALE [m] | QUOTA FINALE [m] | H <sub>strato</sub> [m] | Dr [%] | n <sub>h</sub> | d [m] | k <sub>h</sub> QUOTA INIZIALE | k <sub>h</sub> QUOTA FINALE | k <sub>h,media</sub> STRATO | k <sub>h,media</sub> · h <sub>strato</sub> |
|--------|--------------------|--------------------|------------------|-------------------------|--------|----------------|-------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|
| 1      | G3                 | 0,00               | 7,05             | 7,05                    | 49,60  | 0,488          | 1,20  | 0,00                          | 2,87                        | 1,43                        | 10,11                                      |
| 2      | S1                 | 7,05               | 26,00            | 18,95                   | 50,00  | 0,488          | 1,20  | 2,87                          | 10,57                       | 6,72                        | 127,35                                     |
|        |                    |                    |                  | <b>26,00</b>            |        |                |       |                               |                             |                             | <b>137,45</b>                              |

$$k_h = 137,45 / 26,00 = 5,287 \text{ N/cm}^3$$

Per la valutazione delle azioni sollecitanti sul palo di fondazione per effetto dell'azione tagliante in testa e della deformabilità è stato utilizzato il metodo di Matlock & Reese con  $k_h$  variabile con la profondità.

## 14.2.2 ZATTERA SINISTRA

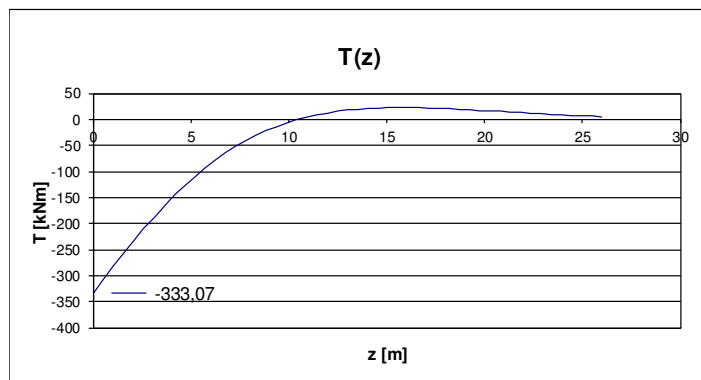
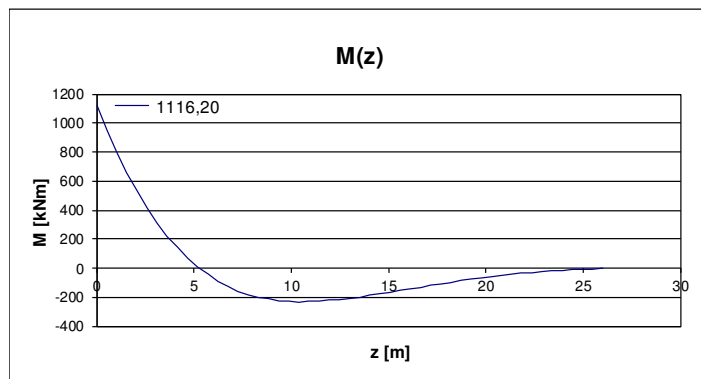
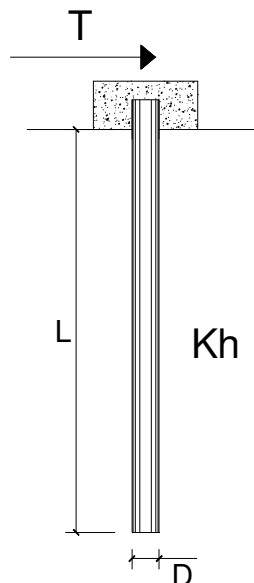
### Combinazione allo Stato Limite di Esercizio - Quasi Permanente

#### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

##### OPERA:

##### DATI DI INPUT:

|                                                                                |          |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                         | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                         | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                   | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                                  | 333,07   | (kN)                 |
| fck del calcestruzzo:                                                          | 24,9     | (MPa)                |
| fcm del calcestruzzo:                                                          | 32,9     | (MPa)                |
| Ecls ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                         | 31447    | (MPa)                |
| J ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                                  | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot E J / k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



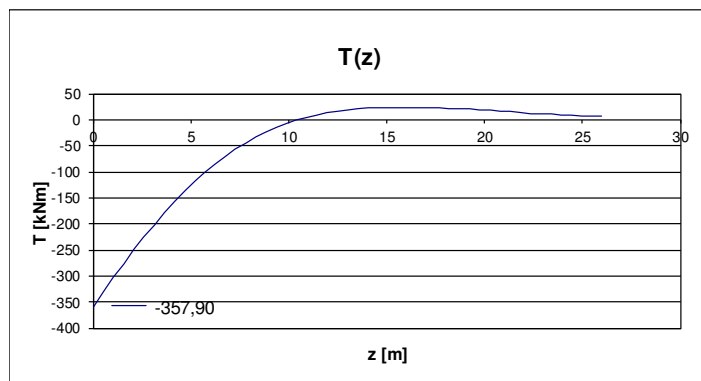
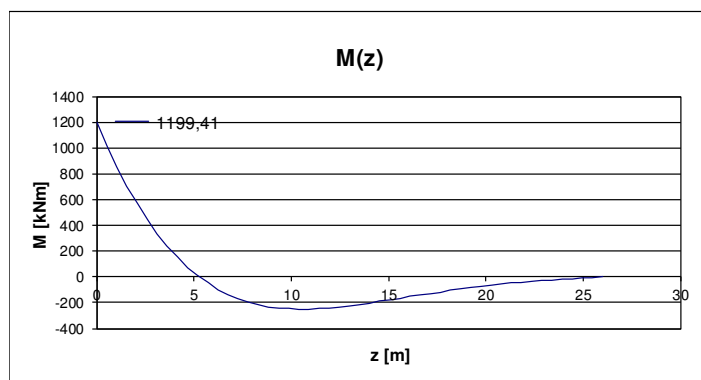
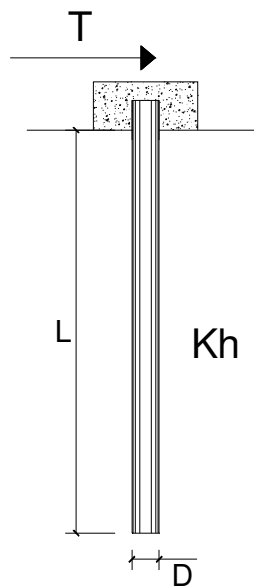
## Combinazione allo Stato Limite di Esercizio - Frequente

### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

#### OPERA:

#### DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 357,9    | (kN)                 |
| $f_{ck}$ del calcestruzzo:                                                  | 24,9     | (MPa)                |
| $f_{cm}$ del calcestruzzo:                                                  | 32,9     | (MPa)                |
| $E_{cls}$ ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                 | 31447    | (MPa)                |
| $J$ ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                             | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



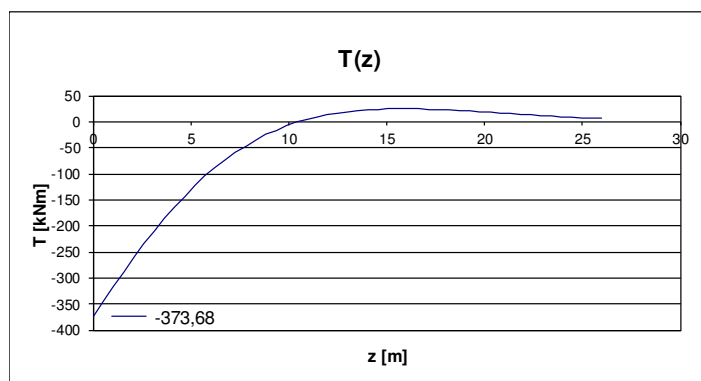
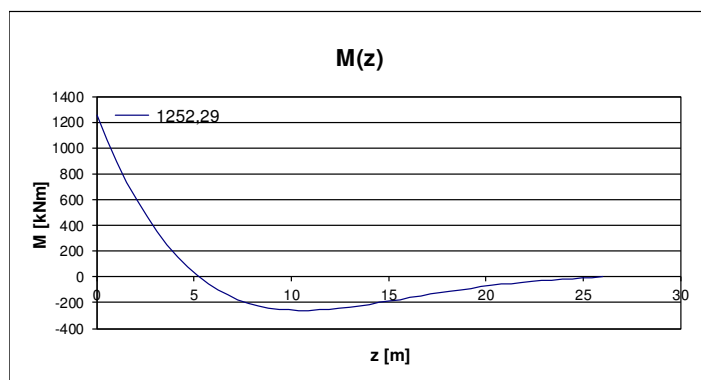
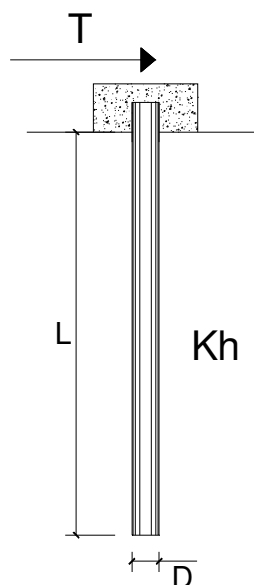
## Combinazione allo Stato Limite di Esercizio - Caratteristica

### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

#### OPERA:

#### DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 373,68   | (kN)                 |
| $f_{ck}$ del calcestruzzo:                                                  | 24,9     | (MPa)                |
| $f_{cm}$ del calcestruzzo:                                                  | 32,9     | (MPa)                |
| $E_{cls}$ ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                 | 31447    | (MPa)                |
| $J$ ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                             | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



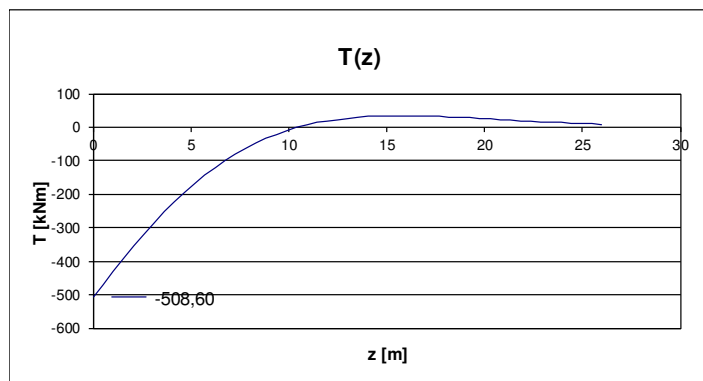
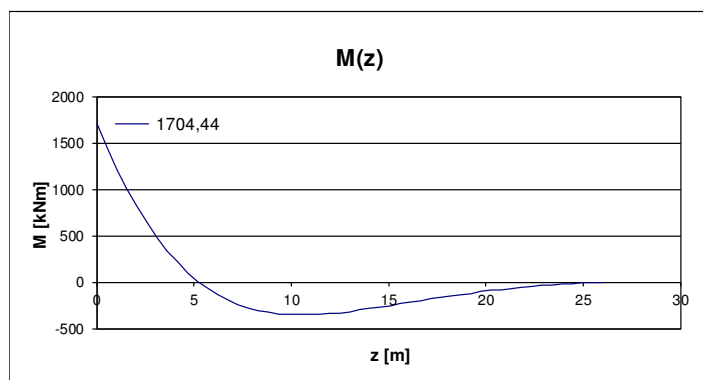
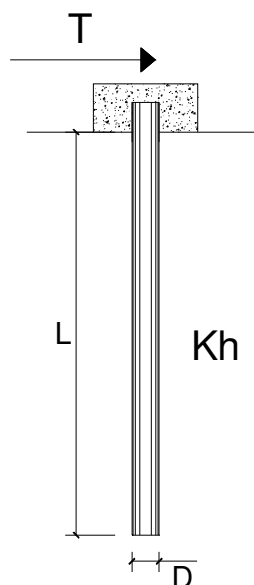
## Combinazione allo Stato Limite Ultimo - STR

### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

#### OPERA:

#### DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 508,6    | (kN)                 |
| $f_{ck}$ del calcestruzzo:                                                  | 24,9     | (MPa)                |
| $f_{cm}$ del calcestruzzo:                                                  | 32,9     | (MPa)                |
| $E_{cls}$ ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                 | 31447    | (MPa)                |
| $J$ ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                             | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



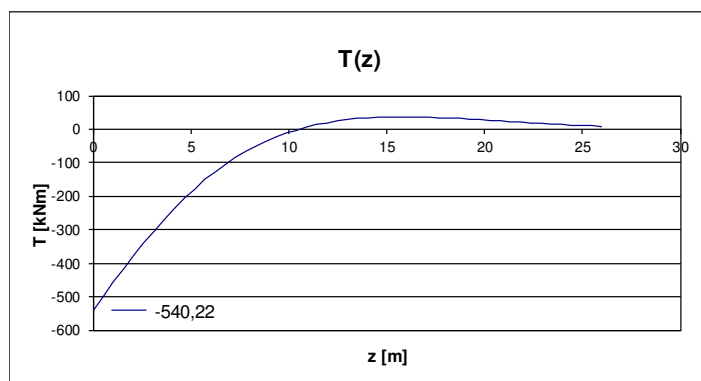
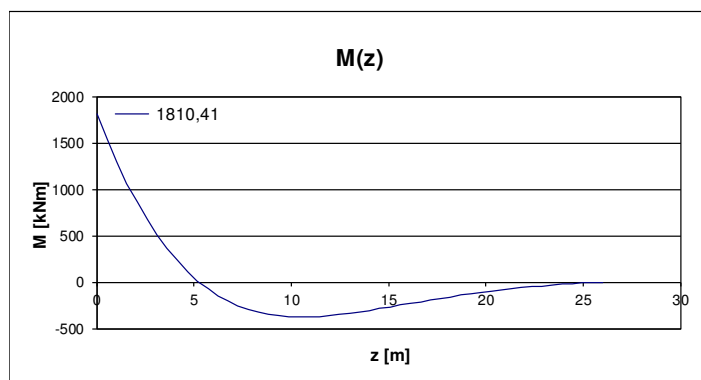
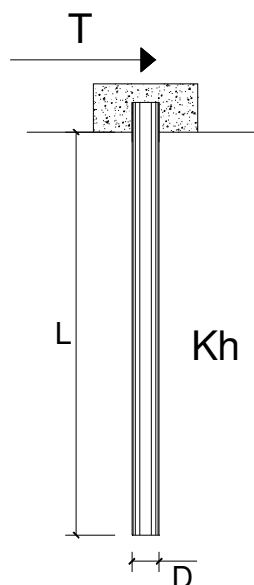
## Combinazione allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita

### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

#### OPERA:

#### DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 540,22   | (kN)                 |
| $f_{ck}$ del calcestruzzo:                                                  | 24,9     | (MPa)                |
| $f_{cm}$ del calcestruzzo:                                                  | 32,9     | (MPa)                |
| $E_{cls}$ ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                 | 31447    | (MPa)                |
| $J$ ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                             | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



### 14.2.3 ZATTERA DESTRA

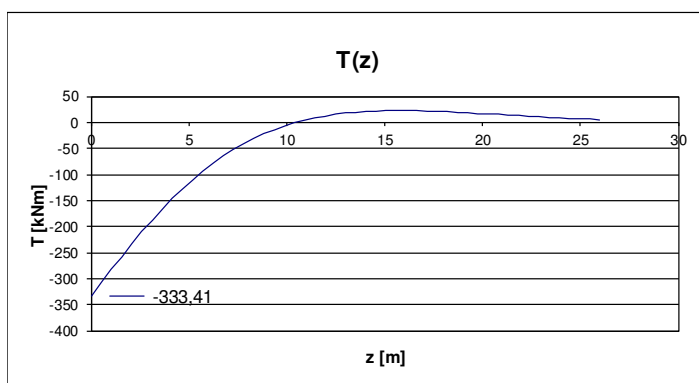
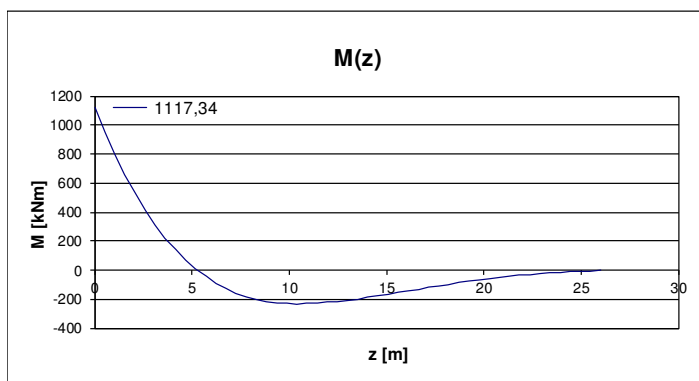
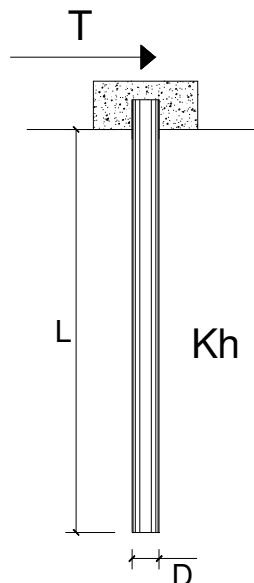
Combinazione allo Stato Limite di Esercizio - Quasi Permanente

#### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

##### OPERA:

##### DATI DI INPUT:

|                                                                                |          |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                         | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                         | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                   | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                                  | 333,41   | (kN)                 |
| fck del calcestruzzo:                                                          | 24,9     | (MPa)                |
| fcm del calcestruzzo:                                                          | 32,9     | (MPa)                |
| Ecls ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                         | 31447    | (MPa)                |
| J ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                                  | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot E J / k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



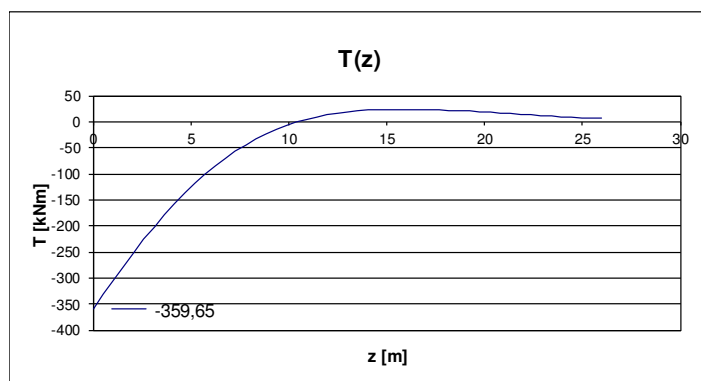
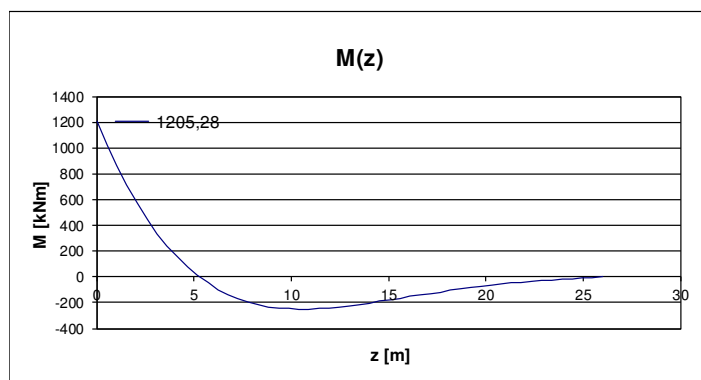
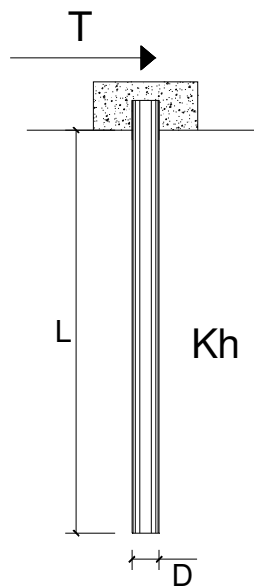
## Combinazione allo Stato Limite di Esercizio - Frequente

### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

#### OPERA:

#### DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 359,65   | (kN)                 |
| $f_{ck}$ del calcestruzzo:                                                  | 24,9     | (MPa)                |
| $f_{cm}$ del calcestruzzo:                                                  | 32,9     | (MPa)                |
| $E_{cls}$ ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                 | 31447    | (MPa)                |
| $J$ ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                             | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



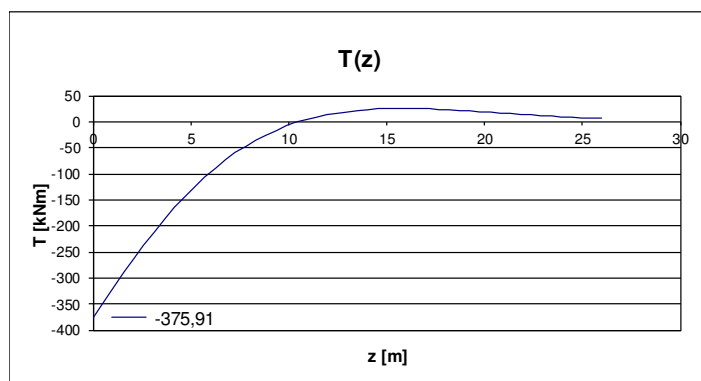
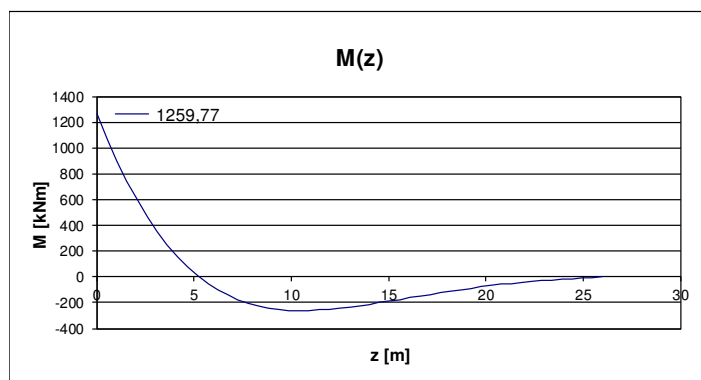
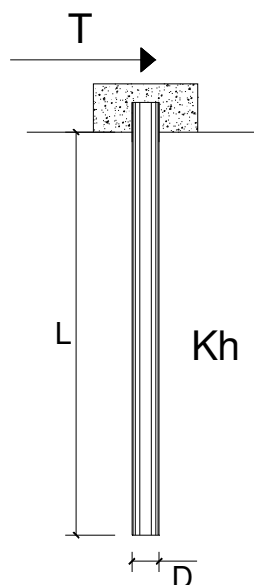
## Combinazione allo Stato Limite di Esercizio - Caratteristica

### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

#### OPERA:

#### DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 375,91   | (kN)                 |
| $f_{ck}$ del calcestruzzo:                                                  | 24,9     | (MPa)                |
| $f_{cm}$ del calcestruzzo:                                                  | 32,9     | (MPa)                |
| $E_{cls}$ ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                 | 31447    | (MPa)                |
| J ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                               | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



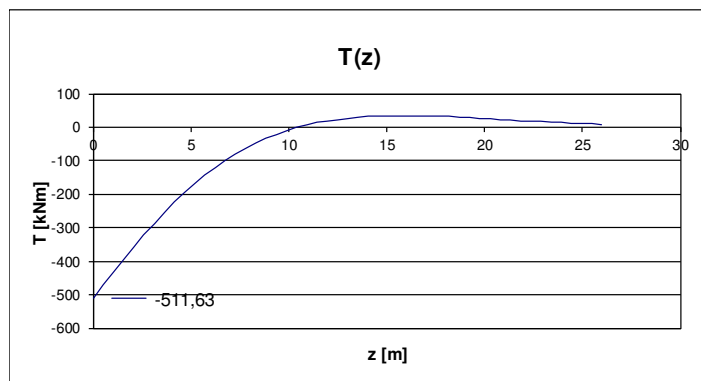
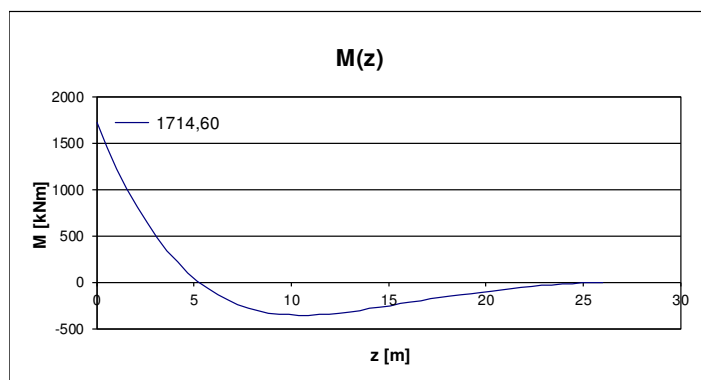
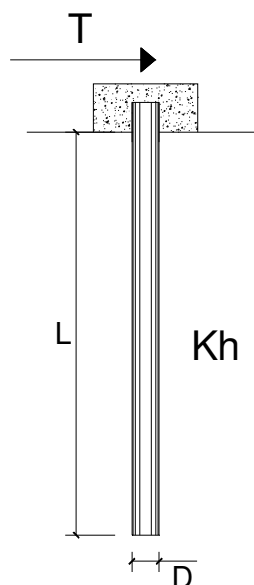
## Combinazione allo Stato Limite Ultimo - STR

### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

#### OPERA:

#### DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 511,63   | (kN)                 |
| $f_{ck}$ del calcestruzzo:                                                  | 24,9     | (MPa)                |
| $f_{cm}$ del calcestruzzo:                                                  | 32,9     | (MPa)                |
| $E_{cls}$ ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                 | 31447    | (MPa)                |
| J ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                               | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



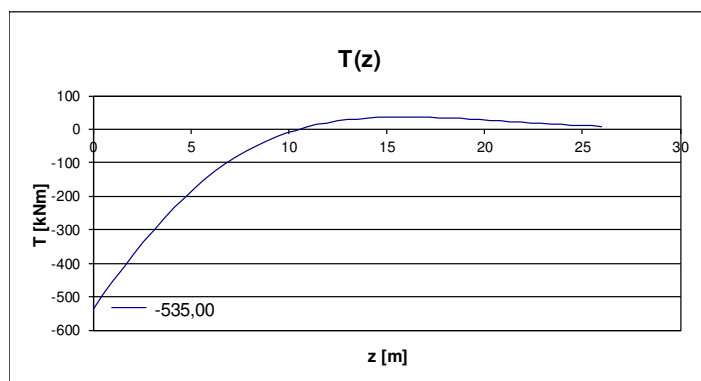
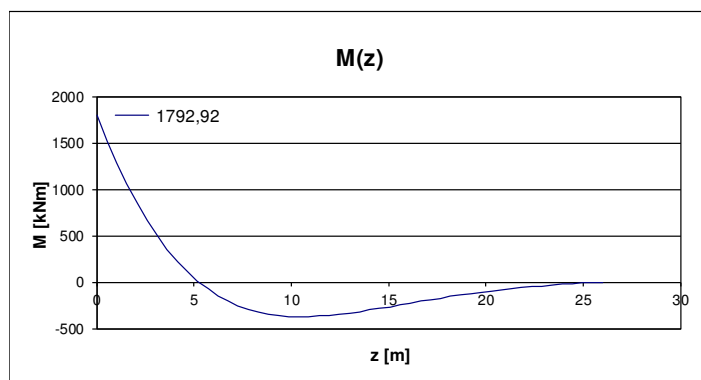
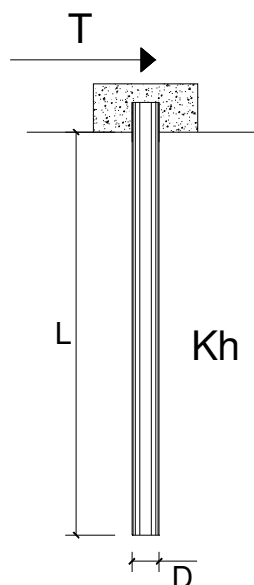
## Combinazione allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita

### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

#### OPERA:

#### DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 535      | (kN)                 |
| $f_{ck}$ del calcestruzzo:                                                  | 24,9     | (MPa)                |
| $f_{cm}$ del calcestruzzo:                                                  | 32,9     | (MPa)                |
| $E_{cls}$ ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                 | 31447    | (MPa)                |
| J ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                               | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



#### 14.2.4 RIEPILOGO DELLE AZIONI SOLLECITANTI DI VERIFICA

| SOTTOSTRUTTURA |            | COMBINAZIONE           | $N_{Sd,max}$<br>[kN] | $N_{Sd,min}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] | $M_{Sd}$<br>[kNm] |
|----------------|------------|------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
| SPALLA A       | ZATTERA SX | SLE - QUASI PERMANENTE | 3.232,07             | 339,65               | 333,07             | 1.116,20          |
|                |            | SLE - FREQUENTE        | 3.471,16             | 323,03               | 357,90             | 1.199,41          |
|                |            | SLE - CARATTERISTICA   | 3.584,97             | 288,18               | 373,68             | 1.252,29          |
|                |            | SLU - STR              | 4.876,83             | 382,48               | 508,60             | 1.704,44          |
|                |            | SLV                    | 4.165,43             | -250,96              | 540,22             | 1.810,41          |
|                | ZATTERA DX | SLE - QUASI PERMANENTE | 3.233,53             | 337,79               | 333,41             | 1.117,34          |
|                |            | SLE - FREQUENTE        | 3.511,13             | 322,02               | 359,65             | 1.205,28          |
|                |            | SLE - CARATTERISTICA   | 3.637,68             | 287,07               | 375,91             | 1.259,77          |
|                |            | SLU - STR              | 4.948,10             | 380,93               | 511,63             | 1.714,60          |
|                |            | SLV                    | 4.169,42             | -254,90              | 535,00             | 1.792,92          |

## 15 SPALLA A – VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE

### 15.1 SEZIONE ED ARMATURA DI VERIFICA

La sezione di verifica è circolare con diametro pari a **120 cm**.

L'armatura verticale (armatura di forza) è prevista come segue:

Gabbia superiore

- **36Ø26** disposti a raggiera (strato esterno)
- **12Ø26** disposti a raggiera (strato interno)

Gabbie inferiori

- **18Ø20** disposti a raggiera

L'armatura a taglio è costituita da una spirale:

- **Ø12/10** (gabbia superiore)
- **Ø12/20** (gabbie inferiori)

Il copriferro netto minimo è assunto pari a **60 mm**.

### 15.2 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

#### 15.2.1 COMBINAZIONE SLE - QUASI PERMANENTE - $N_{MAX}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 3.233,53 \text{ kN}$ .

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.117,34 \text{ kNm}$ .

**Verifica C.A. S.L.U. - File**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** [ ]

**Sezione circolare cava**

Raggio esterno: 60 [cm]  
Raggio interno: 0 [cm]  
N° barre uguali: 48  
Diametro barre: 2,6 [cm]  
Copriferro [baric.]: 9,65 [cm]

**N° barre:** 0 **Zoom:** [ ]

**Tipo Sezione**

☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☒ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

**Sollecitazioni**

S.L.U. **Metodo n**

$N_{Ed}$ : 0  $3233,53 \text{ kN}$   
 $M_{xEd}$ : 0  $1117,34 \text{ kNm}$   
 $M_{yEd}$ : 0 0

**P.to applicazione N**

☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm]  $xN$ : 0  $yN$ : 0

**Metodo di calcolo**

☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

**Materiali**

**B450C** **C25/30**

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 1  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6 N/mm<sup>2</sup>  
 $\tau_{c1}$ : 1,829 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_c$ : -7,106 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 38,55 N/mm<sup>2</sup>

Vertici: 50  
Verifica

$\epsilon_s$ : 0,1927 ‰  
 $d$ : 110,4 cm  
 $x$ : 81,04  $x/d$ : 0,7344  
 $\delta$ : 1

N° iterazioni: 3

☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 7,10 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 38,55 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 15.2.2 COMBINAZIONE SLE - QUASI PERMANENTE – $N_{MIN}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 337,79$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.117,34$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File: [ ] [ ] [ ]

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: [ ]

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]

Raggio interno: 0 [cm]

N° barre uguali: 48

Diametro barre: 2,6 [cm]

Copriferro (baric.): 9,65 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

☐ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☒ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo

☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☒ Metodo n

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 337,79 kN

M<sub>Ed</sub>: 0 1117,34 kNm

M<sub>Ed</sub>: 0 0

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰

$f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰

$E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14,17

$E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 1

$\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75

$\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6

$\tau_{c1}$ : 1,829

$\sigma_c$ : -6,468 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_s$ : 134,8 N/mm<sup>2</sup>

Vertici: 50

Verifica

N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

$\epsilon_s$ : 0,6738 ‰

d: 110,4 cm

x: 46,19 x/d: 0,4186

$\delta$ : 0,9632

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 6,46 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 134,80 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 15.2.3 COMBINAZIONE SLE - FREQUENTE - $N_{MAX}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 3.511,13$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.205,28$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 60 [cm]  
Raggio interno 0 [cm]  
N° barre uguali 48  
Diametro barre 2,6 [cm]  
Copriferro (baric.) 9,65 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☒ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 3511,13 kN  
M<sub>Ed</sub> 0 1205,28 kNm  
M<sub>Ed</sub> 0 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali  
B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  14,17 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

$\sigma_c$  -7,672 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  41,07 N/mm<sup>2</sup>

Vertici: 50  
Verifica  
N° iterazioni: 3

$\epsilon_s$  0,2053 ‰  
d 110,4 cm  
x 81,33 x/d 0,737  
 $\delta$  1

☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 7,67 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 41,07 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 15.2.4 COMBINAZIONE SLE - FREQUENTE – $N_{MIN}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 322,02$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.205,28$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 60 [cm]  
Raggio interno 0 [cm]  
N° barre uguali 48  
Diametro barre 2,6 [cm]  
Copriferro (baric.) 9,65 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☒ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 322,02 kN  
M<sub>Ed</sub> 0 1205,28 kNm  
M<sub>xEd</sub> 0  
M<sub>yEd</sub> 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali  
B450C C25/30  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm<sup>2</sup> ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub> 14,17 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 1  
ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

σ<sub>c</sub> -6,963 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s</sub> 147,1 N/mm<sup>2</sup>

Vertici: 50  
Verifica

N° iterazioni: 4

Precompresso

ε<sub>s</sub> 0,7357 ‰  
d 110,4 cm  
x 45,81 x/d 0,4152  
δ 0,9589

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 6,96 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 147,10 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 15.2.5 COMBINAZIONE SLE - CARATTERISTICA - $N_{MAX}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 3.637,68$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.259,77$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 60 [cm]  
Raggio interno 0 [cm]  
N° barre uguali 48  
Diametro barre 2,6 [cm]  
Copriferro (baric.) 9,65 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☒ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni  
S.L.U. Metodo n

N Ed 0 3637,68 kN  
M xEd 0 1259,77 kNm  
M yEd 0 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali  
B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

$\sigma_c$  -8,009 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  43,64 N/mm<sup>2</sup>

Vertici: 50  
Verifica

N° iterazioni: 3

☐ Precompresso

$\epsilon_s$  0,2182 ‰  
d 110,4 cm  
x 80,95 x/d 0,7335  
 $\delta$  1

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 8,00 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 43,64 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 15.2.6 COMBINAZIONE SLE - CARATTERISTICA – $N_{MIN}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 287,07$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.259,77$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 60 [cm]  
Raggio interno 0 [cm]  
N° barre uguali 48  
Diametro barre 2,6 [cm]  
Copriferro (baric.) 9,65 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☒ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 287,07 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 1259,77 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali  
B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

$\sigma_c$  -7,262 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  155,9 N/mm<sup>2</sup>

Vertici: 50  
Verifica

N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

$\epsilon_s$  0,7793 ‰  
d 110,4 cm  
x 45,39 x/d 0,4114  
 $\delta$  0,9542

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 7,26 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 155,90 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 15.3 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

#### 15.3.1 COMBINAZIONE SLE – QUASI PERMANENTE - $N_{MAX}$

| Dati             | <u>Verifica fessurazione sezione circolare</u><br><u>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6</u> |                                                  |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| $\sigma_s$       | 39 N/mm <sup>2</sup>                                                                                 | Tensione massima armatura tesa sezione fessurata |
| $R_{ck}$         | 30,0 N/mm <sup>2</sup>                                                                               | Resistenza caratteristica cubica cls             |
| $\phi_l$         | 26 mm                                                                                                | Diametro barre longitudinali                     |
| $\phi_s$         | 12 mm                                                                                                | Diametro staffe o spirale                        |
| $n$              | 48                                                                                                   | Numero ferri longitudinali                       |
| $c$              | 60 mm                                                                                                | Ricoprimento del calcestruzzo                    |
| $D$              | 1200 mm                                                                                              | Diametro                                         |
| $k_t$            | 0,4                                                                                                  | $k_t=0,6; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata |
| $k_2$            | 0,5                                                                                                  | $k_2=0,5; 1,0$ caso flessione/trazione semplice  |
| $k_1$            | 0,8                                                                                                  | $k_1=0,8; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce   |
| $w$              | 0,2 mm                                                                                               | Valore limite apertura fessure                   |
| Dati             |                                                                                                      |                                                  |
| $f_{ck}$         | 24,9 N/mm <sup>2</sup>                                                                               | Resistenza caratteristica cilindrica cls         |
| $i$              | 67 mm                                                                                                | Interasse ferri longitudinali                    |
| $A_\phi$         | 531 mm <sup>2</sup>                                                                                  | Area barra longitudinale                         |
| $E_s$            | 210000,0 N/mm <sup>2</sup>                                                                           | Modulo elastico acciaio da c.a                   |
| $f_{ctm}$        | 2,6 N/mm <sup>2</sup>                                                                                | Resistenza a trazione media cls                  |
| $E_{cm}$         | 31447,2 N/mm <sup>2</sup>                                                                            | Modulo elastico medio cls                        |
| $\alpha_e$       | 6,68                                                                                                 | Rapporto $E_s/E_{cm}$                            |
| $f_{cm}$         | 32,9 N/mm <sup>2</sup>                                                                               | Resistenza media cls                             |
| $\rho_{eff}$     | 0,0539                                                                                               | Rapporto area acciaio/area efficace              |
| $\epsilon_{sm1}$ | 0,000061                                                                                             | Deformazione unitaria media barre di calcolo     |
| $\epsilon_{sm2}$ | 0,000110                                                                                             | Deformazione unitaria media barre valore minimo  |
| $\epsilon_{sm}$  | 0,000110                                                                                             | Deformazione unitaria media                      |
| $k_3$            | 3,4                                                                                                  | Coefficiente                                     |
| $k_4$            | 0,4                                                                                                  | Coefficiente                                     |
| $\Delta s_{max}$ | 285,9 mm                                                                                             | Distanza massima tra le fessure                  |
| $w_d$            |  0,031 mm         | Valore di calcolo apertura fessure               |

15.3.2 COMBINAZIONE SLE – QUASI PERMANENTE –  $N_{MIN}$ 

| Dati             | Verifica fessurazione sezione circolare<br>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6 |                                                  |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                  |                                                                                        |                                                  |
| $\sigma_s$       | 135 N/mm <sup>2</sup>                                                                  | Tensione massima armatura tesa sezione fessurata |
| $R_{ck}$         | 30,0 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza caratteristica cubica cls             |
| $\phi_l$         | 26 mm                                                                                  | Diametro barre longitudinali                     |
| $\phi_s$         | 12 mm                                                                                  | Diametro staffe o spirale                        |
| $n$              | 48                                                                                     | Numero ferri longitudinali                       |
| $c$              | 60 mm                                                                                  | Ricoprimento del calcestruzzo                    |
| $D$              | 1200 mm                                                                                | Diametro                                         |
| $k_t$            | 0,4                                                                                    | $k_t=0,6; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata |
| $k_2$            | 0,5                                                                                    | $k_2=0,5; 1,0$ caso flessione/trazione semplice  |
| $k_1$            | 0,8                                                                                    | $k_1=0,8; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce   |
| $w$              | 0,2 mm                                                                                 | Valore limite apertura fessure                   |
| <b>Dati</b>      |                                                                                        |                                                  |
| $f_{ck}$         | 24,9 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza caratteristica cilindrica cls         |
| $i$              | 67 mm                                                                                  | Interasse ferri longitudinali                    |
| $A_\phi$         | 531 mm <sup>2</sup>                                                                    | Area barra longitudinale                         |
| $E_s$            | 210000,0 N/mm <sup>2</sup>                                                             | Modulo elastico acciaio da c.a                   |
| $f_{ctm}$        | 2,6 N/mm <sup>2</sup>                                                                  | Resistenza a trazione media cls                  |
| $E_{cm}$         | 31447,2 N/mm <sup>2</sup>                                                              | Modulo elastico medio cls                        |
| $\alpha_e$       | 6,68                                                                                   | Rapporto $E_s/E_{cm}$                            |
| $f_{cm}$         | 32,9 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza media cls                             |
| $\rho_{eff}$     | 0,0539                                                                                 | Rapporto area acciaio/area efficace              |
| $\epsilon_{sm1}$ | 0,000519                                                                               | Deformazione unitaria media barre di calcolo     |
| $\epsilon_{sm2}$ | 0,000385                                                                               | Deformazione unitaria media barre valore minimo  |
| $\epsilon_{sm}$  | 0,000519                                                                               | Deformazione unitaria media                      |
| $k_3$            | 3,4                                                                                    | Coefficiente                                     |
| $k_4$            | 0,4                                                                                    | Coefficiente                                     |
| $\Delta s_{max}$ | 285,9 mm                                                                               | Distanza massima tra le fessure                  |
| $w_d$            | ✓ 0,148 mm                                                                             | Valore di calcolo apertura fessure               |

### 15.3.3 COMBINAZIONE SLE – FREQUENTE - $N_{MAX}$

| Dati             | Verifica fessurazione sezione circolare<br>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6 |                                                  |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                  |                                                                                        |                                                  |
| $\sigma_s$       | 41 N/mm <sup>2</sup>                                                                   | Tensione massima armatura tesa sezione fessurata |
| $R_{ck}$         | 30,0 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza caratteristica cubica cls             |
| $\phi_l$         | 26 mm                                                                                  | Diametro barre longitudinali                     |
| $\phi_s$         | 12 mm                                                                                  | Diametro staffe o spirale                        |
| $n$              | 48                                                                                     | Numero ferri longitudinali                       |
| $c$              | 60 mm                                                                                  | Ricoprimento del calcestruzzo                    |
| $D$              | 1200 mm                                                                                | Diametro                                         |
| $k_t$            | 0,4                                                                                    | $k_t=0,6; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata |
| $k_2$            | 0,5                                                                                    | $k_2=0,5; 1,0$ caso flessione/trazione semplice  |
| $k_1$            | 0,8                                                                                    | $k_1=0,8; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce   |
| $w$              | 0,3 mm                                                                                 | Valore limite apertura fessure                   |
| <b>Dati</b>      |                                                                                        |                                                  |
| $f_{ck}$         | 24,9 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza caratteristica cilindrica cls         |
| $i$              | 67 mm                                                                                  | Interasse ferri longitudinali                    |
| $A_\phi$         | 531 mm <sup>2</sup>                                                                    | Area barra longitudinale                         |
| $E_s$            | 210000,0 N/mm <sup>2</sup>                                                             | Modulo elastico acciaio da c.a                   |
| $f_{ctm}$        | 2,6 N/mm <sup>2</sup>                                                                  | Resistenza a trazione media cls                  |
| $E_{cm}$         | 31447,2 N/mm <sup>2</sup>                                                              | Modulo elastico medio cls                        |
| $\alpha_e$       | 6,68                                                                                   | Rapporto $E_s/E_{cm}$                            |
| $f_{cm}$         | 32,9 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza media cls                             |
| $\rho_{eff}$     | 0,0539                                                                                 | Rapporto area acciaio/area efficace              |
| $\epsilon_{sm1}$ | 0,000073                                                                               | Deformazione unitaria media barre di calcolo     |
| $\epsilon_{sm2}$ | 0,000117                                                                               | Deformazione unitaria media barre valore minimo  |
| $\epsilon_{sm}$  | 0,000117                                                                               | Deformazione unitaria media                      |
| $k_3$            | 3,4                                                                                    | Coefficiente                                     |
| $k_4$            | 0,4                                                                                    | Coefficiente                                     |
| $\Delta s_{max}$ | 285,9 mm                                                                               | Distanza massima tra le fessure                  |
| $w_d$            | ✓ 0,034 mm                                                                             | Valore di calcolo apertura fessure               |

15.3.4 COMBINAZIONE SLE – FREQUENTE -  $N_{MIN}$ 

| Dati             | Verifica fessurazione sezione circolare<br>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6 |                                                  |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                  |                                                                                        |                                                  |
| $\sigma_s$       | 147 N/mm <sup>2</sup>                                                                  | Tensione massima armatura tesa sezione fessurata |
| $R_{ck}$         | 30,0 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza caratteristica cubica cls             |
| $\phi_l$         | 26 mm                                                                                  | Diametro barre longitudinali                     |
| $\phi_s$         | 12 mm                                                                                  | Diametro staffe o spirale                        |
| $n$              | 48                                                                                     | Numero ferri longitudinali                       |
| $c$              | 60 mm                                                                                  | Ricoprimento del calcestruzzo                    |
| $D$              | 1200 mm                                                                                | Diametro                                         |
| $k_t$            | 0,4                                                                                    | $k_t=0,6; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata |
| $k_2$            | 0,5                                                                                    | $k_2=0,5; 1,0$ caso flessione/trazione semplice  |
| $k_1$            | 0,8                                                                                    | $k_1=0,8; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce   |
| $w$              | 0,3 mm                                                                                 | Valore limite apertura fessure                   |
| <b>Dati</b>      |                                                                                        |                                                  |
| $f_{ck}$         | 24,9 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza caratteristica cilindrica cls         |
| $i$              | 67 mm                                                                                  | Interasse ferri longitudinali                    |
| $A_\phi$         | 531 mm <sup>2</sup>                                                                    | Area barra longitudinale                         |
| $E_s$            | 210000,0 N/mm <sup>2</sup>                                                             | Modulo elastico acciaio da c.a                   |
| $f_{ctm}$        | 2,6 N/mm <sup>2</sup>                                                                  | Resistenza a trazione media cls                  |
| $E_{cm}$         | 31447,2 N/mm <sup>2</sup>                                                              | Modulo elastico medio cls                        |
| $\alpha_e$       | 6,68                                                                                   | Rapporto $E_s/E_{cm}$                            |
| $f_{cm}$         | 32,9 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza media cls                             |
| $\rho_{eff}$     | 0,0539                                                                                 | Rapporto area acciaio/area efficace              |
| $\epsilon_{sm1}$ | 0,000578                                                                               | Deformazione unitaria media barre di calcolo     |
| $\epsilon_{sm2}$ | 0,000420                                                                               | Deformazione unitaria media barre valore minimo  |
| $\epsilon_{sm}$  | 0,000578                                                                               | Deformazione unitaria media                      |
| $k_3$            | 3,4                                                                                    | Coefficiente                                     |
| $k_4$            | 0,4                                                                                    | Coefficiente                                     |
| $\Delta s_{max}$ | 285,9 mm                                                                               | Distanza massima tra le fessure                  |
| $w_d$            | ✓ 0,165 mm                                                                             | Valore di calcolo apertura fessure               |

## 15.4 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSOFLESSIONE

### 15.4.1 CONDIZIONE STATICA SLU - STR - $N_{MAX}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{Sd} = 4.948,10$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{Sd} = 1.714,60$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File: [ ] [ ] [ ]

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: [ ]

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]

Raggio interno: 0 [cm]

N° barre uguali: 48

Diametro barre: 2,6 [cm]

Copri ferro (baric.): 9,65 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

☐ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☒ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 4948,10 [kN]

M<sub>Ed</sub>: 1714,60 [kNm]

M<sub>Ed</sub>: 0 [kNm]

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☒ Metodo n

Tipo flessione

☒ Retta ☐ Deviata

Vertici: 50 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 [cm] Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰

$f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰

$E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14,17

$E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 1

$\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75

$\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6

$\tau_{c1}$ : 1,829

M<sub>Rd</sub>: 4.774 [kNm]

$\sigma_c$ : -14,17 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_s$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_c$ : 3,5 ‰

$\epsilon_s$ : 3,428 ‰

d: 110,4 [cm]

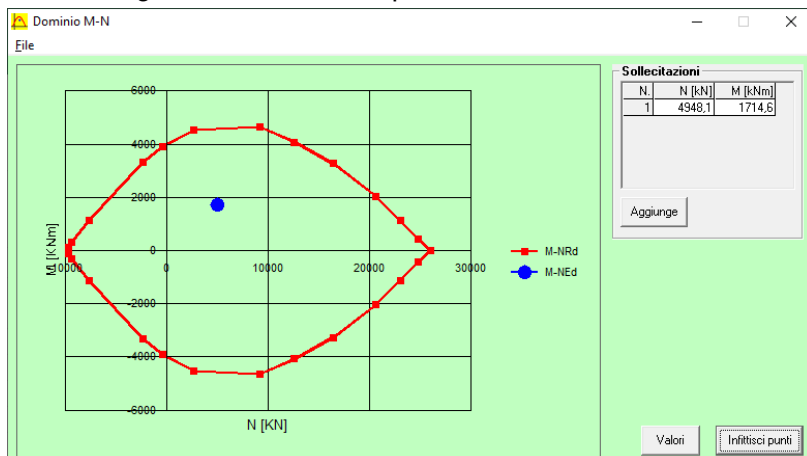
x: 55,75 x/d: 0,5052

$\delta$ : 1

Il momento resistente risulta pari a:

$$M_{Rd} = 4.774,00 \text{ kNm} > M_{Sd} = 1.714,60 \text{ kNm}$$

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 15.4.2 CONDIZIONE STATICA SLU - STR - $N_{MIN}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 380,93$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.714,60$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo:

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]  
Raggio interno: 0 [cm]  
N° barre uguali: 48  
Diametro barre: 2,6 [cm]  
Copriferro (baric.): 9,65 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione:  
☐ Rettang. ☐ Trapezi  
☐ a T ☒ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni:  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 380,93 kN  
M<sub>xEd</sub>: 1714,60 kNm  
M<sub>yEd</sub>: 0

P.to applicazione N:  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura:  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:  
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -  
☐ Metodo n

Tipo flessione:  
☒ Retta ☐ Deviata

Vertici: 50 N° rett.: 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Materiali:  
B450C C25/30  
E<sub>su</sub>: 67,5 ‰ E<sub>c2</sub>: 2 ‰  
f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm<sup>2</sup> E<sub>cu</sub>: 3,5 ‰  
E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub>: 14,17 N/mm<sup>2</sup>  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 1  
E<sub>syd</sub>: 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 9,75 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub>: 0,6  
τ<sub>cl</sub>: 1,829

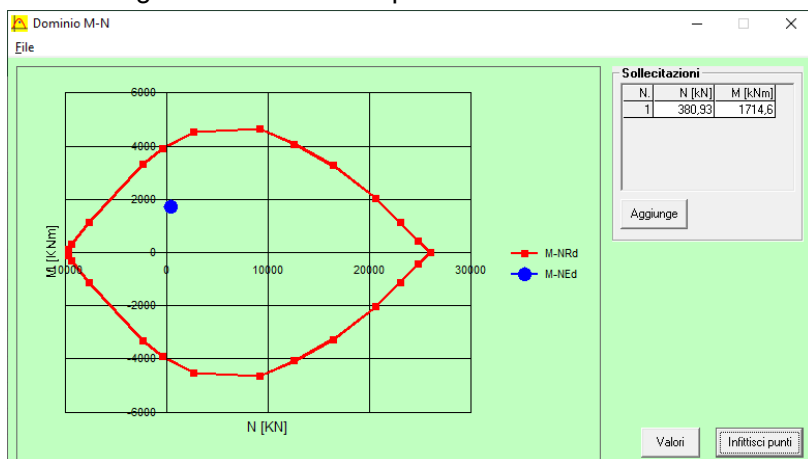
M<sub>xRd</sub>: 4.107 kNm  
σ<sub>c</sub>: -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s</sub>: 391,3 N/mm<sup>2</sup>  
ε<sub>c</sub>: 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub>: 6,528 ‰  
d: 110,4 cm  
x: 38,51 x/d: 0,349  
δ: 0,8763

☐ Precompresso

Il momento resistente risulta pari a:

$M_{Rd} = 4.107,00$  kNm >  $M_{sd} = 1.714,60$  kNm

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 15.4.3 CONDIZIONE SISMICA SLV - $N_{MAX}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 4.165,43$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.810,41$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo:

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]  
Raggio interno: 0 [cm]  
N° barre uguali: 48  
Diametro barre: 2,6 [cm]  
Copriferro (baric.): 9,65 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione:  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni:  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 4165,43 kN  
M<sub>xEd</sub>: 1810,41 kNm  
M<sub>yEd</sub>: 0

P.to applicazione N:  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura:  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:  
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☐ Metodo n

Tipo flessione:  
☒ Retta ☐ Deviata

Vertici: 50 N° rett.: 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Materiali:  
B450C C25/30  
E<sub>su</sub>: 67,5 ‰ E<sub>c2</sub>: 2 ‰  
f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm<sup>2</sup> E<sub>cu</sub>: 3,5 ‰  
E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub>: 14,17 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 1  
E<sub>syd</sub>: 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 9,75  
σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub>: 0,6  
τ<sub>c1</sub>: 1,829

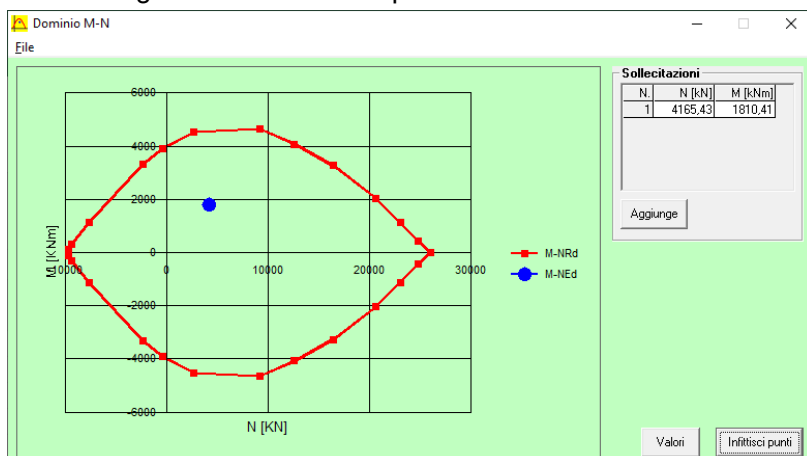
M<sub>xRd</sub>: 4.713 kNm  
σ<sub>c</sub>: -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s</sub>: 391,3 N/mm<sup>2</sup>  
ε<sub>c</sub>: 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub>: 3,811 ‰  
d: 110,4 cm  
x: 52,82 x/d: 0,4787  
δ: 1

☐ Precompresso

Il momento resistente risulta pari a:

$M_{Rd} = 4.713,00$  kNm >  $M_{sd} = 1.810,41$  kNm

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

#### 15.4.4 CONDIZIONE SISMICA SLV – $N_{MIN}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = -250,96$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.810,41$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo:

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]  
Raggio interno: 0 [cm]  
N° barre uguali: 48  
Diametro barre: 2,6 [cm]  
Copriferro (baric.): 9,65 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione:  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni:  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: -250,96 kN  
M<sub>xEd</sub>: 1810,41 kNm  
M<sub>yEd</sub>: 0

P.to applicazione N:  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm]: xN 0 yN 0

Tipo rottura:  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:  
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☐ Metodo n

Tipo flessione:  
☒ Retta ☐ Deviata

Vertici: 50 N° rett.: 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Materiali:  
B450C C25/30  
E<sub>su</sub>: 67,5 ‰ E<sub>c2</sub>: 2 ‰  
f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm² E<sub>cu</sub>: 3,5 ‰  
E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 14,17 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 1  
E<sub>syd</sub>: 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 9,75  
σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0,6  
τ<sub>cl</sub>: 1,829

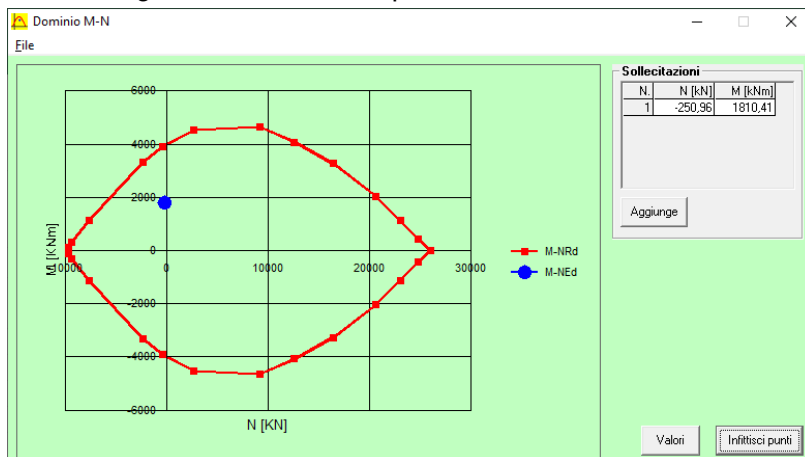
M<sub>xRd</sub>: 3.950 kNm  
σ<sub>c</sub>: -14,17 N/mm²  
σ<sub>s</sub>: 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub>: 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub>: 7,21 ‰  
d: 110,4 cm  
x: 36,06 x/d: 0,3268  
δ: 0,8485

☐ Precompresso

Il momento resistente risulta pari a:

$M_{Rd} = 3.950,00$  kNm >  $M_{sd} = 1.810,41$  kNm

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 15.5 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a  $V_{sd} = 540,22 \text{ kN}$ .

A favore di sicurezza non viene considerato il contributo dell'azione normale.

La verifica viene condotta su una sezione quadrata equivalente di lato pari a **106,34 cm** (equivalenza d'area).

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO D.M. 17.01.2018 - CAPITOLO 4.1.2.3.5.2

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE

|                                    |   |        |      |
|------------------------------------|---|--------|------|
| Base della sezione trasversale:    | b | 106,35 | [cm] |
| Altezza della sezione trasversale: | h | 106,35 | [cm] |
| Copri ferro netto:                 | c | 6,00   | [cm] |
| Altezza utile della sezione:       | d | 100,35 | [cm] |

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

|                                                      |          |        |                      |
|------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------|
| Classe di resistenza del calcestruzzo:               |          | C25/30 |                      |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione:     | $R_{ck}$ | 30,00  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione: | $f_{ck}$ | 24,90  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo a compressione:                | $f_{cd}$ | 14,11  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tipologia dell'acciaio da armatura:                  |          | B450C  |                      |
| Tensione caratteristica di rottura:                  | $f_{tk}$ | 540,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione caratteristica di snervamento:              | $f_{yk}$ | 450,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo:                               | $f_{yd}$ | 391,30 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

#### AZIONI SOLLECITANTI DI CALCOLO

|                              |           |        |      |
|------------------------------|-----------|--------|------|
| Azione tagliante di calcolo: | $V_{S,d}$ | 540,22 | [kN] |
| Azione normale di calcolo:   | $N_{S,d}$ | 0,00   | [kN] |

#### ARMATURA TRASVERSALE

|                                                                       |                      |       |                      |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|-------|----------------------|
| Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo:                             | $\theta$             | 45,00 | [°]                  |
| Cotangente dell'angolo $\theta$ :                                     | $\cot(\theta)$       | 1,00  |                      |
| Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave: | $\alpha$             | 90,00 | [°]                  |
| Numero di bracci dell'armatura trasversale:                           | n                    | 2,00  |                      |
| Passo longitudinale delle armature trasversali:                       | s                    | 10,00 | [cm]                 |
| Diametro dell'armatura trasversale:                                   | $\varnothing_{trav}$ | 12,00 | [mm]                 |
| Area della singola barra:                                             | $A_{barra}$          | 1,13  | [cm <sup>2</sup> ]   |
| Area totale dell'armatura trasversale:                                | $A_{tot}$            | 22,60 | [cm <sup>2</sup> /m] |

#### VERIFICA ALLO S.L.U. PER TAGLIO

La resistenza di calcolo a "taglio trazione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.27]:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot [\cot(\alpha) + \cot(\theta)] \cdot \sin(\alpha)$$

La resistenza di calcolo a "taglio compressione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.28]:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{[\cot(\alpha) + \cot(\theta)]}{[1 + \cot^2(\theta)]}$$

|                                                     |                           |         |                      |
|-----------------------------------------------------|---------------------------|---------|----------------------|
| Larghezza minima della sezione:                     | $b_w$                     | 106,35  | [cm]                 |
| Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo: | $f_{yd}$                  | 7,06    | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione media di compressione nella sezione:       | $\sigma_{cp}$             | 0,00    | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Coefficiente maggiorativo $\alpha_c$ :              | $\alpha_c$                | 1,00    |                      |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"           | $V_{Rsd}$                 | 798,70  | [kN]                 |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSIONE"       | $V_{Rcd}$                 | 3388,16 | [kN]                 |
| AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:          | $V_{R,d}$                 | 798,70  | [kN]                 |
| COEFFICIENTE DI SICUREZZA:                          | $F_s = V_{R,d} / V_{S,d}$ | 1,48    |                      |

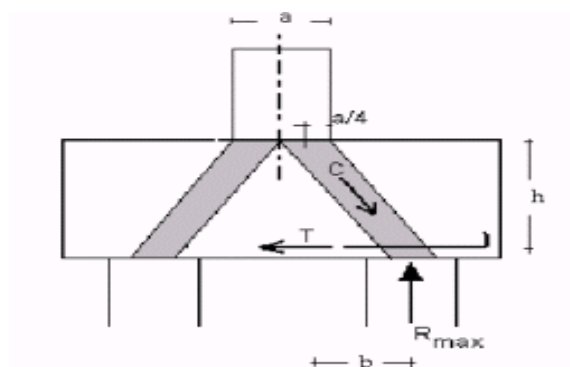
LA VERIFICA RISULTA POSITIVA.

## 16 SPALLA A – VERIFICHE STRUTTURALI DELLE ZATTERE DI FONDAZIONE

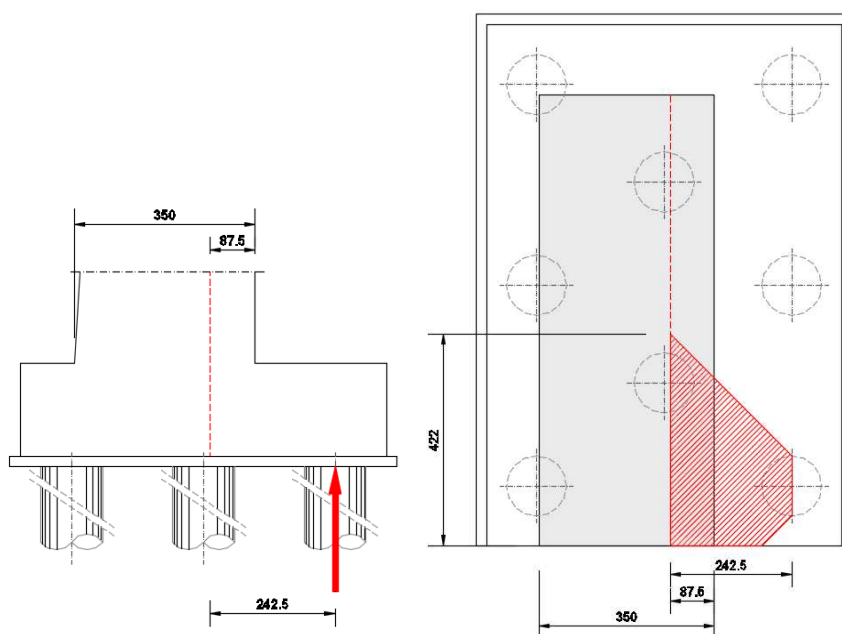
### 16.1 ZATTERA DI FONDAZIONE – VERIFICHE STRUTTURALI

La verifica della zattera di fondazione è stata condotta con il metodo degli stati limite, calcolando la capacità ultima di resistenza dell'elemento strutturale rispetto ai principali meccanismi di collasso individuabili.

È necessario osservare che, dato il valore dei rapporti altezza – aggetto dalla pila nelle diverse situazioni presenti nel progetto, le mensole da verificare sono di tipo “tozzo”. Pertanto non può essere impiegata la “teoria della trave”, ma è più opportuno adottare una schematizzazione a traliccio basata sull'ipotesi di un meccanismo di trasferimento degli sforzi a “tirante di acciaio” – “puntone di cls” che meglio rappresenta il reale andamento delle tensioni all'interno dei materiali costituenti l'elemento.



Per la verifica della fondazione è necessario per prima cosa stabilire la larghezza di zattera di fondazione competente al singolo palo, da assumere per il meccanismo resistente a tirante-puntone. Si ottiene diffondendo il carico trasmesso dal palo secondo delle isostatiche a 45°, ed è pari a  $l = 4,22 \text{ m}$ , come mostrato delle immagini successive:



Di seguito si assume quindi un sistema a tirante-puntone isolato dal resto del plinto e di larghezza pari a  $l = 4,22 \text{ m}$ , nel quale il tirante è costituito da **41Ø26** (Area: **217,68 cm<sup>2</sup>**).

Detta  $h = 1,710 \text{ m}$  la distanza del baricentro del tirante inferiore dal lembo compresso superiore ed assumendo quale braccio  $b$  della mensola tozza, quello che va dal centro dei pali ad  $\frac{1}{4}$  dello spessore del muro in elevazione, e pertanto  $b = 2,425 \text{ m}$ , si calcola la risultante ultima resistente sull'insieme dei pali di bordo in direzione trasversale, assumendo:

- $\sigma_s = 360,00 \text{ N/mm}^2$  (tensione limite definita per le verifiche di limitazione delle tensioni in esercizio)
- $f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$  (resistenza di calcolo dell'acciaio)

La resistenza del tirante in acciaio costituito dall'armatura inferiore è valutata mediante la seguente relazione:

- Stato Limite di Esercizio  $\rightarrow T_{Rd} = A_s \cdot \sigma_s \cdot \frac{h}{d}$
- Stato Limite Ultimo  $\rightarrow T_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot \frac{h}{d}$

La tensione massima sul calcestruzzo della biella compressa è valutata mediante la seguente relazione:

$$\sigma_c = \frac{N_{Sd}}{(0,2 \cdot h \cdot l) \cdot (\sin(\arctan(\frac{h}{b})))}$$

Di seguito sono riportate le verifiche del tirante metallico e dalla biella compressa in calcestruzzo per le differenti combinazioni di carico considerate:

| SOTTOSTRUTTURA |            | COMBINAZIONE           | l<br>[m] | b<br>[m] | h<br>[m] | A <sub>s</sub><br>[mm <sup>2</sup> ] | f <sub>y</sub><br>[N/mm <sup>2</sup> ] | VERIFICA DEL TIRANTE IN ACCIAIO |                         |                  | VERIFICA DEL PUNTONE IN CLS            |                                          |                  |
|----------------|------------|------------------------|----------|----------|----------|--------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|------------------|
|                |            |                        |          |          |          |                                      |                                        | N <sub>Sd,max</sub><br>[kN]     | T <sub>Rd</sub><br>[kN] | F <sub>SIC</sub> | σ <sub>c</sub><br>[N/mm <sup>2</sup> ] | σ <sub>lim</sub><br>[N/mm <sup>2</sup> ] | F <sub>SIC</sub> |
| SPALLA A       | ZATTERA SX | SLE - QUASI PERMANENTE | 4,22     | 2,425    | 1,710    | 21.768,00                            | 360,00                                 | 3.232,07                        | 5.525,93                | 1,71             | 3,89                                   | 14,94                                    | 3,84             |
|                |            | SLE - FREQUENTE        | 4,22     | 2,425    | 1,710    | 21.768,00                            | 360,00                                 | 3.471,16                        | 5.525,93                | 1,59             | 4,17                                   | 14,94                                    | 3,58             |
|                |            | SLE - CARATTERISTICA   | 4,22     | 2,425    | 1,710    | 21.768,00                            | 360,00                                 | 3.584,97                        | 5.525,93                | 1,54             | 4,31                                   | 19,92                                    | 4,62             |
|                |            | SLU - STR              | 4,22     | 2,425    | 1,710    | 21.768,00                            | 391,30                                 | 4.876,83                        | 6.006,38                | 1,23             | 5,86                                   | 18,81                                    | 3,21             |
|                |            | SLV                    | 4,22     | 2,425    | 1,710    | 21.768,00                            | 391,30                                 | 4.165,43                        | 6.006,38                | 1,44             | 5,01                                   | 18,81                                    | 3,76             |
|                | ZATTERA DX | SLE - QUASI PERMANENTE | 4,22     | 2,425    | 1,710    | 21.768,00                            | 360,00                                 | 3.233,53                        | 5.525,93                | 1,71             | 3,89                                   | 14,94                                    | 3,84             |
|                |            | SLE - FREQUENTE        | 4,22     | 2,425    | 1,710    | 21.768,00                            | 360,00                                 | 3.511,13                        | 5.525,93                | 1,57             | 4,22                                   | 14,94                                    | 3,54             |
|                |            | SLE - CARATTERISTICA   | 4,22     | 2,425    | 1,710    | 21.768,00                            | 360,00                                 | 3.637,68                        | 5.525,93                | 1,52             | 4,37                                   | 19,92                                    | 4,55             |
|                |            | SLU - STR              | 4,22     | 2,425    | 1,710    | 21.768,00                            | 391,30                                 | 4.948,10                        | 6.006,38                | 1,21             | 5,95                                   | 18,81                                    | 3,16             |
|                |            | SLV                    | 4,22     | 2,425    | 1,710    | 21.768,00                            | 391,30                                 | 4.169,42                        | 6.006,38                | 1,44             | 5,01                                   | 18,81                                    | 3,75             |

## 17 SPALLA A – VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI DI FONDAZIONE

### 17.1 FORMULAZIONI ADOTTATE PER LA VERIFICA DEL CARICO LIMITE ULTIMO

La stima della capacità portante per carico verticale di un palo isolato  $Q_{LIM}$  mediante formule statiche è ottenuta valutando i massimi mobilizzabili, in condizioni di equilibrio limite, della resistenza laterale  $Q_S$  e di quella di punta  $Q_P$ :

$$Q_{LIM} + W_P = Q_S + Q_P$$

essendo  $W_P$  il peso proprio del palo.

Si fanno le seguenti ipotesi:

- il carico limite del sistema palo – terreno è condizionato dalla resistenza del terreno e non da quella del palo;
- il palo è un corpo cilindrico rigido;
- i termini di capacità portante per attrito e/o aderenza laterale  $Q_S$  e di capacità portante di punta  $Q_P$  non si influenzano reciprocamente e possono essere determinati separatamente.

#### 17.1.1 PALO IN TERRENO COESIVO SATURO

##### Stima della capacità portante laterale $Q_S$

La capacità portante per aderenza e/o per attrito laterale  $Q_S$  per un palo di diametro  $D$  e lunghezza  $L$  è per definizione:

$$Q_S = \pi \cdot D \cdot \int_0^L \tau_s \cdot dz$$

Si assume che le tensioni tangenziali limite siano una quota parte della resistenza a taglio non drenata originaria del terreno indisturbato:

$$\tau_s = \alpha \cdot c_u$$

In cui  $\alpha$  è un coefficiente empirico di aderenza che dipende dal tipo di terreno, dalla resistenza al taglio non drenata del terreno indisturbato, dal metodo di costruzione del palo, dal tempo, dalla profondità e dal cedimento del palo.

Per la valutazione del coefficiente  $\alpha$  per i pali trivellati si assume la seguente formulazione con  $c_u$  espresso in [kPa] (Viggiani, 1999):

- $c_u < 25 \rightarrow \alpha = 0,70$
- $25 < c_u < 70 \rightarrow \alpha = 0,70 - 0,08 \cdot (c_u - 25)$
- $70 < c_u \rightarrow \alpha = 0,35$

##### Stima della capacità portante di punta $Q_P$

Per la stima della capacità portante di punta  $Q_P$  si esegue un'analisi in condizioni non drenate, in termini di tensioni totali. L'equazione di riferimento è formalmente identica a quella della capacità portante di fondazioni superficiali su terreno coesivo in condizioni non drenate:

$$Q_P = A_P \cdot q_P = A_P \cdot (c_u \cdot N_c + \sigma_{v0,P})$$

in cui:

- $A_P$  è l'area di base del palo;
- $q_P$  è la capacità portante unitaria;
- $c_u$  è la resistenza al taglio in condizioni non drenate del terreno alla profondità della base del palo;
- $\sigma_{v0,P}$  è la tensione verticale totale alla punta;
- $N_c$  è il fattore di capacità portante, il cui valore è assunto pari a **9,00**.

### 17.1.2 PALO IN TERRENO INCOERENTE

Nel caso di pali in terreni incoerenti, e quindi a elevata permeabilità, l'analisi è svolta sempre con riferimento alle condizioni drenate e quindi in termini di tensioni efficaci.

#### Stima della capacità portante laterale $Q_s$

La capacità portante per aderenza e/o per attrito laterale per un palo di diametro  $D$  e lunghezza  $L$  è per definizione:

$$Q_s = \pi \cdot D \cdot \int_0^L \tau_s \cdot dz$$

Si assume che le sovrappressioni interstiziali che si generano durante la messa in opera del palo si siano dissipate al momento di applicazione del carico e che pertanto la tensione tangenziale limite possa essere valutata, con riferimento alle tensioni efficaci, nel modo seguente:

$$\tau_s = \sigma'_h \cdot \tan \delta = K \cdot \sigma'_{v0} \cdot \tan \delta$$

in cui:

- $\sigma'_h$  è la tensione efficace orizzontale nel terreno a contatto con il palo;
- $\sigma'_{v0}$  è la tensione efficace verticale iniziale prima della messa in opera del palo;
- $K$  è un coefficiente di spinta, rapporto fra  $\sigma'_h$  e  $\sigma'_{v0} \rightarrow K = 1 - \sin(\varphi')$
- $\tan \delta$  è il coefficiente di attrito palo – terreno  $\rightarrow \mu = \tan \delta = \tan(\varphi')$

#### Stima della capacità portante di punta $Q_P$

Per la stima della capacità portante di punta  $Q_P$  dei pali in terreni incoerenti è stimata con l'equazione:

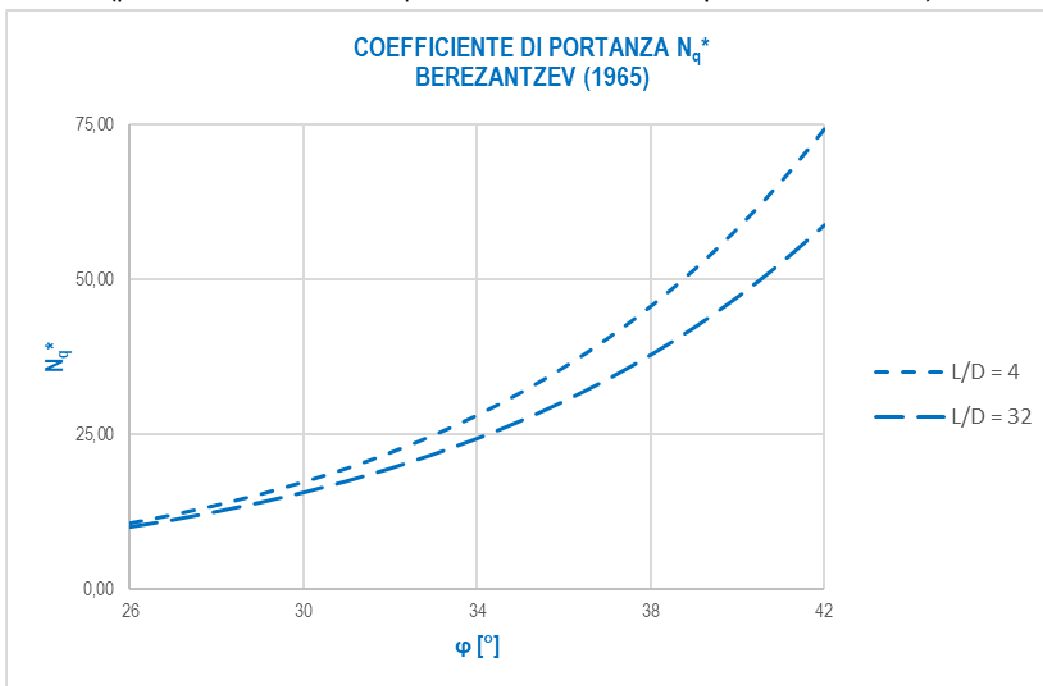
$$Q_P = A_P \cdot q_P = A_P \cdot \sigma'_{v0,P} \cdot N_q$$

in cui:

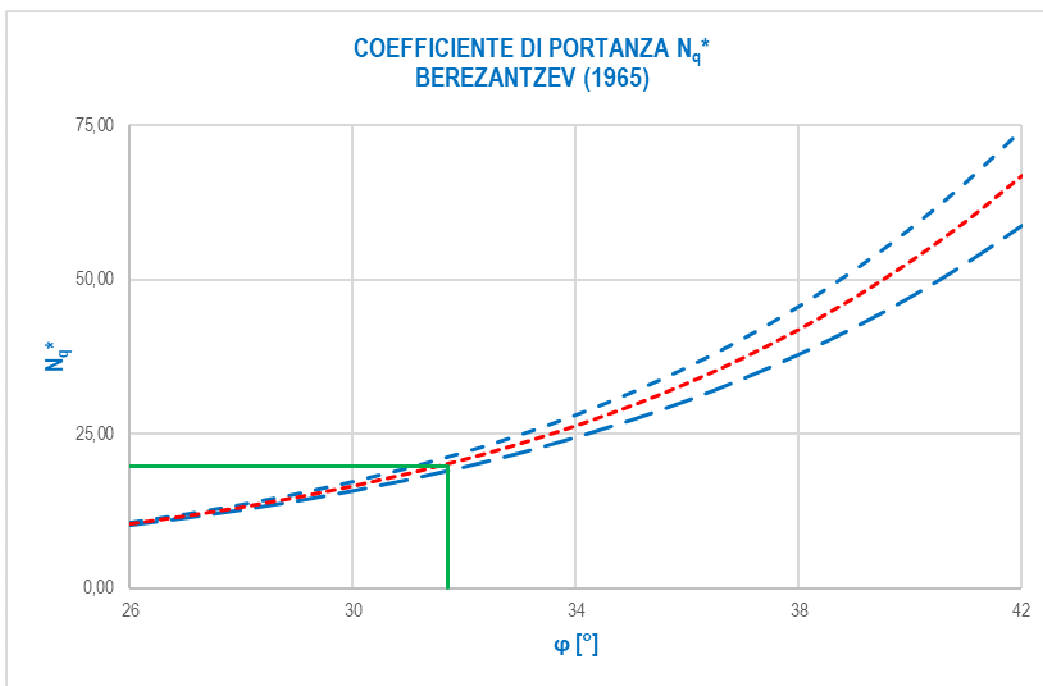
- $A_P$  è l'area di base del palo;
- $q_P$  è la capacità portante unitaria;
- $\sigma_{v0,P}$  è la tensione verticale totale alla punta;
- $N_q$  è il fattore di capacità portante.

## 17.2 VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI CAPACITÀ PORTANTE ALLA PUNTA $N_q$

Il fattore di capacità portante  $N_q$  è definito mediante il metodo di Berezantzev “ridotto” (1965), in funzione al valore dell’angolo di attrito del terreno in corrispondenza della base del palo e del rapporto tra lunghezza del palo  $L$  e diametro del palo  $D$ . Il valore di  $N_q^*$  è estrapolabile dal seguente abaco (per valori intermedi si procede mediante interpolazione lineare):



Considerato un terreno alla base con angolo di attrito pari a  $31,70^\circ$  e un rapporto  $L/D = 26,00/1,20 = 21,67$ , è stato determinato un valore del coefficiente di portanza alla punta pari a  $N_q^* = 19,48$ .



Considerato l'utilizzo del metodo di Berezantzev “ridotto” per i pali di grande diametro (cautelativo), non è stata presa in considerazione la correlazione di Kishida per i pali trivellati.

### 17.3 VERIFICHE DI PORTANZA VERTICALE (CARICO LIMITE ULTIMO) E LATERALE DEL PALO

Le verifiche geotecniche di carico limite ultimo e portanza laterale sono state condotte mediante il software CARL 12.0 (Aztec Informatica).

Considerato il piano di posa della zattera di fondazione posto a quota **-2,80 m** dal piano di campagna (pari allo spessore della zattera), si considera una pressione iniziale in corrispondenza di tale piano (testa palo) pari al peso del terreno originario rimosso:

$$p = 18,50 \times 2,80 = 27,75 \text{ kN/m}^2 = 0,518 \text{ kg/cm}^2$$

Si considera, per i primi **3,0 m** a partire dalla testa palo, la presenza del lamierino metallico a perdere.

Le verifiche sono state condotte per le combinazioni allo Stato Limite Ultimo statiche e sismiche maggiormente gravose, considerando i seguenti carichi:

| COMBINAZIONE | $N_{sd}$<br>[kN] | $V_{sd}$<br>[kN] |
|--------------|------------------|------------------|
| SLU - STR    | 4.948,10         | 511,63           |
| SLV          | 4.169,42         | 540,22           |

Il peso proprio del palo è tenuto in conto in maniera automatica dal software di calcolo.

#### Richiami teorici

##### Determinazione della capacità portante

Il carico verticale che grava sul palo va confrontato con il valore di calcolo della resistenza verticale del palo stesso. Il problema che si pone, quindi, è quello di determinare la capacità portante del palo. Determinata la capacità portante, la resistenza di calcolo verticale del palo si ottiene applicando degli opportuni coefficienti di sicurezza.

La capacità portante di un palo viene valutata come somma di due contributi: portanza di base (o di punta) e portanza per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

- $Q_T$  Portanza totale del palo;
- $Q_P$  Portanza di base del palo;
- $Q_L$  Portanza per attrito laterale del palo;
- $W_P$  Peso proprio del palo.

Le due componenti  $Q_P$  e  $Q_L$  sono calcolate in modo indipendente fra loro. Risulta molto difficoltoso, tranne che in poche situazioni, stabilire quanta parte del carico viene assorbita per attrito laterale e quanta per resistenza alla base.

Nel caso di pali soggetti a trazione la resistenza allo sfilamento vale:

$$Q_T = Q_L + W_P$$

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo  $Q_A$  applicando degli opportuni coefficienti di sicurezza rispettivamente  $\gamma_b$  e  $\gamma_s$ .

I coefficienti  $\gamma_b$  e  $\gamma_s$  rappresentano rispettivamente i valori del coefficiente di sicurezza per la portanza di punta e quello per la portanza laterale.

Quindi nel caso di pali compressi abbiamo la seguente relazione:

$$Q_A = Q_P / \gamma_b + Q_L / \gamma_s - W_P$$

Nel caso invece di pali soggetti a sforzi di trazione abbiamo la seguente relazione:

$$Q_A = Q_L / \gamma_s + W_P$$

##### *Capacità portante di punta*

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_P = A_P (c N_c + q_b N_q)$$

dove  $A_p$  è l'area portante efficace della punta del palo,  $c$  è la coesione,  $q_b$  è la pressione del terreno alla quota della punta del palo ed i coefficienti  $N_c$  e  $N_q$  sono i coefficienti delle formule della capacità portante corretti per tener conto degli effetti di profondità.  $N_c$  ed  $N_q$  dipendono sia dalla geometria del palo che dalle caratteristiche del terreno angolo di attrito e coesione ( $\phi$  e  $c$ ).

### Capacità portante per attrito laterale

La portanza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limiti:

$$Q_L = \int (\tau_a) dS$$

dove  $\tau_a$  è dato dalla nota relazione di Coulomb:

$$\tau_a = c_a + \sigma_h \tan \delta$$

dove  $c_a$  è l'adesione palo-terreno,  $\delta$  è l'angolo di attrito palo-terreno, e  $\sigma_h$  è la tensione orizzontale alla generica profondità  $z$ . La tensione orizzontale  $\sigma_h$  è legata alla pressione verticale  $\sigma_v$  tramite il coefficiente di spinta  $K_s$

$$\sigma_h = K_s \sigma_v$$

Indicando con  $C$  il perimetro e con  $L$  la lunghezza del palo abbiamo:

$$\int^L (C(c_a + K_s \sigma_v \tan \delta) dz)$$

### Analisi del palo soggetto a forze orizzontali (Portanza trasversale)

La resistenza limite laterale di un palo è determinata dal minimo valore fra il carico orizzontale necessario per produrre il collasso del terreno lungo il fusto del palo ed il carico orizzontale necessario per produrre la plasticizzazione del palo. Il primo meccanismo (plasticizzazione del terreno) si verifica nel caso di pali molto rigidi in terreni poco resistenti (meccanismo di palo corto) mentre il secondo meccanismo si verifica nel caso di pali aventi rigidità non eccessive rispetto al terreno di infissione (meccanismo di palo lungo o intermedio). Nel modello di terreno alla Winkler il terreno viene schematizzato come una serie di molle elastiche indipendenti fra di loro. Le molle che schematizzano il terreno vengono caratterizzate tramite una costante di rigidità elastica,  $K_h$ , espressa in  $\text{Kg/cm}^2/\text{cm}$  che rappresenta la pressione (in  $\text{Kg/cm}^2$ ) che bisogna applicare per ottenere lo spostamento di 1 cm. La determinazione di questa costante può essere fatta o tramite prove di carico su piastra o mediante metodi analitici (convenzionali). La variazione della costante di Winkler con la profondità dipende dal tipo di terreno in cui il palo è immerso. Ad esempio nel caso di terreni coesivi in condizioni non drenate  $K_h$  assume un valore costante con la profondità mentre nel caso di terreni incoerenti la variazione di  $K_h$  è di tipo lineare (crescente con la profondità). In generale l'espressione di  $K_h$  assume una forma binomia del tipo:

$$K_h(z) = A + B z^n$$

Per l'analisi di pali caricati trasversalmente si utilizza il modello di Winkler. Il palo viene suddiviso in un determinato numero (100) di elementi tipo trave aventi area ed inerzia pari a quella della sezione trasversale del palo. In corrispondenza di ogni nodo di separazione fra i vari elementi viene inserita una molla orizzontale di opportuna rigidità che schematizza il terreno. Il comportamento delle molle che schematizzano il terreno non è infinitamente elastico ma è di tipo elastoplastico. La singola molla reagisce fino ad un valore limite di spostamento o di reazione; una volta che è stato superato tale limite la molla non offre ulteriori incrementi di resistenza (diagramma tipo elastoplastico perfetto). Indicando con  $d_y$  la lunghezza del tratto di influenza della molla, con  $D$  il diametro del palo la molla avrà una rigidità pari a:

$$K_m = d_y \cdot D \cdot K_k$$

La resistenza limite del terreno rappresenta il valore limite di resistenza che il terreno può esplicare quando il palo è soggetto ad un carico orizzontale. La resistenza limite  $p_u = p_u(z)$  dipende dalle caratteristiche del terreno e dalla geometria del palo. In terreni puramente coesivi ( $c=c_u$ ,  $\phi=0$ ) la resistenza cresce dal valore 0 in sommità fino ad un valore limite in corrispondenza di una profondità pari a circa 3 diametri. Il valore limite in tal caso è variabile fra 8 e 12  $c_u$ . Nel caso di terreni dotati di attrito e coesione la resistenza limite ad una generica profondità  $z$  è rappresentata dalla relazione (Brinch Hansen):

$$P_u = q K_{pq} + c K_{pc}$$

dove:

$D$  diametro del palo

$q$  pressione geostatica alla profondità  $z$

$c$  coesione alla profondità  $z$

$K_{pq}$ ,  $K_{pc}$  coefficienti funzione dell'angolo di attrito del terreno  $\phi$  e del rapporto  $z/D$ .

Broms ha eseguito l'analisi considerando il caso sia di palo vincolato in testa che di palo libero immerso in un mezzo omogeneo. Nel caso di terreni coesivi Broms assume in questo caso un diagramma di resistenza nullo fino ad una profondità pari a  $1,5D$  e poi valore costante pari a  $9c_u D$ .

Nel caso di terreni incoerenti Broms assume che la resistenza laterale sia variabile con la profondità dal valore 0 (in testa) fino al valore  $3\sigma_v K_p D$  (alla base) essendo  $K_p$  il coefficiente di resistenza passiva espresso da  $K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$ .

## Dati

### Geometria della fondazione

#### Simbologia adottata

|              |                                                  |
|--------------|--------------------------------------------------|
| <i>Descr</i> | Descrizione del palo                             |
| <i>Frm</i>   | Forma del palo ((C)=Costante, (R)=Rastremato)    |
| <i>X</i>     | Ascissa del baricentro del palo espressa in [m]  |
| <i>Y</i>     | Ordinata del baricentro del palo espressa in [m] |
| <i>D</i>     | Diametro del palo espresso in [cm]               |
| <i>L</i>     | Lunghezza del palo espressa in [m]               |

| Descr    | Frm | X    | Y    | D      | L     |
|----------|-----|------|------|--------|-------|
|          |     | [m]  | [m]  | [m]    | [m]   |
| Palo 120 | (C) | 0,00 | 0,00 | 120,00 | 26,00 |

### Materiali palo

#### Calcestruzzo

|                                                   |           |                       |
|---------------------------------------------------|-----------|-----------------------|
| Tipo                                              | C25/30    |                       |
| Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$ | 305,91    | [kg/cm <sup>2</sup> ] |
| Peso specifico                                    | 2500,00   | [kg/m <sup>3</sup> ]  |
| Modulo elastico                                   | 320665,55 | [kg/cm <sup>2</sup> ] |
| Coeff. di omogeneizzazione                        | 15,00     |                       |

#### Acciaio

|                                        |         |                       |
|----------------------------------------|---------|-----------------------|
| Tipo                                   | B450C   |                       |
| Tensione caratteristica di snervamento | 4588,65 | [kg/cm <sup>2</sup> ] |

#### Coefficienti di sicurezza sui materiali

|                                                     |      |
|-----------------------------------------------------|------|
| Coefficiente di sicurezza calcestruzzo              | 1.50 |
| Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica | 0.83 |
| Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo   | 0.85 |
| Coefficiente di sicurezza acciaio                   | 1.15 |
| Coefficiente di sicurezza sezione                   | 1.00 |

### Caratteristiche pali

Pali in c.a.  
Armatura con ferri longitudinali e staffe  
Tipo di palo TRIVELLATO  
Contributo sia della portanza laterale sia della portanza di punta

### Descrizione terreni e falda

#### Simbologia adottata

|                              |                                                                        |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <i>Descrizione</i>           | Descrizione terreno                                                    |
| $\gamma$                     | Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]                         |
| $\gamma_{sat}$               | Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]                  |
| $\phi$                       | Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi                |
| $\delta$                     | Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi                       |
| $c$                          | Coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]                 |
| $ca$                         | Adesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]                 |
| $\phi_{min}, \phi_{med}$     | Angolo di attrito interno del terreno minimo e medio espresso in gradi |
| $\delta_{min}, \delta_{med}$ | Angolo di attrito palo-terreno minimo e medio espresso in gradi        |
| $c_{min}, c_{med}$           | Coesione del terreno minima e media espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]  |
| $ca_{min}, ca_{med}$         | Adesione del terreno minima e media espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]  |

#### Parametri caratteristici

| Descrizione | $\gamma$ | $\gamma_{sat}$ | $\phi$ | $\delta$ | $c$                   | $ca$                  |
|-------------|----------|----------------|--------|----------|-----------------------|-----------------------|
|             | [kg/mc]  | [kg/mc]        | [°]    | [°]      | [kg/cm <sup>2</sup> ] | [kg/cm <sup>2</sup> ] |
| G3          | 1850,0   | 1850,0         | 30,90  | 30,90    | 0,000                 | 0,000                 |
| S1          | 1900,0   | 1900,0         | 31,70  | 31,70    | 0,000                 | 0,000                 |

## VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| Descrizione    | $\gamma$ | $\gamma_{sat}$ | $\phi$ | $\delta$ | c         | ca        |
|----------------|----------|----------------|--------|----------|-----------|-----------|
|                | [kg/mc]  | [kg/mc]        | [°]    | [°]      | [kg/cmqa] | [kg/cmqa] |
| G3 (lamierino) | 1850,0   | 1850,0         | 30,90  | 30,90    | 0,000     | 0,000     |

### Parametri minimi

| Descrizione    | $\phi_{min}$ | $\delta_{min}$ | Cmin      | CAmin     |
|----------------|--------------|----------------|-----------|-----------|
|                | [°]          | [°]            | [kg/cmqa] | [kg/cmqa] |
| G3             | 30,89        | 30,89          | 0,000     | 0,000     |
| S1             | 31,69        | 31,69          | 0,000     | 0,000     |
| G3 (lamierino) | 30,89        | 30,89          | 0,000     | 0,000     |

### Parametri medi

| Descrizione    | $\phi_{med}$ | $\delta_{med}$ | Cmed      | CAmed     |
|----------------|--------------|----------------|-----------|-----------|
|                | [°]          | [°]            | [kg/cmqa] | [kg/cmqa] |
| G3             | 30,90        | 30,90          | 0,000     | 0,000     |
| S1             | 31,70        | 31,70          | 0,000     | 0,000     |
| G3 (lamierino) | 30,90        | 30,90          | 0,000     | 0,000     |

### Falda

Profondità dal piano di posa 0,00 [m]

### Descrizione stratigrafia

#### Simbologia adottata

|          |                                                                                 |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------|
| N        | Identificativo strato                                                           |
| Z1       | Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m] |
| Z2       | Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m] |
| Z3       | Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m] |
| Terreno  | Terreno dello strato                                                            |
| Kw       | Costante di Winkler espressa in Kg/cm²/cm                                       |
| Ks       | Coefficiente di spinta                                                          |
| $\alpha$ | Coefficiente di espansione laterale                                             |

| n° | Z1    | Z2    | Z3    | Terreno        | Kw           | Ks   | $\alpha$ |
|----|-------|-------|-------|----------------|--------------|------|----------|
|    | [m]   | [m]   | [m]   |                | [kg/cmqa/cm] |      |          |
| 1  | -3,0  | -3,0  | -3,0  | G3 (lamierino) | 0.14         | 0.00 | 1.00     |
| 2  | -7,1  | -7,1  | -7,1  | G3             | 0.14         | 0.49 | 1.00     |
| 3  | -30,0 | -30,0 | -30,0 | S1             | 0.67         | 0.48 | 1.00     |

### Normativa

N.T.C. 2018 - Approccio 2

#### Simbologia adottata

|                  |                                                                                           |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\gamma_{Gsfav}$ | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti                                 |
| $\gamma_{Gfav}$  | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti                                  |
| $\gamma_{Qsfav}$ | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili                                  |
| $\gamma_{Qfav}$  | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili                                   |
| $\gamma_{tang'}$ | Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato                         |
| $\gamma_{c'}$    | Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata                                 |
| $\gamma_{cu}$    | Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata                             |
| $\gamma_{qu}$    | Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo                                      |
| $\gamma_r$       | Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce |

### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| Carichi    | Effetto     |                  | Statici |      | Sismici |      |
|------------|-------------|------------------|---------|------|---------|------|
|            |             |                  | A1      | A2   | A1      | A2   |
| Permanenti | Favorevole  | $\gamma_{Gfav}$  | 1.00    | 1.00 | 1.00    | 1.00 |
| Permanenti | Sfavorevole | $\gamma_{Gsfav}$ | 1.30    | 1.00 | 1.00    | 1.00 |
| Variabili  | Favorevole  | $\gamma_{Qfav}$  | 0.00    | 0.00 | 0.00    | 0.00 |
| Variabili  | Sfavorevole | $\gamma_{Qsfav}$ | 1.50    | 1.30 | 1.00    | 1.00 |

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri                            |                  | Statici |      | Sismici |      |
|--------------------------------------|------------------|---------|------|---------|------|
|                                      |                  | M1      | M2   | M1      | M2   |
| Tangente dell'angolo di attrito      | $\gamma_{tang'}$ | 1.00    | 1.25 | 1.00    | 1.25 |
| Coesione efficace                    | $\gamma_{c'}$    | 1.00    | 1.25 | 1.00    | 1.25 |
| Resistenza non drenata               | $\gamma_{cu}$    | 1.00    | 1.40 | 1.00    | 1.40 |
| Resistenza a compressione uniassiale | $\gamma_{qu}$    | 1.00    | 1.60 | 1.00    | 1.60 |
| Peso dell'unità di volume            | $\gamma_r$       | 1.00    | 1.00 | 1.00    | 1.00 |

## PALI DI FONDAZIONE

CARICHI VERTICALI. Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche dei pali

### Pali trivellati

|                       |               | R3   |
|-----------------------|---------------|------|
| Punta                 | $\gamma_b$    | 1.35 |
| Laterale compressione | $\gamma_s$    | 1.15 |
| Totale compressione   | $\gamma_t$    | 1.30 |
| Laterale trazione     | $\gamma_{st}$ | 1.25 |

CARICHI TRASVERSALI. Coefficienti parziali  $\gamma_T$  per le verifiche dei pali.

|  |            | R3   |
|--|------------|------|
|  | $\gamma_T$ | 1.30 |

Coefficienti di riduzione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 7  $\xi_3=1.45$   $\xi_4=1.28$

## Condizioni di carico

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

$f_{nd}$  Indice della fondazione

$N_{TOT}$  Sforzo normale totale espressa in [kg]

$M_{YTOT}$  Momento in direzione Y espresso in [kgm]

$T_{TOT}$  Forza di taglio espressa in [kg]

### Condizione n° 1 - Condizione n° 1 - VARIABILE

| Fondazione | $N_{TOT}$<br>[kg] | $M_{YTOT}$<br>[kgm] | $T_{XTOT}$<br>[kg] |
|------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| Palo 120   | 494810,0          | 0,0                 | 51163,0            |

### Condizione n° 2 - Condizione n° 2 - PERMANENTE

| Fondazione | $N_{TOT}$<br>[kg] | $M_{YTOT}$<br>[kgm] | $T_{XTOT}$<br>[kg] |
|------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| Palo 120   | 416942,0          | 0,0                 | 54022,0            |

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

### Combinazione n° 1 - STR - A1-M1-R3

| Cond            | $\gamma$ | $\psi$ |
|-----------------|----------|--------|
| Condizione n° 1 | 1.00     | 1.00   |

### Combinazione n° 2 - STR - A1-M1-R3

| Cond            | $\gamma$ | $\psi$ |
|-----------------|----------|--------|
| Condizione n° 2 | 1.00     | 1.00   |

## Opzioni di calcolo

### Analisi in condizioni drenate

#### Verifica della portanza assiale

Il metodo utilizzato per il calcolo della portanza verticale è: Berezantzev ridotto.

E' stata impostata una pressione a piano campagna pari a 0,52 [kg/cmq]

L'andamento della pressione verticale  $\sigma_v$  con la profondità, per il calcolo della portanza di punta, è stata definita come: Pressione geostatica.

#### Verifica della portanza trasversale

Costante di Winkler orizzontale definita da STRATO

Criterio di rottura palo-terreno: Pressione limite (Pressione passiva con moltiplicatore = 3.00)

## Risultati

### Verifica della portanza assiale

#### Simbologia adottata

|                                       |                                                     |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| cmb                                   | Identificativo della combinazione                   |
| Nc, Nq                                | Fattori di capacità portante                        |
| Pl <sub>min</sub> , Pl <sub>med</sub> | Portanza laterale minima e media espressa in [kg]   |
| Pp <sub>min</sub> , Pp <sub>med</sub> | Portanza di punta minima e media espressa in [kg]   |
| Pd                                    | Portanza di progetto espressa in [kg]               |
| N                                     | Scarico verticale in testa al palo espresso in [kg] |
| η                                     | Coeff. di sicurezza per carichi verticali           |

| cmb | Nc    | Nq    |
|-----|-------|-------|
| 1   | 29.92 | 19.48 |
| 2   | 29.92 | 19.48 |

| cmb | Pl <sub>med</sub> | Pp <sub>med</sub> | Pl <sub>min</sub> | Pp <sub>min</sub> | Wp    | Pd     | N      | η     |
|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|--------|--------|-------|
|     | [kg]              | [kg]              | [kg]              | [kg]              | [kg]  | [kg]   | [kg]   |       |
| 1   | 454846            | 621912            | 454668            | 621211            | 73513 | 516965 | 494810 | 1.045 |
| 2   | 454846            | 621912            | 454668            | 621211            | 73513 | 516965 | 416942 | 1.240 |

### Verifica della portanza trasversale

#### Simbologia adottata

|                                  |                                                             |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| cmb                              | Identificativo della combinazione                           |
| Tu                               | Taglio resistente ultimo in testa al palo, espresso in [kg] |
| Tx                               | Taglio agente in testa al palo, espresso in [kg]            |
| η=T <sub>u</sub> /T <sub>x</sub> | Coeff. di sicurezza per carichi orizzontali                 |

| cmb | Tu    | T     | η     |
|-----|-------|-------|-------|
|     | [kg]  | [kg]  |       |
| 1   | 89020 | 51163 | 1,740 |
| 2   | 89072 | 54022 | 1,649 |

### Spostamenti e pressioni

#### Simbologia adottata

|     |                                |
|-----|--------------------------------|
| Nr. | Identificativo sezione palo    |
| Y   | ordinata palo espressa in [cm] |
| Ue  | spostamento espresso in [cm]   |
| Pe  | pressione espressa in [kg/cmq] |

#### Combinazione n° 1

| n° | Y    | Ue     | Pe       | n° | Y    | Ue     | Pe       | n° | Y    | Ue     | Pe       |
|----|------|--------|----------|----|------|--------|----------|----|------|--------|----------|
|    | [m]  | [cm]   | [kg/cmq] |    | [m]  | [cm]   | [kg/cmq] |    | [m]  | [cm]   | [kg/cmq] |
| 1  | 0,00 | 2,3588 | 0,337    | 2  | 0,26 | 2,3563 | 0,337    | 3  | 0,52 | 2,3488 | 0,336    |
| 4  | 0,78 | 2,3368 | 0,334    | 5  | 1,04 | 2,3204 | 0,332    | 6  | 1,30 | 2,2998 | 0,329    |
| 7  | 1,56 | 2,2755 | 0,325    | 8  | 1,82 | 2,2475 | 0,321    | 9  | 2,08 | 2,2161 | 0,317    |
| 10 | 2,34 | 2,1816 | 0,312    | 11 | 2,60 | 2,1442 | 0,307    | 12 | 2,86 | 2,1041 | 0,301    |
| 13 | 3,12 | 2,0615 | 0,295    | 14 | 3,38 | 2,0167 | 0,288    | 15 | 3,64 | 1,9698 | 0,282    |
| 16 | 3,90 | 1,9211 | 0,275    | 17 | 4,16 | 1,8707 | 0,268    | 18 | 4,42 | 1,8189 | 0,260    |
| 19 | 4,68 | 1,7658 | 0,253    | 20 | 4,94 | 1,7117 | 0,245    | 21 | 5,20 | 1,6566 | 0,237    |

## VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| n°  | Y     | Ue      | Pe       | n°  | Y     | Ue      | Pe       | n°  | Y     | Ue      | Pe       |
|-----|-------|---------|----------|-----|-------|---------|----------|-----|-------|---------|----------|
|     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |
| 22  | 5,46  | 1,6008  | 0,229    | 23  | 5,72  | 1,5445  | 0,221    | 24  | 5,98  | 1,4878  | 0,213    |
| 25  | 6,24  | 1,4309  | 0,205    | 26  | 6,50  | 1,3739  | 0,196    | 27  | 6,76  | 1,3170  | 0,188    |
| 28  | 7,02  | 1,2604  | 0,180    | 29  | 7,28  | 1,2042  | 0,809    | 30  | 7,54  | 1,1486  | 0,772    |
| 31  | 7,80  | 1,0937  | 0,735    | 32  | 8,06  | 1,0395  | 0,699    | 33  | 8,32  | 0,9863  | 0,663    |
| 34  | 8,58  | 0,9342  | 0,628    | 35  | 8,84  | 0,8831  | 0,593    | 36  | 9,10  | 0,8332  | 0,560    |
| 37  | 9,36  | 0,7846  | 0,527    | 38  | 9,62  | 0,7373  | 0,495    | 39  | 9,88  | 0,6913  | 0,465    |
| 40  | 10,14 | 0,6468  | 0,435    | 41  | 10,40 | 0,6037  | 0,406    | 42  | 10,66 | 0,5620  | 0,378    |
| 43  | 10,92 | 0,5218  | 0,351    | 44  | 11,18 | 0,4831  | 0,325    | 45  | 11,44 | 0,4459  | 0,300    |
| 46  | 11,70 | 0,4101  | 0,276    | 47  | 11,96 | 0,3759  | 0,253    | 48  | 12,22 | 0,3431  | 0,231    |
| 49  | 12,48 | 0,3118  | 0,210    | 50  | 12,74 | 0,2820  | 0,189    | 51  | 13,00 | 0,2535  | 0,170    |
| 52  | 13,26 | 0,2265  | 0,152    | 53  | 13,52 | 0,2008  | 0,135    | 54  | 13,78 | 0,1765  | 0,119    |
| 55  | 14,04 | 0,1535  | 0,103    | 56  | 14,30 | 0,1317  | 0,089    | 57  | 14,56 | 0,1113  | 0,075    |
| 58  | 14,82 | 0,0920  | 0,062    | 59  | 15,08 | 0,0738  | 0,050    | 60  | 15,34 | 0,0568  | 0,038    |
| 61  | 15,60 | 0,0409  | 0,027    | 62  | 15,86 | 0,0260  | 0,017    | 63  | 16,12 | 0,0122  | 0,008    |
| 64  | 16,38 | -0,0007 | 0,000    | 65  | 16,64 | -0,0127 | -0,009   | 66  | 16,90 | -0,0238 | -0,016   |
| 67  | 17,16 | -0,0341 | -0,023   | 68  | 17,42 | -0,0436 | -0,029   | 69  | 17,68 | -0,0523 | -0,035   |
| 70  | 17,94 | -0,0604 | -0,041   | 71  | 18,20 | -0,0677 | -0,046   | 72  | 18,46 | -0,0744 | -0,050   |
| 73  | 18,72 | -0,0806 | -0,054   | 74  | 18,98 | -0,0861 | -0,058   | 75  | 19,24 | -0,0912 | -0,061   |
| 76  | 19,50 | -0,0957 | -0,064   | 77  | 19,76 | -0,0999 | -0,067   | 78  | 20,02 | -0,1036 | -0,070   |
| 79  | 20,28 | -0,1069 | -0,072   | 80  | 20,54 | -0,1099 | -0,074   | 81  | 20,80 | -0,1125 | -0,076   |
| 82  | 21,06 | -0,1149 | -0,077   | 83  | 21,32 | -0,1170 | -0,079   | 84  | 21,58 | -0,1188 | -0,080   |
| 85  | 21,84 | -0,1205 | -0,081   | 86  | 22,10 | -0,1219 | -0,082   | 87  | 22,36 | -0,1232 | -0,083   |
| 88  | 22,62 | -0,1244 | -0,084   | 89  | 22,88 | -0,1254 | -0,084   | 90  | 23,14 | -0,1263 | -0,085   |
| 91  | 23,40 | -0,1271 | -0,085   | 92  | 23,66 | -0,1279 | -0,086   | 93  | 23,92 | -0,1286 | -0,086   |
| 94  | 24,18 | -0,1292 | -0,087   | 95  | 24,44 | -0,1298 | -0,087   | 96  | 24,70 | -0,1304 | -0,088   |
| 97  | 24,96 | -0,1310 | -0,088   | 98  | 25,22 | -0,1315 | -0,088   | 99  | 25,48 | -0,1321 | -0,089   |
| 100 | 25,74 | -0,1326 | -0,089   | 101 | 26,00 | -0,1331 | -0,089   | 102 |       |         |          |

### Combinazione n° 2

| n°  | Y     | Ue      | Pe       | n°  | Y     | Ue      | Pe       | n°  | Y     | Ue      | Pe       |
|-----|-------|---------|----------|-----|-------|---------|----------|-----|-------|---------|----------|
|     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |
| 1   | 0,00  | 2,4906  | 0,356    | 2   | 0,26  | 2,4879  | 0,356    | 3   | 0,52  | 2,4801  | 0,355    |
| 4   | 0,78  | 2,4674  | 0,353    | 5   | 1,04  | 2,4500  | 0,350    | 6   | 1,30  | 2,4284  | 0,347    |
| 7   | 1,56  | 2,4026  | 0,344    | 8   | 1,82  | 2,3731  | 0,339    | 9   | 2,08  | 2,3399  | 0,335    |
| 10  | 2,34  | 2,3035  | 0,329    | 11  | 2,60  | 2,2640  | 0,324    | 12  | 2,86  | 2,2217  | 0,318    |
| 13  | 3,12  | 2,1767  | 0,311    | 14  | 3,38  | 2,1294  | 0,305    | 15  | 3,64  | 2,0799  | 0,297    |
| 16  | 3,90  | 2,0285  | 0,290    | 17  | 4,16  | 1,9753  | 0,282    | 18  | 4,42  | 1,9206  | 0,275    |
| 19  | 4,68  | 1,8645  | 0,267    | 20  | 4,94  | 1,8073  | 0,258    | 21  | 5,20  | 1,7492  | 0,250    |
| 22  | 5,46  | 1,6903  | 0,242    | 23  | 5,72  | 1,6308  | 0,233    | 24  | 5,98  | 1,5709  | 0,225    |
| 25  | 6,24  | 1,5108  | 0,216    | 26  | 6,50  | 1,4507  | 0,207    | 27  | 6,76  | 1,3906  | 0,199    |
| 28  | 7,02  | 1,3309  | 0,190    | 29  | 7,28  | 1,2715  | 0,854    | 30  | 7,54  | 1,2128  | 0,815    |
| 31  | 7,80  | 1,1548  | 0,776    | 32  | 8,06  | 1,0976  | 0,738    | 33  | 8,32  | 1,0415  | 0,700    |
| 34  | 8,58  | 0,9864  | 0,663    | 35  | 8,84  | 0,9325  | 0,627    | 36  | 9,10  | 0,8798  | 0,591    |
| 37  | 9,36  | 0,8285  | 0,557    | 38  | 9,62  | 0,7785  | 0,523    | 39  | 9,88  | 0,7300  | 0,491    |
| 40  | 10,14 | 0,6829  | 0,459    | 41  | 10,40 | 0,6374  | 0,428    | 42  | 10,66 | 0,5934  | 0,399    |
| 43  | 10,92 | 0,5510  | 0,370    | 44  | 11,18 | 0,5101  | 0,343    | 45  | 11,44 | 0,4708  | 0,316    |
| 46  | 11,70 | 0,4331  | 0,291    | 47  | 11,96 | 0,3969  | 0,267    | 48  | 12,22 | 0,3623  | 0,243    |
| 49  | 12,48 | 0,3292  | 0,221    | 50  | 12,74 | 0,2977  | 0,200    | 51  | 13,00 | 0,2677  | 0,180    |
| 52  | 13,26 | 0,2391  | 0,161    | 53  | 13,52 | 0,2120  | 0,142    | 54  | 13,78 | 0,1864  | 0,125    |
| 55  | 14,04 | 0,1621  | 0,109    | 56  | 14,30 | 0,1391  | 0,093    | 57  | 14,56 | 0,1175  | 0,079    |
| 58  | 14,82 | 0,0971  | 0,065    | 59  | 15,08 | 0,0780  | 0,052    | 60  | 15,34 | 0,0600  | 0,040    |
| 61  | 15,60 | 0,0432  | 0,029    | 62  | 15,86 | 0,0275  | 0,018    | 63  | 16,12 | 0,0128  | 0,009    |
| 64  | 16,38 | -0,0008 | -0,001   | 65  | 16,64 | -0,0134 | -0,009   | 66  | 16,90 | -0,0252 | -0,017   |
| 67  | 17,16 | -0,0360 | -0,024   | 68  | 17,42 | -0,0461 | -0,031   | 69  | 17,68 | -0,0553 | -0,037   |
| 70  | 17,94 | -0,0637 | -0,043   | 71  | 18,20 | -0,0715 | -0,048   | 72  | 18,46 | -0,0786 | -0,053   |
| 73  | 18,72 | -0,0851 | -0,057   | 74  | 18,98 | -0,0909 | -0,061   | 75  | 19,24 | -0,0963 | -0,065   |
| 76  | 19,50 | -0,1011 | -0,068   | 77  | 19,76 | -0,1054 | -0,071   | 78  | 20,02 | -0,1094 | -0,073   |
| 79  | 20,28 | -0,1129 | -0,076   | 80  | 20,54 | -0,1160 | -0,078   | 81  | 20,80 | -0,1188 | -0,080   |
| 82  | 21,06 | -0,1213 | -0,082   | 83  | 21,32 | -0,1235 | -0,083   | 84  | 21,58 | -0,1255 | -0,084   |
| 85  | 21,84 | -0,1272 | -0,085   | 86  | 22,10 | -0,1287 | -0,087   | 87  | 22,36 | -0,1301 | -0,087   |
| 88  | 22,62 | -0,1313 | -0,088   | 89  | 22,88 | -0,1324 | -0,089   | 90  | 23,14 | -0,1334 | -0,090   |
| 91  | 23,40 | -0,1342 | -0,090   | 92  | 23,66 | -0,1350 | -0,091   | 93  | 23,92 | -0,1358 | -0,091   |
| 94  | 24,18 | -0,1364 | -0,092   | 95  | 24,44 | -0,1371 | -0,092   | 96  | 24,70 | -0,1377 | -0,093   |
| 97  | 24,96 | -0,1383 | -0,093   | 98  | 25,22 | -0,1389 | -0,093   | 99  | 25,48 | -0,1394 | -0,094   |
| 100 | 25,74 | -0,1400 | -0,094   | 101 | 26,00 | -0,1406 | -0,094   | 102 |       |         |          |

### Spostamenti e pressioni limiti

#### Simbologia adottata

Nr. Identificativo sezione palo  
Y ordinata palo espressa in [cm]  
Ur spostamento limite espresso in [cm]  
Pr pressione limite espressa in [kg/cmq]

## VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| n°  | Y     | Ur      | Pr       | n°  | Y     | Ur      | Pr       | n°  | Y     | Ur      | Pr       |
|-----|-------|---------|----------|-----|-------|---------|----------|-----|-------|---------|----------|
|     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |
| 1   | 0,00  | 4,1041  | 0,587    | 2   | 0,26  | 4,0997  | 0,586    | 3   | 0,52  | 4,0868  | 0,584    |
| 4   | 0,78  | 4,0658  | 0,581    | 5   | 1,04  | 4,0373  | 0,577    | 6   | 1,30  | 4,0015  | 0,572    |
| 7   | 1,56  | 3,9591  | 0,566    | 8   | 1,82  | 3,9104  | 0,559    | 9   | 2,08  | 3,8559  | 0,551    |
| 10  | 2,34  | 3,7958  | 0,543    | 11  | 2,60  | 3,7307  | 0,533    | 12  | 2,86  | 3,6610  | 0,524    |
| 13  | 3,12  | 3,5869  | 0,513    | 14  | 3,38  | 3,5089  | 0,502    | 15  | 3,64  | 3,4273  | 0,490    |
| 16  | 3,90  | 3,3426  | 0,478    | 17  | 4,16  | 3,2549  | 0,465    | 18  | 4,42  | 3,1648  | 0,453    |
| 19  | 4,68  | 3,0724  | 0,439    | 20  | 4,94  | 2,9782  | 0,426    | 21  | 5,20  | 2,8824  | 0,412    |
| 22  | 5,46  | 2,7853  | 0,398    | 23  | 5,72  | 2,6873  | 0,384    | 24  | 5,98  | 2,5887  | 0,370    |
| 25  | 6,24  | 2,4896  | 0,356    | 26  | 6,50  | 2,3905  | 0,342    | 27  | 6,76  | 2,2916  | 0,328    |
| 28  | 7,02  | 2,1931  | 0,314    | 29  | 7,28  | 2,0953  | 1,408    | 30  | 7,54  | 1,9985  | 1,343    |
| 31  | 7,80  | 1,9029  | 1,279    | 32  | 8,06  | 1,8087  | 1,215    | 33  | 8,32  | 1,7162  | 1,153    |
| 34  | 8,58  | 1,6254  | 1,092    | 35  | 8,84  | 1,5365  | 1,033    | 36  | 9,10  | 1,4498  | 0,974    |
| 37  | 9,36  | 1,3652  | 0,917    | 38  | 9,62  | 1,2828  | 0,862    | 39  | 9,88  | 1,2029  | 0,808    |
| 40  | 10,14 | 1,1254  | 0,756    | 41  | 10,40 | 1,0503  | 0,706    | 42  | 10,66 | 0,9778  | 0,657    |
| 43  | 10,92 | 0,9079  | 0,610    | 44  | 11,18 | 0,8405  | 0,565    | 45  | 11,44 | 0,7758  | 0,521    |
| 46  | 11,70 | 0,7136  | 0,480    | 47  | 11,96 | 0,6540  | 0,440    | 48  | 12,22 | 0,5970  | 0,401    |
| 49  | 12,48 | 0,5425  | 0,365    | 50  | 12,74 | 0,4906  | 0,330    | 51  | 13,00 | 0,4411  | 0,296    |
| 52  | 13,26 | 0,3941  | 0,265    | 53  | 13,52 | 0,3494  | 0,235    | 54  | 13,78 | 0,3071  | 0,206    |
| 55  | 14,04 | 0,2671  | 0,179    | 56  | 14,30 | 0,2292  | 0,154    | 57  | 14,56 | 0,1936  | 0,130    |
| 58  | 14,82 | 0,1600  | 0,108    | 59  | 15,08 | 0,1285  | 0,086    | 60  | 15,34 | 0,0989  | 0,066    |
| 61  | 15,60 | 0,0712  | 0,048    | 62  | 15,86 | 0,0453  | 0,030    | 63  | 16,12 | 0,0212  | 0,014    |
| 64  | 16,38 | -0,0013 | -0,001   | 65  | 16,64 | -0,0222 | -0,015   | 66  | 16,90 | -0,0415 | -0,028   |
| 67  | 17,16 | -0,0594 | -0,040   | 68  | 17,42 | -0,0759 | -0,051   | 69  | 17,68 | -0,0911 | -0,061   |
| 70  | 17,94 | -0,1050 | -0,071   | 71  | 18,20 | -0,1178 | -0,079   | 72  | 18,46 | -0,1295 | -0,087   |
| 73  | 18,72 | -0,1402 | -0,094   | 74  | 18,98 | -0,1499 | -0,101   | 75  | 19,24 | -0,1586 | -0,107   |
| 76  | 19,50 | -0,1666 | -0,112   | 77  | 19,76 | -0,1738 | -0,117   | 78  | 20,02 | -0,1802 | -0,121   |
| 79  | 20,28 | -0,1860 | -0,125   | 80  | 20,54 | -0,1911 | -0,128   | 81  | 20,80 | -0,1958 | -0,132   |
| 82  | 21,06 | -0,1999 | -0,134   | 83  | 21,32 | -0,2035 | -0,137   | 84  | 21,58 | -0,2067 | -0,139   |
| 85  | 21,84 | -0,2096 | -0,141   | 86  | 22,10 | -0,2121 | -0,143   | 87  | 22,36 | -0,2144 | -0,144   |
| 88  | 22,62 | -0,2164 | -0,145   | 89  | 22,88 | -0,2182 | -0,147   | 90  | 23,14 | -0,2198 | -0,148   |
| 91  | 23,40 | -0,2212 | -0,149   | 92  | 23,66 | -0,2225 | -0,150   | 93  | 23,92 | -0,2237 | -0,150   |
| 94  | 24,18 | -0,2248 | -0,151   | 95  | 24,44 | -0,2259 | -0,152   | 96  | 24,70 | -0,2269 | -0,152   |
| 97  | 24,96 | -0,2279 | -0,153   | 98  | 25,22 | -0,2288 | -0,154   | 99  | 25,48 | -0,2298 | -0,154   |
| 100 | 25,74 | -0,2307 | -0,155   | 101 | 26,00 | -0,2316 | -0,156   | 102 |       |         |          |

Di seguito sono riepilogati i coefficienti di sicurezza delle verifiche geotecniche desunti dal software di calcolo relativamente alle diverse combinazioni di carico considerate:

| COMBINAZIONE | CARICO LIMITE | PORTANZA LATERALE |
|--------------|---------------|-------------------|
| SLU - STR    | 1,045         | 1,740             |
| SLV          | 1,240         | 1,649             |

### 17.4 VALUTAZIONE DELL'EFFICIENZA DEI PALI IN GRUPPO

Trattandosi di terreni incoerenti l'efficienza dei pali in gruppo è di norma superiore all'unità. Nel caso in esame, a favore di sicurezza, si considera un'efficienza unitaria dei pali in gruppo.

## 17.5 VALIDAZIONE MANUALE DEI RISULTATI DEL SOFTWARE

Nella tabella successiva è riportata la determinazione della portanza laterale caratteristica del palo di fondazione:

|                                                        |       |                      |
|--------------------------------------------------------|-------|----------------------|
| Diametro del palo                                      | 1,20  | [m]                  |
| Lunghezza del palo                                     | 26,00 | [m]                  |
| Quota di falda                                         | 0,00  | [m]                  |
| Pressione al piano di posa della zattera di fondazione | 51,80 | [kN/m <sup>2</sup> ] |

| z<br>[m] | γ<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | γ'<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | γ <sub>w</sub><br>[kN/m <sup>3</sup> ] | σ <sub>v</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | σ <sub>w</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | σ' <sub>v</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | φ<br>[°] | K = 1-sen(φ) | μ=tan(δ)=tan(φ) | T <sub>s</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | T <sub>s,media</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | R <sub>Lk</sub><br>[kN] |
|----------|---------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|----------|--------------|-----------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|
| 0,00     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 51,80                                  | 0,00                                   | 51,80                                   | 30,90    | 0,000        | 0,598           | 0,00                                   | 0,00                                         | 0,00                    |
| 1,00     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 70,30                                  | 10,00                                  | 60,30                                   | 30,90    | 0,000        | 0,598           | 0,00                                   | 0,00                                         | 0,00                    |
| 2,00     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 88,80                                  | 20,00                                  | 68,80                                   | 30,90    | 0,000        | 0,598           | 0,00                                   | 0,00                                         | 0,00                    |
| 3,00     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 107,30                                 | 30,00                                  | 77,30                                   | 30,90    | 0,000        | 0,598           | 0,00                                   | 0,00                                         | 0,00                    |
| 4,00     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 125,80                                 | 40,00                                  | 85,80                                   | 30,90    | 0,486        | 0,598           | 24,98                                  | 12,49                                        | 47,09                   |
| 5,00     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 144,30                                 | 50,00                                  | 94,30                                   | 30,90    | 0,486        | 0,598           | 27,45                                  | 26,22                                        | 145,92                  |
| 6,00     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 162,80                                 | 60,00                                  | 102,80                                  | 30,90    | 0,486        | 0,598           | 29,93                                  | 28,69                                        | 254,09                  |
| 7,00     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 181,30                                 | 70,00                                  | 111,30                                  | 30,90    | 0,486        | 0,598           | 32,40                                  | 31,17                                        | 371,58                  |
| 7,05     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 182,23                                 | 70,50                                  | 111,73                                  | 30,90    | 0,486        | 0,598           | 32,53                                  | 32,47                                        | 377,70                  |
| 8,00     | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 200,28                                 | 80,00                                  | 120,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 35,25                                  | 33,89                                        | 499,07                  |
| 9,00     | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 219,28                                 | 90,00                                  | 129,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 37,89                                  | 36,57                                        | 636,93                  |
| 10,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 238,28                                 | 100,00                                 | 138,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 40,52                                  | 39,21                                        | 784,73                  |
| 11,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 257,28                                 | 110,00                                 | 147,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 43,16                                  | 41,84                                        | 942,48                  |
| 12,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 276,28                                 | 120,00                                 | 156,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 45,80                                  | 44,48                                        | 1.110,17                |
| 13,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 295,28                                 | 130,00                                 | 165,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 48,44                                  | 47,12                                        | 1.287,81                |
| 14,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 314,28                                 | 140,00                                 | 174,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 51,08                                  | 49,76                                        | 1.475,39                |
| 15,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 333,28                                 | 150,00                                 | 183,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 53,71                                  | 52,39                                        | 1.672,91                |
| 16,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 352,28                                 | 160,00                                 | 192,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 56,35                                  | 55,03                                        | 1.880,37                |
| 17,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 371,28                                 | 170,00                                 | 201,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 58,99                                  | 57,67                                        | 2.097,78                |
| 18,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 390,28                                 | 180,00                                 | 210,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 61,63                                  | 60,31                                        | 2.325,14                |
| 19,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 409,28                                 | 190,00                                 | 219,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 64,26                                  | 62,95                                        | 2.562,44                |
| 20,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 428,28                                 | 200,00                                 | 228,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 66,90                                  | 65,58                                        | 2.809,68                |
| 21,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 447,28                                 | 210,00                                 | 237,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 69,54                                  | 68,22                                        | 3.066,86                |
| 22,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 466,28                                 | 220,00                                 | 246,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 72,18                                  | 70,86                                        | 3.333,99                |
| 23,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 485,28                                 | 230,00                                 | 255,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 74,81                                  | 73,50                                        | 3.611,06                |
| 24,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 504,28                                 | 240,00                                 | 264,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 77,45                                  | 76,13                                        | 3.898,08                |
| 25,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 523,28                                 | 250,00                                 | 273,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 80,09                                  | 78,77                                        | 4.195,04                |
| 26,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 542,28                                 | 260,00                                 | 282,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 82,73                                  | 81,41                                        | 4.501,94                |

Il valore caratteristico della portanza laterale è risultato pari a **R<sub>L,k</sub> = 4.501,94 kN**.

Considerato:

- Coefficiente di portanza alla punta **N\*<sub>q</sub> = 19,48**
- Pressione verticale efficace alla base **σ'<sub>v</sub> = 282,28 kN/m<sup>2</sup>**

il valore caratteristico della portanza di punta risulta pari a:

$$R_{p,k} = \pi \times 1,20^2 / 4 \times 19,48 \times 282,28 = 6.219,01 \text{ kN}$$

Di seguito è riportato il form di output del software di calcolo recante la determinazione dei valori caratteristici della portanza laterale e di punta:

Dettagli risultati palo [comb 1] SLU - Approccio 2

**Geometria palo**  
L = 26,00 m    D = 120,00 cm

**Portanza verticale**  
Pp min = 621211 kg    Pp med = 621912 kg  
Pl min = 454668 kg    Pl med = 454846 kg  
Wp = 73513 kg  
Pd = 516965 kg    N = 494810 kg    η = 1,04

**Coefficienti di capacità portante**  
Nc = 29,92    Nq = 19,48  
N'c = 29,92    N'q = 19,48

**Portanza trasversale**  
Tu = 89020 kg    T = 51163 kg    η = 1,74  
Mu = 433733 kgm

**Armatura palo (primo tratto)**  
Armatura: 48 ϕ 26    A = 254,85 cmq    MuSez = 433733 kgm

**Armatura palo (secondo tratto) - y =**  
Armatura: ϕ    A =    MuSez =

**Cedimenti**  
w = 0,544 cm    u = 2,359 cm

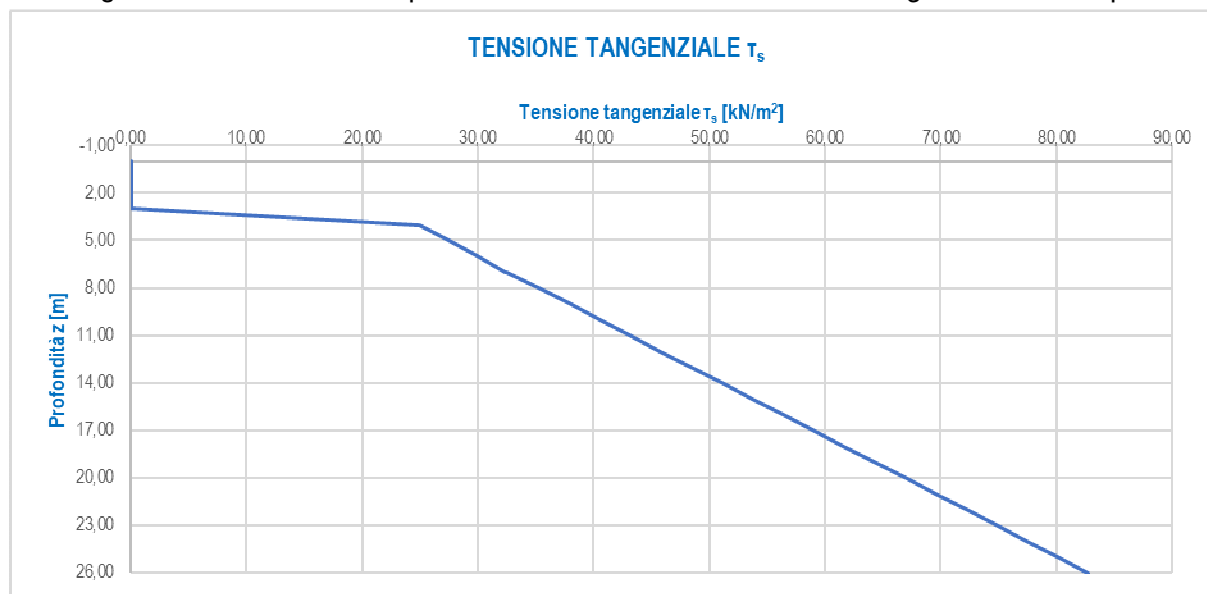
<< 1 >> Help

Risulta pertanto:

| PORTANZA      | SOFTWARE | VALIDAZIONE |
|---------------|----------|-------------|
| di punta [kN] | 6.219,12 | 6.219,01    |
| laterale [kN] | 4.548,46 | 4.501,94    |

I risultati risultano perfettamente confrontabili.

Nel diagramma successivo è riportato l'andamento della tensione tangenziale con la profondità:



La tensione tangenziale risulta sempre inferiore a **100,00 kPa**, nel rispetto dell'assunzione presente nel progetto definitivo.

## 17.6 CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – COMBINAZIONE CARATTERISTICA

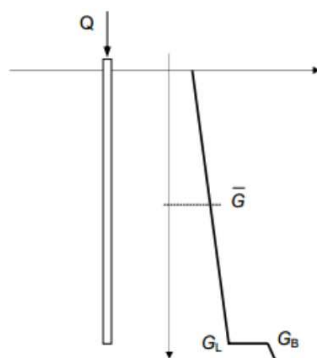
Il cedimento del palo per la combinazione maggiormente gravosa allo Stato Limite di Esercizio – Combinazione Caratteristica viene determinato mediante il metodo di Randolph e Worth di seguito descritto.

Il cedimento del singolo palo è determinato mediante la seguente relazione:

$$\frac{Q}{G_L \cdot r_0 \cdot w} = \left[ \frac{4}{\eta \cdot (1-\nu)} + \frac{2 \cdot \pi}{\zeta} \cdot \rho \cdot \frac{L}{r_0} \cdot \frac{\tanh(\mu \cdot L)}{\mu \cdot L} \right] \cdot \left[ 1 + \frac{4}{\eta \cdot (1-\nu)} + \frac{1}{\pi \cdot L} \cdot \frac{L}{r_0} \cdot \frac{\tanh(\mu \cdot L)}{\mu \cdot L} \right]^{-1}$$

dove:

- Q = carico sul palo
- $r_0$  = raggio del palo
- w = cedimento del palo
- $E_p$  = modulo elastico del calcestruzzo costituente il palo



- $G_m$  = modulo di rigidezza trasversale media del terreno lungo lo sviluppo del palo
- $G_L$  = modulo di rigidezza trasversale del terreno alla lunghezza  $L$
- $G_b$  = modulo di rigidezza trasversale del terreno in corrispondenza della base del palo
- $\nu$  = coefficiente di Poisson del terreno
- $r_b$  = raggio del palo alla base

$$\rho = \frac{G_m}{G_L}$$

$$\lambda = \frac{E_p}{G_L}$$

$$\xi = \frac{G_L}{G_b}$$

$$\eta = \frac{r_b}{r_0}$$

$$r_m = L \cdot \left\{ \frac{L}{4} + \left[ 2 \cdot \rho \cdot (1 - \nu) - \frac{L}{4} \right] \cdot \xi \right\}$$

$$\zeta = \ln \left( \frac{r_m}{r_0} \right)$$

$$\mu = \frac{\sqrt{\frac{2}{\zeta \cdot \lambda}}}{r_0}$$

Il carico massimo sul singolo palo determinato per lo Stato Limite di Esercizio – Combinazione caratteristica è risultato pari a:

$$Q = 3.637,68 \text{ kN}$$

A tale carico, trasmesso dalla pila, viene sommato il peso proprio del palo, che risulta pari a:

$$P_{\text{palo}} = 26,00 \times \pi \times 1,20^2 / 4 \times 25,00 = 735,13 \text{ kN}$$

Viene infine sottratto il peso del terreno rimosso durante la trivellazione del palo:

$$P_t = \pi \times 1,20^2 / 4 \times (7,05 \times 18,50 + 18,95 \times 19,00) = 554,71 \text{ kN}$$

Il carico massimo in condizioni di esercizio utilizzato per la stima del cedimento verticale risulta dunque pari a:

$$Q = 3.637,68 + 735,13 - 554,71 = 3.818,10 \text{ kN}$$

Sulla base della caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione si assumono i seguenti valori del modulo elastico:

- Strato 1 (Unità G3) →  $E = 22,30 \text{ Mpa} = 22.300,00 \text{ kN/m}^2$
- Strato 2 (Unità S1) →  $E = 21,70 \text{ Mpa} = 21.700,00 \text{ kN/m}^2$

Il valore medio del modulo elastico lungo lo sviluppo del palo è valutato mediante la seguente media ponderata:

$$E_m = (7,05 \times 22.300,00 + 18,95 \times 21.700,00) / (7,05 + 18,95) = 21.862,69 \text{ kN/m}^2$$

Considerato un coefficiente di Poisson del terreno pari a  $\nu = 0,30$ , si ottengono i seguenti valori del modulo di rigidezza trasversale:

- $G_m = 8.408,73 \text{ kN/m}^2$
- $G_L = 8.346,15 \text{ kN/m}^2$
- $G_b = 8.346,15 \text{ kN/m}^2$

Di seguito è riportata la valutazione del cedimento massimo verticale in esercizio riferito al singolo palo:

|           |               |                      |
|-----------|---------------|----------------------|
| Q         | 3.818,10      | [kN]                 |
| L         | 26,00         | [m]                  |
| $r_0$     | 0,60          | [m]                  |
| $r_b$     | 0,60          | [m]                  |
| $E_p$     | 31.220.185,78 | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $E_m$     | 22.300,00     | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $E_L$     | 21.700,00     | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $E_b$     | 21.700,00     | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $G_m$     | 8.576,92      | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $G_L$     | 8.346,15      | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $G_b$     | 8.346,15      | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $\nu$     | 0,30          | [-]                  |
| $r_m$     | 37,41         | [m]                  |
| $\zeta$   | 4,13          | [-]                  |
| $\eta$    | 1,00          | [-]                  |
| $\xi$     | 1,00          | [-]                  |
| $\rho$    | 1,03          | [-]                  |
| $\mu$     | 0,0190        | [-]                  |
| $\lambda$ | 3.740,67      | [-]                  |
| $\mu L$   | 0,49          | [m]                  |
| w         | 11,36         | [mm]                 |

Il cedimento calcolato risulta compatibile con la funzionalità in esercizio dell'opera, considerando che l'effetto dei carichi permanenti risulta essere percentualmente molto maggiore rispetto all'effetto dei carichi accidentali (cedimento immediato in fase di realizzazione dell'opera).

## 18 SPALLA B – VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI ALLO SPICCATO DELLE ELEVAZIONI

### 18.1 ELEVAZIONE SINISTRA

Nella tabella successiva sono riepilogati i valori delle azioni sollecitanti in corrispondenza dello spiccatto dell'elevazione sinistra per le differenti combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio e allo Stato Limite Ultimo:

| COMBINAZIONE  |     | N <sub>Sd</sub><br>[kN] | V <sub>long,Sd</sub><br>[kN] | V <sub>trasv,Sd</sub><br>[kN] | M <sub>long,Sd</sub><br>[kNm] | M <sub>trasv,Sd</sub><br>[kNm] | M <sub>torc,Sd</sub><br>[kNm] |
|---------------|-----|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| SLE - Q.P.01  | Max | 7.905,09                | -194,13                      | -700,82                       | -10.961,93                    | -4.833,24                      | -2.328,30                     |
| SLE - Q.P.01  | Min | 7.905,09                | -194,13                      | -700,82                       | -10.961,93                    | -4.833,24                      | -2.328,30                     |
| SLE - Q.P.02  | Max | 7.905,12                | -201,08                      | -685,70                       | -10.996,90                    | -4.861,55                      | -2.377,82                     |
| SLE - Q.P.02  | Min | 7.905,12                | -201,08                      | -685,70                       | -10.996,90                    | -4.861,55                      | -2.377,82                     |
| SLE - FREQ.01 | Max | 8.724,01                | -194,10                      | -700,81                       | -10.961,90                    | -4.833,18                      | -2.328,30                     |
| SLE - FREQ.01 | Min | 7.905,06                | -254,09                      | -740,19                       | -11.693,03                    | -5.235,34                      | -2.476,09                     |
| SLE - FREQ.02 | Max | 8.724,04                | -201,05                      | -685,70                       | -10.996,87                    | -4.861,49                      | -2.377,82                     |
| SLE - FREQ.02 | Min | 7.905,09                | -261,04                      | -725,08                       | -11.728,00                    | -5.263,66                      | -2.525,61                     |
| SLE - FREQ.03 | Max | 7.905,08                | -193,44                      | -702,33                       | -10.958,43                    | -4.830,40                      | -2.323,35                     |
| SLE - FREQ.03 | Min | 7.905,08                | -193,44                      | -702,33                       | -10.958,43                    | -4.830,40                      | -2.323,35                     |
| SLE - FREQ.04 | Max | 7.905,12                | -201,78                      | -684,19                       | -11.000,40                    | -4.864,38                      | -2.382,77                     |
| SLE - FREQ.04 | Min | 7.905,12                | -201,78                      | -684,19                       | -11.000,40                    | -4.864,38                      | -2.382,77                     |
| SLE - CAR.01  | Max | 8.987,28                | -192,02                      | -648,80                       | -10.921,14                    | -4.983,39                      | -2.298,71                     |
| SLE - CAR.01  | Min | 7.895,34                | -272,00                      | -701,31                       | -11.895,98                    | -5.519,60                      | -2.495,77                     |
| SLE - CAR.02  | Max | 8.987,32                | -200,36                      | -630,67                       | -10.963,11                    | -5.017,36                      | -2.358,14                     |
| SLE - CAR.02  | Min | 7.895,38                | -280,34                      | -683,17                       | -11.937,95                    | -5.553,58                      | -2.555,19                     |
| SLE - CAR.03  | Max | 9.006,68                | -194,76                      | -755,84                       | -10.995,60                    | -4.677,28                      | -2.347,99                     |
| SLE - CAR.03  | Min | 7.914,75                | -274,75                      | -808,35                       | -11.970,44                    | -5.213,50                      | -2.545,04                     |
| SLE - CAR.04  | Max | 9.006,72                | -203,10                      | -737,70                       | -11.037,57                    | -4.711,25                      | -2.407,41                     |
| SLE - CAR.04  | Min | 7.914,78                | -283,09                      | -790,21                       | -12.012,40                    | -5.247,47                      | -2.604,46                     |
| SLE - CAR.05  | Max | 8.707,84                | -191,11                      | -613,13                       | -10.896,32                    | -5.085,44                      | -2.282,29                     |
| SLE - CAR.05  | Min | 7.888,89                | -251,10                      | -652,51                       | -11.627,45                    | -5.487,60                      | -2.430,08                     |
| SLE - CAR.06  | Max | 8.707,88                | -199,45                      | -594,99                       | -10.938,29                    | -5.119,41                      | -2.341,71                     |
| SLE - CAR.06  | Min | 7.888,93                | -259,44                      | -634,37                       | -11.669,41                    | -5.521,58                      | -2.489,50                     |
| SLE - CAR.07  | Max | 8.740,17                | -195,69                      | -791,52                       | -11.020,42                    | -4.575,26                      | -2.364,41                     |
| SLE - CAR.07  | Min | 7.921,22                | -255,68                      | -830,90                       | -11.751,54                    | -4.977,43                      | -2.512,20                     |
| SLE - CAR.08  | Max | 8.740,21                | -204,03                      | -773,38                       | -11.062,39                    | -4.609,24                      | -2.423,83                     |
| SLE - CAR.08  | Min | 7.921,26                | -264,02                      | -812,76                       | -11.793,51                    | -5.011,40                      | -2.571,62                     |
| SLE - CAR.09  | Max | 8.714,29                | -189,25                      | -654,85                       | -10.907,16                    | -4.972,08                      | -2.278,91                     |
| SLE - CAR.09  | Min | 7.895,34                | -249,24                      | -694,23                       | -11.638,29                    | -5.374,24                      | -2.426,70                     |
| SLE - CAR.10  | Max | 8.714,36                | -203,15                      | -624,62                       | -10.977,11                    | -5.028,70                      | -2.377,94                     |
| SLE - CAR.10  | Min | 7.895,41                | -263,14                      | -664,00                       | -11.708,24                    | -5.430,87                      | -2.525,73                     |
| SLE - CAR.11  | Max | 8.733,69                | -191,99                      | -761,89                       | -10.981,62                    | -4.665,97                      | -2.328,18                     |
| SLE - CAR.11  | Min | 7.914,74                | -251,98                      | -801,27                       | -11.712,75                    | -5.068,14                      | -2.475,97                     |
| SLE - CAR.12  | Max | 8.733,76                | -205,89                      | -731,66                       | -11.051,57                    | -4.722,60                      | -2.427,22                     |
| SLE - CAR.12  | Min | 7.914,81                | -265,88                      | -771,04                       | -11.782,69                    | -5.124,76                      | -2.575,01                     |
| SLU - STR.01  | Max | 12.233,16               | -268,01                      | -871,26                       | -14.846,54                    | -6.803,17                      | -3.122,84                     |
| SLU - STR.01  | Min | 10.759,05               | -376,00                      | -942,15                       | -16.162,57                    | -7.527,07                      | -3.388,86                     |
| SLU - STR.02  | Max | 12.233,20               | -278,02                      | -849,50                       | -14.896,90                    | -6.843,94                      | -3.194,14                     |
| SLU - STR.02  | Min | 10.759,09               | -386,00                      | -920,38                       | -16.212,93                    | -7.567,84                      | -3.460,16                     |
| SLU - STR.03  | Max | 12.262,26               | -272,13                      | -1.031,82                     | -14.958,23                    | -6.344,01                      | -3.196,75                     |
| SLU - STR.03  | Min | 10.788,15               | -380,12                      | -1.102,70                     | -16.274,25                    | -7.067,91                      | -3.462,77                     |
| SLU - STR.04  | Max | 12.262,31               | -282,14                      | -1.010,05                     | -15.008,59                    | -6.384,78                      | -3.268,05                     |
| SLU - STR.04  | Min | 10.788,20               | -390,12                      | -1.080,94                     | -16.324,62                    | -7.108,68                      | -3.534,07                     |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| COMBINAZIONE |     | N <sub>Sd</sub><br>[kN] | V <sub>long,Sd</sub><br>[kN] | V <sub>trav,Sd</sub><br>[kN] | M <sub>long,Sd</sub><br>[kNm] | M <sub>trav,Sd</sub><br>[kNm] | M <sub>torc,Sd</sub><br>[kNm] |
|--------------|-----|-------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| SLU - STR.05 | Max | 11.854,94               | -266,65                      | -817,75                      | -14.809,31                    | -6.956,25                     | -3.098,20                     |
| SLU - STR.05 | Min | 10.749,36               | -347,64                      | -870,91                      | -15.796,32                    | -7.499,17                     | -3.297,71                     |
| SLU - STR.06 | Max | 11.851,32               | -276,57                      | -795,97                      | -14.857,43                    | -6.995,46                     | -3.169,92                     |
| SLU - STR.06 | Min | 10.745,74               | -357,56                      | -849,14                      | -15.844,45                    | -7.538,38                     | -3.369,43                     |
| SLU - STR.07 | Max | 11.903,45               | -273,52                      | -1.085,34                    | -14.995,45                    | -6.190,99                     | -3.221,38                     |
| SLU - STR.07 | Min | 10.797,86               | -354,51                      | -1.138,50                    | -15.982,47                    | -6.733,91                     | -3.420,90                     |
| SLU - STR.08 | Max | 11.903,49               | -283,53                      | -1.063,57                    | -15.045,81                    | -6.231,76                     | -3.292,69                     |
| SLU - STR.08 | Min | 10.797,91               | -364,51                      | -1.116,73                    | -16.032,83                    | -6.774,68                     | -3.492,21                     |
| SLU - STR.09 | Max | 11.864,63               | -264,69                      | -878,52                      | -14.829,77                    | -6.789,61                     | -3.099,07                     |
| SLU - STR.09 | Min | 10.759,04               | -345,68                      | -931,68                      | -15.816,79                    | -7.332,53                     | -3.298,58                     |
| SLU - STR.10 | Max | 11.864,71               | -281,37                      | -842,25                      | -14.913,70                    | -6.857,56                     | -3.217,91                     |
| SLU - STR.10 | Min | 10.759,12               | -362,36                      | -895,41                      | -15.900,72                    | -7.400,48                     | -3.417,43                     |
| SLU - STR.11 | Max | 11.893,73               | -268,81                      | -1.039,07                    | -14.941,46                    | -6.330,45                     | -3.172,98                     |
| SLU - STR.11 | Min | 10.788,15               | -349,80                      | -1.092,24                    | -15.928,47                    | -6.873,37                     | -3.372,49                     |
| SLU - STR.12 | Max | 11.893,81               | -285,49                      | -1.002,80                    | -15.025,39                    | -6.398,40                     | -3.291,82                     |
| SLU - STR.12 | Min | 10.788,22               | -366,48                      | -1.055,96                    | -16.012,41                    | -6.941,32                     | -3.491,34                     |
| SLV - X - 01 | Max | 8.193,82                | 55,46                        | -554,46                      | -9.047,25                     | -3.555,16                     | -655,44                       |
| SLV - X - 01 | Min | 7.617,54                | -930,21                      | -987,08                      | -15.305,80                    | -5.528,78                     | -4.191,75                     |
| SLV - X - 02 | Max | 8.193,80                | 40,84                        | -515,04                      | -9.120,79                     | -3.640,65                     | -770,37                       |
| SLV - X - 02 | Min | 7.617,53                | -944,83                      | -947,66                      | -15.379,33                    | -5.614,27                     | -4.306,68                     |
| SLV - Y - 01 | Max | 8.159,02                | -233,18                      | -189,73                      | -11.024,89                    | -2.519,91                     | -985,42                       |
| SLV - Y - 01 | Min | 7.652,33                | -641,57                      | -1.351,82                    | -13.328,15                    | -6.564,02                     | -3.861,77                     |
| SLV - Y - 02 | Max | 8.159,01                | -247,80                      | -150,31                      | -11.098,43                    | -2.605,40                     | -1.100,36                     |
| SLV - Y - 02 | Min | 7.652,32                | -656,19                      | -1.312,40                    | -13.401,69                    | -6.649,51                     | -3.976,70                     |

## 18.2 ELEVAZIONE DESTRA

Nella tabella successiva sono riepilogati i valori delle azioni sollecitanti in corrispondenza dello spiccatto dell'elevazione sinistra per le differenti combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio e allo Stato Limite Ultimo:

| COMBINAZIONE  |     | N <sub>Sd</sub><br>[kN] | V <sub>long,Sd</sub><br>[kN] | V <sub>trasv,Sd</sub><br>[kN] | M <sub>long,Sd</sub><br>[kNm] | M <sub>trasv,Sd</sub><br>[kNm] | M <sub>torc,Sd</sub><br>[kNm] |
|---------------|-----|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| SLE - Q.P.01  | Max | 8.603,93                | -221,21                      | 696,94                        | -11.439,04                    | 5.143,05                       | 2.250,47                      |
| SLE - Q.P.01  | Min | 8.603,93                | -221,21                      | 696,94                        | -11.439,04                    | 5.143,05                       | 2.250,47                      |
| SLE - Q.P.02  | Max | 8.603,90                | -227,78                      | 681,56                        | -11.472,09                    | 5.172,19                       | 2.300,01                      |
| SLE - Q.P.02  | Min | 8.603,90                | -227,78                      | 681,56                        | -11.472,09                    | 5.172,19                       | 2.300,01                      |
| SLE - FREQ.01 | Max | 9.822,24                | -220,79                      | 735,64                        | -11.438,95                    | 5.720,99                       | 2.357,93                      |
| SLE - FREQ.01 | Min | 8.603,93                | -293,25                      | 696,92                        | -12.405,38                    | 5.143,04                       | 2.250,47                      |
| SLE - FREQ.02 | Max | 9.822,21                | -227,36                      | 720,26                        | -11.471,99                    | 5.750,13                       | 2.407,46                      |
| SLE - FREQ.02 | Min | 8.603,89                | -299,83                      | 681,55                        | -12.438,43                    | 5.172,18                       | 2.300,01                      |
| SLE - FREQ.03 | Max | 8.603,94                | -220,55                      | 698,47                        | -11.435,74                    | 5.140,14                       | 2.245,52                      |
| SLE - FREQ.03 | Min | 8.603,94                | -220,55                      | 698,47                        | -11.435,74                    | 5.140,14                       | 2.245,52                      |
| SLE - FREQ.04 | Max | 8.603,90                | -228,44                      | 680,03                        | -11.475,40                    | 5.175,10                       | 2.304,96                      |
| SLE - FREQ.04 | Min | 8.603,90                | -228,44                      | 680,03                        | -11.475,40                    | 5.175,10                       | 2.304,96                      |
| SLE - CAR.01  | Max | 10.238,05               | -221,18                      | 805,92                        | -11.471,92                    | 5.753,32                       | 2.406,44                      |
| SLE - CAR.01  | Min | 8.613,63                | -317,80                      | 754,31                        | -12.760,50                    | 4.982,72                       | 2.263,17                      |
| SLE - CAR.02  | Max | 10.238,01               | -229,07                      | 787,47                        | -11.511,58                    | 5.788,29                       | 2.465,88                      |
| SLE - CAR.02  | Min | 8.613,59                | -325,69                      | 735,86                        | -12.800,16                    | 5.017,68                       | 2.322,61                      |
| SLE - CAR.03  | Max | 10.218,65               | -218,79                      | 694,23                        | -11.399,26                    | 6.068,13                       | 2.371,14                      |
| SLE - CAR.03  | Min | 8.594,22                | -315,41                      | 642,61                        | -12.687,84                    | 5.297,53                       | 2.227,86                      |
| SLE - CAR.04  | Max | 10.218,61               | -226,68                      | 675,78                        | -11.438,92                    | 6.103,10                       | 2.430,58                      |
| SLE - CAR.04  | Min | 8.594,19                | -323,30                      | 624,16                        | -12.727,50                    | 5.332,49                       | 2.287,30                      |
| SLE - CAR.05  | Max | 9.838,41                | -222,12                      | 830,25                        | -11.496,16                    | 5.455,74                       | 2.382,40                      |
| SLE - CAR.05  | Min | 8.620,10                | -294,58                      | 791,54                        | -12.462,59                    | 4.877,79                       | 2.274,94                      |
| SLE - CAR.06  | Max | 9.838,37                | -230,00                      | 811,81                        | -11.535,82                    | 5.490,70                       | 2.441,83                      |
| SLE - CAR.06  | Min | 8.620,06                | -302,47                      | 773,09                        | -12.502,25                    | 4.912,75                       | 2.334,38                      |
| SLE - CAR.07  | Max | 9.806,08                | -218,13                      | 644,09                        | -11.375,07                    | 5.980,42                       | 2.323,55                      |
| SLE - CAR.07  | Min | 8.587,76                | -290,60                      | 605,38                        | -12.341,50                    | 5.402,47                       | 2.216,10                      |
| SLE - CAR.08  | Max | 9.806,04                | -226,02                      | 625,65                        | -11.414,72                    | 6.015,39                       | 2.382,99                      |
| SLE - CAR.08  | Min | 8.587,72                | -298,49                      | 586,94                        | -12.381,16                    | 5.437,43                       | 2.275,54                      |
| SLE - CAR.09  | Max | 9.831,96                | -218,69                      | 799,17                        | -11.458,73                    | 5.549,02                       | 2.350,81                      |
| SLE - CAR.09  | Min | 8.613,64                | -291,16                      | 760,46                        | -12.425,17                    | 4.971,07                       | 2.243,36                      |
| SLE - CAR.10  | Max | 9.831,89                | -231,84                      | 768,42                        | -11.524,83                    | 5.607,30                       | 2.449,88                      |
| SLE - CAR.10  | Min | 8.613,58                | -304,30                      | 729,71                        | -12.491,26                    | 5.029,34                       | 2.342,43                      |
| SLE - CAR.11  | Max | 9.812,56                | -216,30                      | 687,47                        | -11.386,08                    | 5.863,83                       | 2.315,51                      |
| SLE - CAR.11  | Min | 8.594,24                | -288,77                      | 648,76                        | -12.352,51                    | 5.285,88                       | 2.208,05                      |
| SLE - CAR.12  | Max | 9.812,49                | -229,45                      | 656,73                        | -11.452,17                    | 5.922,10                       | 2.414,57                      |
| SLE - CAR.12  | Min | 8.594,18                | -301,91                      | 618,02                        | -12.418,61                    | 5.344,15                       | 2.307,12                      |
| SLU - STR.01  | Max | 13.954,22               | -308,88                      | 1.099,58                      | -15.621,12                    | 7.809,25                       | 3.271,32                      |
| SLU - STR.01  | Min | 11.761,25               | -439,31                      | 1.029,90                      | -17.360,70                    | 6.768,93                       | 3.077,90                      |
| SLU - STR.02  | Max | 13.954,18               | -318,34                      | 1.077,44                      | -15.668,71                    | 7.851,20                       | 3.342,65                      |
| SLU - STR.02  | Min | 11.761,21               | -448,78                      | 1.007,76                      | -17.408,30                    | 6.810,89                       | 3.149,23                      |
| SLU - STR.03  | Max | 13.925,12               | -305,29                      | 932,04                        | -15.512,14                    | 8.281,46                       | 3.218,36                      |
| SLU - STR.03  | Min | 11.732,15               | -435,73                      | 862,36                        | -17.251,72                    | 7.241,14                       | 3.024,94                      |
| SLU - STR.04  | Max | 13.925,07               | -314,76                      | 909,90                        | -15.559,73                    | 8.323,42                       | 3.289,69                      |
| SLU - STR.04  | Min | 11.732,10               | -445,19                      | 840,22                        | -17.299,31                    | 7.283,10                       | 3.096,27                      |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| COMBINAZIONE |     | N <sub>Sd</sub><br>[kN] | V <sub>long,Sd</sub><br>[kN] | V <sub>trav,Sd</sub><br>[kN] | M <sub>long,Sd</sub><br>[kNm] | M <sub>trav,Sd</sub><br>[kNm] | M <sub>torc,Sd</sub><br>[kNm] |
|--------------|-----|-------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| SLU - STR.05 | Max | 13.415,68               | -310,26                      | 1.138,01                     | -15.657,48                    | 7.391,77                      | 3.240,62                      |
| SLU - STR.05 | Min | 11.770,96               | -408,09                      | 1.085,75                     | -16.962,16                    | 6.611,53                      | 3.095,55                      |
| SLU - STR.06 | Max | 13.419,31               | -319,83                      | 1.115,87                     | -15.707,41                    | 7.435,32                      | 3.311,59                      |
| SLU - STR.06 | Min | 11.774,58               | -417,66                      | 1.063,61                     | -17.012,09                    | 6.655,08                      | 3.166,53                      |
| SLU - STR.07 | Max | 13.367,18               | -304,28                      | 858,78                       | -15.475,84                    | 8.178,79                      | 3.152,35                      |
| SLU - STR.07 | Min | 11.722,45               | -402,11                      | 806,52                       | -16.780,52                    | 7.398,55                      | 3.007,29                      |
| SLU - STR.08 | Max | 13.367,13               | -313,75                      | 836,64                       | -15.523,43                    | 8.220,75                      | 3.223,68                      |
| SLU - STR.08 | Min | 11.722,41               | -411,58                      | 784,38                       | -16.828,11                    | 7.440,51                      | 3.078,61                      |
| SLU - STR.09 | Max | 13.406,00               | -305,91                      | 1.089,54                     | -15.605,30                    | 7.535,19                      | 3.199,19                      |
| SLU - STR.09 | Min | 11.761,27               | -403,74                      | 1.037,28                     | -16.909,99                    | 6.754,95                      | 3.054,13                      |
| SLU - STR.10 | Max | 13.405,92               | -321,69                      | 1.052,65                     | -15.684,62                    | 7.605,12                      | 3.318,07                      |
| SLU - STR.10 | Min | 11.761,19               | -419,52                      | 1.000,39                     | -16.989,31                    | 6.824,88                      | 3.173,01                      |
| SLU - STR.11 | Max | 13.376,90               | -302,33                      | 922,00                       | -15.496,32                    | 8.007,40                      | 3.146,23                      |
| SLU - STR.11 | Min | 11.732,17               | -400,15                      | 869,74                       | -16.801,00                    | 7.227,16                      | 3.001,16                      |
| SLU - STR.12 | Max | 13.376,82               | -318,10                      | 885,11                       | -15.575,64                    | 8.077,33                      | 3.265,11                      |
| SLU - STR.12 | Min | 11.732,09               | -415,93                      | 832,85                       | -16.880,32                    | 7.297,09                      | 3.120,04                      |
| SLV - X - 01 | Max | 8.860,12                | 26,50                        | 976,86                       | -9.547,13                     | 5.899,16                      | 4.167,76                      |
| SLV - X - 01 | Min | 8.346,57                | -955,23                      | 532,28                       | -15.794,88                    | 3.936,68                      | 636,81                        |
| SLV - X - 02 | Max | 8.860,13                | 11,86                        | 937,45                       | -9.620,77                     | 5.984,64                      | 4.282,70                      |
| SLV - X - 02 | Min | 8.346,58                | -969,87                      | 492,87                       | -15.868,52                    | 4.022,17                      | 751,75                        |
| SLV - Y - 01 | Max | 8.860,87                | -260,69                      | 1.336,04                     | -11.528,62                    | 6.932,37                      | 3.851,50                      |
| SLV - Y - 01 | Min | 8.345,82                | -668,04                      | 173,10                       | -13.813,40                    | 2.903,47                      | 953,07                        |
| SLV - Y - 02 | Max | 8.860,88                | -275,33                      | 1.296,63                     | -11.602,25                    | 7.017,85                      | 3.966,44                      |
| SLV - Y - 02 | Min | 8.345,83                | -682,67                      | 133,69                       | -13.887,03                    | 2.988,95                      | 1.068,01                      |

## 19 SPALLA B – VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE DI SPICCATO DELLE ELEVAZIONI

### 19.1 SEZIONE E ARMATURA DI VERIFICA

La sezione di armatura è rettangolare con base pari a **350 cm** (direzione perpendicolare all'impalcato) e altezza pari a **809 cm** (direzione parallela all'impalcato).

L'armatura verticale è costituita da:

- Ø26/10 disposti lungo i lati maggiori
- Ø26/10 disposti lungo i lati maggiori

L'armatura a taglio è costituita da staffe Ø16/20. Il copreferro minimo è assunto pari a **40 mm**.

### 19.2 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

#### 19.2.1 COMBINAZIONE SLE – QUASI PERMANENTE

La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLE – Q.P.02**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a **N<sub>Sd</sub> = 7.905,12 kNm**.

Il momento flettente longitudinale di calcolo è assunto pari a **M<sub>long,Sd</sub> = -10.961,93 kNm**

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a **M<sub>trasv,Sd</sub> = -4.861,55 kNm**.

**Verifica C.A. S.L.U. - File: SPICCATO ELEVAZIONI\_SPALLA B**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

**Titolo: SPICCATO ELEVAZIONE**

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 228 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 0      | 0      |
| 2  | 0      | 809    |
| 3  | 350    | 809    |
| 4  | 350    | 0      |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1  | 5,31     | 6,5    | 6,5    |
| 2  | 5,31     | 6,5    | 14,5   |
| 3  | 5,31     | 6,5    | 24,5   |
| 4  | 5,31     | 6,5    | 34,5   |
| 5  | 5,31     | 6,5    | 44,5   |
| 6  | 5,31     | 6,5    | 54,5   |

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 7905,12 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 -10996,90 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 -4861,55 kNm

**P.to applicazione N**  
Centro Baricentro cls  
Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Metodo di calcolo**  
S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

**Materiali**  
B450C C32/40  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 1  
ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333  
τ<sub>c1</sub> 2,114

σ<sub>c</sub> -0,8408 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 5,094 N/mm²  
ε<sub>s</sub> 0,02547 ‰  
d 638,6 cm  
x 454,9 x/d 0,7123  
δ 1

**Verifica**  
N° iterazioni: 3  
Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

- $\sigma_c = 0,84 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$
- $\sigma_s = 5,09 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 19.2.2 COMBINAZIONE SLE – FREQUENTE

La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLE – FREQ.02**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  **$N_{sd} = 7.905,09$  kNm**.

Il momento flettente longitudinale di calcolo è assunto pari a  **$M_{long,Sd} = -11.728,00$  kNm**

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  **$M_{trasv,Sd} = -5.263,66$  kNm**.

Verifica C.A. S.L.U. - File: SPICCATO ELEVAZIONI\_SPALLA B

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: SPICCATO ELEVAZIONE

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 228 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 0      | 0      |
| 2  | 0      | 809    |
| 3  | 350    | 809    |
| 4  | 350    | 0      |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1  | 5,31     | 6,5    | 6,5    |
| 2  | 5,31     | 6,5    | 14,5   |
| 3  | 5,31     | 6,5    | 24,5   |
| 4  | 5,31     | 6,5    | 34,5   |
| 5  | 5,31     | 6,5    | 44,5   |
| 6  | 5,31     | 6,5    | 54,5   |

Tipo Sezione:  
☐ Rettang. ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☒ Coord.

Sollecitazioni:  
 S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub>: 0 7905,09 kN  
 M<sub>Ed</sub>: 0 -11728 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 -5263,66

P.to applicazione N:  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo:  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali:  
 B450C C32/40  
 E<sub>su</sub>: 67,5 % E<sub>c2</sub>: 2 %  
 f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm² E<sub>cu</sub>: 3,5  
 E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 18,81  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 1  
 E<sub>syd</sub>: 1,957 % σ<sub>c,adm</sub>: 12,25  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0,7333  
 τ<sub>c1</sub>: 2,114

σ<sub>c</sub>: -0,9028 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 6,274 N/mm²  
 Verifica  
 N° iterazioni: 4  
☐ Precompresso  
 ε<sub>s</sub>: 0,03137 %  
 d: 635,9 cm  
 x: 434,6 x/d: 0,6834  
 δ: 1

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

- $\sigma_c = 0,90 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$
- $\sigma_s = 6,27 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 19.2.3 COMBINAZIONE SLE – RARA

La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLE – CAR.02**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  **$N_{sd} = 7.895,38$  kNm**.

Il momento flettente longitudinale di calcolo è assunto pari a  **$M_{long,Sd} = -11.937,95$  kNm**

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  **$M_{trasv,Sd} = -5.553,58$  kNm**.

**Verifica C.A. S.L.U. - File: SPICCATO ELEVAZIONI\_SPALLA B**

File | Materiali | Opzioni | Visualizza | Progetto Sez. Rett. | Sismica | Normativa: NTC 2008

**Titolo:** SPICCATO ELEVAZIONE

N° Vertici: 4 | Zoom | N° barre: 228 | Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 0      | 0      |
| 2  | 0      | 809    |
| 3  | 350    | 809    |
| 4  | 350    | 0      |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1  | 5,31     | 6,5    | 6,5    |
| 2  | 5,31     | 6,5    | 14,5   |
| 3  | 5,31     | 6,5    | 24,5   |
| 4  | 5,31     | 6,5    | 34,5   |
| 5  | 5,31     | 6,5    | 44,5   |
| 6  | 5,31     | 6,5    | 54,5   |

**Sollecitazioni:** S.L.U. | Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 | 7895,38 kN  
M<sub>Ed</sub>: 0 | -11937,95 kNm  
M<sub>Ed</sub>: 0 | -5553,58 kNm

**P.to applicazione N:** Centro | Baricentro cls  
Coord.[cm]: xN: 0, yN: 0

**Metodo di calcolo:** S.L.U.+ | S.L.U.- | Metodo n

**Materiali:** B450C | C32/40

ε<sub>su</sub>: 67,5 ‰ | ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm² | ε<sub>cu</sub>: 3,5 ‰  
E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm² | f<sub>cd</sub>: 18,81 N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 | f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 1  
ε<sub>syd</sub>: 1,957 ‰ | σ<sub>c,adm</sub>: 12,25 N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² | τ<sub>co</sub>: 0,7333  
τ<sub>c1</sub>: 2,114

σ<sub>c</sub>: -0,9371 N/mm²  
σ<sub>s</sub>: 6,961 N/mm²

ε<sub>s</sub>: 0,03481 ‰  
d: 629 cm  
x: 420,7 | x/d: 0,6688  
δ: 1

Verifica | N° iterazioni: 4 | Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

- $\sigma_c = 0,93 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$
- $\sigma_s = 6,96 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 19.3 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

Stanti le tensioni sui materiali estremamente ridotte, le verifiche allo Stato Limite di fessurazione possono essere considerate implicitamente soddisfatte.

## 19.4 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSOFLESSIONE

### 19.4.1 COMBINAZIONE SLU – STR

La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLU – STR.02**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  **$N_{Sd} = 10.759,09 \text{ kNm}$** .

Il momento flettente longitudinale di calcolo è assunto pari a  **$M_{long,Sd} = -16.212,93 \text{ kNm}$**

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  **$M_{trasv,Sd} = -7.567,84 \text{ kNm}$** .

Verifica C.A. S.L.U. - File: SPICCATO ELEVAZIONI

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** SPICCATO ELEVAZIONE

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 246 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 0      | 0      |
| 2  | 0      | 899    |
| 3  | 350    | 899    |
| 4  | 350    | 0      |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1  | 5,31     | 6,5    | 6,5    |
| 2  | 5,31     | 6,5    | 14,5   |
| 3  | 5,31     | 6,5    | 24,5   |
| 4  | 5,31     | 6,5    | 34,5   |
| 5  | 5,31     | 6,5    | 44,5   |
| 6  | 5,31     | 6,5    | 54,5   |

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 15812,67 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 18161,61 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 5920,80 0 kNm

**P.to applicazione N**  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Tipo sezione**  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☒ Coord.

**Metodo di calcolo**  
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

**Tipo flessione**  
☐ Retta ☒ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

**Materiali**  
B450C C32/40  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 I<sub>cc</sub>/I<sub>cd</sub> 1 ?  
ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333  
τ<sub>c1</sub> 2,114

M<sub>xRd</sub> 235.476 kNm  
M<sub>yRd</sub> 77.444 kNm  
σ<sub>c</sub> -18,81 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 11,58 ‰  
d 783,9 cm  
x 181,9 x/d 0,2321  
δ 0,7301

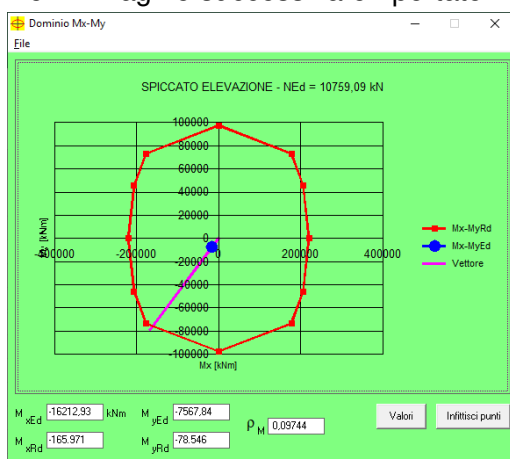
angolo asse neutro θ° 304

☐ Precompresso

I momenti resistenti risultano pari a:

- **$M_{long,Rd} = -165.971,00 \text{ kNm} > M_{long,Sd} = -16.212,93 \text{ kNm}$**
- **$M_{trasv,Rd} = -78.546,00 \text{ kNm} > M_{trasv,Sd} = -7.567,84 \text{ kNm}$**

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 19.4.2 COMBINAZIONE SLV

La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLV – X - 02**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  **$N_{Sd} = 7.617,53$  kNm**.

Il momento flettente longitudinale di calcolo è assunto pari a  **$M_{long,Sd} = -15.379,33$  kNm**

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  **$M_{trasv,Sd} = -5.614,27$  kNm**.

Verifica C.A. S.L.U. - File: SPICCATO ELEVAZIONI\_SPALLA B

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: SPICCATO ELEVAZIONE

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 228 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 0      | 0      |
| 2  | 0      | 809    |
| 3  | 350    | 809    |
| 4  | 350    | 0      |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1  | 5,31     | 6,5    | 6,5    |
| 2  | 5,31     | 6,5    | 14,5   |
| 3  | 5,31     | 6,5    | 24,5   |
| 4  | 5,31     | 6,5    | 34,5   |
| 5  | 5,31     | 6,5    | 44,5   |
| 6  | 5,31     | 6,5    | 54,5   |

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 7617,53 kN  
M<sub>xEd</sub>: -15379,33 kNm  
M<sub>yEd</sub>: -5614,27 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls  
Coord.[cm]: xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ°: 293

Precompresso

Materiali:

B450C C32/40

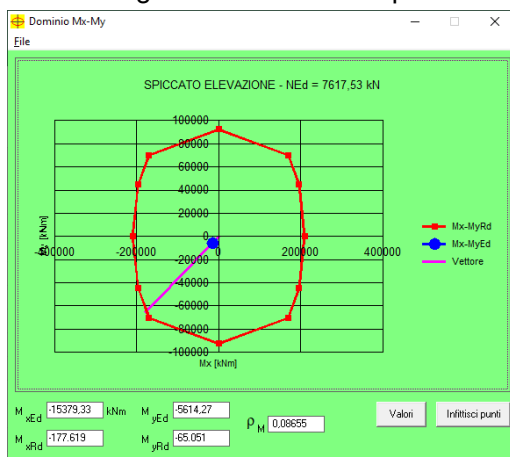
E<sub>su</sub>: 67,5 % E<sub>c2</sub>: 2 %  
f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm² E<sub>cu</sub>: 3,5 %  
E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 18,81  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 1 ?  
E<sub>syd</sub>: 1,957 % σ<sub>c,adm</sub>: 12,25  
σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0,7333  
τ<sub>cl</sub>: 2,114

M<sub>xRd</sub>: -159.024 kNm  
M<sub>yRd</sub>: -75.047 kNm  
σ<sub>c</sub>: -18,81 N/mm²  
σ<sub>s</sub>: 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub>: 3,5 %  
ε<sub>s</sub>: 12,18 %  
d: 629,8 cm  
x: 140,6 x/d: 0,2232  
δ: 0,719

I momenti resistenti risultano pari a:

- **$M_{long,Rd} = -177.619,00$  kNm >  $M_{long,Sd} = -15.379,33$  kNm**
- **$M_{trasv,Rd} = -65.051,00$  kNm >  $M_{trasv,Sd} = -5.614,27$  kNm**

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 19.5 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

### 19.5.1 DIREZIONE LONGITUDINALE

La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLV – X - 02**.

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a  **$V_{sd} = -969,87$  kNm**.

**VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO**  
D.M. 17.01.2018 - CAPITOLO 4.1.2.3.5.2

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE**

|                                    |   |        |      |
|------------------------------------|---|--------|------|
| Base della sezione trasversale:    | b | 350,00 | [cm] |
| Altezza della sezione trasversale: | h | 809,00 | [cm] |
| Copri ferro netto:                 | c | 4,00   | [cm] |
| Altezza utile della sezione:       | d | 805,00 | [cm] |

**CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

|                                                      |          |        |                      |
|------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------|
| Classe di resistenza del calcestruzzo:               |          | C32/40 |                      |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione:     | $R_{ck}$ | 40,00  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione: | $f_{ck}$ | 33,20  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo a compressione:                | $f_{cd}$ | 18,81  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tipologia dell'acciaio da armatura:                  |          | B450C  |                      |
| Tensione caratteristica di rottura:                  | $f_{tk}$ | 540,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione caratteristica di snervamento:              | $f_{yk}$ | 450,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo:                               | $f_{yd}$ | 391,30 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

**AZIONI SOLLECITANTI DI CALCOLO**

|                              |           |        |      |
|------------------------------|-----------|--------|------|
| Azione tagliante di calcolo: | $V_{S,d}$ | 899,00 | [kN] |
| Azione normale di calcolo:   | $N_{S,d}$ | 0,00   | [kN] |

**ARMATURA TRASVERSALE**

|                                                                       |                    |       |                      |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------|-------|----------------------|
| Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo:                             | $\theta$           | 45,00 | [°]                  |
| Cotangente dell'angolo $\theta$ :                                     | $\cot(\theta)$     | 1,00  |                      |
| Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave: | $\alpha$           | 90,00 | [°]                  |
| Numero di bracci dell'armatura trasversale:                           | n                  | 2,00  |                      |
| Passo longitudinale delle armature trasversali:                       | s                  | 20,00 | [cm]                 |
| Diametro dell'armatura trasversale:                                   | $\emptyset_{trav}$ | 16,00 | [mm]                 |
| Area della singola barra:                                             | $A_{barra}$        | 2,01  | [cm <sup>2</sup> ]   |
| Area totale dell'armatura trasversale:                                | $A_{tot}$          | 20,10 | [cm <sup>2</sup> /m] |

**VERIFICA ALLO S.L.U. PER TAGLIO**

La resistenza di calcolo a "taglio trazione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.27]:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot [\cot(\alpha) + \cot(\theta)] \cdot \sin(\alpha)$$

La resistenza di calcolo a "taglio compressione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.28]:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{[\cot(\alpha) + \cot(\theta)]}{[1 + \cot^2(\theta)]}$$

|                                                     |                           |           |                      |
|-----------------------------------------------------|---------------------------|-----------|----------------------|
| Larghezza minima della sezione:                     | $b_w$                     | 350,00    | [cm]                 |
| Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo: | $f_{yd}$                  | 9,41      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione media di compressione nella sezione:       | $\sigma_{cp}$             | 0,00      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Coefficiente maggiorativo $\alpha_c$ :              | $\alpha_c$                | 1,00      |                      |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"           | $V_{Rsd}$                 | 5698,35   | [kN]                 |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSIONE"       | $V_{Rcd}$                 | 119264,78 | [kN]                 |
| AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:          | $V_{R,d}$                 | 5.698,35  | [kN]                 |
| COEFFICIENTE DI SICUREZZA:                          | $F_s = V_{R,d} / V_{S,d}$ | 6,34      |                      |

**LA VERIFICA RISULTA POSITIVA.**

## 19.5.2 DIREZIONE TRASVERSALE

La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLV – Y - 01**.

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a  **$V_{Sd} = -1.351,82$  kNm**.

**VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO**  
D.M. 17.01.2018 - CAPITOLO 4.1.2.3.5.2

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE

|                                    |   |        |      |
|------------------------------------|---|--------|------|
| Base della sezione trasversale:    | b | 809,00 | [cm] |
| Altezza della sezione trasversale: | h | 350,00 | [cm] |
| Copriferro netto:                  | c | 4,00   | [cm] |
| Altezza utile della sezione:       | d | 346,00 | [cm] |

### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

|                                                      |          |        |                      |
|------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------|
| Classe di resistenza del calcestruzzo:               |          | C32/40 |                      |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione:     | $R_{ck}$ | 40,00  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione: | $f_{ck}$ | 33,20  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo a compressione:                | $f_{cd}$ | 18,81  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tipologia dell'acciaio da armatura:                  |          | B450C  |                      |
| Tensione caratteristica di rottura:                  | $f_{tk}$ | 540,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione caratteristica di snervamento:              | $f_{yk}$ | 450,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo:                               | $f_{yd}$ | 391,30 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

### AZIONI SOLLECITANTI DI CALCOLO

|                              |           |         |      |
|------------------------------|-----------|---------|------|
| Azione tagliante di calcolo: | $V_{S,d}$ | 1351,82 | [kN] |
| Azione normale di calcolo:   | $N_{S,d}$ | 0,00    | [kN] |

### ARMATURA TRASVERSALE

|                                                                       |                      |       |                      |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|-------|----------------------|
| Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo:                             | $\theta$             | 45,00 | [°]                  |
| Cotangente dell'angolo $\theta$ :                                     | $\cot(\theta)$       | 1,00  |                      |
| Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave: | $\alpha$             | 90,00 | [°]                  |
| Numero di bracci dell'armatura trasversale:                           | n                    | 2,00  |                      |
| Passo longitudinale delle armature trasversali:                       | s                    | 20,00 | [cm]                 |
| Diametro dell'armatura trasversale:                                   | $\varnothing_{trav}$ | 16,00 | [mm]                 |
| Area della singola barra:                                             | $A_{barra}$          | 2,01  | [cm <sup>2</sup> ]   |
| Area totale dell'armatura trasversale:                                | $A_{tot}$            | 20,10 | [cm <sup>2</sup> /m] |

### VERIFICA ALLO S.L.U. PER TAGLIO

La resistenza di calcolo a "taglio trazione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.27]:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot [\cot(\alpha) + \cot(\theta)] \cdot \sin(\alpha)$$

La resistenza di calcolo a "taglio compressione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.28]:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot \frac{[\cot(\alpha) + \cot(\theta)]}{[1 + \cot^2(\theta)]}$$

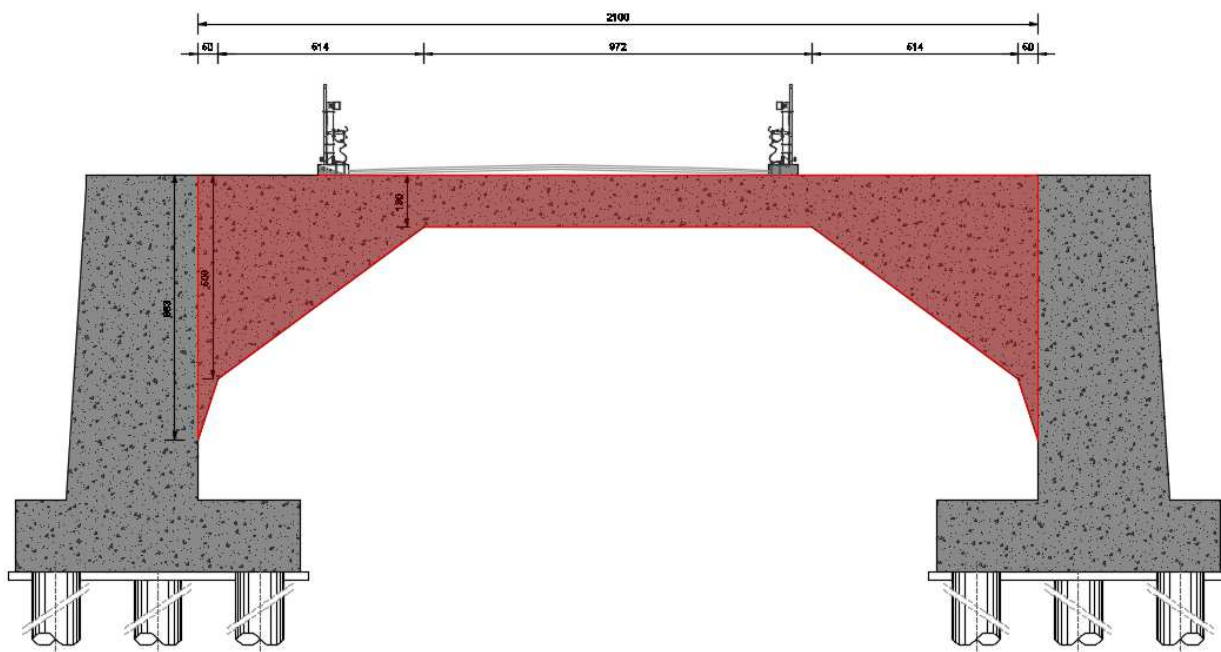
|                                                     |                           |           |                      |
|-----------------------------------------------------|---------------------------|-----------|----------------------|
| Larghezza minima della sezione:                     | $b_w$                     | 809,00    | [cm]                 |
| Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo: | $f_{yd}$                  | 9,41      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione media di compressione nella sezione:       | $\sigma_{cp}$             | 0,00      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Coefficiente maggiorativo $\alpha_c$ :              | $\alpha_c$                | 1,00      |                      |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"           | $V_{Rsd}$                 | 2449,23   | [kN]                 |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSIONE"       | $V_{Rcd}$                 | 118487,60 | [kN]                 |
| AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:          | $V_{R,d}$                 | 2.449,23  | [kN]                 |
| COEFFICIENTE DI SICUREZZA:                          | $F_s = V_{R,d} / V_{S,d}$ | 1,81      |                      |

**LA VERIFICA RISULTA POSITIVA.**

## 20 SPALLA B – VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI SULLA TRAVATA POSTERIORE

### 20.1 DEFINIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO E DEI CARICHI AGENTI

Al fine di valutare le azioni sollecitanti sulla travata posteriore è stato realizzato un apposito modello di calcolo (locale) mediante il software agli elementi finiti SAP2000 v.15.1 (Computers & Structures, Inc.), che rappresenta l'elemento di seguito evidenziato:



Lo schema statico adottato è di trave a campata unica incastrata agli estremi.

La larghezza della trave è stata considerata pari a **199 cm**, mentre la larghezza di applicazione dei carichi statici e mobili è stata considerata pari a **219 cm** (per tener conto della presenza del dente superiore in cemento armato).

Sono stati pertanto presi in esame i seguenti carichi:

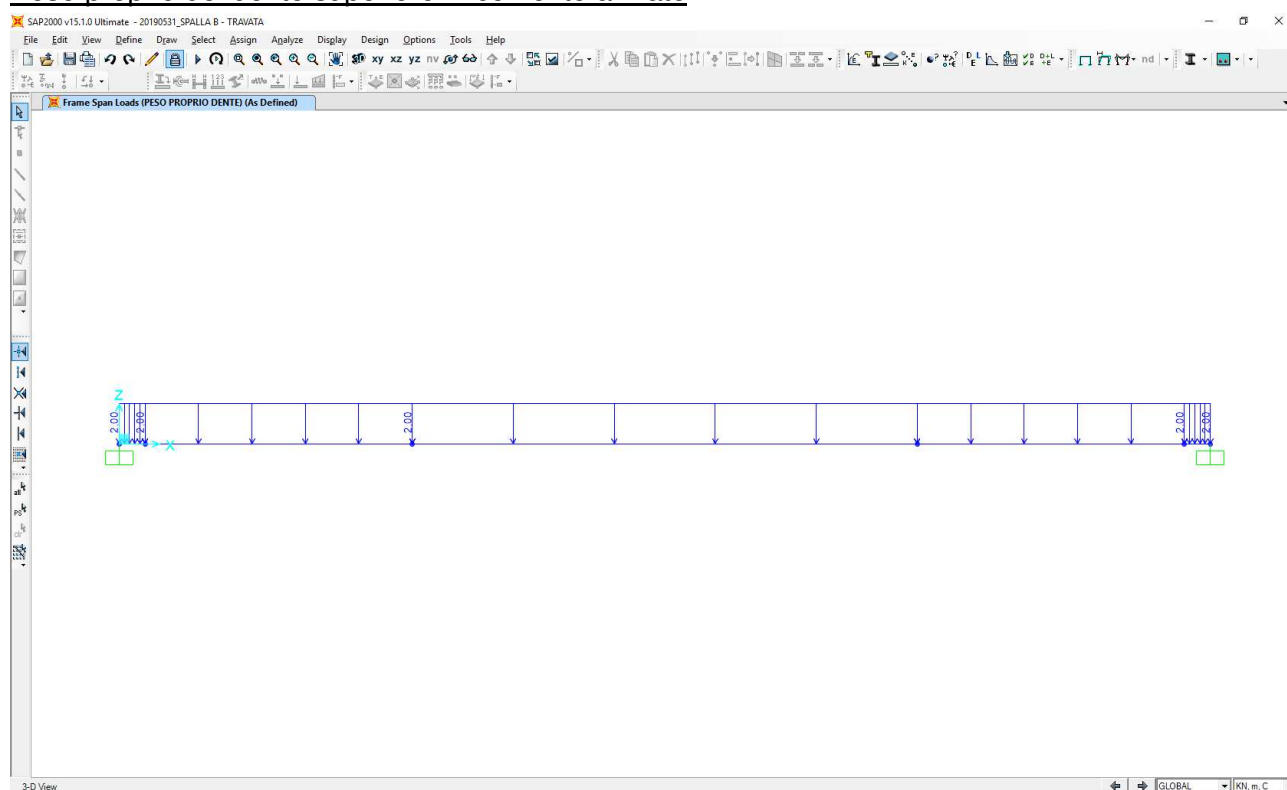
- Peso proprio della trave
- Peso proprio del dente superiore in cemento armato
- Peso proprio dei cordoli laterali in cemento armato
- Peso proprio della pavimentazione stradale
- Peso proprio delle barriere guard – rail
- Carichi accidentali da traffico (secondo le disposizioni definite al capitolo **7.10.1**)

Nella tabella successiva è riportata la determinazione dei carichi concentrati e lineari, relativi ai carichi permanenti, applicati al modello di calcolo:

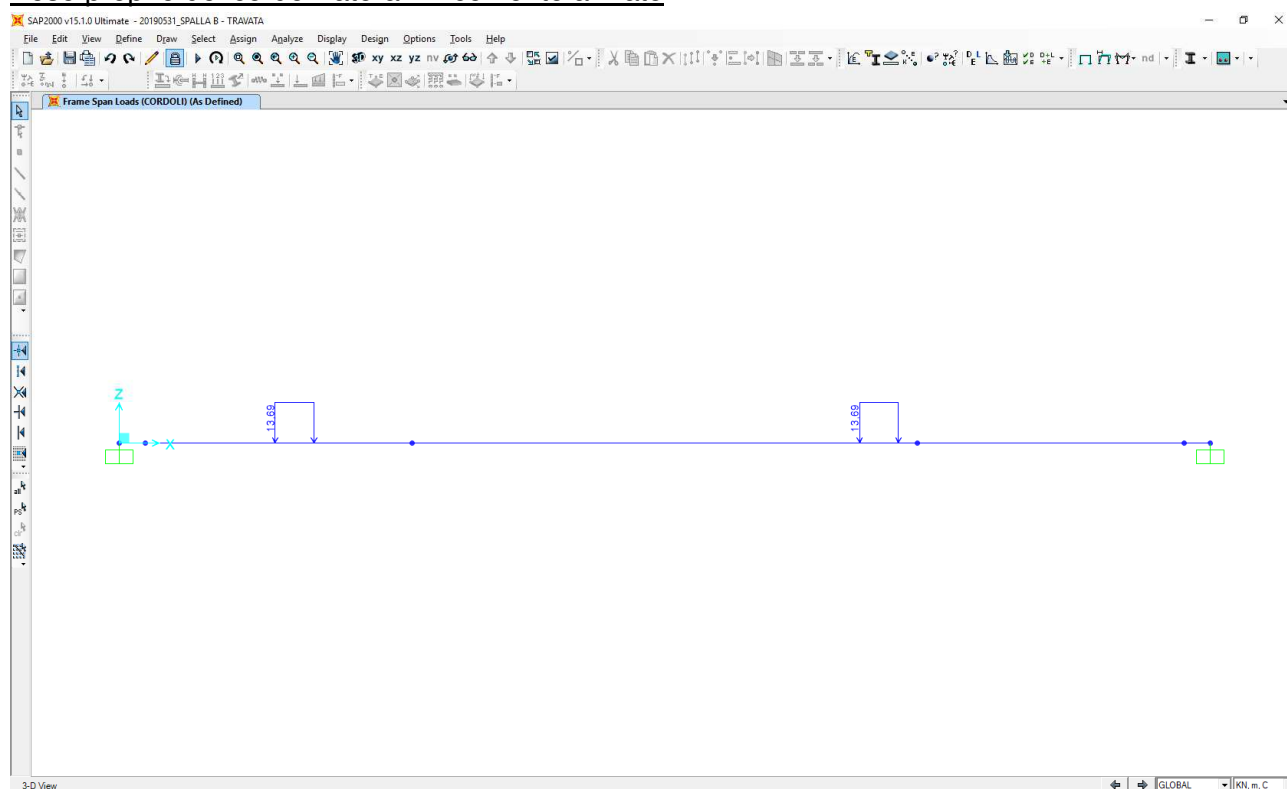
| CARICO                               | $b_1$<br>[m] | $b_2$<br>[m] | $h$<br>[m] | $L$<br>[m] | $V$<br>[m <sup>3</sup> /m] | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $p$<br>[kN/m] | $P$<br>[kN] |
|--------------------------------------|--------------|--------------|------------|------------|----------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|
| Peso proprio dente in cemento armato | 0,50         | 0,30         | 0,20       | -          | 0,08                       | 25,00                            | 2,00          | -           |
| Cordoli in cemento armato            | -            | -            | 0,25       | 2,19       | 0,55                       | 25,00                            | 13,69         | -           |
| Pavimentazione ( $h_{min}$ )         | -            | -            | 0,11       | 2,19       | 0,24                       | 22,00                            | 5,30          | -           |
| Pavimentazione ( $h_{max}$ )         | -            | -            | 0,24       | 2,19       | 0,53                       | 22,00                            | 11,56         | -           |
| Barriere guard rail                  | -            | -            | -          | 2,19       | -                          | 2,00                             | -             | 4,38        |

Nelle immagini seguenti è riportata l'applicazione dei carichi al modello di calcolo.

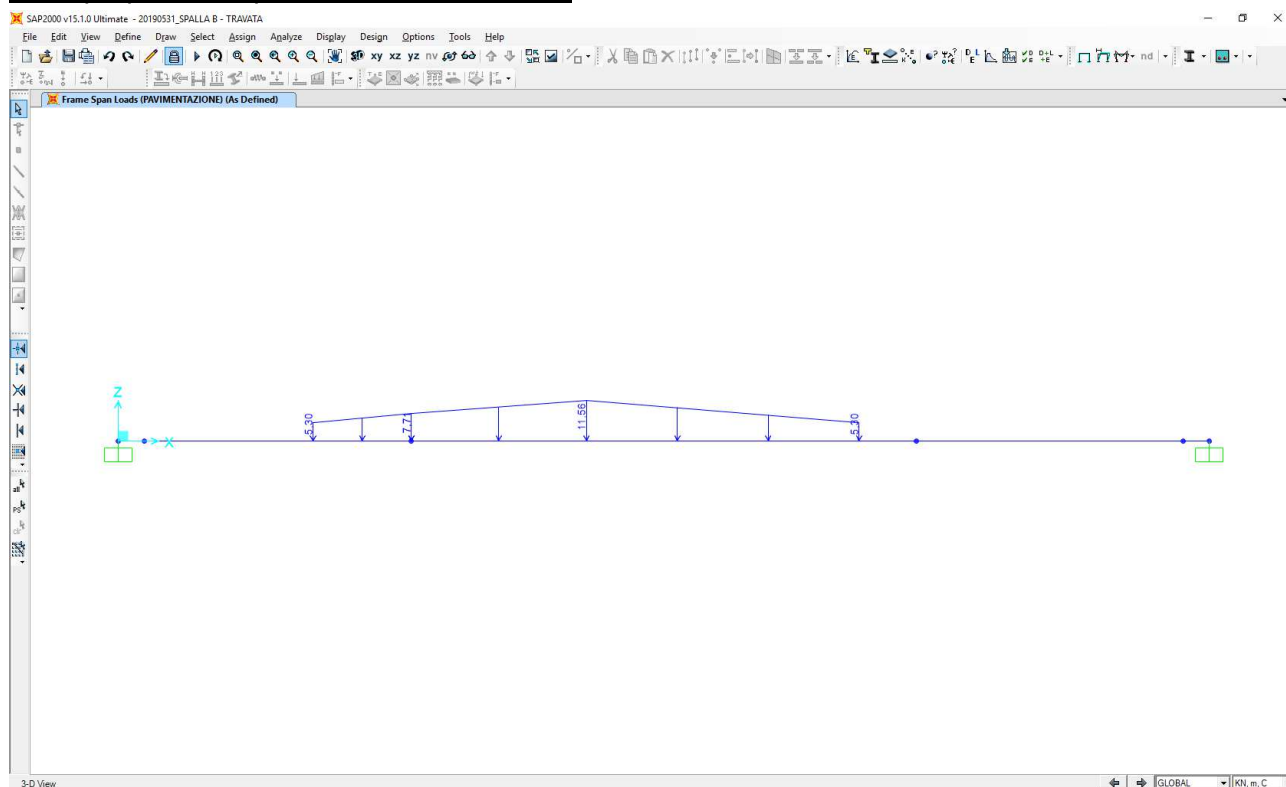
### Peso proprio del dente superiore in cemento armato



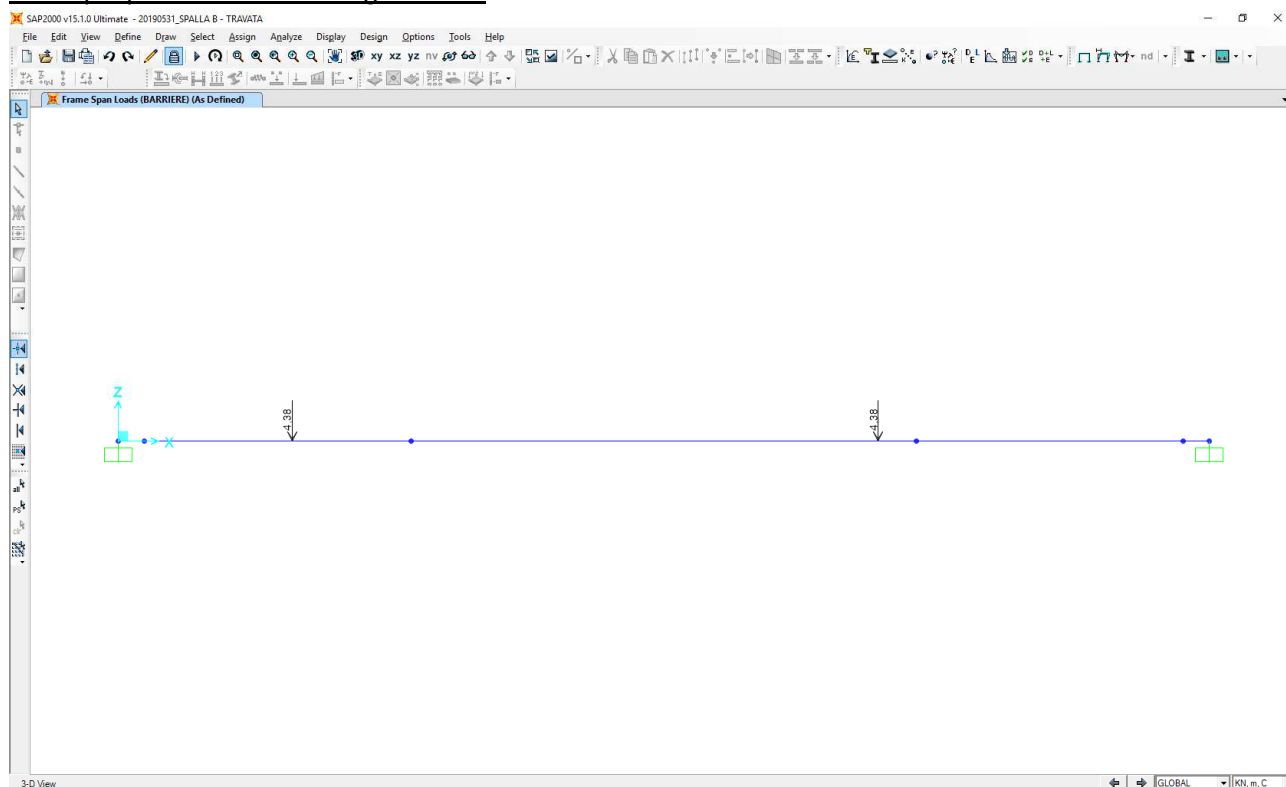
### Peso proprio dei cordoli laterali in cemento armato



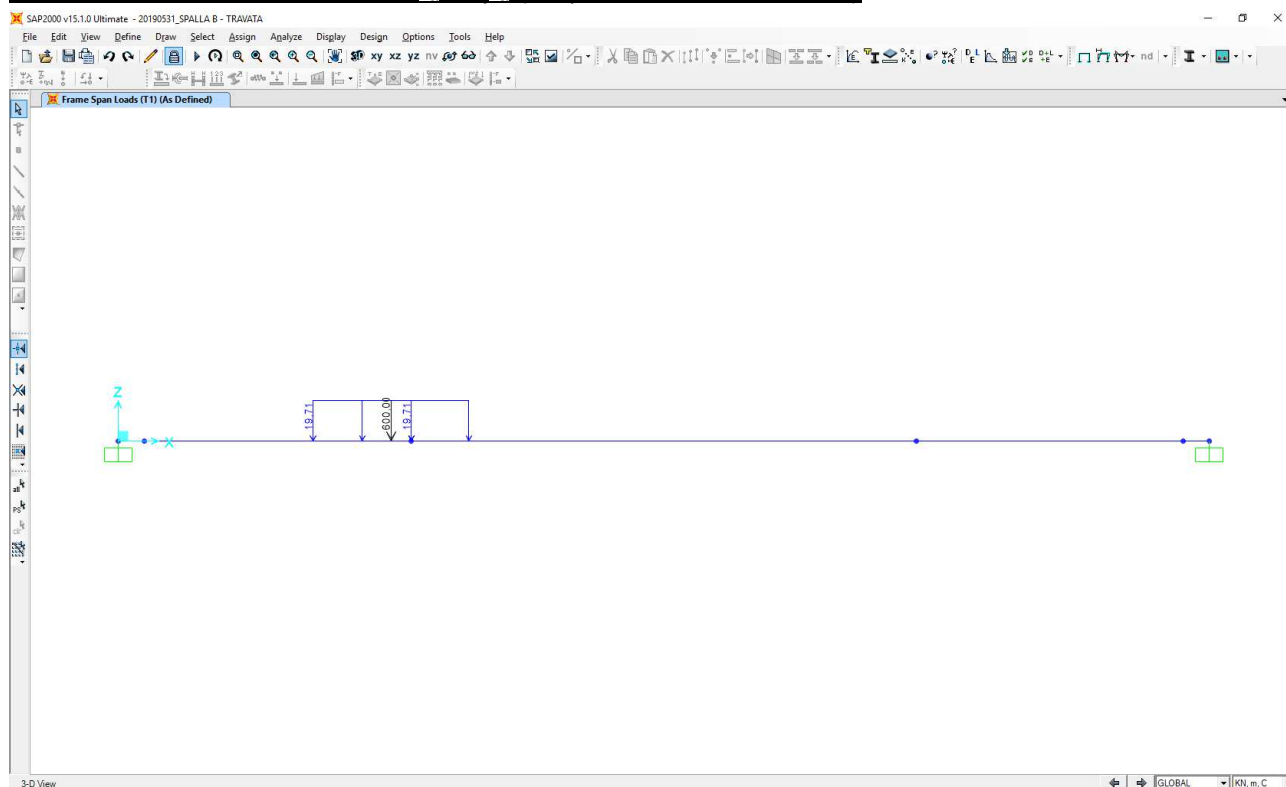
## Peso proprio della pavimentazione stradale



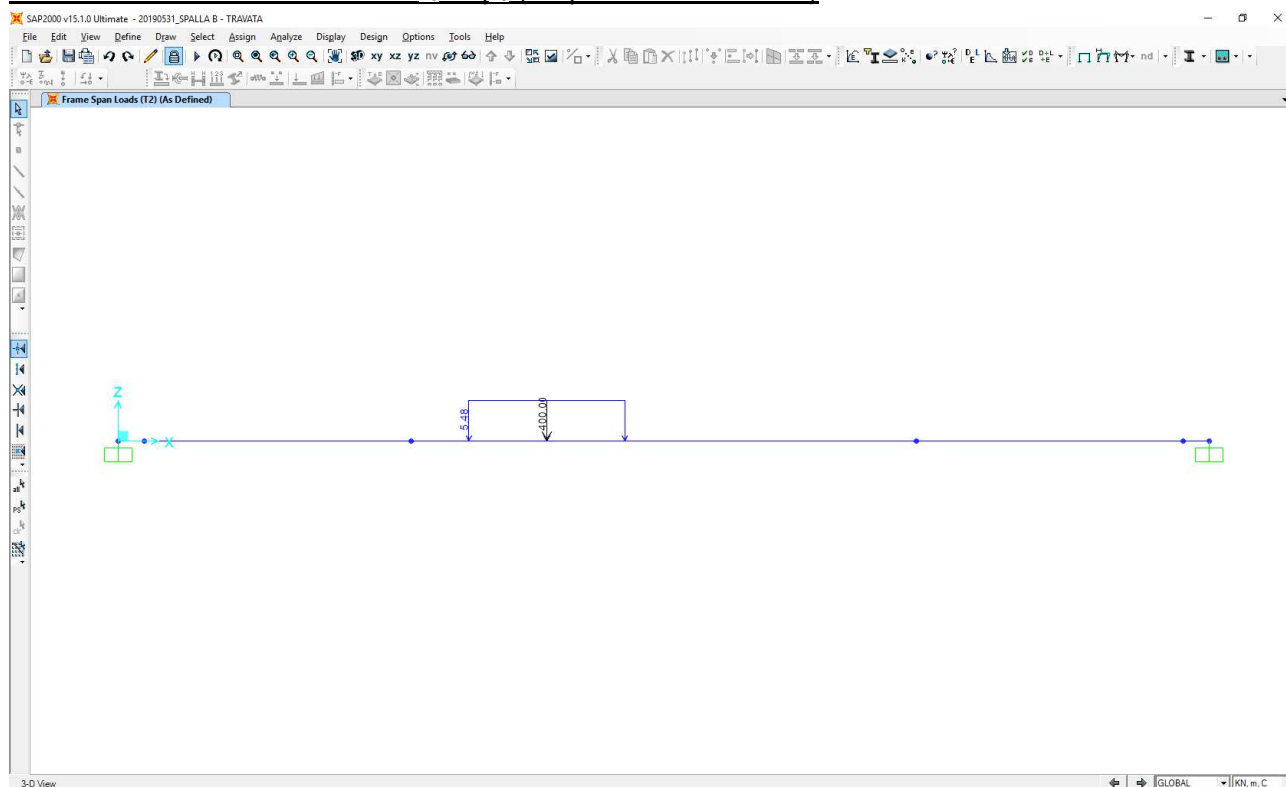
## Peso proprio delle barriere guard rail



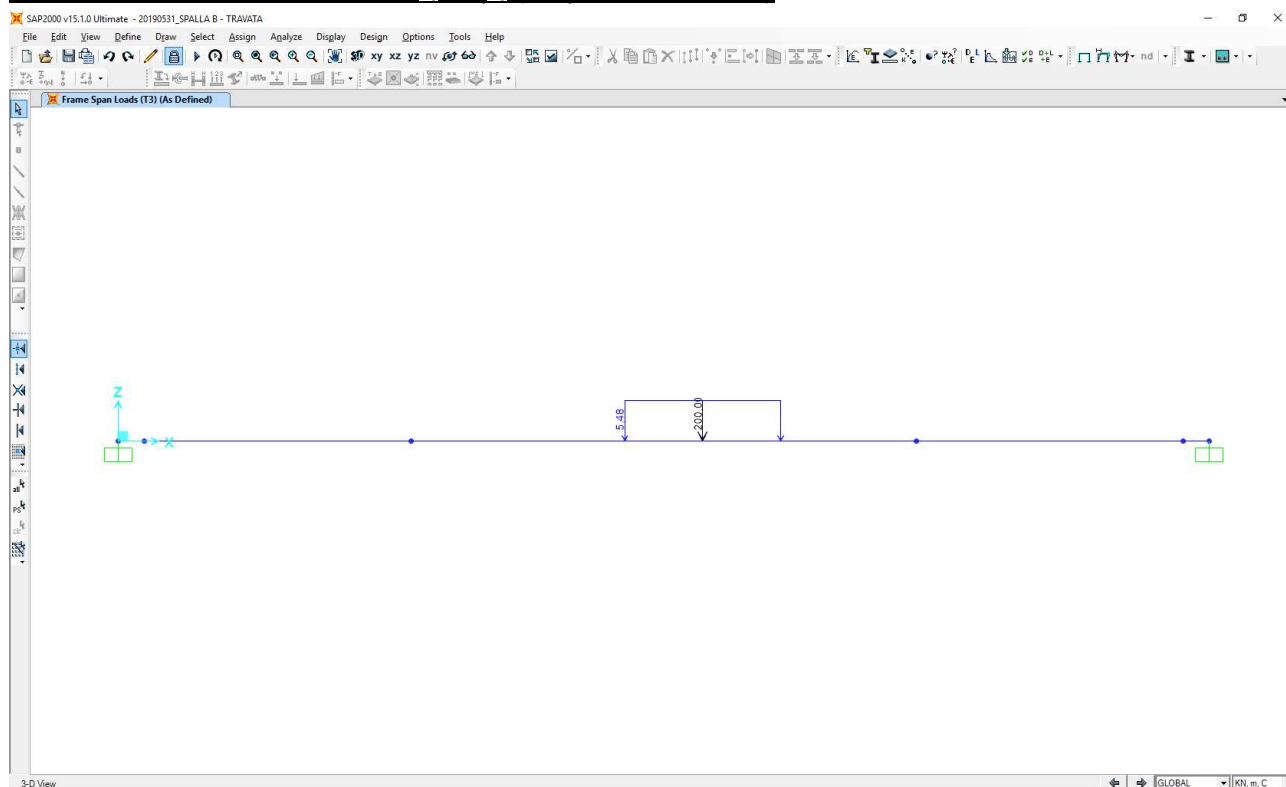
## Carico accidentale da traffico $Q_{1a} - q_{1a}$ (Disposizioni 01-02-03-04)



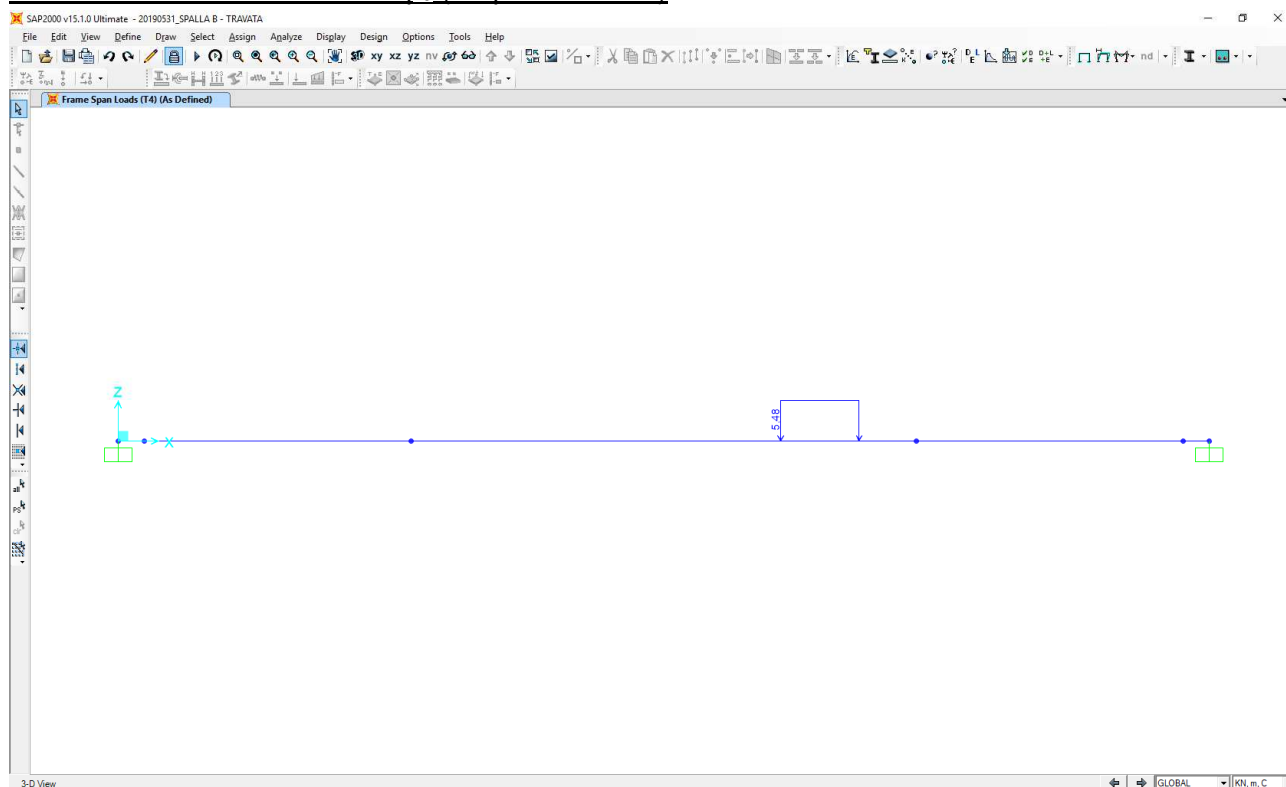
## Carico accidentale da traffico $Q_{1b} - q_{1b}$ (Disposizioni 01-02-03)



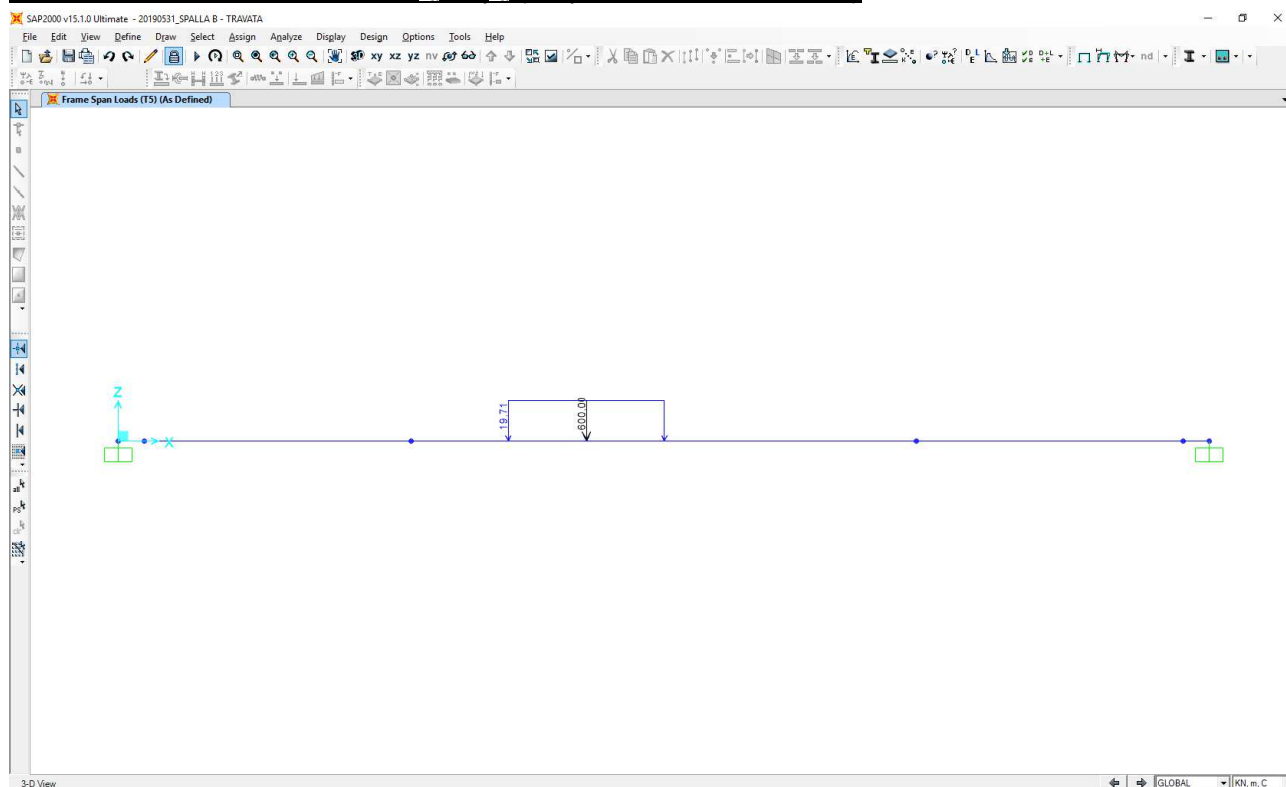
## Carico accidentale da traffico $Q_{1c} - q_{1c}$ (Disposizioni 01-02)



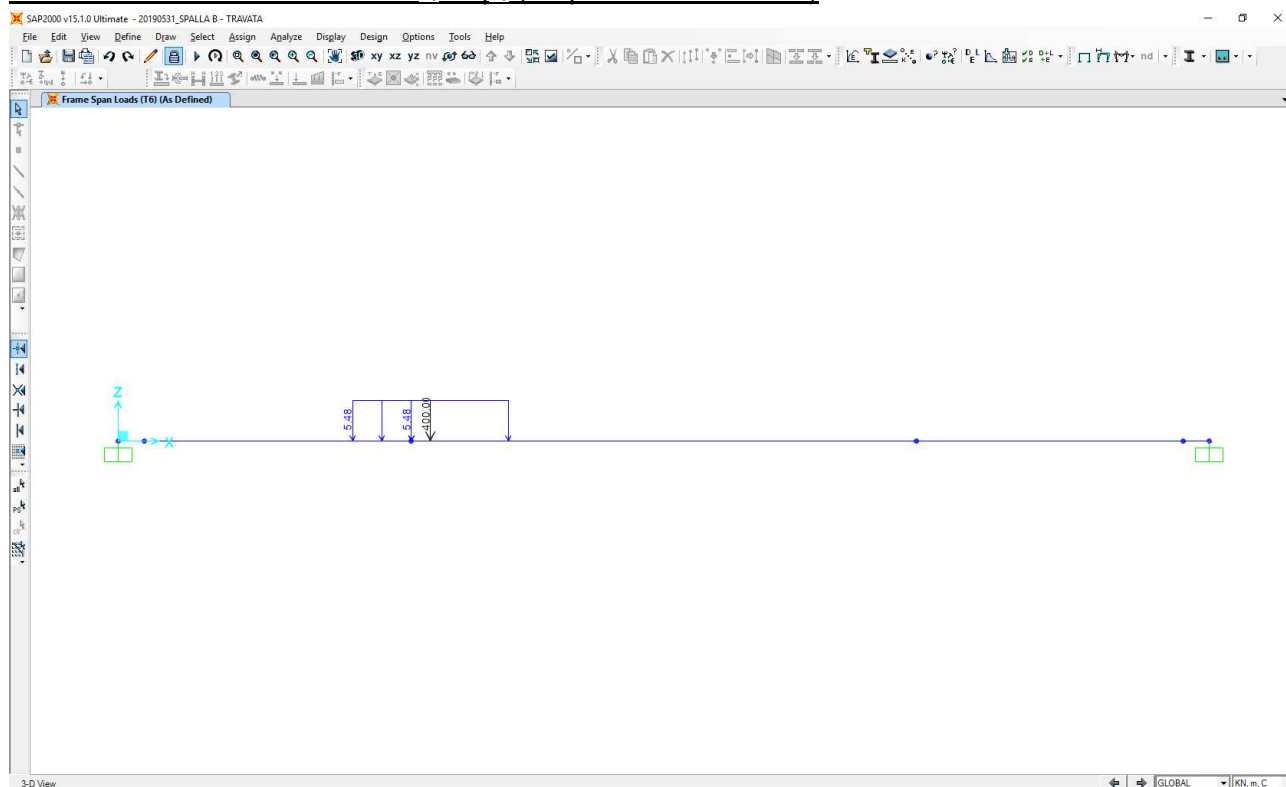
## Carico accidentale da traffico $q_{1d}$ (Disposizione 01)



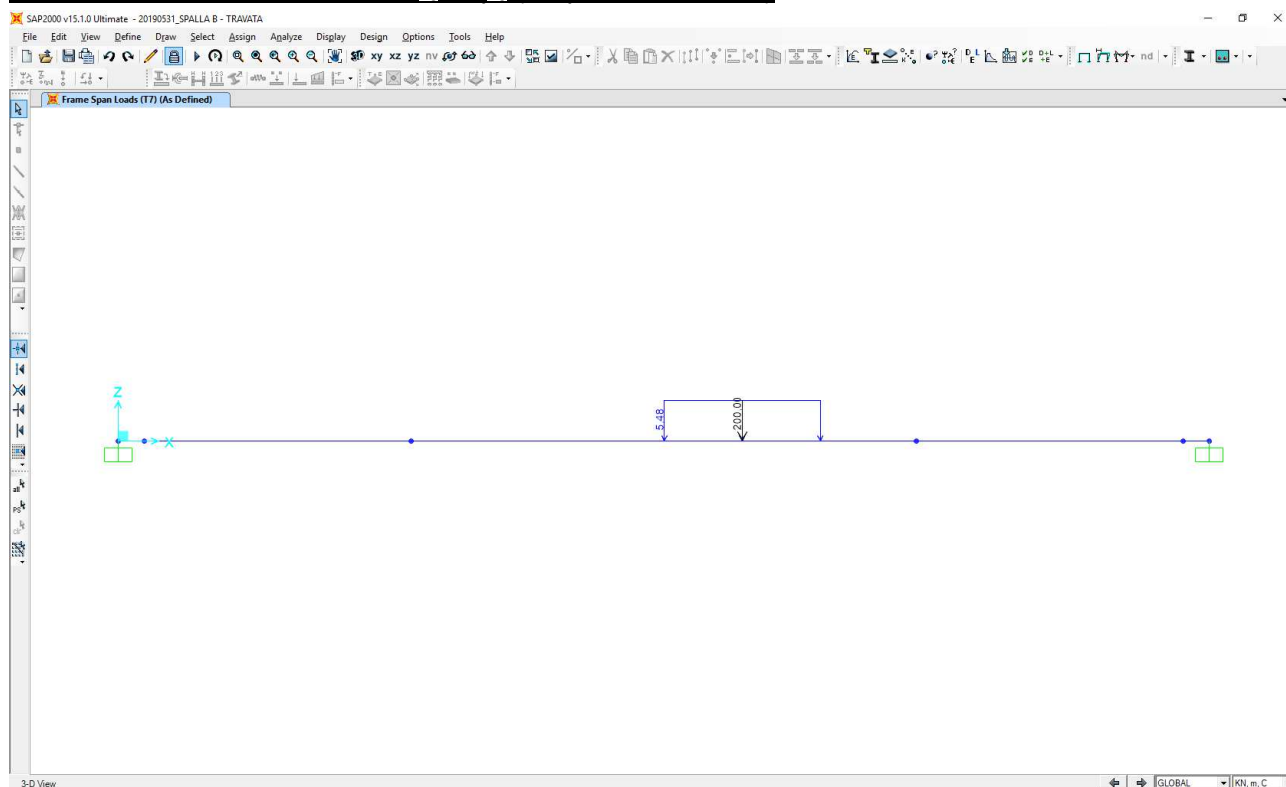
## Carico accidentale da traffico $Q_{1a} - q_{1a}$ (Disposizioni 05-06-07-08)



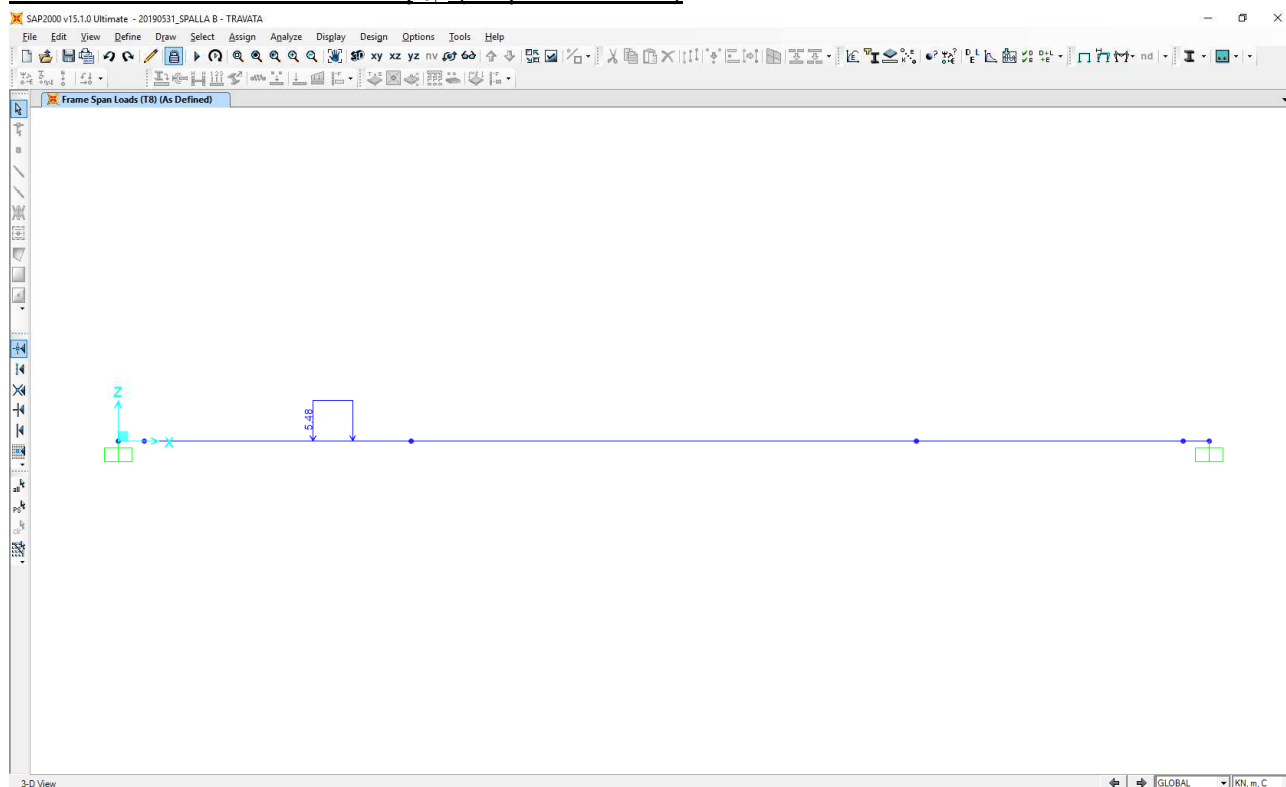
## Carico accidentale da traffico $Q_{1b} - q_{1b}$ (Disposizioni 05-06-07)



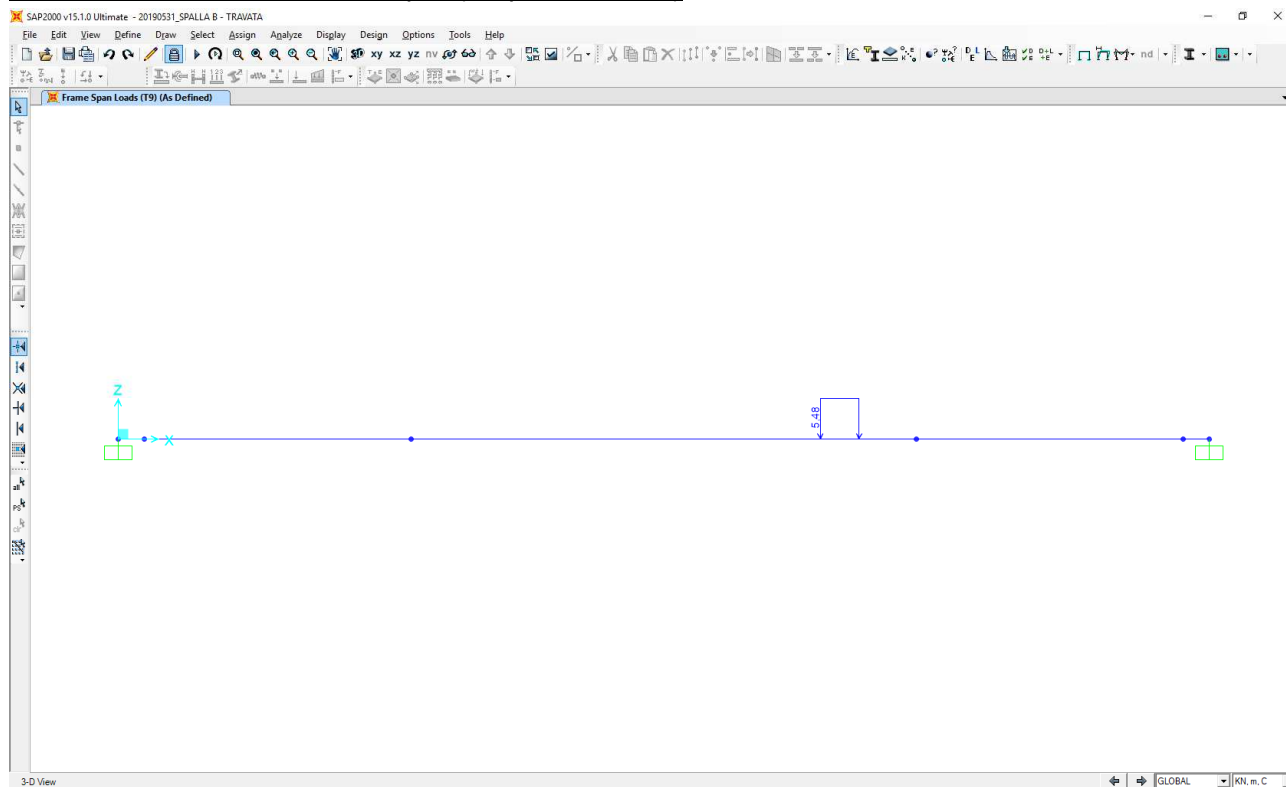
## Carico accidentale da traffico $Q_{1c} - q_{1c}$ (Disposizioni 05-06)



## Carico accidentale da traffico $q_{1d,1}$ (Disposizione 05)



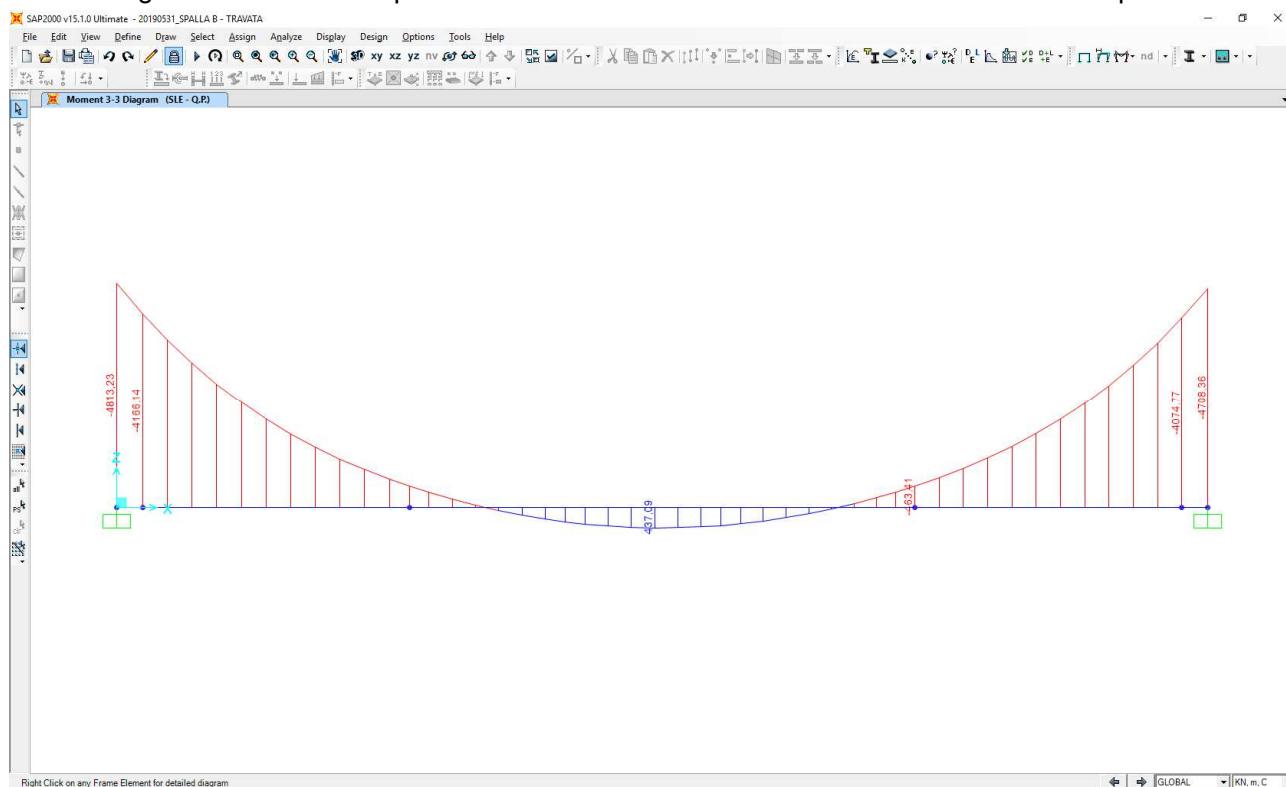
## Carico accidentale da traffico $q_{1d,2}$ (Disposizione 05)



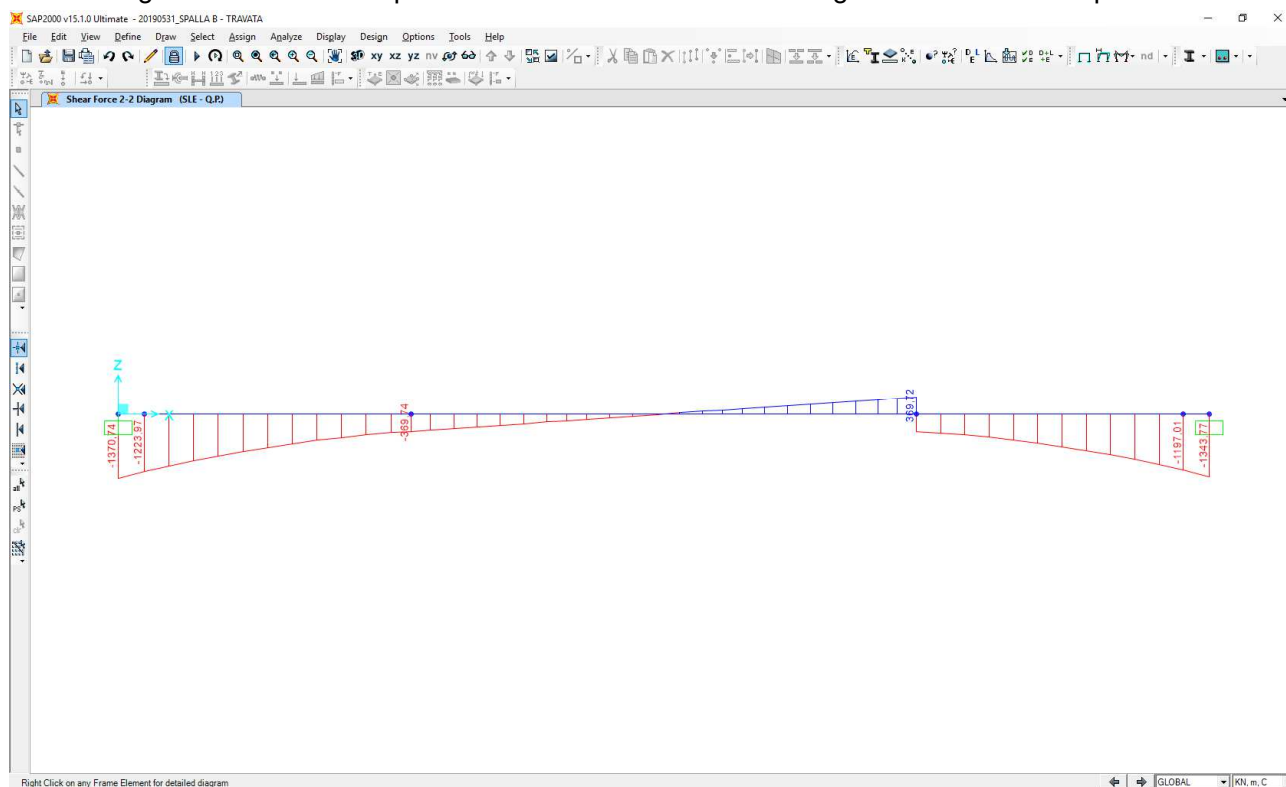
## 20.2 DIAGRAMMI DELLE AZIONI SOLLECITANTI

### 20.2.1 COMBINAZIONE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – QUASI PERMANENTE

Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del momento flettente sulla travata posteriore:

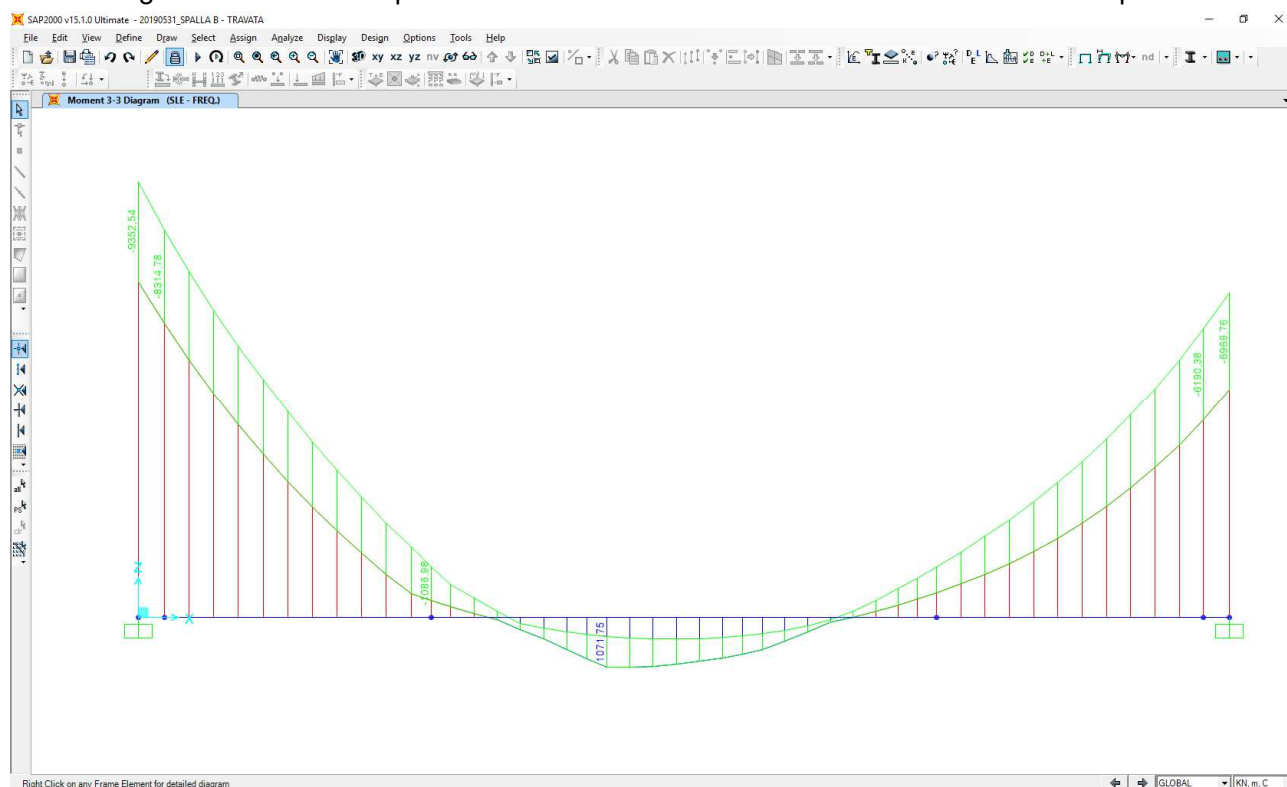


Nell'immagine successiva è riportato l'andamento dell'azione tagliante sulla travata posteriore:

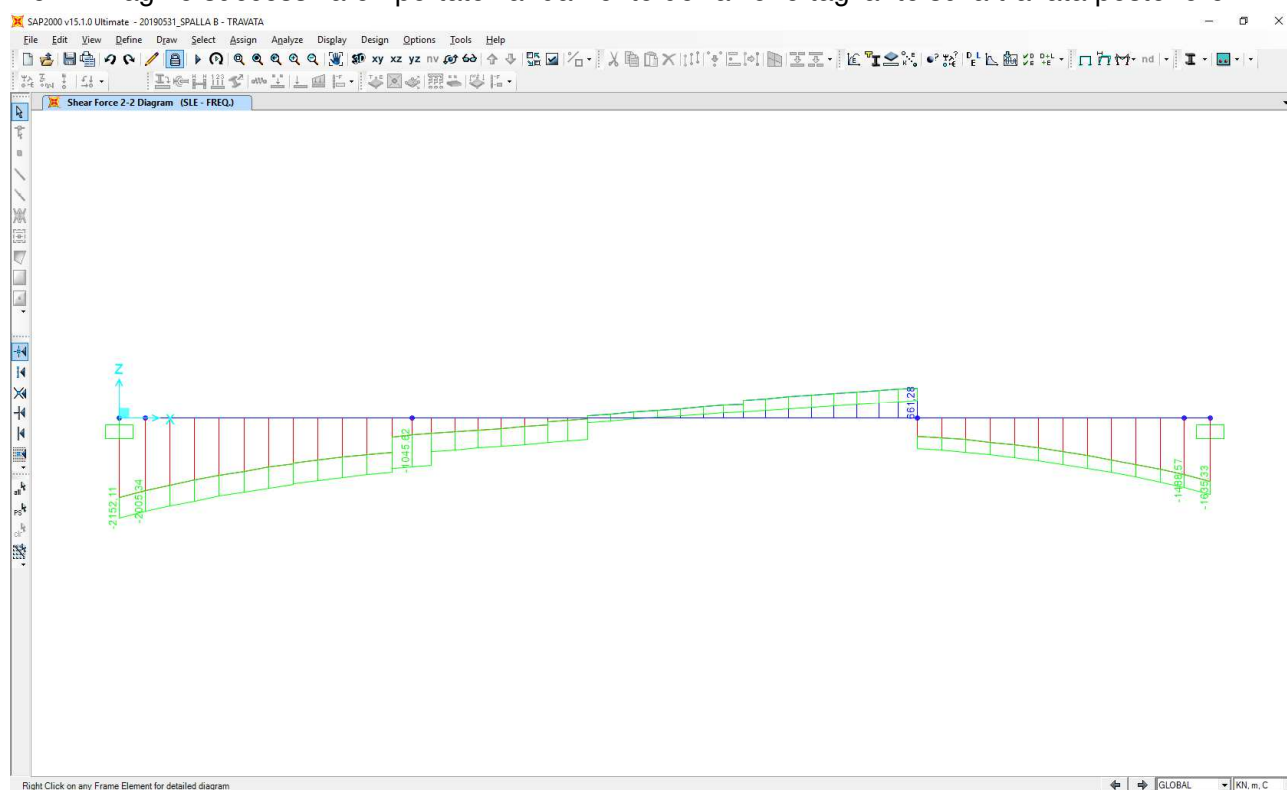


## 20.2.2 COMBINAZIONE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – FREQUENTE

Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del momento flettente sulla travata posteriore:

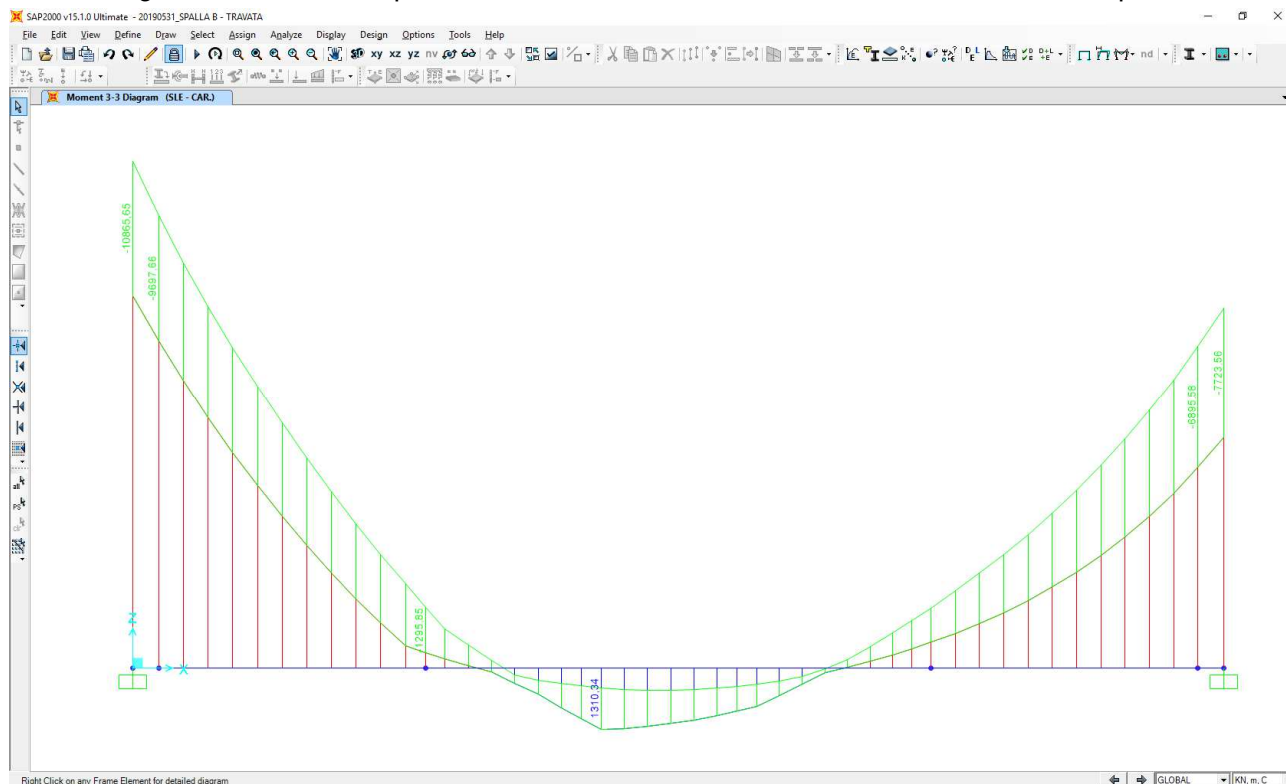


Nell'immagine successiva è riportato l'andamento dell'azione tagliante sulla travata posteriore:

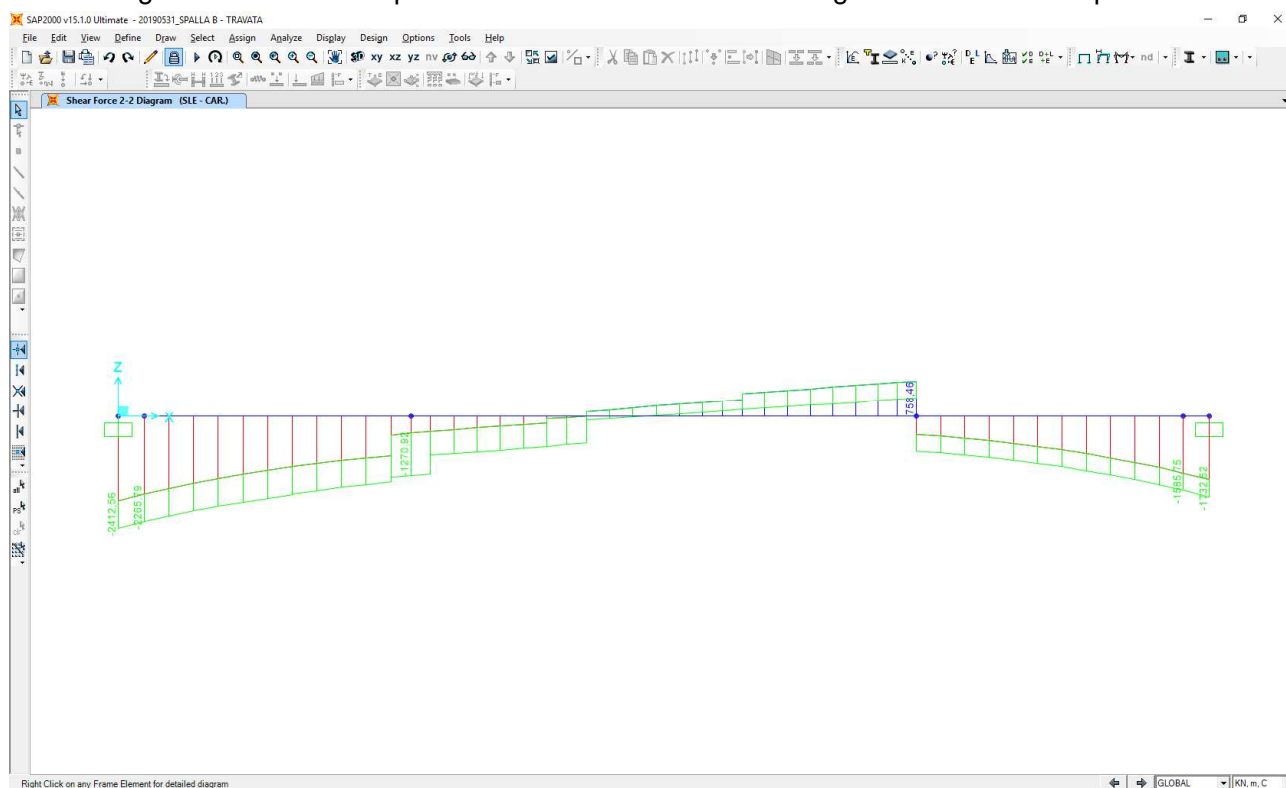


### 20.2.3 COMBINAZIONE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – CARATTERISTICA

Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del momento flettente sulla travata posteriore:

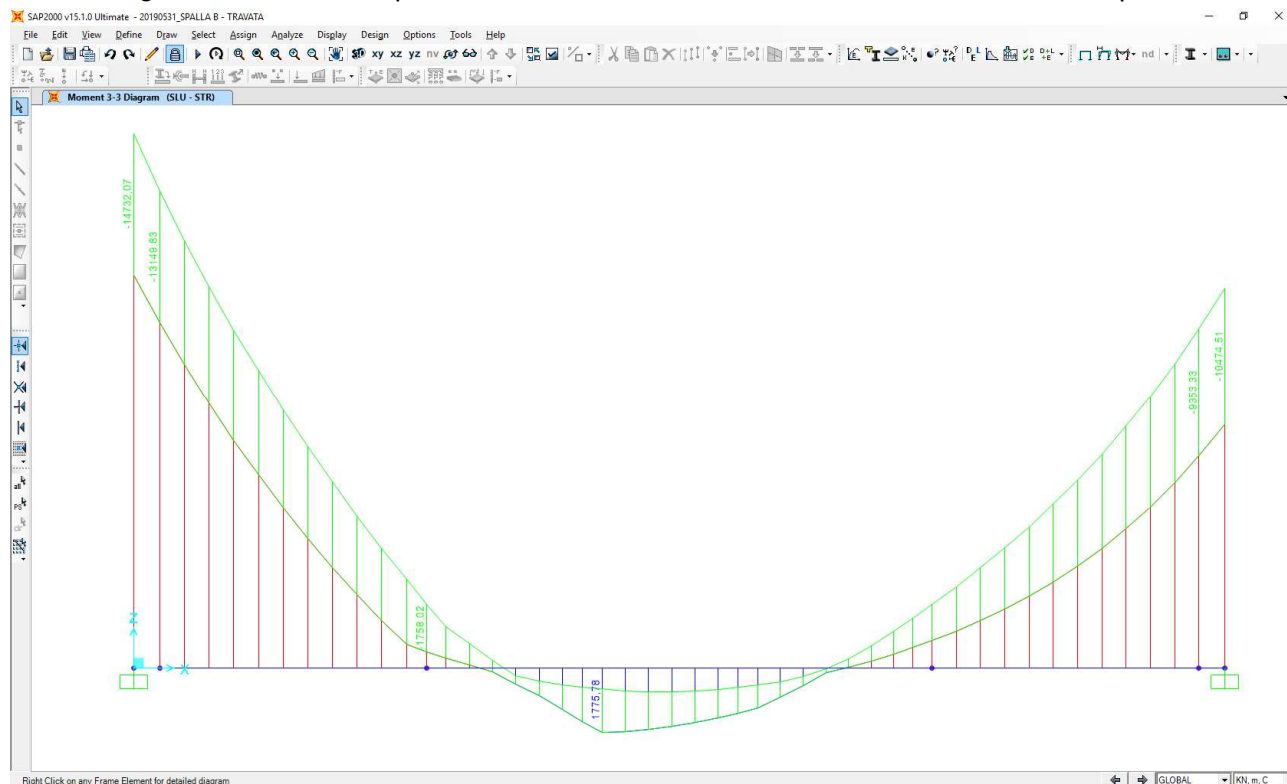


Nell'immagine successiva è riportato l'andamento dell'azione tagliante sulla travata posteriore:

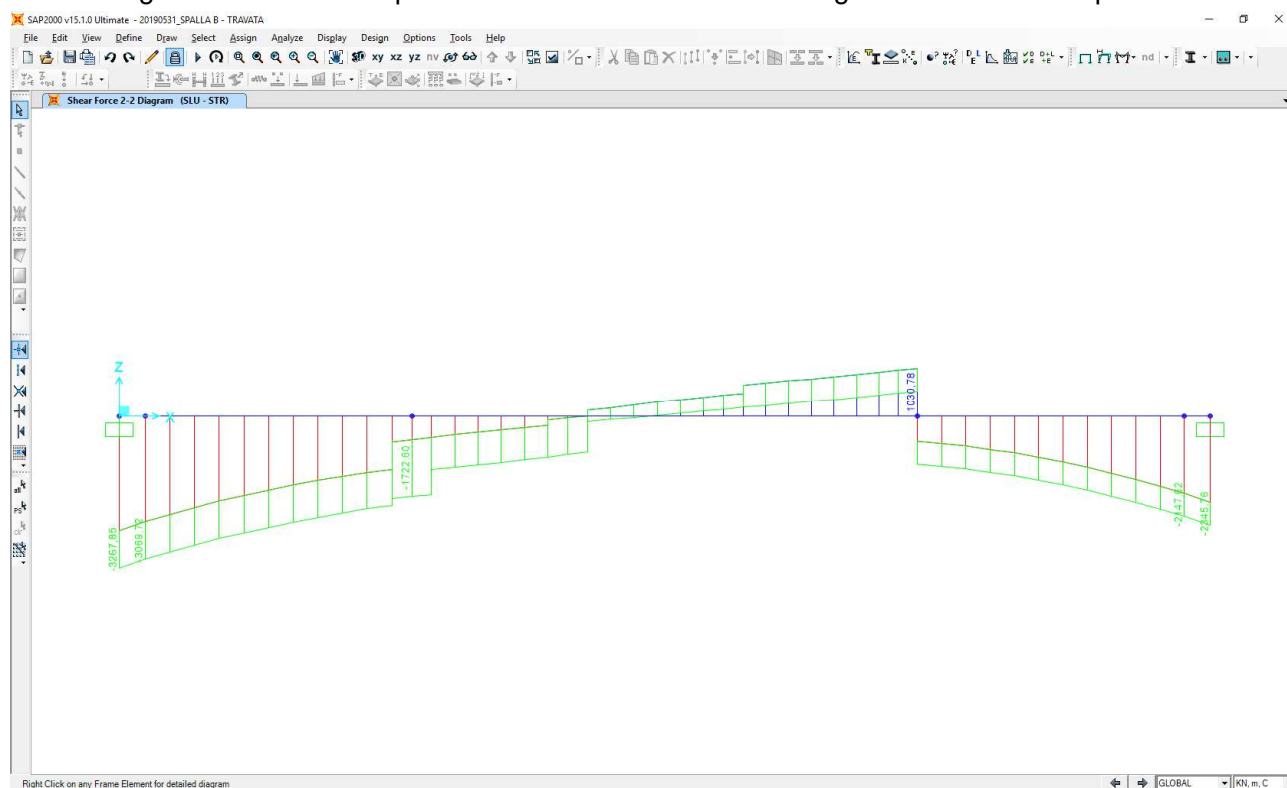


## 20.2.4 COMBINAZIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO - STR

Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del momento flettente sulla travata posteriore:



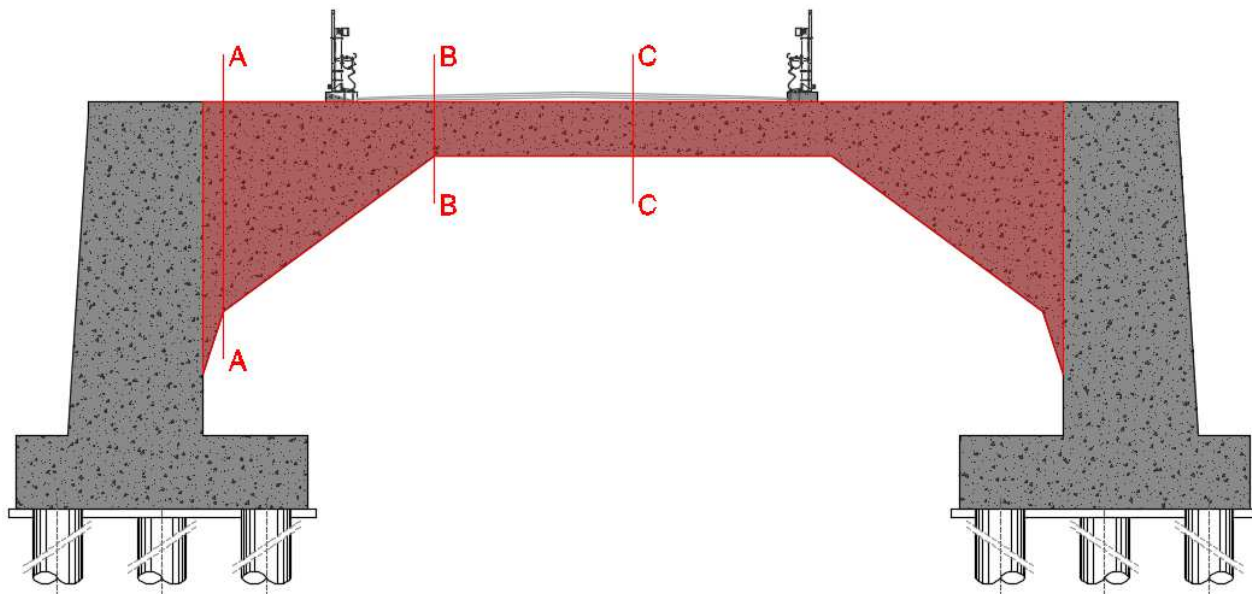
Nell'immagine successiva è riportato l'andamento dell'azione tagliante sulla travata posteriore:



## 21 SPALLA B – VERIFICHE STRUTTURALI DELLA TRAVATA POSTERIORE

### 21.1 DEFINIZIONI DELLE SEZIONI DI VERIFICA

Nell'immagine successiva sono rappresentate le sezioni di verifica della travata posteriore:



### 21.2 RIEPILOGO DELLE AZIONI SOLLECITANTI SULLE SEZIONI DI VERIFICA

Nella tabella successiva sono riepilogati i valori delle azioni sollecitanti in corrispondenza delle sezioni di verifica precedentemente definite per le diverse combinazioni di carico considerate:

| SEZIONE | COMBINAZIONE           | $M_{Sd}$<br>[kNm] | $V_{Sd}$<br>[kN] |
|---------|------------------------|-------------------|------------------|
| A-A     | SLE - QUASI PERMANENTE | -4.166,14         | -1.223,97        |
|         | SLE - FREQUENTE        | -8.314,78         | -2.005,34        |
|         | SLE - CARATTERISTICA   | -9.697,66         | -2.265,79        |
|         | SLU - STR              | -13.149,83        | -3.069,72        |
| B-B     | SLE - QUASI PERMANENTE | -460,38           | -369,74          |
|         | SLE - FREQUENTE        | -1.086,98         | -1.045,62        |
|         | SLE - CARATTERISTICA   | -1.295,85         | -1.270,92        |
|         | SLU - STR              | -1.758,02         | -1.722,60        |
| C-C     | SLE - QUASI PERMANENTE | 437,09            | 0,00             |
|         | SLE - FREQUENTE        | 1.071,75          | 0,00             |
|         | SLE - CARATTERISTICA   | 1.310,34          | 0,00             |
|         | SLU - STR              | 1.775,78          | 0,00             |

### 21.3 SEZIONE A-A - SEZIONE ED ARMATURA DI VERIFICA

La sezione di verifica è rettangolare con base pari a **199 cm** e altezza pari a **509 cm**.

L'armatura longitudinale è prevista realizzata come segue:

- **16Ø26** superiori
- **16Ø26** inferiori

L'armatura a taglio è costituita da staffe **Ø16/20**. Il copriferro netto minimo è assunto pari a **40 mm**.

### 21.4 SEZIONE A-A - VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

#### 21.4.1 COMBINAZIONE SLE - QUASI PERMANENTE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a **M<sub>Sd</sub> = -4.166,14 kNm**.

**Verifica C.A. S.L.U. - File:**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:**

**N° strati barre:** 2 **Zoom**

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 199    | 509    |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 84,95    | 6,9    |
| 2  | 84,95    | 502,1  |

**Tipo Sezione:**  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

**Sollecitazioni:**  
 S.L.U. ☒ Metodo n  
 N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>Ed</sub> -4166,14 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0

**P.to applicazione N:**  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Metodo di calcolo:**  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.- ☒ Metodo n

**Materiali:**  
 B450C C32/40  
 ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 1  
 ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333  
 τ<sub>c1</sub> 2,114

σ<sub>c</sub> -1,081 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 101,9 N/mm²

**Verifica**  
 N° iterazioni: 5  
☐ Precompresso

ε<sub>s</sub> 0,5093 ‰  
 d 502,1 cm  
 x 68,94 x/d 0,1373  
 δ 0,7

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 1,08 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 101,90 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 21.4.2 COMBINAZIONE SLE - FREQUENTE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = -8.314,78 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File: [ ] [ ] [ ]

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: [ ]

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 199    | 509    | 1  | 84,95    | 6,9    |
|    |        |        | 2  | 84,95    | 502,1  |

Tipo Sezione  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n

N Ed 0 0 kN  
 M xEd 0 -8314,78 kNm  
 M yEd 0 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali  
 B450C C32/40  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  18,81 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  12,25 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,7333  
 $\tau_{cl}$  2,114

$\sigma_c$  -2,157 N/mm²  
 $\sigma_s$  203,3 N/mm²  
 $\epsilon_s$  1,017 ‰  
 d 502,1 cm  
 x 68,94 x/d 0,1373  
 $\delta$  0,7

Verifica N° iterazioni: 5

☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 2,15 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 203,30 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 21.4.3 COMBINAZIONE SLE - CARATTERISTICA

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = -9.697,66 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File: \_\_\_\_\_

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: \_\_\_\_\_

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 199    | 509    | 1  | 84,95    | 6,9    |
|    |        |        | 2  | 84,95    | 502,1  |

Tipo Sezione  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Diagramma di sezione:

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n  
 N Ed 0 kN  
 M xEd -9697,66 kNm  
 M yEd 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali  
 B450C C32/40  
 ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 1  
 ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333  
 τ<sub>cl</sub> 2,114

σ<sub>c</sub> -2,516 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 237,1 N/mm²  
 Verifica  
 N° iterazioni: 5  
 d 502,1 cm  
 x 68,94 x/d 0,1373  
 δ 0,7  
☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 2,51 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 237,10 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 21.5 SEZIONE A-A - VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

### 21.5.1 COMBINAZIONE SLE – QUASI PERMANENTE

#### Geometria della sezione

|                                                |              |      |                    |
|------------------------------------------------|--------------|------|--------------------|
| Altezza della sezione                          | h            | 5090 | [mm]               |
| Larghezza della sezione                        | b            | 1990 | [mm]               |
| Altezza utile della sezione                    | d            | 5021 | [mm]               |
| Distanza tra asse armatura e lembo compresso   | d'           | 69   | [mm]               |
| Ricoprimento dell'armatura                     | c            | 56   | [mm]               |
| <u>Armatura tesa ordinaria</u>                 |              |      |                    |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione    | $n_{f,1}$    | 16   | [-]                |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione | $\phi_{f,1}$ | 26   | [mm]               |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione     | $A_{sf,1}$   | 8495 | [mm <sup>2</sup> ] |
| <u>Armatura tesa di infittimento</u>           |              |      |                    |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione    | $n_{f,2}$    | 0    | [-]                |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione | $\phi_{f,2}$ | 0    | [mm]               |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione     | $A_{sf,2}$   | 0    | [mm <sup>2</sup> ] |

#### Caratteristiche dei materiali

|                                                       |           |        |       |
|-------------------------------------------------------|-----------|--------|-------|
| Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo | $f_{ck}$  | 33,2   | [MPa] |
| Resistenza a trazione media del calcestruzzo          | $f_{ctm}$ | 3,1    | [MPa] |
| Modulo di elasticità del calcestruzzo                 | $E_{cm}$  | 33643  | [MPa] |
| Resistenza a snervamento dell'acciaio                 | $f_{yk}$  | 450    | [MPa] |
| Modulo di elasticità dell'acciaio                     | $E_s$     | 210000 | [MPa] |

#### DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

|                                                                   |                                           |          |                    |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------|--------------------|
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata     | $\sigma_s$                                | 101,9    | [MPa]              |
| Asse neutro della sezione                                         | x                                         | 689,4    | [mm]               |
| Tipo e durata dei carichi applicati                               |                                           | Lunga    |                    |
| Coefficiente di omogeneizzazione                                  | $\alpha_e$                                | 6,24     | [-]                |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa               | $A_s$                                     | 8495     | [mm <sup>2</sup> ] |
| Area efficace tesa di calcestruzzo                                | $A_{c,eff,1}$                             | 343275   | [mm <sup>2</sup> ] |
|                                                                   | $A_{c,eff,2}$                             | 2919065  | [mm <sup>2</sup> ] |
|                                                                   | $A_{c,eff,3}$                             | 5064550  | [mm <sup>2</sup> ] |
|                                                                   | $A_{c,eff,min}$                           | 343275   | [mm <sup>2</sup> ] |
| Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso | $\rho_{p,eff}$                            | 0,02475  | [-]                |
| Resistenza efficace media del calcestruzzo                        | $f_{ct,eff}$                              | 3,1      | [MPa]              |
| Fattore di durata del carico                                      | $k_t$                                     | 0,4      | [-]                |
| <u>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</u>      | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$   | 0,000291 | [-]                |
|                                                                   | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ | 0,000210 | [-]                |
|                                                                   | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]$         | 0,000291 | [-]                |

|                                                                |               |       |      |
|----------------------------------------------------------------|---------------|-------|------|
| Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri) | s             | 100   | [mm] |
| Diametro equivalente delle barre                               | $\phi_{eq}$   | 26,00 | [mm] |
| Spaziatura massima di riferimento                              | $s_{max,rif}$ | 345   | [mm] |
| Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione    | $k_1$         | 0,800 | [-]  |
|                                                                | $k_2$         | 0,500 | [-]  |
|                                                                | $k_3$         | 3,400 | [-]  |
|                                                                | $k_4$         | 0,425 | [-]  |
| <u>Distanza massima tra le fessure</u>                         | $s_{r,max,1}$ | 369   | [mm] |
|                                                                | $s_{r,max,2}$ | 5721  | [mm] |
|                                                                | $s_{r,max}$   | 369   | [mm] |

|                                                                         |             |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------|------|------|
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$ | 0,20 | [mm] |
| Ampiezza delle fessure (di calcolo)                                     | $w_k$       | 0,11 | [mm] |

## 21.5.2 COMBINAZIONE SLE – FREQUENTE

| Geometria della sezione                                                 |                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Altezza della sezione                                                   | $h$ 5090 [mm]                                                    |
| Larghezza della sezione                                                 | $b$ 1990 [mm]                                                    |
| Altezza utile della sezione                                             | $d$ 5021 [mm]                                                    |
| Distanza tra asse armatura e lembo compresso                            | $d'$ 69 [mm]                                                     |
| Ricoprimento dell'armatura                                              | $c$ 56 [mm]                                                      |
| <a href="#">Armatura tesa ordinaria</a>                                 |                                                                  |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione                             | $n_{f,1}$ 16 [-]                                                 |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione                          | $\phi_{f,1}$ 26 [mm]                                             |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione                              | $A_{sf,1}$ 8495 [mm <sup>2</sup> ]                               |
| <a href="#">Armatura tesa di infittimento</a>                           |                                                                  |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione                             | $n_{f,2}$ 0 [-]                                                  |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione                          | $\phi_{f,2}$ 0 [mm]                                              |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione                              | $A_{sf,2}$ 0 [mm <sup>2</sup> ]                                  |
| Caratteristiche dei materiali                                           |                                                                  |
| Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo                   | $f_{ck}$ 33,2 [MPa]                                              |
| Resistenza a trazione media del calcestruzzo                            | $f_{ctm}$ 3,1 [MPa]                                              |
| Modulo di elasticità del calcestruzzo                                   | $E_{cm}$ 33643 [MPa]                                             |
| Resistenza a snervamento dell'acciaio                                   | $f_{yk}$ 450 [MPa]                                               |
| Modulo di elasticità dell'acciaio                                       | $E_s$ 210000 [MPa]                                               |
| DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE                              |                                                                  |
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata           | $\sigma_s$ 203,3 [MPa]                                           |
| Asse neutro della sezione                                               | $x$ 689,4 [mm]                                                   |
| Tipo e durata dei carichi applicati                                     | Lunga                                                            |
| Coefficiente di omogeneizzazione                                        | $\alpha_e$ 6,24 [-]                                              |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa                     | $A_s$ 8495 [mm <sup>2</sup> ]                                    |
| Area efficace tesa di calcestruzzo                                      | $A_{c,eff,1}$ 343275 [mm <sup>2</sup> ]                          |
|                                                                         | $A_{c,eff,2}$ 2919065 [mm <sup>2</sup> ]                         |
|                                                                         | $A_{c,eff,3}$ 5064550 [mm <sup>2</sup> ]                         |
|                                                                         | $A_{c,eff,min}$ 343275 [mm <sup>2</sup> ]                        |
| Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso       | $\rho_{p,eff}$ 0,02475 [-]                                       |
| Resistenza efficace media del calcestruzzo                              | $f_{ct,eff}$ 3,1 [MPa]                                           |
| Fattore di durata del carico                                            | $k_t$ 0,4 [-]                                                    |
| <b>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</b>            | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$ 0,000581 [-]             |
|                                                                         | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ 0,000693 [-]           |
|                                                                         | <b><math>[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]</math> 0,000693 [-]</b> |
| Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)          | $s$ 100 [mm]                                                     |
| Diametro equivalente delle barre                                        | $\phi_{eq}$ 26,00 [mm]                                           |
| Spaziatura massima di riferimento                                       | $s_{max,rif}$ 345 [mm]                                           |
| Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione             | $k_1$ 0,800 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_2$ 0,500 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_3$ 3,400 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_4$ 0,425 [-]                                                  |
| <b>Distanza massima tra le fessure</b>                                  | $s_{r,max,1}$ 369 [mm]                                           |
|                                                                         | $s_{r,max,2}$ 5721 [mm]                                          |
|                                                                         | <b><math>s_{r,max}</math> 369 [mm]</b>                           |
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$ 0,30 [mm]                                            |
| <b>Ampiezza delle fessure (di calcolo)</b>                              | <b><math>w_k</math> 0,26 [mm]</b>                                |

## 21.6 SEZIONE A-A - VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE SEMPLICE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{Sd} = -13.149,83 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 199    | 509    | 1  | 84,95    | 6,9    |
|    |        |        | 2  | 84,95    | 502,1  |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> -13149,83 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N  
Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo  
S.L.U. + S.L.U. - Metodo n

Tipo flessione  
Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C32/40

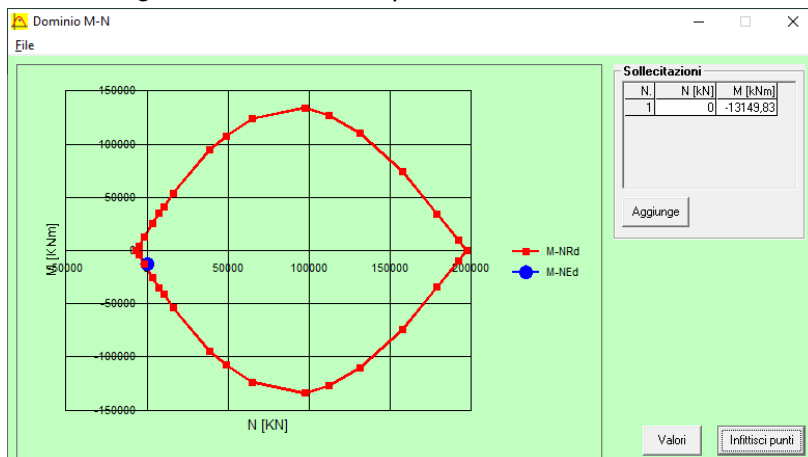
$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  18,81 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  12,25 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,7333  
 $\tau_{c1}$  2,114

M<sub>xRd</sub> -16.523 kNm  
 $\sigma_c$  -17,69 N/mm²  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  1,512 ‰  
 $\epsilon_s$  67,5 ‰  
d 502,1 cm  
x 11 x/d 0,02191  
 $\delta$  0,7

Il momento resistente risulta pari a:

$$M_{Rd} = -16.523,00 \text{ kNm} > M_{Sd} = -13.149,83 \text{ kNm}$$

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 21.7 SEZIONE A-A - VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a  $V_{sd} = -3.069,72$  kN.

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO

D.M. 17.01.2018 - CAPITOLO 4.1.2.3.5.2

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE

|                                    |   |        |      |
|------------------------------------|---|--------|------|
| Base della sezione trasversale:    | b | 199,00 | [cm] |
| Altezza della sezione trasversale: | h | 509,00 | [cm] |
| Copri ferro netto:                 | c | 4,00   | [cm] |
| Altezza utile della sezione:       | d | 505,00 | [cm] |

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

|                                                      |          |        |                      |
|------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------|
| Classe di resistenza del calcestruzzo:               |          | C32/40 |                      |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione:     | $R_{ck}$ | 40,00  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione: | $f_{ck}$ | 33,20  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo a compressione:                | $f_{cd}$ | 18,81  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tipologia dell'acciaio da armatura:                  |          | B450C  |                      |
| Tensione caratteristica di rottura:                  | $f_{tk}$ | 540,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione caratteristica di snervamento:              | $f_{yk}$ | 450,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo:                               | $f_{yd}$ | 391,30 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

#### AZIONI SOLLECITANTI DI CALCOLO

|                              |           |         |      |
|------------------------------|-----------|---------|------|
| Azione tagliante di calcolo: | $V_{S,d}$ | 3069,72 | [kN] |
| Azione normale di calcolo:   | $N_{S,d}$ | 0,00    | [kN] |

#### ARMATURA TRASVERSALE

|                                                                       |                    |       |                      |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------|-------|----------------------|
| Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo:                             | $\theta$           | 45,00 | [°]                  |
| Cotangente dell'angolo $\theta$ :                                     | $\cot(\theta)$     | 1,00  |                      |
| Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave: | $\alpha$           | 90,00 | [°]                  |
| Numero di bracci dell'armatura trasversale:                           | n                  | 2,00  |                      |
| Passo longitudinale delle armature trasversali:                       | s                  | 20,00 | [cm]                 |
| Diametro dell'armatura trasversale:                                   | $\emptyset_{trav}$ | 16,00 | [mm]                 |
| Area della singola barra:                                             | $A_{barra}$        | 2,01  | [cm <sup>2</sup> ]   |
| Area totale dell'armatura trasversale:                                | $A_{tot}$          | 20,10 | [cm <sup>2</sup> /m] |

#### VERIFICA ALLO S.L.U. PER TAGLIO

La resistenza di calcolo a "taglio trazione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.27]:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot [\cot(\alpha) + \cot(\theta)] \cdot \sin(\alpha)$$

La resistenza di calcolo a "taglio compressione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.28]:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot \frac{[\cot(\alpha) + \cot(\theta)]}{[1 + \cot^2(\theta)]}$$

|                                                     |                           |          |                      |
|-----------------------------------------------------|---------------------------|----------|----------------------|
| Larghezza minima della sezione:                     | $b_w$                     | 199,00   | [cm]                 |
| Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo: | $f_{yd}$                  | 9,41     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione media di compressione nella sezione:       | $\sigma_{cp}$             | 0,00     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Coefficiente maggiorativo $\alpha_c$ :              | $\alpha_c$                | 1,00     |                      |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"           | $V_{Rsd}$                 | 3574,74  | [kN]                 |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSIONE"       | $V_{Rcd}$                 | 42539,53 | [kN]                 |
| AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:          | $V_{R,d}$                 | 3.574,74 | [kN]                 |
| COEFFICIENTE DI SICUREZZA:                          | $F_s = V_{R,d} / V_{S,d}$ | 1,16     |                      |

LA VERIFICA RISULTA POSITIVA.

## 21.8 SEZIONE B-B - SEZIONE ED ARMATURA DI VERIFICA

La sezione di verifica è rettangolare con base pari a **199 cm** e altezza pari a **130 cm**.

L'armatura longitudinale è prevista realizzata come segue:

- **16Ø26** superiori
- **16Ø26** inferiori

L'armatura a taglio è costituita da staffe **Ø16/10**. Il copriferro netto minimo è assunto pari a **40 mm**.

## 21.9 SEZIONE B-B - VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

### 21.9.1 COMBINAZIONE SLE - QUASI PERMANENTE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a **M<sub>Sd</sub> = -460,38 kNm**.

**Verifica C.A. S.L.U. - File:**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:**

**N° strati barre:** 2 **Zoom**

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 199    | 130    |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 84,95    | 6,9    |
| 2  | 84,95    | 123,10 |

**Tipo Sezione:**  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

**Sollecitazioni:**  
 S.L.U. ☒ Metodo n  
 N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>Ed</sub> -460,38 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0

**P.to applicazione N:**  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Metodo di calcolo:**  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.- ☒ Metodo n

**Materiali:**  
 B450C C32/40  
 ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 1  
 ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333  
 τ<sub>c1</sub> 2,114

σ<sub>c</sub> -1,02 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 47,59 N/mm²

**Verifica**  
 N° iterazioni: 4  
☐ Precompresso

ε<sub>s</sub> 0,2379 ‰  
 d 123,1 cm  
 x 29,96 x/d 0,2434  
 δ 0,7442

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 1,02 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 47,59 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 21.9.2 COMBINAZIONE SLE - FREQUENTE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = -1.086,98 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File: [ ] [ ] [ ]

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: [ ]

N° strati barre: 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 199    | 130    | 1  | 84,95    | 6,9    |
|    |        |        | 2  | 84,95    | 123,10 |

Tipo Sezione  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n  
 N Ed 0 0 kN  
 M xEd 0 -1086,98 kNm  
 M yEd 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali  
 B450C C32/40  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  18,81 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  12,25 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,7333  
 $\tau_{cl}$  2,114

$\sigma_c$  -2,409 N/mm²  
 $\sigma_s$  112,4 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0,5618 ‰  
 d 123,1 cm  
 x 29,96 x/d 0,2434  
 $\delta$  0,7442

Verifica N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 2,40 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 112,40 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 21.9.3 COMBINAZIONE SLE - CARATTERISTICA

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = -1.295,85 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File: \_\_\_\_\_

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 199    | 130    | 1  | 84,95    | 6,9    |
|    |        |        | 2  | 84,95    | 123,10 |

Tipo Sezione  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n  
 N Ed 0 0 kN  
 M xEd 0 -1295,85 kNm  
 M yEd 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali  
 B450C C32/40  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  18,81 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  12,25 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,7333 N/mm²  
 $\tau_{cl}$  2,114 N/mm²

$\sigma_c$  -2,872 N/mm²  
 $\sigma_s$  134 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0,6698 ‰  
 $d$  123,1 cm  
 $x$  29,96  $x/d$  0,2434  
 $\delta$  0,7442

Verifica N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 2,87 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 134,00 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 21.10 SEZIONE B-B - VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

### 21.10.1 COMBINAZIONE SLE – QUASI PERMANENTE

#### Geometria della sezione

|                                                |              |      |                    |
|------------------------------------------------|--------------|------|--------------------|
| Altezza della sezione                          | h            | 1300 | [mm]               |
| Larghezza della sezione                        | b            | 1990 | [mm]               |
| Altezza utile della sezione                    | d            | 1231 | [mm]               |
| Distanza tra asse armatura e lembo compresso   | d'           | 69   | [mm]               |
| Ricoprimento dell'armatura                     | c            | 56   | [mm]               |
| <u>Armatura tesa ordinaria</u>                 |              |      |                    |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione    | $n_{f,1}$    | 16   | [-]                |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione | $\phi_{f,1}$ | 26   | [mm]               |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione     | $A_{sf,1}$   | 8495 | [mm <sup>2</sup> ] |
| <u>Armatura tesa di infittimento</u>           |              |      |                    |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione    | $n_{f,2}$    | 0    | [-]                |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione | $\phi_{f,2}$ | 0    | [mm]               |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione     | $A_{sf,2}$   | 0    | [mm <sup>2</sup> ] |

#### Caratteristiche dei materiali

|                                                       |           |        |       |
|-------------------------------------------------------|-----------|--------|-------|
| Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo | $f_{ck}$  | 33,2   | [MPa] |
| Resistenza a trazione media del calcestruzzo          | $f_{ctm}$ | 3,1    | [MPa] |
| Modulo di elasticità del calcestruzzo                 | $E_{cm}$  | 33643  | [MPa] |
| Resistenza a snervamento dell'acciaio                 | $f_{yk}$  | 450    | [MPa] |
| Modulo di elasticità dell'acciaio                     | $E_s$     | 210000 | [MPa] |

#### DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

|                                                                   |                                           |           |                    |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------|--------------------|
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata     | $\sigma_s$                                | 47,59     | [MPa]              |
| Asse neutro della sezione                                         | x                                         | 299,6     | [mm]               |
| Tipo e durata dei carichi applicati                               |                                           | Lunga     |                    |
| Coefficiente di omogeneizzazione                                  | $\alpha_e$                                | 6,24      | [-]                |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa               | $A_s$                                     | 8495      | [mm <sup>2</sup> ] |
| Area efficace tesa di calcestruzzo                                | $A_{c,eff,1}$                             | 343275    | [mm <sup>2</sup> ] |
|                                                                   | $A_{c,eff,2}$                             | 663599    | [mm <sup>2</sup> ] |
|                                                                   | $A_{c,eff,3}$                             | 1293500   | [mm <sup>2</sup> ] |
|                                                                   | $A_{c,eff,min}$                           | 343275    | [mm <sup>2</sup> ] |
| Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso | $\rho_{p,eff}$                            | 0,02475   | [-]                |
| Resistenza efficace media del calcestruzzo                        | $f_{ct,eff}$                              | 3,1       | [MPa]              |
| Fattore di durata del carico                                      | $k_t$                                     | 0,4       | [-]                |
| <u>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</u>      | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$   | 0,000136  | [-]                |
|                                                                   | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ | -0,000049 | [-]                |
|                                                                   | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]$         | 0,000136  | [-]                |

|                                                                |               |       |      |
|----------------------------------------------------------------|---------------|-------|------|
| Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri) | s             | 100   | [mm] |
| Diametro equivalente delle barre                               | $\phi_{eq}$   | 26,00 | [mm] |
| Spaziatura massima di riferimento                              | $s_{max,rif}$ | 345   | [mm] |
| Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione    | $k_1$         | 0,800 | [-]  |
|                                                                | $k_2$         | 0,500 | [-]  |
|                                                                | $k_3$         | 3,400 | [-]  |
|                                                                | $k_4$         | 0,425 | [-]  |
| <u>Distanza massima tra le fessure</u>                         | $s_{r,max,1}$ | 369   | [mm] |
|                                                                | $s_{r,max,2}$ | 1301  | [mm] |
|                                                                | $s_{r,max}$   | 369   | [mm] |

|                                                                         |             |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------|------|------|
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$ | 0,20 | [mm] |
| Ampiezza delle fessure (di calcolo)                                     | $w_k$       | 0,05 | [mm] |

## 21.10.2 COMBINAZIONE SLE – FREQUENTE

| Geometria della sezione                                                 |                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Altezza della sezione                                                   | $h$ 1300 [mm]                                                    |
| Larghezza della sezione                                                 | $b$ 1990 [mm]                                                    |
| Altezza utile della sezione                                             | $d$ 1231 [mm]                                                    |
| Distanza tra asse armatura e lembo compresso                            | $d'$ 69 [mm]                                                     |
| Ricoprimento dell'armatura                                              | $c$ 56 [mm]                                                      |
| <a href="#">Armatura tesa ordinaria</a>                                 |                                                                  |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione                             | $n_{f,1}$ 16 [-]                                                 |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione                          | $\phi_{f,1}$ 26 [mm]                                             |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione                              | $A_{sf,1}$ 8495 [mm <sup>2</sup> ]                               |
| <a href="#">Armatura tesa di infittimento</a>                           |                                                                  |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione                             | $n_{f,2}$ 0 [-]                                                  |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione                          | $\phi_{f,2}$ 0 [mm]                                              |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione                              | $A_{sf,2}$ 0 [mm <sup>2</sup> ]                                  |
| Caratteristiche dei materiali                                           |                                                                  |
| Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo                   | $f_{ck}$ 33,2 [MPa]                                              |
| Resistenza a trazione media del calcestruzzo                            | $f_{ctm}$ 3,1 [MPa]                                              |
| Modulo di elasticità del calcestruzzo                                   | $E_{cm}$ 33643 [MPa]                                             |
| Resistenza a snervamento dell'acciaio                                   | $f_{yk}$ 450 [MPa]                                               |
| Modulo di elasticità dell'acciaio                                       | $E_s$ 210000 [MPa]                                               |
| DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE                              |                                                                  |
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata           | $\sigma_s$ 112,4 [MPa]                                           |
| Asse neutro della sezione                                               | $x$ 299,6 [mm]                                                   |
| Tipo e durata dei carichi applicati                                     | Lunga                                                            |
| Coefficiente di omogeneizzazione                                        | $\alpha_e$ 6,24 [-]                                              |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa                     | $A_s$ 8495 [mm <sup>2</sup> ]                                    |
| Area efficace tesa di calcestruzzo                                      | $A_{c,eff,1}$ 343275 [mm <sup>2</sup> ]                          |
|                                                                         | $A_{c,eff,2}$ 663599 [mm <sup>2</sup> ]                          |
|                                                                         | $A_{c,eff,3}$ 1293500 [mm <sup>2</sup> ]                         |
|                                                                         | $A_{c,eff,min}$ 343275 [mm <sup>2</sup> ]                        |
| Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso       | $\rho_{p,eff}$ 0,02475 [-]                                       |
| Resistenza efficace media del calcestruzzo                              | $f_{ct,eff}$ 3,1 [MPa]                                           |
| Fattore di durata del carico                                            | $k_t$ 0,4 [-]                                                    |
| <b>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</b>            | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$ 0,000321 [-]             |
|                                                                         | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ 0,000260 [-]           |
|                                                                         | <b><math>[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]</math> 0,000321 [-]</b> |
| Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)          | $s$ 100 [mm]                                                     |
| Diametro equivalente delle barre                                        | $\phi_{eq}$ 26,00 [mm]                                           |
| Spaziatura massima di riferimento                                       | $s_{max,rif}$ 345 [mm]                                           |
| Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione             | $k_1$ 0,800 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_2$ 0,500 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_3$ 3,400 [-]                                                  |
|                                                                         | $k_4$ 0,425 [-]                                                  |
| <b>Distanza massima tra le fessure</b>                                  | $s_{r,max,1}$ 369 [mm]                                           |
|                                                                         | $s_{r,max,2}$ 1301 [mm]                                          |
|                                                                         | <b><math>s_{r,max}</math> 369 [mm]</b>                           |
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$ 0,30 [mm]                                            |
| <b>Ampiezza delle fessure (di calcolo)</b>                              | <b><math>w_k</math> 0,12 [mm]</b>                                |

## 21.11 SEZIONE B-B - VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE SEMPLICE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{Sd} = -1.758,02$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 199    | 130    |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 84,95    | 6,9    |
| 2  | 84,95    | 123,10 |

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN

M<sub>xEd</sub> -1758,02 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>o</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C32/40

ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰

E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 ‰

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 1 ?

ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 ‰

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333

τ<sub>c1</sub> 2,114

M<sub>xRd</sub> -3.949 kNm

g<sub>c</sub> -18,81 N/mm²

g<sub>s</sub> 391,3 N/mm²

ε<sub>c</sub> 3,5 ‰

ε<sub>s</sub> 49,84 ‰

d 123,1 cm

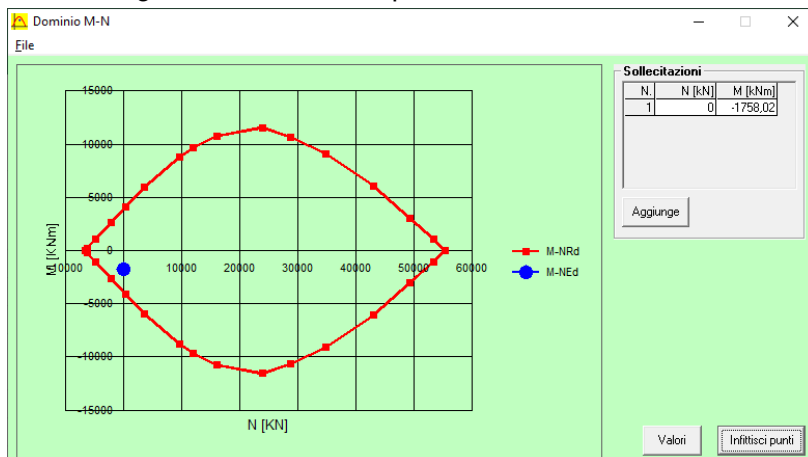
x 8,077 x/d 0,06561

δ 0,7

Il momento resistente risulta pari a:

$$M_{Rd} = -3.949,00 \text{ kNm} > M_{Sd} = -1.758,02 \text{ kNm}$$

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 21.12 SEZIONE B-B - VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a  $V_{sd} = -1.722,60$  kN.

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO

D.M. 17.01.2018 - CAPITOLO 4.1.2.3.5.2

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE

|                                    |   |        |      |
|------------------------------------|---|--------|------|
| Base della sezione trasversale:    | b | 199,00 | [cm] |
| Altezza della sezione trasversale: | h | 130,00 | [cm] |
| Copri ferro netto:                 | c | 4,00   | [cm] |
| Altezza utile della sezione:       | d | 126,00 | [cm] |

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

|                                                      |          |        |                      |
|------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------|
| Classe di resistenza del calcestruzzo:               |          | C32/40 |                      |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione:     | $R_{ck}$ | 40,00  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione: | $f_{ck}$ | 33,20  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo a compressione:                | $f_{cd}$ | 18,81  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tipologia dell'acciaio da armatura:                  |          | B450C  |                      |
| Tensione caratteristica di rottura:                  | $f_{tk}$ | 540,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione caratteristica di snervamento:              | $f_{yk}$ | 450,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo:                               | $f_{yd}$ | 391,30 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

#### AZIONI SOLLECITANTI DI CALCOLO

|                              |           |         |      |
|------------------------------|-----------|---------|------|
| Azione tagliante di calcolo: | $V_{S,d}$ | 1722,60 | [kN] |
| Azione normale di calcolo:   | $N_{S,d}$ | 0,00    | [kN] |

#### ARMATURA TRASVERSALE

|                                                                       |                    |       |                      |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------|-------|----------------------|
| Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo:                             | $\theta$           | 45,00 | [°]                  |
| Cotangente dell'angolo $\theta$ :                                     | $\cot(\theta)$     | 1,00  |                      |
| Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave: | $\alpha$           | 90,00 | [°]                  |
| Numero di bracci dell'armatura trasversale:                           | n                  | 2,00  |                      |
| Passo longitudinale delle armature trasversali:                       | s                  | 10,00 | [cm]                 |
| Diametro dell'armatura trasversale:                                   | $\emptyset_{trav}$ | 16,00 | [mm]                 |
| Area della singola barra:                                             | $A_{barra}$        | 2,01  | [cm <sup>2</sup> ]   |
| Area totale dell'armatura trasversale:                                | $A_{tot}$          | 40,20 | [cm <sup>2</sup> /m] |

#### VERIFICA ALLO S.L.U. PER TAGLIO

La resistenza di calcolo a "taglio trazione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.27]:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot [\cot(\alpha) + \cot(\theta)] \cdot \sin(\alpha)$$

La resistenza di calcolo a "taglio compressione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.28]:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot \frac{[\cot(\alpha) + \cot(\theta)]}{[1 + \cot^2(\theta)]}$$

|                                                     |                           |          |                      |
|-----------------------------------------------------|---------------------------|----------|----------------------|
| Larghezza minima della sezione:                     | $b_w$                     | 199,00   | [cm]                 |
| Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo: | $f_{yd}$                  | 9,41     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione media di compressione nella sezione:       | $\sigma_{cp}$             | 0,00     | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Coefficiente maggiorativo $\alpha_c$ :              | $\alpha_c$                | 1,00     |                      |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"           | $V_{Rsd}$                 | 1783,83  | [kN]                 |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSIONE"       | $V_{Rcd}$                 | 10613,82 | [kN]                 |
| AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:          | $V_{R,d}$                 | 1.783,83 | [kN]                 |
| COEFFICIENTE DI SICUREZZA:                          | $F_s = V_{R,d} / V_{S,d}$ | 1,04     |                      |

LA VERIFICA RISULTA POSITIVA.

## 21.13 SEZIONE C-C - SEZIONE ED ARMATURA DI VERIFICA

La sezione di verifica è rettangolare con base pari a **199 cm** e altezza pari a **130 cm**.

L'armatura longitudinale è prevista realizzata come segue:

- **16Ø26** superiori
- **16Ø26** inferiori

L'armatura a taglio è costituita da staffe **Ø16/20**. Il copriferro netto minimo è assunto pari a **40 mm**.

## 21.14 SEZIONE C-C - VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

### 21.14.1 COMBINAZIONE SLE - QUASI PERMANENTE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a **M<sub>Sd</sub> = 437,09 kNm**.

**Verifica C.A. S.L.U. - File:**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:**

**N° strati barre:** 2 **Zoom**

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 199    | 130    |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 84,95    | 6,9    |
| 2  | 84,95    | 123,10 |

**Tipo Sezione:**  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

**Sollecitazioni:**  
 S.L.U. ☒ Metodo n  
 N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>Ed</sub> 437,09 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0

**P.to applicazione N:**  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Metodo di calcolo:**  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.- ☒ Metodo n

**Materiali:**  
 B450C C32/40  
 ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 1  
 ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333  
 τ<sub>c1</sub> 2,114

**Verifica:**  
 N° iterazioni: 4  
☐ Precompresso

**Output:**  
 σ<sub>c</sub> -0,9688 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 45,18 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 0,2259 ‰  
 d 123,1 cm  
 x 29,96 x/d 0,2434  
 δ 0,7442

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 0,96 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 45,18 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 21.14.2 COMBINAZIONE SLE - FREQUENTE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.071,75 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 199    | 130    | 1  | 84,95    | 6,9    |
|    |        |        | 2  | 84,95    | 123,1  |

Tipo Sezione  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Diagramma di sezione:

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n  
 N Ed 0 kN  
 M xEd 0 853,62 kNm  
 M yEd 0 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali  
 B450C C32/40  
 ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 1  
 ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333  
 τ<sub>cl</sub> 2,114

σ<sub>c</sub> -1,892 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 88,24 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 0,4412 ‰  
 d 123,1 cm  
 x 29,96 x/d 0,2434  
 δ 0,7442

Verifica N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 2,37 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 110,80 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 21.14.3 COMBINAZIONE SLE - CARATTERISTICA

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.310,84 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File: [ ] [ ] [ ]

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: [ ]

N° strati barre: 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 199    | 130    | 1  | 84,95    | 6,9    |
|    |        |        | 2  | 84,95    | 123,1  |

Tipo Sezione  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n  
 N Ed 0 0 kN  
 M xEd 0 1045,13 kNm  
 M yEd 0 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali  
 B450C C32/40  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  18,81 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  12,25 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,7333 N/mm²  
 $\tau_{cl}$  2,114 N/mm²

$\sigma_c$  -2,317 N/mm²  
 $\sigma_s$  108 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0,5402 ‰  
 d 123,1 cm  
 x 29,96 x/d 0,2434  
 $\delta$  0,7442

Verifica N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 2,90 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 135,50 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 21.15 SEZIONE C-C - VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

### 21.15.1 COMBINAZIONE SLE – QUASI PERMANENTE

#### Geometria della sezione

|                                                |              |      |                    |
|------------------------------------------------|--------------|------|--------------------|
| Altezza della sezione                          | h            | 1300 | [mm]               |
| Larghezza della sezione                        | b            | 1990 | [mm]               |
| Altezza utile della sezione                    | d            | 1231 | [mm]               |
| Distanza tra asse armatura e lembo compresso   | d'           | 69   | [mm]               |
| Ricoprimento dell'armatura                     | c            | 56   | [mm]               |
| <u>Armatura tesa ordinaria</u>                 |              |      |                    |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione    | $n_{f,1}$    | 16   | [-]                |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione | $\phi_{f,1}$ | 26   | [mm]               |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione     | $A_{sf,1}$   | 8495 | [mm <sup>2</sup> ] |
| <u>Armatura tesa di infittimento</u>           |              |      |                    |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione    | $n_{f,2}$    | 0    | [-]                |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione | $\phi_{f,2}$ | 0    | [mm]               |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione     | $A_{sf,2}$   | 0    | [mm <sup>2</sup> ] |

#### Caratteristiche dei materiali

|                                                       |           |        |       |
|-------------------------------------------------------|-----------|--------|-------|
| Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo | $f_{ck}$  | 33,2   | [MPa] |
| Resistenza a trazione media del calcestruzzo          | $f_{ctm}$ | 3,1    | [MPa] |
| Modulo di elasticità del calcestruzzo                 | $E_{cm}$  | 33643  | [MPa] |
| Resistenza a snervamento dell'acciaio                 | $f_{yk}$  | 450    | [MPa] |
| Modulo di elasticità dell'acciaio                     | $E_s$     | 210000 | [MPa] |

#### DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

|                                                                   |                                           |           |                    |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------|--------------------|
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata     | $\sigma_s$                                | 45,18     | [MPa]              |
| Asse neutro della sezione                                         | x                                         | 299,6     | [mm]               |
| Tipo e durata dei carichi applicati                               |                                           | Lunga     |                    |
| Coefficiente di omogeneizzazione                                  | $\alpha_e$                                | 6,24      | [-]                |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa               | $A_s$                                     | 8495      | [mm <sup>2</sup> ] |
| Area efficace tesa di calcestruzzo                                | $A_{c,eff,1}$                             | 343275    | [mm <sup>2</sup> ] |
|                                                                   | $A_{c,eff,2}$                             | 663599    | [mm <sup>2</sup> ] |
|                                                                   | $A_{c,eff,3}$                             | 1293500   | [mm <sup>2</sup> ] |
|                                                                   | $A_{c,eff,min}$                           | 343275    | [mm <sup>2</sup> ] |
| Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso | $\rho_{p,eff}$                            | 0,02475   | [-]                |
| Resistenza efficace media del calcestruzzo                        | $f_{ct,eff}$                              | 3,1       | [MPa]              |
| Fattore di durata del carico                                      | $k_t$                                     | 0,4       | [-]                |
| <u>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</u>      | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$   | 0,000129  | [-]                |
|                                                                   | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ | -0,000060 | [-]                |
|                                                                   | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]$         | 0,000129  | [-]                |

|                                                                |               |       |      |
|----------------------------------------------------------------|---------------|-------|------|
| Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri) | s             | 100   | [mm] |
| Diametro equivalente delle barre                               | $\phi_{eq}$   | 26,00 | [mm] |
| Spaziatura massima di riferimento                              | $s_{max,rif}$ | 345   | [mm] |
| Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione    | $k_1$         | 0,800 | [-]  |
|                                                                | $k_2$         | 0,500 | [-]  |
|                                                                | $k_3$         | 3,400 | [-]  |
|                                                                | $k_4$         | 0,425 | [-]  |
| <u>Distanza massima tra le fessure</u>                         | $s_{r,max,1}$ | 369   | [mm] |
|                                                                | $s_{r,max,2}$ | 1301  | [mm] |
|                                                                | $s_{r,max}$   | 369   | [mm] |

|                                                                         |             |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------|------|------|
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$ | 0,20 | [mm] |
| Ampiezza delle fessure (di calcolo)                                     | $w_k$       | 0,05 | [mm] |

## 21.15.2 COMBINAZIONE SLE – FREQUENTE

### Geometria della sezione

|                                                |              |      |                    |
|------------------------------------------------|--------------|------|--------------------|
| Altezza della sezione                          | h            | 1300 | [mm]               |
| Larghezza della sezione                        | b            | 1990 | [mm]               |
| Altezza utile della sezione                    | d            | 1231 | [mm]               |
| Distanza tra asse armatura e lembo compresso   | d'           | 69   | [mm]               |
| Ricoprimento dell'armatura                     | c            | 56   | [mm]               |
| <a href="#">Armatura tesa ordinaria</a>        |              |      |                    |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione    | $n_{f,1}$    | 16   | [-]                |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione | $\phi_{f,1}$ | 26   | [mm]               |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione     | $A_{sf,1}$   | 8495 | [mm <sup>2</sup> ] |
| <a href="#">Armatura tesa di infittimento</a>  |              |      |                    |
| Numero di ferri tesi presenti nella sezione    | $n_{f,2}$    | 0    | [-]                |
| Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione | $\phi_{f,2}$ | 0    | [mm]               |
| Area dei ferri tesi presenti nella sezione     | $A_{sf,2}$   | 0    | [mm <sup>2</sup> ] |

### Caratteristiche dei materiali

|                                                       |           |        |       |
|-------------------------------------------------------|-----------|--------|-------|
| Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo | $f_{ck}$  | 33,2   | [MPa] |
| Resistenza a trazione media del calcestruzzo          | $f_{ctm}$ | 3,1    | [MPa] |
| Modulo di elasticità del calcestruzzo                 | $E_{cm}$  | 33643  | [MPa] |
| Resistenza a snervamento dell'acciaio                 | $f_{yk}$  | 450    | [MPa] |
| Modulo di elasticità dell'acciaio                     | $E_s$     | 210000 | [MPa] |

### DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

|                                                                   |                                                     |                 |                    |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------|--------------------|
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata     | $\sigma_s$                                          | 110,8           | [MPa]              |
| Asse neutro della sezione                                         | x                                                   | 299,6           | [mm]               |
| Tipo e durata dei carichi applicati                               |                                                     | Lunga           |                    |
| Coefficiente di omogeneizzazione                                  | $\alpha_e$                                          | 6,24            | [-]                |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa               | $A_s$                                               | 8495            | [mm <sup>2</sup> ] |
| Area efficace tesa di calcestruzzo                                | $A_{c,eff.1}$                                       | 343275          | [mm <sup>2</sup> ] |
|                                                                   | $A_{c,eff.2}$                                       | 663599          | [mm <sup>2</sup> ] |
|                                                                   | $A_{c,eff.3}$                                       | 1293500         | [mm <sup>2</sup> ] |
|                                                                   | $A_{c,eff.min}$                                     | 343275          | [mm <sup>2</sup> ] |
| Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso | $\rho_{p,eff}$                                      | 0,02475         | [-]                |
| Resistenza efficace media del calcestruzzo                        | $f_{ct,eff}$                                        | 3,1             | [MPa]              |
| Fattore di durata del carico                                      | $k_t$                                               | 0,4             | [-]                |
| <b>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</b>      | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$             | 0,000317        | [-]                |
|                                                                   | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$           | 0,000252        | [-]                |
|                                                                   | <b><math>[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]</math></b> | <b>0,000317</b> | <b>[-]</b>         |

|                                                                |                               |            |             |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------|-------------|
| Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri) | s                             | 100        | [mm]        |
| Diametro equivalente delle barre                               | $\phi_{eq}$                   | 26,00      | [mm]        |
| Spaziatura massima di riferimento                              | $s_{max,rif}$                 | 345        | [mm]        |
| Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione    | $k_1$                         | 0,800      | [-]         |
|                                                                | $k_2$                         | 0,500      | [-]         |
|                                                                | $k_3$                         | 3,400      | [-]         |
|                                                                | $k_4$                         | 0,425      | [-]         |
| <b>Distanza massima tra le fessure</b>                         | $s_{r,max.1}$                 | 369        | [mm]        |
|                                                                | $s_{r,max.2}$                 | 1301       | [mm]        |
|                                                                | <b><math>s_{r,max}</math></b> | <b>369</b> | <b>[mm]</b> |

|                                                                         |                         |             |             |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------|-------------|
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$             | 0,30        | [mm]        |
| <b>Ampiezza delle fessure (di calcolo)</b>                              | <b><math>w_k</math></b> | <b>0,12</b> | <b>[mm]</b> |

## 21.16 SEZIONE C-C - VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE SEMPLICE

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{Sd} = 1.775,78 \text{ kNm}$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 199    | 130    |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 84,95    | 6,9    |
| 2  | 84,95    | 123,10 |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>Ed</sub> 1775,78 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N  
Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo S.L.U. + S.L.U. - Metodo n

Tipo flessione Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>o</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C32/40

ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18,81 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 1 ?  
ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12,25 ‰  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333 ‰  
τ<sub>c1</sub> 2,114 ‰

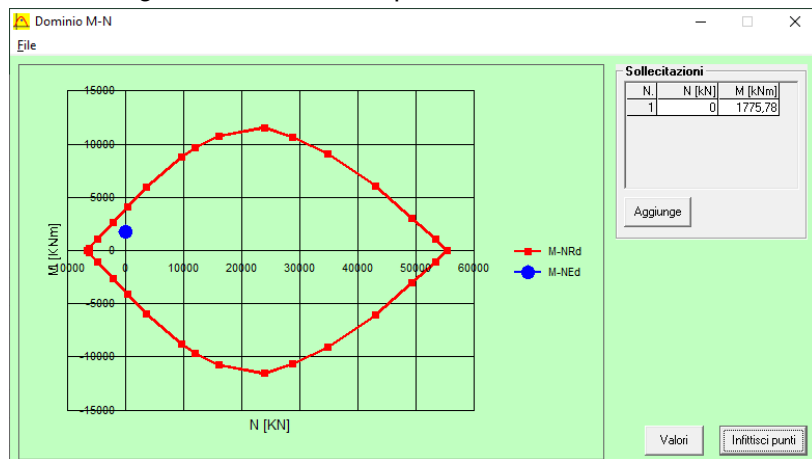
M<sub>xRd</sub> 3.949 kNm

σ<sub>c</sub> -18,81 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 49,84 ‰  
d 123,1 cm  
x 8,077 x/d 0,06561  
δ 0,7

Il momento resistente risulta pari a:

$$M_{Rd} = 3.949,00 \text{ kNm} > M_{Sd} = 1.775,78 \text{ kNm}$$

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 22 SPALLA B – VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI SUI PALI DI FONDAZIONE

### 22.1 AZIONI SOLLECITANTI DESUNTE DAL MODELLO DI CALCOLO

#### 22.1.1 ZATTERA SINISTRA

Nelle tabelle successive sono riepilogati i valori delle azioni sollecitanti (azione normale e taglio nelle due direzioni trasversali) valutati in corrispondenza delle molle elastiche mediante le quali sono stati modellati i pali di fondazione all'interno del modello di calcolo tridimensionale.

Per ciascun palo è stata determinata anche la risultante di taglio orizzontale, valutata come combinazione quadratica delle azioni taglianti valutate lungo le due direzioni orizzontali ortogonali.

#### Combinazioni allo Stato Limite di Esercizio – Quasi Permanenti

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V, Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|---------------------|
| SP.B-SX-1 | SLE - Q.P.01 | Max | -104,02                | 17,06                  | 336,04           | 105,41              |
| SP.B-SX-1 | SLE - Q.P.01 | Min | -104,02                | 17,06                  | 336,04           | 105,41              |
| SP.B-SX-1 | SLE - Q.P.02 | Max | -105,44                | 19,94                  | 337,96           | 107,30              |
| SP.B-SX-1 | SLE - Q.P.02 | Min | -105,44                | 19,94                  | 337,96           | 107,30              |
| SP.B-SX-2 | SLE - Q.P.01 | Max | -121,45                | 13,15                  | 1.150,73         | 122,16              |
| SP.B-SX-2 | SLE - Q.P.01 | Min | -121,45                | 13,15                  | 1.150,73         | 122,16              |
| SP.B-SX-2 | SLE - Q.P.02 | Max | -123,29                | 15,51                  | 1.155,05         | 124,27              |
| SP.B-SX-2 | SLE - Q.P.02 | Min | -123,29                | 15,51                  | 1.155,05         | 124,27              |
| SP.B-SX-3 | SLE - Q.P.01 | Max | -120,84                | 27,31                  | 1.915,66         | 123,89              |
| SP.B-SX-3 | SLE - Q.P.01 | Min | -120,84                | 27,31                  | 1.915,66         | 123,89              |
| SP.B-SX-3 | SLE - Q.P.02 | Max | -122,74                | 28,65                  | 1.921,66         | 126,04              |
| SP.B-SX-3 | SLE - Q.P.02 | Min | -122,74                | 28,65                  | 1.921,66         | 126,04              |
| SP.B-SX-4 | SLE - Q.P.01 | Max | -7,21                  | -64,84                 | 1.132,97         | 65,24               |
| SP.B-SX-4 | SLE - Q.P.01 | Min | -7,21                  | -64,84                 | 1.132,97         | 65,24               |
| SP.B-SX-4 | SLE - Q.P.02 | Max | -8,20                  | -62,23                 | 1.131,40         | 62,77               |
| SP.B-SX-4 | SLE - Q.P.02 | Min | -8,20                  | -62,23                 | 1.131,40         | 62,77               |
| SP.B-SX-5 | SLE - Q.P.01 | Max | -16,83                 | -153,13                | 2.267,66         | 154,05              |
| SP.B-SX-5 | SLE - Q.P.01 | Min | -16,83                 | -153,13                | 2.267,66         | 154,05              |
| SP.B-SX-5 | SLE - Q.P.02 | Max | -17,73                 | -151,61                | 2.269,51         | 152,64              |
| SP.B-SX-5 | SLE - Q.P.02 | Min | -17,73                 | -151,61                | 2.269,51         | 152,64              |
| SP.B-SX-6 | SLE - Q.P.01 | Max | 44,77                  | -40,50                 | 455,96           | 60,37               |
| SP.B-SX-6 | SLE - Q.P.01 | Min | 44,77                  | -40,50                 | 455,96           | 60,37               |
| SP.B-SX-6 | SLE - Q.P.02 | Max | 44,32                  | -37,71                 | 449,23           | 58,19               |
| SP.B-SX-6 | SLE - Q.P.02 | Min | 44,32                  | -37,71                 | 449,23           | 58,19               |
| SP.B-SX-7 | SLE - Q.P.01 | Max | 72,11                  | -171,28                | 1.465,83         | 185,84              |
| SP.B-SX-7 | SLE - Q.P.01 | Min | 72,11                  | -171,28                | 1.465,83         | 185,84              |
| SP.B-SX-7 | SLE - Q.P.02 | Max | 72,17                  | -169,32                | 1.460,72         | 184,06              |
| SP.B-SX-7 | SLE - Q.P.02 | Min | 72,17                  | -169,32                | 1.460,72         | 184,06              |
| SP.B-SX-8 | SLE - Q.P.01 | Max | 61,87                  | -352,14                | 2.498,67         | 357,53              |
| SP.B-SX-8 | SLE - Q.P.01 | Min | 61,87                  | -352,14                | 2.498,67         | 357,53              |
| SP.B-SX-8 | SLE - Q.P.02 | Max | 62,36                  | -351,69                | 2.498,03         | 357,18              |
| SP.B-SX-8 | SLE - Q.P.02 | Min | 62,36                  | -351,69                | 2.498,03         | 357,18              |

### Combinazioni allo Stato Limite di Esercizio – Frequenti

| PALO      | COMBINAZIONE  |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|---------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-SX-1 | SLE - FREQ.01 | Max | -104,02                | 19,20                  | 348,87           | 105,77             |
| SP.B-SX-1 | SLE - FREQ.01 | Min | -114,24                | 16,46                  | 329,07           | 115,42             |
| SP.B-SX-1 | SLE - FREQ.02 | Max | -105,44                | 22,07                  | 350,78           | 107,72             |
| SP.B-SX-1 | SLE - FREQ.02 | Min | -115,66                | 19,34                  | 330,98           | 117,26             |
| SP.B-SX-1 | SLE - FREQ.03 | Max | -103,87                | 16,78                  | 335,85           | 105,22             |
| SP.B-SX-1 | SLE - FREQ.03 | Min | -103,87                | 16,78                  | 335,85           | 105,22             |
| SP.B-SX-1 | SLE - FREQ.04 | Max | -105,58                | 20,23                  | 338,15           | 107,50             |
| SP.B-SX-1 | SLE - FREQ.04 | Min | -105,58                | 20,23                  | 338,15           | 107,50             |
| SP.B-SX-2 | SLE - FREQ.01 | Max | -121,45                | 18,10                  | 1.228,77         | 122,79             |
| SP.B-SX-2 | SLE - FREQ.01 | Min | -133,65                | 13,15                  | 1.150,72         | 134,30             |
| SP.B-SX-2 | SLE - FREQ.02 | Max | -123,29                | 20,46                  | 1.233,08         | 124,98             |
| SP.B-SX-2 | SLE - FREQ.02 | Min | -135,50                | 15,51                  | 1.155,04         | 136,38             |
| SP.B-SX-2 | SLE - FREQ.03 | Max | -121,26                | 12,92                  | 1.150,30         | 121,95             |
| SP.B-SX-2 | SLE - FREQ.03 | Min | -121,26                | 12,92                  | 1.150,30         | 121,95             |
| SP.B-SX-2 | SLE - FREQ.04 | Max | -123,48                | 15,75                  | 1.155,48         | 124,48             |
| SP.B-SX-2 | SLE - FREQ.04 | Min | -123,48                | 15,75                  | 1.155,48         | 124,48             |
| SP.B-SX-3 | SLE - FREQ.01 | Max | -120,84                | 36,63                  | 2.053,42         | 126,27             |
| SP.B-SX-3 | SLE - FREQ.01 | Min | -132,87                | 27,31                  | 1.915,66         | 135,64             |
| SP.B-SX-3 | SLE - FREQ.02 | Max | -122,74                | 37,97                  | 2.059,42         | 128,48             |
| SP.B-SX-3 | SLE - FREQ.02 | Min | -134,77                | 28,65                  | 1.921,66         | 137,78             |
| SP.B-SX-3 | SLE - FREQ.03 | Max | -120,65                | 27,17                  | 1.915,06         | 123,67             |
| SP.B-SX-3 | SLE - FREQ.03 | Min | -120,65                | 27,17                  | 1.915,06         | 123,67             |
| SP.B-SX-3 | SLE - FREQ.04 | Max | -122,93                | 28,79                  | 1.922,26         | 126,26             |
| SP.B-SX-3 | SLE - FREQ.04 | Min | -122,93                | 28,79                  | 1.922,26         | 126,26             |
| SP.B-SX-4 | SLE - FREQ.01 | Max | -5,52                  | -64,84                 | 1.217,59         | 65,08              |
| SP.B-SX-4 | SLE - FREQ.01 | Min | -13,14                 | -69,39                 | 1.132,95         | 70,62              |
| SP.B-SX-4 | SLE - FREQ.02 | Max | -6,51                  | -62,23                 | 1.216,02         | 62,57              |
| SP.B-SX-4 | SLE - FREQ.02 | Min | -14,13                 | -66,78                 | 1.131,38         | 68,25              |
| SP.B-SX-4 | SLE - FREQ.03 | Max | -7,11                  | -65,10                 | 1.133,13         | 65,49              |
| SP.B-SX-4 | SLE - FREQ.03 | Min | -7,11                  | -65,10                 | 1.133,13         | 65,49              |
| SP.B-SX-4 | SLE - FREQ.04 | Max | -8,30                  | -61,97                 | 1.131,24         | 62,52              |
| SP.B-SX-4 | SLE - FREQ.04 | Min | -8,30                  | -61,97                 | 1.131,24         | 62,52              |
| SP.B-SX-5 | SLE - FREQ.01 | Max | -16,83                 | -153,13                | 2.442,50         | 154,05             |
| SP.B-SX-5 | SLE - FREQ.01 | Min | -25,13                 | -161,25                | 2.267,66         | 163,19             |
| SP.B-SX-5 | SLE - FREQ.02 | Max | -17,73                 | -151,61                | 2.444,36         | 152,64             |
| SP.B-SX-5 | SLE - FREQ.02 | Min | -26,03                 | -159,73                | 2.269,51         | 161,83             |
| SP.B-SX-5 | SLE - FREQ.03 | Max | -16,74                 | -153,28                | 2.267,47         | 154,19             |
| SP.B-SX-5 | SLE - FREQ.03 | Min | -16,74                 | -153,28                | 2.267,47         | 154,19             |
| SP.B-SX-5 | SLE - FREQ.04 | Max | -17,82                 | -151,46                | 2.269,70         | 152,50             |
| SP.B-SX-5 | SLE - FREQ.04 | Min | -17,82                 | -151,46                | 2.269,70         | 152,50             |
| SP.B-SX-6 | SLE - FREQ.01 | Max | 47,59                  | -40,50                 | 487,16           | 62,49              |
| SP.B-SX-6 | SLE - FREQ.01 | Min | 40,88                  | -45,77                 | 452,02           | 61,36              |
| SP.B-SX-6 | SLE - FREQ.02 | Max | 47,14                  | -37,71                 | 480,43           | 60,37              |
| SP.B-SX-6 | SLE - FREQ.02 | Min | 40,43                  | -42,97                 | 445,29           | 59,00              |
| SP.B-SX-6 | SLE - FREQ.03 | Max | 44,82                  | -40,78                 | 456,63           | 60,60              |
| SP.B-SX-6 | SLE - FREQ.03 | Min | 44,82                  | -40,78                 | 456,63           | 60,60              |
| SP.B-SX-6 | SLE - FREQ.04 | Max | 44,27                  | -37,43                 | 448,55           | 57,97              |
| SP.B-SX-6 | SLE - FREQ.04 | Min | 44,27                  | -37,43                 | 448,55           | 57,97              |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE  |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|---------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-SX-7 | SLE - FREQ.01 | Max | 74,51                  | -171,28                | 1.579,52         | 186,78             |
| SP.B-SX-7 | SLE - FREQ.01 | Min | 68,23                  | -184,35                | 1.465,83         | 196,58             |
| SP.B-SX-7 | SLE - FREQ.02 | Max | 74,57                  | -169,32                | 1.574,41         | 185,02             |
| SP.B-SX-7 | SLE - FREQ.02 | Min | 68,30                  | -182,40                | 1.460,72         | 194,76             |
| SP.B-SX-7 | SLE - FREQ.03 | Max | 72,10                  | -171,48                | 1.466,34         | 186,02             |
| SP.B-SX-7 | SLE - FREQ.03 | Min | 72,10                  | -171,48                | 1.466,34         | 186,02             |
| SP.B-SX-7 | SLE - FREQ.04 | Max | 72,17                  | -169,13                | 1.460,21         | 183,88             |
| SP.B-SX-7 | SLE - FREQ.04 | Min | 72,17                  | -169,13                | 1.460,21         | 183,88             |
| SP.B-SX-8 | SLE - FREQ.01 | Max | 62,68                  | -352,14                | 2.688,43         | 357,67             |
| SP.B-SX-8 | SLE - FREQ.01 | Min | 57,16                  | -375,26                | 2.498,67         | 379,59             |
| SP.B-SX-8 | SLE - FREQ.02 | Max | 63,17                  | -351,69                | 2.687,79         | 357,32             |
| SP.B-SX-8 | SLE - FREQ.02 | Min | 57,66                  | -374,82                | 2.498,03         | 379,23             |
| SP.B-SX-8 | SLE - FREQ.03 | Max | 61,82                  | -352,18                | 2.498,74         | 357,57             |
| SP.B-SX-8 | SLE - FREQ.03 | Min | 61,82                  | -352,18                | 2.498,74         | 357,57             |
| SP.B-SX-8 | SLE - FREQ.04 | Max | 62,41                  | -351,65                | 2.497,96         | 357,14             |
| SP.B-SX-8 | SLE - FREQ.04 | Min | 62,41                  | -351,65                | 2.497,96         | 357,14             |

Combinazioni allo Stato Limite di Esercizio – Caratteristiche

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.01 | Max | -101,38                | 25,18                  | 367,57           | 104,46             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.01 | Min | -115,01                | 21,53                  | 341,16           | 117,01             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.02 | Max | -103,08                | 28,63                  | 369,86           | 106,99             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.02 | Min | -116,71                | 24,98                  | 343,46           | 119,35             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.03 | Max | -106,37                | 14,06                  | 338,34           | 107,29             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.03 | Min | -119,99                | 10,41                  | 311,94           | 120,44             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.04 | Max | -108,07                | 17,51                  | 340,64           | 109,48             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.04 | Min | -121,70                | 13,86                  | 314,23           | 122,48             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.05 | Max | -99,72                 | 28,18                  | 373,04           | 103,62             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.05 | Min | -109,94                | 25,44                  | 353,23           | 112,84             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.06 | Max | -101,42                | 31,63                  | 375,33           | 106,24             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.06 | Min | -111,64                | 28,89                  | 355,53           | 115,32             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.07 | Max | -108,03                | 9,64                   | 324,33           | 108,46             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.07 | Min | -118,25                | 6,91                   | 304,52           | 118,45             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.08 | Max | -109,73                | 13,09                  | 326,62           | 110,51             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.08 | Min | -119,95                | 10,36                  | 306,82           | 120,40             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.09 | Max | -100,81                | 23,32                  | 362,53           | 103,47             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.09 | Min | -111,03                | 20,58                  | 342,72           | 112,92             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.10 | Max | -103,65                | 29,07                  | 366,35           | 107,65             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.10 | Min | -113,87                | 26,33                  | 346,55           | 116,88             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.11 | Max | -105,80                | 12,20                  | 333,30           | 106,50             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.11 | Min | -116,02                | 9,46                   | 313,50           | 116,40             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.12 | Max | -108,64                | 17,95                  | 337,13           | 110,11             |
| SP.B-SX-1 | SLE - CAR.12 | Min | -118,86                | 15,21                  | 317,32           | 119,83             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.01 | Max | -119,04                | 27,28                  | 1.271,60         | 122,12             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.01 | Min | -135,31                | 20,68                  | 1.167,54         | 136,88             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.02 | Max | -121,25                | 30,11                  | 1.276,78         | 124,94             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.02 | Min | -137,53                | 23,52                  | 1.172,72         | 139,52             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.03 | Max | -123,49                | 11,74                  | 1.237,09         | 124,04             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.03 | Min | -139,76                | 5,14                   | 1.133,03         | 139,85             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.04 | Max | -125,70                | 14,57                  | 1.242,28         | 126,54             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.04 | Min | -141,97                | 7,98                   | 1.138,21         | 142,20             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.05 | Max | -117,55                | 30,81                  | 1.257,09         | 121,52             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.05 | Min | -129,76                | 25,87                  | 1.179,04         | 132,31             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.06 | Max | -119,77                | 33,65                  | 1.262,27         | 124,41             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.06 | Min | -131,97                | 28,70                  | 1.184,23         | 135,06             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.07 | Max | -124,97                | 4,91                   | 1.199,58         | 125,06             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.07 | Min | -137,17                | -0,04                  | 1.121,53         | 137,17             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.08 | Max | -127,18                | 7,74                   | 1.204,76         | 127,42             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.08 | Min | -139,39                | 2,80                   | 1.126,72         | 139,42             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.09 | Max | -118,30                | 24,69                  | 1.243,86         | 120,85             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.09 | Min | -130,50                | 19,74                  | 1.165,81         | 131,99             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.10 | Max | -121,99                | 29,41                  | 1.252,50         | 125,49             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.10 | Min | -134,20                | 24,46                  | 1.174,45         | 136,41             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.11 | Max | -122,75                | 9,14                   | 1.209,35         | 123,09             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.11 | Min | -134,95                | 4,20                   | 1.131,31         | 135,02             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.12 | Max | -126,44                | 13,87                  | 1.217,99         | 127,20             |
| SP.B-SX-2 | SLE - CAR.12 | Min | -138,64                | 8,92                   | 1.139,95         | 138,93             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.01 | Max | -119,42                | 49,02                  | 2.113,95         | 129,08             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.01 | Min | -135,45                | 36,59                  | 1.930,27         | 140,30             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.02 | Max | -121,70                | 50,63                  | 2.121,16         | 131,81             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.02 | Min | -137,73                | 38,21                  | 1.937,47         | 142,93             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.03 | Max | -121,89                | 30,18                  | 2.083,53         | 125,57             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.03 | Min | -137,92                | 17,75                  | 1.899,84         | 139,06             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.04 | Max | -124,17                | 31,80                  | 2.090,73         | 128,17             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.04 | Min | -140,20                | 19,37                  | 1.907,05         | 141,53             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.05 | Max | -118,59                | 52,19                  | 2.078,17         | 129,57             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.05 | Min | -130,62                | 42,87                  | 1.940,41         | 137,47             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.06 | Max | -120,87                | 53,81                  | 2.085,38         | 132,31             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.06 | Min | -132,90                | 44,49                  | 1.947,62         | 140,15             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.07 | Max | -122,71                | 20,79                  | 2.027,46         | 124,46             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.07 | Min | -134,73                | 11,47                  | 1.889,70         | 135,22             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.08 | Max | -124,99                | 22,41                  | 2.034,67         | 126,98             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.08 | Min | -137,02                | 13,09                  | 1.896,90         | 137,64             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.09 | Max | -118,65                | 45,37                  | 2.065,63         | 127,03             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.09 | Min | -130,68                | 36,05                  | 1.927,87         | 135,56             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.10 | Max | -122,46                | 48,07                  | 2.077,64         | 131,55             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.10 | Min | -134,48                | 38,75                  | 1.939,88         | 139,95             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.11 | Max | -121,13                | 26,53                  | 2.035,20         | 124,00             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.11 | Min | -133,15                | 17,21                  | 1.897,44         | 134,26             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.12 | Max | -124,93                | 29,23                  | 2.047,21         | 128,30             |
| SP.B-SX-3 | SLE - CAR.12 | Min | -136,95                | 19,91                  | 1.909,45         | 138,39             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.01 | Max | -4,44                  | -59,36                 | 1.247,46         | 59,53              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.01 | Min | -14,61                 | -65,43                 | 1.134,61         | 67,04              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.02 | Max | -5,63                  | -56,23                 | 1.245,58         | 56,51              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.02 | Min | -15,79                 | -62,29                 | 1.132,73         | 64,26              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.03 | Max | -5,26                  | -70,84                 | 1.244,45         | 71,04              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.03 | Min | -15,43                 | -76,90                 | 1.131,60         | 78,43              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.04 | Max | -6,45                  | -67,71                 | 1.242,57         | 68,01              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.04 | Min | -16,61                 | -73,77                 | 1.129,71         | 75,62              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.05 | Max | -4,73                  | -55,54                 | 1.220,26         | 55,74              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.05 | Min | -12,36                 | -60,08                 | 1.135,62         | 61,34              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.06 | Max | -5,92                  | -52,41                 | 1.218,37         | 52,74              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.06 | Min | -13,54                 | -56,95                 | 1.133,74         | 58,54              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.07 | Max | -6,10                  | -74,67                 | 1.215,24         | 74,92              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.07 | Min | -13,72                 | -79,21                 | 1.130,60         | 80,39              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.08 | Max | -7,29                  | -71,53                 | 1.213,36         | 71,90              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.08 | Min | -14,91                 | -76,08                 | 1.128,72         | 77,53              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.09 | Max | -4,61                  | -60,41                 | 1.219,88         | 60,58              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.09 | Min | -12,23                 | -64,95                 | 1.135,24         | 66,10              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.10 | Max | -6,59                  | -55,19                 | 1.216,74         | 55,58              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.10 | Min | -14,21                 | -59,73                 | 1.132,10         | 61,40              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.11 | Max | -5,43                  | -71,89                 | 1.216,87         | 72,09              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.11 | Min | -13,05                 | -76,43                 | 1.132,23         | 77,54              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.12 | Max | -7,41                  | -66,66                 | 1.213,73         | 67,07              |
| SP.B-SX-4 | SLE - CAR.12 | Min | -15,03                 | -71,21                 | 1.129,09         | 72,78              |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.01 | Max | -16,61                 | -145,99                | 2.499,75         | 146,93             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.01 | Min | -27,68                 | -156,82                | 2.266,63         | 159,24             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.02 | Max | -17,69                 | -144,17                | 2.501,98         | 145,25             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.02 | Min | -28,77                 | -154,99                | 2.268,85         | 157,64             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.03 | Max | -16,86                 | -160,57                | 2.501,44         | 161,45             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.03 | Min | -27,93                 | -171,39                | 2.268,31         | 173,65             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.04 | Max | -17,94                 | -158,75                | 2.503,66         | 159,76             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.04 | Min | -29,02                 | -169,57                | 2.270,54         | 172,03             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.05 | Max | -16,53                 | -141,13                | 2.440,91         | 142,10             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.05 | Min | -24,83                 | -149,25                | 2.266,06         | 151,30             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.06 | Max | -17,61                 | -139,31                | 2.443,13         | 140,42             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.06 | Min | -25,92                 | -147,43                | 2.268,29         | 149,69             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.07 | Max | -16,94                 | -165,43                | 2.443,72         | 166,30             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.07 | Min | -25,25                 | -173,55                | 2.268,87         | 175,37             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.08 | Max | -18,03                 | -163,61                | 2.445,94         | 164,60             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.08 | Min | -26,33                 | -171,72                | 2.271,10         | 173,73             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.09 | Max | -16,25                 | -146,60                | 2.440,73         | 147,50             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.09 | Min | -24,55                 | -154,72                | 2.265,88         | 156,65             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.10 | Max | -18,06                 | -143,56                | 2.444,44         | 144,69             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.10 | Min | -26,36                 | -151,68                | 2.269,60         | 153,95             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.11 | Max | -16,50                 | -161,18                | 2.442,41         | 162,02             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.11 | Min | -24,80                 | -169,30                | 2.267,57         | 171,10             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.12 | Max | -18,31                 | -158,14                | 2.446,13         | 159,19             |
| SP.B-SX-5 | SLE - CAR.12 | Min | -26,61                 | -166,26                | 2.271,28         | 168,37             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.01 | Max | 46,43                  | -37,01                 | 485,46           | 59,38              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.01 | Min | 37,48                  | -44,03                 | 438,61           | 57,82              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.02 | Max | 45,89                  | -33,65                 | 477,39           | 56,91              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.02 | Min | 36,94                  | -40,67                 | 430,53           | 54,94              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.03 | Max | 50,72                  | -44,56                 | 511,00           | 67,51              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.03 | Min | 41,77                  | -51,57                 | 464,15           | 66,37              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.04 | Max | 50,18                  | -41,20                 | 502,92           | 64,93              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.04 | Min | 41,23                  | -48,22                 | 456,07           | 63,44              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.05 | Max | 44,06                  | -34,49                 | 466,55           | 55,96              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.05 | Min | 37,35                  | -39,76                 | 431,42           | 54,55              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.06 | Max | 43,52                  | -31,14                 | 458,47           | 53,51              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.06 | Min | 36,81                  | -36,40                 | 423,34           | 51,77              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.07 | Max | 51,21                  | -47,07                 | 509,12           | 69,56              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.07 | Min | 44,50                  | -52,34                 | 473,98           | 68,70              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.08 | Max | 50,67                  | -43,72                 | 501,04           | 66,92              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.08 | Min | 43,96                  | -48,98                 | 465,90           | 65,81              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.09 | Max | 45,67                  | -38,13                 | 477,76           | 59,50              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.09 | Min | 38,96                  | -43,39                 | 442,62           | 58,31              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.10 | Max | 44,77                  | -32,53                 | 464,29           | 55,34              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.10 | Min | 38,06                  | -37,80                 | 429,15           | 53,64              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.11 | Max | 49,96                  | -45,68                 | 503,29           | 67,69              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.11 | Min | 43,25                  | -50,94                 | 468,16           | 66,82              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.12 | Max | 49,06                  | -40,08                 | 489,83           | 63,35              |
| SP.B-SX-6 | SLE - CAR.12 | Min | 42,35                  | -45,34                 | 454,69           | 62,04              |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.01 | Max | 73,52                  | -165,50                | 1.597,48         | 181,09             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.01 | Min | 65,15                  | -182,93                | 1.445,90         | 194,18             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.02 | Max | 73,59                  | -163,15                | 1.591,35         | 178,98             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.02 | Min | 65,23                  | -180,58                | 1.439,77         | 192,00             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.03 | Max | 77,09                  | -177,46                | 1.638,36         | 193,48             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.03 | Min | 68,72                  | -194,89                | 1.486,78         | 206,65             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.04 | Max | 77,16                  | -175,11                | 1.632,23         | 191,35             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.04 | Min | 68,80                  | -192,54                | 1.480,65         | 204,46             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.05 | Max | 71,53                  | -161,51                | 1.545,96         | 176,64             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.05 | Min | 65,25                  | -174,58                | 1.432,27         | 186,38             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.06 | Max | 71,60                  | -159,16                | 1.539,83         | 174,52             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.06 | Min | 65,33                  | -172,23                | 1.426,14         | 184,20             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.07 | Max | 77,48                  | -181,44                | 1.614,10         | 197,29             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.07 | Min | 71,20                  | -194,52                | 1.500,41         | 207,14             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.08 | Max | 77,55                  | -179,09                | 1.607,96         | 195,16             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.08 | Min | 71,28                  | -192,17                | 1.494,28         | 204,96             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.09 | Max | 72,69                  | -166,28                | 1.561,63         | 181,47             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.09 | Min | 66,42                  | -179,35                | 1.447,95         | 191,26             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.10 | Max | 72,82                  | -162,36                | 1.551,41         | 177,94             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.10 | Min | 66,54                  | -175,44                | 1.437,72         | 187,63             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.11 | Max | 76,26                  | -178,24                | 1.602,51         | 193,87             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.11 | Min | 69,99                  | -191,31                | 1.488,83         | 203,71             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.12 | Max | 76,39                  | -174,32                | 1.592,29         | 190,33             |
| SP.B-SX-7 | SLE - CAR.12 | Min | 70,11                  | -187,40                | 1.478,61         | 200,08             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.01 | Max | 61,91                  | -344,26                | 2.728,26         | 349,78             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.01 | Min | 54,56                  | -375,09                | 2.475,24         | 379,04             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.02 | Max | 62,51                  | -343,72                | 2.727,48         | 349,36             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.02 | Min | 55,16                  | -374,55                | 2.474,47         | 378,59             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.03 | Max | 63,88                  | -360,11                | 2.775,24         | 365,73             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.03 | Min | 56,53                  | -390,94                | 2.522,22         | 395,01             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.04 | Max | 64,48                  | -359,57                | 2.774,46         | 365,31             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.04 | Min | 57,13                  | -390,41                | 2.521,45         | 394,56             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.05 | Max | 60,99                  | -338,97                | 2.649,34         | 344,42             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.05 | Min | 55,47                  | -362,10                | 2.459,58         | 366,32             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.06 | Max | 61,58                  | -338,44                | 2.648,57         | 343,99             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.06 | Min | 56,07                  | -361,56                | 2.458,81         | 365,88             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.07 | Max | 64,27                  | -365,39                | 2.727,64         | 371,00             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.07 | Min | 58,76                  | -388,52                | 2.537,88         | 392,93             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.08 | Max | 64,86                  | -364,86                | 2.726,87         | 370,58             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.08 | Min | 59,35                  | -387,98                | 2.537,11         | 392,49             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.09 | Max | 61,45                  | -344,44                | 2.665,26         | 349,87             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.09 | Min | 55,93                  | -367,56                | 2.475,50         | 371,79             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.10 | Max | 62,44                  | -343,54                | 2.663,97         | 349,17             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.10 | Min | 56,92                  | -366,67                | 2.474,21         | 371,06             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.11 | Max | 63,41                  | -360,29                | 2.712,24         | 365,82             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.11 | Min | 57,90                  | -383,41                | 2.522,48         | 387,76             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.12 | Max | 64,41                  | -359,39                | 2.710,95         | 365,12             |
| SP.B-SX-8 | SLE - CAR.12 | Min | 58,89                  | -382,52                | 2.521,19         | 387,02             |

Combinazioni allo Stato Limite Ultimo – STR

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.01 | Max | -138,08                | 35,20                  | 498,74           | 142,49             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.01 | Min | -156,47                | 30,27                  | 463,10           | 159,37             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.02 | Max | -140,12                | 39,34                  | 501,50           | 145,54             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.02 | Min | -158,52                | 34,41                  | 465,85           | 162,21             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.03 | Max | -145,56                | 18,52                  | 454,90           | 146,73             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.03 | Min | -163,95                | 13,59                  | 419,26           | 164,52             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.04 | Max | -147,60                | 22,66                  | 457,66           | 149,33             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.04 | Min | -166,00                | 17,73                  | 422,01           | 166,94             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.05 | Max | -135,58                | 39,80                  | 507,59           | 141,30             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.05 | Min | -149,38                | 36,10                  | 480,85           | 153,68             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.06 | Max | -137,62                | 43,93                  | 510,26           | 144,46             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.06 | Min | -151,42                | 40,23                  | 483,52           | 156,67             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.07 | Max | -148,05                | 12,00                  | 434,52           | 148,53             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.07 | Min | -161,85                | 8,30                   | 407,78           | 162,06             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.08 | Max | -150,09                | 16,14                  | 437,27           | 150,96             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.08 | Min | -163,89                | 12,44                  | 410,54           | 164,36             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.09 | Max | -137,39                | 32,86                  | 492,05           | 141,27             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.09 | Min | -151,19                | 29,16                  | 465,32           | 153,98             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.10 | Max | -140,80                | 39,76                  | 496,64           | 146,31             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.10 | Min | -154,60                | 36,06                  | 469,91           | 158,75             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.11 | Max | -144,87                | 16,18                  | 448,21           | 145,77             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.11 | Min | -158,67                | 12,48                  | 421,48           | 159,16             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.12 | Max | -148,28                | 23,08                  | 452,80           | 150,07             |
| SP.B-SX-1 | SLU - STR.12 | Min | -162,08                | 19,38                  | 426,07           | 163,24             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.01 | Max | -162,29                | 38,84                  | 1.729,29         | 166,87             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.01 | Min | -184,26                | 29,93                  | 1.588,81         | 186,67             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.02 | Max | -164,95                | 42,24                  | 1.735,51         | 170,27             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.02 | Min | -186,91                | 33,34                  | 1.595,03         | 189,86             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.03 | Max | -168,96                | 15,52                  | 1.677,53         | 169,67             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.03 | Min | -190,93                | 6,62                   | 1.537,05         | 191,04             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.04 | Max | -171,62                | 18,93                  | 1.683,75         | 172,66             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.04 | Min | -193,59                | 10,02                  | 1.543,27         | 193,85             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.05 | Max | -160,06                | 44,38                  | 1.711,43         | 166,10             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.05 | Min | -176,54                | 37,71                  | 1.606,07         | 180,52             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.06 | Max | -162,71                | 47,74                  | 1.717,28         | 169,57             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.06 | Min | -179,18                | 41,07                  | 1.611,92         | 183,83             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.07 | Max | -171,18                | 5,53                   | 1.625,16         | 171,27             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.07 | Min | -187,66                | -1,15                  | 1.519,80         | 187,66             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.08 | Max | -173,84                | 8,93                   | 1.631,38         | 174,07             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.08 | Min | -190,32                | 2,25                   | 1.526,02         | 190,33             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.09 | Max | -161,40                | 35,48                  | 1.692,10         | 165,26             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.09 | Min | -177,88                | 28,80                  | 1.586,74         | 180,19             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.10 | Max | -165,83                | 41,15                  | 1.702,47         | 170,86             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.10 | Min | -182,31                | 34,47                  | 1.597,10         | 185,54             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.11 | Max | -168,07                | 12,17                  | 1.640,34         | 168,51             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.11 | Min | -184,55                | 5,49                   | 1.534,98         | 184,63             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.12 | Max | -172,51                | 17,84                  | 1.650,71         | 173,42             |
| SP.B-SX-2 | SLU - STR.12 | Min | -188,98                | 11,16                  | 1.545,34         | 189,31             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.01 | Max | -162,94                | 69,04                  | 2.875,06         | 176,96             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.01 | Min | -184,58                | 52,26                  | 2.627,09         | 191,84             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.02 | Max | -165,67                | 70,98                  | 2.883,71         | 180,24             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.02 | Min | -187,32                | 54,20                  | 2.635,73         | 195,00             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.03 | Max | -166,64                | 40,78                  | 2.829,42         | 171,56             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.03 | Min | -188,29                | 24,00                  | 2.581,45         | 189,81             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.04 | Max | -169,38                | 42,72                  | 2.838,07         | 174,68             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.04 | Min | -191,03                | 25,94                  | 2.590,09         | 192,78             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.05 | Max | -161,70                | 74,26                  | 2.828,28         | 177,94             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.05 | Min | -177,93                | 61,68                  | 2.642,30         | 188,32             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.06 | Max | -164,42                | 76,12                  | 2.836,32         | 181,18             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.06 | Min | -180,65                | 63,54                  | 2.650,34         | 191,50             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.07 | Max | -167,88                | 27,16                  | 2.752,21         | 170,06             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.07 | Min | -184,11                | 14,58                  | 2.566,23         | 184,69             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.08 | Max | -170,62                | 29,11                  | 2.760,86         | 173,08             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.08 | Min | -186,85                | 16,52                  | 2.574,88         | 187,58             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.09 | Max | -162,02                | 64,19                  | 2.810,18         | 174,28             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.09 | Min | -178,26                | 51,61                  | 2.624,20         | 185,58             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.10 | Max | -166,59                | 67,43                  | 2.824,60         | 179,72             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.10 | Min | -182,82                | 54,85                  | 2.638,62         | 190,87             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.11 | Max | -165,73                | 35,94                  | 2.764,54         | 169,58             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.11 | Min | -181,96                | 23,36                  | 2.578,56         | 183,46             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.12 | Max | -170,29                | 39,17                  | 2.778,96         | 174,74             |
| SP.B-SX-3 | SLU - STR.12 | Min | -186,53                | 26,59                  | 2.592,98         | 188,41             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.01 | Max | -6,76                  | -79,62                 | 1.693,71         | 79,90              |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.01 | Min | -20,48                 | -87,80                 | 1.541,36         | 90,15              |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.02 | Max | -8,18                  | -75,86                 | 1.691,45         | 76,29              |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.02 | Min | -21,90                 | -84,04                 | 1.539,10         | 86,84              |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.03 | Max | -7,99                  | -96,83                 | 1.689,20         | 97,16              |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.03 | Min | -21,71                 | -105,01                | 1.536,85         | 107,23             |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.04 | Max | -9,41                  | -93,07                 | 1.686,93         | 93,55              |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.04 | Min | -23,13                 | -101,25                | 1.534,59         | 103,86             |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.05 | Max | -7,11                  | -73,88                 | 1.657,14         | 74,22              |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.05 | Min | -17,40                 | -80,01                 | 1.542,88         | 81,88              |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.06 | Max | -8,54                  | -70,11                 | 1.654,47         | 70,62              |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.06 | Min | -18,82                 | -76,24                 | 1.540,21         | 78,53              |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.07 | Max | -9,16                  | -102,57                | 1.649,61         | 102,98             |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.07 | Min | -19,45                 | -108,71                | 1.535,35         | 110,43             |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.08 | Max | -10,58                 | -98,81                 | 1.647,35         | 99,38              |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.08 | Min | -20,87                 | -104,95                | 1.533,09         | 107,00             |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.09 | Max | -7,04                  | -80,87                 | 1.656,39         | 81,17              |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.09 | Min | -17,33                 | -87,01                 | 1.542,12         | 88,71              |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.10 | Max | -9,42                  | -74,60                 | 1.652,62         | 75,19              |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.10 | Min | -19,71                 | -80,74                 | 1.538,36         | 83,11              |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.11 | Max | -8,27                  | -98,08                 | 1.651,87         | 98,43              |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.11 | Min | -18,56                 | -104,22                | 1.537,61         | 105,86             |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.12 | Max | -10,65                 | -91,82                 | 1.648,10         | 92,43              |
| SP.B-SX-4 | SLU - STR.12 | Min | -20,94                 | -97,96                 | 1.533,84         | 100,17             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.01 | Max | -23,67                 | -196,83                | 3.397,23         | 198,24             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.01 | Min | -38,61                 | -211,44                | 3.082,51         | 214,94             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.02 | Max | -24,97                 | -194,64                | 3.399,90         | 196,23             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.02 | Min | -39,92                 | -209,25                | 3.085,18         | 213,02             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.03 | Max | -24,04                 | -218,69                | 3.399,76         | 220,01             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.03 | Min | -38,99                 | -233,31                | 3.085,04         | 236,54             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.04 | Max | -25,34                 | -216,51                | 3.402,43         | 217,98             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.04 | Min | -40,29                 | -231,12                | 3.087,71         | 234,60             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.05 | Max | -23,54                 | -189,54                | 3.317,71         | 190,99             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.05 | Min | -34,75                 | -200,50                | 3.081,67         | 203,49             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.06 | Max | -24,82                 | -187,35                | 3.319,62         | 188,98             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.06 | Min | -36,03                 | -198,30                | 3.083,58         | 201,55             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.07 | Max | -24,16                 | -225,98                | 3.321,92         | 227,27             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.07 | Min | -35,38                 | -236,94                | 3.085,88         | 239,57             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.08 | Max | -25,47                 | -223,79                | 3.324,59         | 225,24             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.08 | Min | -36,68                 | -234,75                | 3.088,55         | 237,60             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.09 | Max | -23,23                 | -197,56                | 3.317,66         | 198,92             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.09 | Min | -34,44                 | -208,52                | 3.081,62         | 211,34             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.10 | Max | -25,40                 | -193,91                | 3.322,11         | 195,56             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.10 | Min | -36,61                 | -204,87                | 3.086,07         | 208,11             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.11 | Max | -23,61                 | -219,42                | 3.320,19         | 220,69             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.11 | Min | -34,82                 | -230,38                | 3.084,15         | 233,00             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.12 | Max | -25,78                 | -215,78                | 3.324,64         | 217,31             |
| SP.B-SX-5 | SLU - STR.12 | Min | -36,99                 | -226,74                | 3.088,60         | 229,73             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.01 | Max | 61,95                  | -49,73                 | 655,21           | 79,45              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.01 | Min | 49,87                  | -59,21                 | 591,97           | 77,41              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.02 | Max | 61,30                  | -45,71                 | 645,52           | 76,47              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.02 | Min | 49,22                  | -55,18                 | 582,27           | 73,94              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.03 | Max | 68,39                  | -61,06                 | 693,52           | 91,68              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.03 | Min | 56,30                  | -70,53                 | 630,27           | 90,24              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.04 | Max | 67,74                  | -57,03                 | 683,82           | 88,55              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.04 | Min | 55,65                  | -66,50                 | 620,58           | 86,71              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.05 | Max | 58,54                  | -45,96                 | 628,41           | 74,43              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.05 | Min | 49,48                  | -53,06                 | 580,97           | 72,55              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.06 | Max | 57,89                  | -41,90                 | 618,54           | 71,47              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.06 | Min | 48,83                  | -49,01                 | 571,10           | 69,18              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.07 | Max | 69,26                  | -64,83                 | 692,25           | 94,87              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.07 | Min | 60,20                  | -71,93                 | 644,81           | 93,80              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.08 | Max | 68,61                  | -60,80                 | 682,55           | 91,68              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.08 | Min | 59,55                  | -67,91                 | 635,12           | 90,32              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.09 | Max | 60,90                  | -51,08                 | 644,41           | 79,48              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.09 | Min | 51,84                  | -58,18                 | 596,97           | 77,92              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.10 | Max | 59,82                  | -44,36                 | 628,25           | 74,47              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.10 | Min | 50,76                  | -51,47                 | 580,81           | 72,28              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.11 | Max | 67,33                  | -62,40                 | 682,71           | 91,80              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.11 | Min | 58,27                  | -69,50                 | 635,27           | 90,70              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.12 | Max | 66,25                  | -55,69                 | 666,55           | 86,54              |
| SP.B-SX-6 | SLU - STR.12 | Min | 57,19                  | -62,79                 | 619,12           | 84,93              |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.01 | Max | 98,59                  | -223,95                | 2.167,03         | 244,69             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.01 | Min | 87,29                  | -247,48                | 1.962,40         | 262,42             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.02 | Max | 98,68                  | -221,13                | 2.159,67         | 242,15             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.02 | Min | 87,38                  | -244,66                | 1.955,04         | 259,79             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.03 | Max | 103,95                 | -241,89                | 2.228,35         | 263,28             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.03 | Min | 92,65                  | -265,42                | 2.023,72         | 281,12             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.04 | Max | 104,04                 | -239,07                | 2.220,99         | 260,72             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.04 | Min | 92,74                  | -262,60                | 2.016,36         | 278,49             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.05 | Max | 95,72                  | -217,97                | 2.095,43         | 238,06             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.05 | Min | 87,25                  | -235,62                | 1.941,96         | 251,25             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.06 | Max | 95,82                  | -215,11                | 2.087,56         | 235,48             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.06 | Min | 87,35                  | -232,76                | 1.934,09         | 248,61             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.07 | Max | 104,65                 | -247,87                | 2.197,64         | 269,05             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.07 | Min | 96,18                  | -265,52                | 2.044,16         | 282,40             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.08 | Max | 104,74                 | -245,05                | 2.190,28         | 266,49             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.08 | Min | 96,27                  | -262,70                | 2.036,80         | 279,78             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.09 | Max | 97,48                  | -224,89                | 2.118,32         | 245,10             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.09 | Min | 89,01                  | -242,54                | 1.964,85         | 258,35             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.10 | Max | 97,63                  | -220,19                | 2.106,06         | 240,86             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.10 | Min | 89,16                  | -237,84                | 1.952,59         | 254,00             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.11 | Max | 102,83                 | -242,83                | 2.179,65         | 263,70             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.11 | Min | 94,36                  | -260,48                | 2.026,17         | 277,04             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.12 | Max | 102,99                 | -238,13                | 2.167,38         | 259,44             |
| SP.B-SX-7 | SLU - STR.12 | Min | 94,51                  | -255,78                | 2.013,91         | 272,68             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.01 | Max | 82,85                  | -466,45                | 3.704,69         | 473,75             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.01 | Min | 72,92                  | -508,08                | 3.363,12         | 513,29             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.02 | Max | 83,56                  | -465,81                | 3.703,76         | 473,25             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.02 | Min | 73,64                  | -507,44                | 3.362,19         | 512,75             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.03 | Max | 85,80                  | -490,23                | 3.775,16         | 497,68             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.03 | Min | 75,88                  | -531,86                | 3.433,59         | 537,24             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.04 | Max | 86,51                  | -489,59                | 3.774,23         | 497,17             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.04 | Min | 76,59                  | -531,21                | 3.432,66         | 536,71             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.05 | Max | 81,50                  | -458,53                | 3.595,81         | 465,72             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.05 | Min | 74,06                  | -489,75                | 3.339,63         | 495,32             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.06 | Max | 82,24                  | -457,83                | 3.594,09         | 465,16             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.06 | Min | 74,80                  | -489,05                | 3.337,91         | 494,74             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.07 | Max | 86,42                  | -498,16                | 3.713,26         | 505,60             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.07 | Min | 78,98                  | -529,37                | 3.457,08         | 535,23             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.08 | Max | 87,14                  | -497,51                | 3.712,33         | 505,08             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.08 | Min | 79,69                  | -528,73                | 3.456,15         | 534,70             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.09 | Max | 82,25                  | -466,67                | 3.619,61         | 473,86             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.09 | Min | 74,80                  | -497,89                | 3.363,43         | 503,47             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.10 | Max | 83,43                  | -465,60                | 3.618,06         | 473,01             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.10 | Min | 75,99                  | -496,82                | 3.361,88         | 502,59             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.11 | Max | 85,20                  | -490,44                | 3.690,08         | 497,79             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.11 | Min | 77,76                  | -521,66                | 3.433,90         | 527,43             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.12 | Max | 86,39                  | -489,37                | 3.688,53         | 496,94             |
| SP.B-SX-8 | SLU - STR.12 | Min | 78,95                  | -520,59                | 3.432,35         | 526,54             |

Combinazioni allo Stato limite di Salvaguardia della Vita

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-SX-1 | SLV - X - 01 | Max | -20,05                 | 46,53                  | 463,08           | 50,67              |
| SP.B-SX-1 | SLV - X - 01 | Min | -251,54                | -49,13                 | 37,20            | 256,29             |
| SP.B-SX-1 | SLV - X - 02 | Max | -23,20                 | 53,73                  | 468,61           | 58,53              |
| SP.B-SX-1 | SLV - X - 02 | Min | -254,69                | -41,93                 | 42,73            | 258,12             |
| SP.B-SX-1 | SLV - Y - 01 | Max | -61,30                 | 60,17                  | 457,74           | 85,90              |
| SP.B-SX-1 | SLV - Y - 01 | Min | -210,29                | -62,77                 | 42,55            | 219,46             |
| SP.B-SX-1 | SLV - Y - 02 | Max | -64,45                 | 67,37                  | 463,27           | 93,24              |
| SP.B-SX-1 | SLV - Y - 02 | Min | -213,44                | -55,57                 | 48,08            | 220,56             |
| SP.B-SX-2 | SLV - X - 01 | Max | -27,16                 | 44,90                  | 1.240,12         | 52,48              |
| SP.B-SX-2 | SLV - X - 01 | Min | -282,62                | -32,27                 | 1.026,46         | 284,46             |
| SP.B-SX-2 | SLV - X - 02 | Max | -31,34                 | 50,75                  | 1.250,87         | 59,65              |
| SP.B-SX-2 | SLV - X - 02 | Min | -286,80                | -26,42                 | 1.037,22         | 288,01             |
| SP.B-SX-2 | SLV - Y - 01 | Max | -75,74                 | 106,73                 | 1.360,86         | 130,87             |
| SP.B-SX-2 | SLV - Y - 01 | Min | -234,04                | -94,09                 | 905,72           | 252,25             |
| SP.B-SX-2 | SLV - Y - 02 | Max | -79,92                 | 112,58                 | 1.371,62         | 138,06             |
| SP.B-SX-2 | SLV - Y - 02 | Min | -238,22                | -88,24                 | 916,48           | 254,04             |
| SP.B-SX-3 | SLV - X - 01 | Max | -35,25                 | 116,53                 | 2.292,77         | 121,74             |
| SP.B-SX-3 | SLV - X - 01 | Min | -260,10                | -47,47                 | 1.689,66         | 264,40             |
| SP.B-SX-3 | SLV - X - 02 | Max | -39,63                 | 119,78                 | 2.306,75         | 126,16             |
| SP.B-SX-3 | SLV - X - 02 | Min | -264,48                | -44,23                 | 1.703,64         | 268,15             |
| SP.B-SX-3 | SLV - Y - 01 | Max | -82,54                 | 193,75                 | 2.287,01         | 210,60             |
| SP.B-SX-3 | SLV - Y - 01 | Min | -212,81                | -124,69                | 1.695,42         | 246,65             |
| SP.B-SX-3 | SLV - Y - 02 | Max | -86,92                 | 196,99                 | 2.300,99         | 215,32             |
| SP.B-SX-3 | SLV - Y - 02 | Min | -217,18                | -121,44                | 1.709,40         | 248,83             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-SX-4 | SLV - X - 01 | Max | 49,03                  | -31,40                 | 1.237,36         | 58,22              |
| SP.B-SX-4 | SLV - X - 01 | Min | -133,49                | -115,95                | 895,78           | 176,82             |
| SP.B-SX-4 | SLV - X - 02 | Max | 46,95                  | -24,93                 | 1.234,16         | 53,16              |
| SP.B-SX-4 | SLV - X - 02 | Min | -135,58                | -109,49                | 892,58           | 174,26             |
| SP.B-SX-4 | SLV - Y - 01 | Max | -1,63                  | -1,55                  | 1.155,73         | 2,25               |
| SP.B-SX-4 | SLV - Y - 01 | Min | -82,84                 | -145,80                | 977,41           | 167,69             |
| SP.B-SX-4 | SLV - Y - 02 | Max | -3,71                  | 4,92                   | 1.152,53         | 6,16               |
| SP.B-SX-4 | SLV - Y - 02 | Min | -84,92                 | -139,33                | 974,21           | 163,17             |
| SP.B-SX-5 | SLV - X - 01 | Max | 33,75                  | -96,30                 | 2.500,84         | 102,04             |
| SP.B-SX-5 | SLV - X - 01 | Min | -126,74                | -215,91                | 2.141,76         | 250,36             |
| SP.B-SX-5 | SLV - X - 02 | Max | 31,83                  | -92,55                 | 2.504,85         | 97,87              |
| SP.B-SX-5 | SLV - X - 02 | Min | -128,67                | -212,15                | 2.145,77         | 248,12             |
| SP.B-SX-5 | SLV - Y - 01 | Max | -10,07                 | -41,17                 | 2.418,67         | 42,38              |
| SP.B-SX-5 | SLV - Y - 01 | Min | -82,93                 | -271,04                | 2.223,93         | 283,45             |
| SP.B-SX-5 | SLV - Y - 02 | Max | -11,99                 | -37,41                 | 2.422,68         | 39,28              |
| SP.B-SX-5 | SLV - Y - 02 | Min | -84,85                 | -267,29                | 2.227,94         | 280,43             |
| SP.B-SX-6 | SLV - X - 01 | Max | 91,09                  | 15,66                  | 678,17           | 92,43              |
| SP.B-SX-6 | SLV - X - 01 | Min | -64,34                 | -104,09                | 72,41            | 122,37             |
| SP.B-SX-6 | SLV - X - 02 | Max | 90,28                  | 22,53                  | 662,47           | 93,05              |
| SP.B-SX-6 | SLV - X - 02 | Min | -65,15                 | -97,22                 | 56,71            | 117,03             |
| SP.B-SX-6 | SLV - Y - 01 | Max | 80,66                  | 9,40                   | 618,99           | 81,20              |
| SP.B-SX-6 | SLV - Y - 01 | Min | -53,91                 | -97,83                 | 131,60           | 111,70             |
| SP.B-SX-6 | SLV - Y - 02 | Max | 79,85                  | 16,27                  | 603,29           | 81,49              |
| SP.B-SX-6 | SLV - Y - 02 | Min | -54,72                 | -90,96                 | 115,89           | 106,15             |
| SP.B-SX-7 | SLV - X - 01 | Max | 116,14                 | -140,40                | 1.596,57         | 182,21             |
| SP.B-SX-7 | SLV - X - 01 | Min | -33,81                 | -212,27                | 1.343,84         | 214,94             |
| SP.B-SX-7 | SLV - X - 02 | Max | 116,58                 | -135,56                | 1.583,98         | 178,79             |
| SP.B-SX-7 | SLV - X - 02 | Min | -33,37                 | -207,42                | 1.331,25         | 210,09             |
| SP.B-SX-7 | SLV - Y - 01 | Max | 108,44                 | -94,72                 | 1.732,30         | 143,98             |
| SP.B-SX-7 | SLV - Y - 01 | Min | -26,11                 | -257,94                | 1.208,11         | 259,26             |
| SP.B-SX-7 | SLV - Y - 02 | Max | 108,88                 | -89,88                 | 1.719,71         | 141,18             |
| SP.B-SX-7 | SLV - Y - 02 | Min | -25,67                 | -253,10                | 1.195,52         | 254,40             |
| SP.B-SX-8 | SLV - X - 01 | Max | 100,99                 | -253,36                | 2.986,12         | 272,75             |
| SP.B-SX-8 | SLV - X - 01 | Min | -30,64                 | -466,62                | 2.248,43         | 467,63             |
| SP.B-SX-8 | SLV - X - 02 | Max | 102,45                 | -252,17                | 2.983,32         | 272,19             |
| SP.B-SX-8 | SLV - X - 02 | Min | -29,18                 | -465,43                | 2.245,63         | 466,35             |
| SP.B-SX-8 | SLV - Y - 01 | Max | 91,54                  | -213,00                | 2.976,67         | 231,84             |
| SP.B-SX-8 | SLV - Y - 01 | Min | -21,19                 | -506,98                | 2.257,87         | 507,43             |
| SP.B-SX-8 | SLV - Y - 02 | Max | 93,00                  | -211,81                | 2.973,88         | 231,33             |
| SP.B-SX-8 | SLV - Y - 02 | Min | -19,73                 | -505,80                | 2.255,07         | 506,18             |

## 22.1.2 ZATTERA DESTRA

Nelle tabelle successive sono riepilogati i valori delle azioni sollecitanti (azione normale e taglio nelle due direzioni trasversali) valutati in corrispondenza delle molle elastiche mediante le quali sono stati modellati i pali di fondazione all'interno del modello di calcolo tridimensionale.

Per ciascun palo è stata determinata anche la risultante di taglio orizzontale, valutata come combinazione quadratica delle azioni taglianti valutate lungo le due direzioni orizzontali ortogonali.

### Combinazioni allo Stato Limite di Esercizio – Quasi Permanenti

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V/Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-DX-1 | SLE - Q.P.01 | Max | 42,36                  | 45,56                  | 483,38           | 62,22              |
| SP.B-DX-1 | SLE - Q.P.01 | Min | 42,36                  | 45,56                  | 483,38           | 62,22              |
| SP.B-DX-1 | SLE - Q.P.02 | Max | 41,95                  | 42,75                  | 476,72           | 59,90              |
| SP.B-DX-1 | SLE - Q.P.02 | Min | 41,95                  | 42,75                  | 476,72           | 59,90              |
| SP.B-DX-2 | SLE - Q.P.01 | Max | 68,44                  | 178,23                 | 1.560,26         | 190,92             |
| SP.B-DX-2 | SLE - Q.P.01 | Min | 68,44                  | 178,23                 | 1.560,26         | 190,92             |
| SP.B-DX-2 | SLE - Q.P.02 | Max | 68,55                  | 176,24                 | 1.555,05         | 189,10             |
| SP.B-DX-2 | SLE - Q.P.02 | Min | 68,55                  | 176,24                 | 1.555,05         | 189,10             |
| SP.B-DX-3 | SLE - Q.P.01 | Max | 55,87                  | 362,08                 | 2.651,53         | 366,37             |
| SP.B-DX-3 | SLE - Q.P.01 | Min | 55,87                  | 362,08                 | 2.651,53         | 366,37             |
| SP.B-DX-3 | SLE - Q.P.02 | Max | 56,41                  | 361,60                 | 2.650,60         | 365,97             |
| SP.B-DX-3 | SLE - Q.P.02 | Min | 56,41                  | 361,60                 | 2.650,60         | 365,97             |
| SP.B-DX-4 | SLE - Q.P.01 | Max | -8,51                  | 66,60                  | 1.208,10         | 67,14              |
| SP.B-DX-4 | SLE - Q.P.01 | Min | -8,51                  | 66,60                  | 1.208,10         | 67,14              |
| SP.B-DX-4 | SLE - Q.P.02 | Max | -9,45                  | 63,95                  | 1.206,63         | 64,64              |
| SP.B-DX-4 | SLE - Q.P.02 | Min | -9,45                  | 63,95                  | 1.206,63         | 64,64              |
| SP.B-DX-5 | SLE - Q.P.01 | Max | -22,11                 | 152,92                 | 2.415,01         | 154,51             |
| SP.B-DX-5 | SLE - Q.P.01 | Min | -22,11                 | 152,92                 | 2.415,01         | 154,51             |
| SP.B-DX-5 | SLE - Q.P.02 | Max | -22,97                 | 151,38                 | 2.416,78         | 153,11             |
| SP.B-DX-5 | SLE - Q.P.02 | Min | -22,97                 | 151,38                 | 2.416,78         | 153,11             |
| SP.B-DX-6 | SLE - Q.P.01 | Max | -107,32                | -18,77                 | 349,43           | 108,95             |
| SP.B-DX-6 | SLE - Q.P.01 | Min | -107,32                | -18,77                 | 349,43           | 108,95             |
| SP.B-DX-6 | SLE - Q.P.02 | Max | -108,69                | -21,69                 | 351,53           | 110,83             |
| SP.B-DX-6 | SLE - Q.P.02 | Min | -108,69                | -21,69                 | 351,53           | 110,83             |
| SP.B-DX-7 | SLE - Q.P.01 | Max | -126,08                | -21,73                 | 1.221,56         | 127,93             |
| SP.B-DX-7 | SLE - Q.P.01 | Min | -126,08                | -21,73                 | 1.221,56         | 127,93             |
| SP.B-DX-7 | SLE - Q.P.02 | Max | -127,86                | -24,13                 | 1.225,97         | 130,12             |
| SP.B-DX-7 | SLE - Q.P.02 | Min | -127,86                | -24,13                 | 1.225,97         | 130,12             |
| SP.B-DX-8 | SLE - Q.P.01 | Max | -126,40                | -44,41                 | 2.035,46         | 133,98             |
| SP.B-DX-8 | SLE - Q.P.01 | Min | -126,40                | -44,41                 | 2.035,46         | 133,98             |
| SP.B-DX-8 | SLE - Q.P.02 | Max | -128,26                | -45,78                 | 2.041,40         | 136,18             |
| SP.B-DX-8 | SLE - Q.P.02 | Min | -128,26                | -45,78                 | 2.041,40         | 136,18             |

## Combinazioni allo Stato Limite di Esercizio – Frequenti

| PALO      | COMBINAZIONE  |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|---------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-DX-1 | SLE - FREQ.01 | Max | 45,82                  | 53,72                  | 533,35           | 70,60              |
| SP.B-DX-1 | SLE - FREQ.01 | Min | 37,36                  | 45,56                  | 481,15           | 58,92              |
| SP.B-DX-1 | SLE - FREQ.02 | Max | 45,41                  | 50,90                  | 526,69           | 68,21              |
| SP.B-DX-1 | SLE - FREQ.02 | Min | 36,95                  | 42,75                  | 474,49           | 56,50              |
| SP.B-DX-1 | SLE - FREQ.03 | Max | 42,41                  | 45,85                  | 484,05           | 62,45              |
| SP.B-DX-1 | SLE - FREQ.03 | Min | 42,41                  | 45,85                  | 484,05           | 62,45              |
| SP.B-DX-1 | SLE - FREQ.04 | Max | 41,91                  | 42,47                  | 476,05           | 59,67              |
| SP.B-DX-1 | SLE - FREQ.04 | Min | 41,91                  | 42,47                  | 476,05           | 59,67              |
| SP.B-DX-2 | SLE - FREQ.01 | Max | 70,99                  | 195,41                 | 1.728,49         | 207,90             |
| SP.B-DX-2 | SLE - FREQ.01 | Min | 63,07                  | 178,23                 | 1.560,26         | 189,06             |
| SP.B-DX-2 | SLE - FREQ.02 | Max | 71,10                  | 193,42                 | 1.723,28         | 206,07             |
| SP.B-DX-2 | SLE - FREQ.02 | Min | 63,17                  | 176,24                 | 1.555,05         | 187,22             |
| SP.B-DX-2 | SLE - FREQ.03 | Max | 68,43                  | 178,43                 | 1.560,78         | 191,10             |
| SP.B-DX-2 | SLE - FREQ.03 | Min | 68,43                  | 178,43                 | 1.560,78         | 191,10             |
| SP.B-DX-2 | SLE - FREQ.04 | Max | 68,56                  | 176,04                 | 1.554,53         | 188,92             |
| SP.B-DX-2 | SLE - FREQ.04 | Min | 68,56                  | 176,04                 | 1.554,53         | 188,92             |
| SP.B-DX-3 | SLE - FREQ.01 | Max | 56,01                  | 391,12                 | 2.924,97         | 395,11             |
| SP.B-DX-3 | SLE - FREQ.01 | Min | 48,64                  | 362,08                 | 2.651,52         | 365,34             |
| SP.B-DX-3 | SLE - FREQ.02 | Max | 56,54                  | 390,63                 | 2.924,04         | 394,70             |
| SP.B-DX-3 | SLE - FREQ.02 | Min | 49,17                  | 361,60                 | 2.650,59         | 364,93             |
| SP.B-DX-3 | SLE - FREQ.03 | Max | 55,82                  | 362,13                 | 2.651,62         | 366,41             |
| SP.B-DX-3 | SLE - FREQ.03 | Min | 55,82                  | 362,13                 | 2.651,62         | 366,41             |
| SP.B-DX-3 | SLE - FREQ.04 | Max | 56,46                  | 361,55                 | 2.650,51         | 365,93             |
| SP.B-DX-3 | SLE - FREQ.04 | Min | 56,46                  | 361,55                 | 2.650,51         | 365,93             |
| SP.B-DX-4 | SLE - FREQ.01 | Max | -5,79                  | 72,08                  | 1.338,09         | 72,31              |
| SP.B-DX-4 | SLE - FREQ.01 | Min | -15,23                 | 66,59                  | 1.208,09         | 68,31              |
| SP.B-DX-4 | SLE - FREQ.02 | Max | -6,72                  | 69,43                  | 1.336,62         | 69,76              |
| SP.B-DX-4 | SLE - FREQ.02 | Min | -16,16                 | 63,95                  | 1.206,62         | 65,96              |
| SP.B-DX-4 | SLE - FREQ.03 | Max | -8,42                  | 66,86                  | 1.208,25         | 67,39              |
| SP.B-DX-4 | SLE - FREQ.03 | Min | -8,42                  | 66,86                  | 1.208,25         | 67,39              |
| SP.B-DX-4 | SLE - FREQ.04 | Max | -9,54                  | 63,69                  | 1.206,49         | 64,40              |
| SP.B-DX-4 | SLE - FREQ.04 | Min | -9,54                  | 63,69                  | 1.206,49         | 64,40              |
| SP.B-DX-5 | SLE - FREQ.01 | Max | -22,11                 | 161,26                 | 2.671,98         | 162,77             |
| SP.B-DX-5 | SLE - FREQ.01 | Min | -32,78                 | 152,92                 | 2.415,01         | 156,40             |
| SP.B-DX-5 | SLE - FREQ.02 | Max | -22,97                 | 159,71                 | 2.673,74         | 161,35             |
| SP.B-DX-5 | SLE - FREQ.02 | Min | -33,64                 | 151,37                 | 2.416,78         | 155,07             |
| SP.B-DX-5 | SLE - FREQ.03 | Max | -22,03                 | 153,08                 | 2.414,84         | 154,66             |
| SP.B-DX-5 | SLE - FREQ.03 | Min | -22,03                 | 153,08                 | 2.414,84         | 154,66             |
| SP.B-DX-5 | SLE - FREQ.04 | Max | -23,06                 | 151,22                 | 2.416,96         | 152,97             |
| SP.B-DX-5 | SLE - FREQ.04 | Min | -23,06                 | 151,22                 | 2.416,96         | 152,97             |
| SP.B-DX-6 | SLE - FREQ.01 | Max | -107,32                | -18,30                 | 371,77           | 108,87             |
| SP.B-DX-6 | SLE - FREQ.01 | Min | -119,07                | -22,30                 | 344,27           | 121,14             |
| SP.B-DX-6 | SLE - FREQ.02 | Max | -108,68                | -21,23                 | 373,88           | 110,74             |
| SP.B-DX-6 | SLE - FREQ.02 | Min | -120,43                | -25,23                 | 346,37           | 123,05             |
| SP.B-DX-6 | SLE - FREQ.03 | Max | -107,19                | -18,47                 | 349,22           | 108,77             |
| SP.B-DX-6 | SLE - FREQ.03 | Min | -107,19                | -18,47                 | 349,22           | 108,77             |
| SP.B-DX-6 | SLE - FREQ.04 | Max | -108,82                | -21,98                 | 351,74           | 111,02             |
| SP.B-DX-6 | SLE - FREQ.04 | Min | -108,82                | -21,98                 | 351,74           | 111,02             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE  |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|---------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-DX-7 | SLE - FREQ.01 | Max | -126,07                | -21,73                 | 1.339,98         | 127,93             |
| SP.B-DX-7 | SLE - FREQ.01 | Min | -140,42                | -31,44                 | 1.221,55         | 143,89             |
| SP.B-DX-7 | SLE - FREQ.02 | Max | -127,86                | -24,13                 | 1.344,39         | 130,12             |
| SP.B-DX-7 | SLE - FREQ.02 | Min | -142,20                | -33,84                 | 1.225,97         | 146,17             |
| SP.B-DX-7 | SLE - FREQ.03 | Max | -125,90                | -21,49                 | 1.221,12         | 127,72             |
| SP.B-DX-7 | SLE - FREQ.03 | Min | -125,90                | -21,49                 | 1.221,12         | 127,72             |
| SP.B-DX-7 | SLE - FREQ.04 | Max | -128,04                | -24,37                 | 1.226,41         | 130,34             |
| SP.B-DX-7 | SLE - FREQ.04 | Min | -128,04                | -24,37                 | 1.226,41         | 130,34             |
| SP.B-DX-8 | SLE - FREQ.01 | Max | -126,40                | -44,41                 | 2.238,07         | 133,97             |
| SP.B-DX-8 | SLE - FREQ.01 | Min | -141,03                | -62,59                 | 2.035,46         | 154,29             |
| SP.B-DX-8 | SLE - FREQ.02 | Max | -128,26                | -45,78                 | 2.244,02         | 136,18             |
| SP.B-DX-8 | SLE - FREQ.02 | Min | -142,89                | -63,96                 | 2.041,40         | 156,55             |
| SP.B-DX-8 | SLE - FREQ.03 | Max | -126,22                | -44,27                 | 2.034,86         | 133,76             |
| SP.B-DX-8 | SLE - FREQ.03 | Min | -126,22                | -44,27                 | 2.034,86         | 133,76             |
| SP.B-DX-8 | SLE - FREQ.04 | Max | -128,44                | -45,91                 | 2.042,00         | 136,40             |
| SP.B-DX-8 | SLE - FREQ.04 | Min | -128,44                | -45,91                 | 2.042,00         | 136,40             |

Combinazioni allo Stato Limite di Esercizio – Caratteristiche

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.01 | Max | 49,11                  | 60,91                  | 564,15           | 78,24              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.01 | Min | 37,84                  | 50,04                  | 494,55           | 62,73              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.02 | Max | 48,62                  | 57,53                  | 556,15           | 75,32              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.02 | Min | 37,35                  | 46,65                  | 486,55           | 59,76              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.03 | Max | 44,91                  | 52,53                  | 537,21           | 69,11              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.03 | Min | 33,63                  | 41,66                  | 467,61           | 53,54              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.04 | Max | 44,41                  | 49,15                  | 529,21           | 66,24              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.04 | Min | 33,14                  | 38,27                  | 459,61           | 50,63              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.05 | Max | 49,36                  | 60,98                  | 556,47           | 78,46              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.05 | Min | 40,91                  | 52,83                  | 504,27           | 66,82              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.06 | Max | 48,87                  | 57,60                  | 548,47           | 75,54              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.06 | Min | 40,42                  | 49,45                  | 496,27           | 63,86              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.07 | Max | 42,35                  | 47,02                  | 511,57           | 63,28              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.07 | Min | 33,90                  | 38,86                  | 459,37           | 51,57              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.08 | Max | 41,86                  | 43,64                  | 503,58           | 60,47              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.08 | Min | 33,41                  | 35,48                  | 451,38           | 48,73              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.09 | Max | 48,13                  | 59,32                  | 550,16           | 76,38              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.09 | Min | 39,67                  | 51,16                  | 497,96           | 64,74              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.10 | Max | 47,31                  | 53,68                  | 536,83           | 71,55              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.10 | Min | 38,85                  | 45,53                  | 484,63           | 59,85              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.11 | Max | 43,92                  | 50,94                  | 523,22           | 67,26              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.11 | Min | 35,46                  | 42,78                  | 471,02           | 55,57              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.12 | Max | 43,10                  | 45,30                  | 509,89           | 62,53              |
| SP.B-DX-1 | SLE - CAR.12 | Min | 34,64                  | 37,15                  | 457,69           | 50,79              |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.01 | Max | 73,50                  | 207,61                 | 1.806,28         | 220,24             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.01 | Min | 62,94                  | 184,71                 | 1.581,97         | 195,13             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.02 | Max | 73,63                  | 205,23                 | 1.800,03         | 218,04             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.02 | Min | 63,06                  | 182,32                 | 1.575,73         | 192,92             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.03 | Max | 70,16                  | 195,05                 | 1.763,89         | 207,29             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.03 | Min | 59,59                  | 172,15                 | 1.539,59         | 182,17             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.04 | Max | 70,29                  | 192,67                 | 1.757,65         | 205,09             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.04 | Min | 59,72                  | 169,76                 | 1.533,34         | 179,96             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.05 | Max | 73,77                  | 206,07                 | 1.764,33         | 218,88             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.05 | Min | 65,84                  | 188,89                 | 1.596,10         | 200,04             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.06 | Max | 73,90                  | 203,69                 | 1.758,08         | 216,68             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.06 | Min | 65,97                  | 186,51                 | 1.589,85         | 197,83             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.07 | Max | 68,19                  | 185,14                 | 1.693,69         | 197,30             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.07 | Min | 60,27                  | 167,96                 | 1.525,46         | 178,45             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.08 | Max | 68,32                  | 182,76                 | 1.687,44         | 195,11             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.08 | Min | 60,40                  | 165,58                 | 1.519,21         | 176,25             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.09 | Max | 72,61                  | 202,68                 | 1.752,28         | 215,30             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.09 | Min | 64,69                  | 185,50                 | 1.584,05         | 196,46             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.10 | Max | 72,82                  | 198,71                 | 1.741,87         | 211,63             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.10 | Min | 64,90                  | 181,53                 | 1.573,64         | 192,78             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.11 | Max | 69,27                  | 190,12                 | 1.709,90         | 202,35             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.11 | Min | 61,34                  | 172,94                 | 1.541,67         | 183,50             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.12 | Max | 69,48                  | 186,15                 | 1.699,49         | 198,69             |
| SP.B-DX-2 | SLE - CAR.12 | Min | 61,55                  | 168,97                 | 1.531,26         | 179,83             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.01 | Max | 56,82                  | 408,86                 | 3.040,19         | 412,79             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.01 | Min | 47,00                  | 370,15                 | 2.675,59         | 373,12             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.02 | Max | 57,46                  | 408,28                 | 3.039,08         | 412,30             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.02 | Min | 47,64                  | 369,57                 | 2.674,47         | 372,62             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.03 | Max | 55,17                  | 392,83                 | 2.992,23         | 396,68             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.03 | Min | 45,35                  | 354,12                 | 2.627,63         | 357,01             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.04 | Max | 55,82                  | 392,25                 | 2.991,12         | 396,20             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.04 | Min | 45,99                  | 353,54                 | 2.626,51         | 356,51             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.05 | Max | 57,33                  | 404,52                 | 2.965,03         | 408,57             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.05 | Min | 49,96                  | 375,49                 | 2.691,58         | 378,80             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.06 | Max | 57,97                  | 403,94                 | 2.963,92         | 408,08             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.06 | Min | 50,60                  | 374,91                 | 2.690,46         | 378,31             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.07 | Max | 54,58                  | 377,81                 | 2.885,09         | 381,73             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.07 | Min | 47,21                  | 348,77                 | 2.611,64         | 351,95             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.08 | Max | 55,22                  | 377,23                 | 2.883,98         | 381,25             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.08 | Min | 47,86                  | 348,19                 | 2.610,53         | 351,47             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.09 | Max | 56,56                  | 399,37                 | 2.949,41         | 403,36             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.09 | Min | 49,19                  | 370,34                 | 2.675,96         | 373,59             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.10 | Max | 57,63                  | 398,41                 | 2.947,56         | 402,55             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.10 | Min | 50,27                  | 369,37                 | 2.674,11         | 372,78             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.11 | Max | 54,92                  | 383,34                 | 2.901,45         | 387,26             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.11 | Min | 47,55                  | 354,31                 | 2.628,00         | 357,49             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.12 | Max | 55,99                  | 382,38                 | 2.899,60         | 386,45             |
| SP.B-DX-3 | SLE - CAR.12 | Min | 48,62                  | 353,34                 | 2.626,15         | 356,67             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.01 | Max | -5,17                  | 80,31                  | 1.380,06         | 80,48              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.01 | Min | -17,75                 | 73,00                  | 1.206,73         | 75,13              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.02 | Max | -6,29                  | 77,14                  | 1.378,30         | 77,40              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.02 | Min | -18,88                 | 69,83                  | 1.204,97         | 72,33              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.03 | Max | -4,40                  | 68,02                  | 1.383,06         | 68,17              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.03 | Min | -16,99                 | 60,71                  | 1.209,74         | 63,04              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.04 | Max | -5,52                  | 64,85                  | 1.381,31         | 65,08              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.04 | Min | -18,11                 | 57,54                  | 1.207,98         | 60,32              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.05 | Max | -6,33                  | 82,58                  | 1.335,73         | 82,83              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.05 | Min | -15,77                 | 77,10                  | 1.205,74         | 78,70              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.06 | Max | -7,45                  | 79,41                  | 1.333,97         | 79,76              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.06 | Min | -16,89                 | 73,93                  | 1.203,98         | 75,83              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.07 | Max | -5,05                  | 62,10                  | 1.340,74         | 62,30              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.07 | Min | -14,49                 | 56,62                  | 1.210,74         | 58,44              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.08 | Max | -6,17                  | 58,93                  | 1.338,98         | 59,25              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.08 | Min | -15,61                 | 53,44                  | 1.208,98         | 55,67              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.09 | Max | -5,70                  | 79,55                  | 1.337,32         | 79,75              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.09 | Min | -15,14                 | 74,06                  | 1.207,32         | 75,59              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.10 | Max | -7,57                  | 74,26                  | 1.334,39         | 74,64              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.10 | Min | -17,01                 | 68,77                  | 1.204,39         | 70,84              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.11 | Max | -4,93                  | 67,26                  | 1.340,32         | 67,44              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.11 | Min | -14,37                 | 61,77                  | 1.210,33         | 63,42              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.12 | Max | -6,80                  | 61,96                  | 1.337,39         | 62,34              |
| SP.B-DX-4 | SLE - CAR.12 | Min | -16,24                 | 56,48                  | 1.207,39         | 58,77              |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.01 | Max | -22,12                 | 171,71                 | 2.758,21         | 173,13             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.01 | Min | -36,35                 | 160,60                 | 2.415,59         | 164,66             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.02 | Max | -23,15                 | 169,85                 | 2.760,33         | 171,42             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.02 | Min | -37,37                 | 158,74                 | 2.417,71         | 163,08             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.03 | Max | -21,93                 | 156,68                 | 2.756,70         | 158,20             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.03 | Min | -36,16                 | 145,56                 | 2.414,08         | 149,98             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.04 | Max | -22,96                 | 154,82                 | 2.758,82         | 156,51             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.04 | Min | -37,19                 | 143,70                 | 2.416,20         | 148,43             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.05 | Max | -22,18                 | 173,95                 | 2.673,06         | 175,35             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.05 | Min | -32,85                 | 165,61                 | 2.416,09         | 168,83             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.06 | Max | -23,21                 | 172,09                 | 2.675,18         | 173,64             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.06 | Min | -33,88                 | 163,75                 | 2.418,21         | 167,22             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.07 | Max | -21,87                 | 148,89                 | 2.670,54         | 150,48             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.07 | Min | -32,54                 | 140,55                 | 2.413,58         | 144,26             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.08 | Max | -22,90                 | 147,03                 | 2.672,66         | 148,80             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.08 | Min | -33,57                 | 138,69                 | 2.415,70         | 142,69             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.09 | Max | -21,78                 | 169,55                 | 2.671,85         | 170,95             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.09 | Min | -32,45                 | 161,22                 | 2.414,88         | 164,45             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.10 | Max | -23,49                 | 166,46                 | 2.675,38         | 168,10             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.10 | Min | -34,16                 | 158,12                 | 2.418,42         | 161,76             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.11 | Max | -21,59                 | 154,52                 | 2.670,34         | 156,02             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.11 | Min | -32,26                 | 146,18                 | 2.413,38         | 149,70             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.12 | Max | -23,30                 | 151,42                 | 2.673,87         | 153,20             |
| SP.B-DX-5 | SLE - CAR.12 | Min | -33,97                 | 143,08                 | 2.416,91         | 147,06             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.01 | Max | -109,58                | -11,82                 | 363,84           | 110,21             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.01 | Min | -125,24                | -17,15                 | 327,16           | 126,41             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.02 | Max | -111,21                | -15,33                 | 366,36           | 112,26             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.02 | Min | -126,88                | -20,66                 | 329,69           | 128,55             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.03 | Max | -104,79                | -23,89                 | 394,19           | 107,48             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.03 | Min | -120,45                | -29,22                 | 357,52           | 123,95             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.04 | Max | -106,42                | -27,40                 | 396,71           | 109,89             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.04 | Min | -122,09                | -32,73                 | 360,04           | 126,40             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.05 | Max | -111,18                | -7,95                  | 346,27           | 111,46             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.05 | Min | -122,92                | -11,95                 | 318,76           | 123,50             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.06 | Max | -112,81                | -11,46                 | 348,79           | 113,39             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.06 | Min | -124,56                | -15,46                 | 321,29           | 125,51             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.07 | Max | -103,19                | -28,07                 | 396,86           | 106,94             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.07 | Min | -114,94                | -32,07                 | 369,36           | 119,33             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.08 | Max | -104,83                | -31,58                 | 399,38           | 109,48             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.08 | Min | -116,58                | -35,58                 | 371,88           | 121,89             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.09 | Max | -109,03                | -10,80                 | 355,55           | 109,57             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.09 | Min | -120,78                | -14,80                 | 328,04           | 121,69             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.10 | Max | -111,76                | -16,65                 | 359,75           | 112,99             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.10 | Min | -123,51                | -20,65                 | 332,25           | 125,22             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.11 | Max | -104,25                | -22,88                 | 385,90           | 106,73             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.11 | Min | -115,99                | -26,88                 | 358,40           | 119,07             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.12 | Max | -106,97                | -28,73                 | 390,11           | 110,76             |
| SP.B-DX-6 | SLE - CAR.12 | Min | -118,72                | -32,72                 | 362,60           | 123,15             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.01 | Max | -127,96                | -13,36                 | 1.361,08         | 128,66             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.01 | Min | -147,08                | -26,30                 | 1.203,18         | 149,42             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.02 | Max | -130,11                | -16,24                 | 1.366,37         | 131,12             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.02 | Min | -149,23                | -29,18                 | 1.208,47         | 152,06             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.03 | Max | -123,82                | -29,63                 | 1.396,95         | 127,32             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.03 | Min | -142,95                | -42,57                 | 1.239,05         | 149,15             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.04 | Max | -125,97                | -32,51                 | 1.402,24         | 130,09             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.04 | Min | -145,09                | -45,45                 | 1.244,34         | 152,04             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.05 | Max | -129,34                | -7,93                  | 1.309,65         | 129,58             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.05 | Min | -143,68                | -17,64                 | 1.191,22         | 144,76             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.06 | Max | -131,49                | -10,81                 | 1.314,94         | 131,93             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.06 | Min | -145,83                | -20,52                 | 1.196,52         | 147,27             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.07 | Max | -122,44                | -35,05                 | 1.369,43         | 127,36             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.07 | Min | -136,79                | -44,76                 | 1.251,01         | 143,92             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.08 | Max | -124,59                | -37,93                 | 1.374,72         | 130,23             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.08 | Min | -138,93                | -47,64                 | 1.256,30         | 146,87             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.09 | Max | -127,25                | -12,40                 | 1.319,84         | 127,85             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.09 | Min | -141,59                | -22,10                 | 1.201,41         | 143,30             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.10 | Max | -130,82                | -17,20                 | 1.328,66         | 131,95             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.10 | Min | -145,16                | -26,91                 | 1.210,24         | 147,64             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.11 | Max | -123,11                | -28,66                 | 1.355,71         | 126,40             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.11 | Min | -137,45                | -38,37                 | 1.237,28         | 142,71             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.12 | Max | -126,68                | -33,47                 | 1.364,53         | 131,03             |
| SP.B-DX-7 | SLE - CAR.12 | Min | -141,03                | -43,17                 | 1.246,11         | 147,49             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.01 | Max | -127,26                | -34,68                 | 2.289,18         | 131,91             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.01 | Min | -146,77                | -58,92                 | 2.019,03         | 158,15             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.02 | Max | -129,49                | -36,33                 | 2.296,32         | 134,49             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.02 | Min | -149,00                | -60,56                 | 2.026,17         | 160,83             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.03 | Max | -125,16                | -53,86                 | 2.320,84         | 136,26             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.03 | Min | -144,67                | -78,10                 | 2.050,69         | 164,40             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.04 | Max | -127,39                | -55,50                 | 2.327,97         | 138,96             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.04 | Min | -146,90                | -79,74                 | 2.057,82         | 167,14             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.05 | Max | -127,96                | -28,29                 | 2.211,09         | 131,05             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.05 | Min | -142,59                | -46,47                 | 2.008,48         | 149,97             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.06 | Max | -130,19                | -29,93                 | 2.218,23         | 133,59             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.06 | Min | -144,82                | -48,11                 | 2.015,62         | 152,60             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.07 | Max | -124,46                | -60,25                 | 2.263,85         | 138,28             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.07 | Min | -139,09                | -78,43                 | 2.061,24         | 159,68             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.08 | Max | -126,69                | -61,90                 | 2.270,99         | 141,00             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.08 | Min | -141,32                | -80,07                 | 2.068,37         | 162,43             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.09 | Max | -126,52                | -34,14                 | 2.219,27         | 131,05             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.09 | Min | -141,15                | -52,31                 | 2.016,65         | 150,53             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.10 | Max | -130,23                | -36,87                 | 2.231,16         | 135,35             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.10 | Min | -144,86                | -55,05                 | 2.028,55         | 154,97             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.11 | Max | -124,42                | -53,31                 | 2.250,92         | 135,36             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.11 | Min | -139,05                | -71,49                 | 2.048,31         | 156,35             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.12 | Max | -128,13                | -56,05                 | 2.262,82         | 139,86             |
| SP.B-DX-8 | SLE - CAR.12 | Min | -142,76                | -74,23                 | 2.060,20         | 160,91             |

Combinazioni allo Stato Limite Ultimo – STR

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.01 | Max | 66,11                  | 83,40                  | 766,54           | 106,43             |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.01 | Min | 50,89                  | 68,73                  | 672,58           | 85,52              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.02 | Max | 65,52                  | 79,35                  | 756,95           | 102,90             |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.02 | Min | 50,30                  | 64,67                  | 662,99           | 81,93              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.03 | Max | 59,80                  | 70,83                  | 726,13           | 92,70              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.03 | Min | 44,58                  | 56,15                  | 632,17           | 71,70              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.04 | Max | 59,21                  | 66,78                  | 716,54           | 89,24              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.04 | Min | 43,99                  | 52,10                  | 622,58           | 68,19              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.05 | Max | 66,66                  | 83,92                  | 757,53           | 107,18             |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.05 | Min | 55,25                  | 72,92                  | 687,06           | 91,48              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.06 | Max | 66,07                  | 79,89                  | 748,09           | 103,67             |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.06 | Min | 54,65                  | 68,89                  | 677,62           | 87,93              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.07 | Max | 56,14                  | 62,97                  | 690,18           | 84,36              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.07 | Min | 44,73                  | 51,96                  | 619,71           | 68,56              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.08 | Max | 55,55                  | 58,92                  | 680,58           | 80,98              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.08 | Min | 44,14                  | 47,91                  | 610,11           | 65,14              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.09 | Max | 64,75                  | 81,09                  | 747,25           | 103,77             |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.09 | Min | 53,34                  | 70,08                  | 676,78           | 88,07              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.10 | Max | 63,77                  | 74,32                  | 731,26           | 97,93              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.10 | Min | 52,36                  | 63,32                  | 660,79           | 82,16              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.11 | Max | 58,44                  | 68,52                  | 706,84           | 90,05              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.11 | Min | 47,03                  | 57,51                  | 636,37           | 74,29              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.12 | Max | 57,46                  | 61,75                  | 690,85           | 84,35              |
| SP.B-DX-1 | SLU - STR.12 | Min | 46,05                  | 50,75                  | 620,38           | 68,52              |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.01 | Max | 98,94                  | 282,94                 | 2.459,14         | 299,73             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.01 | Min | 84,67                  | 252,01                 | 2.156,33         | 265,86             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.02 | Max | 99,09                  | 280,07                 | 2.451,65         | 297,09             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.02 | Min | 84,82                  | 249,15                 | 2.148,83         | 263,19             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.03 | Max | 93,92                  | 264,10                 | 2.395,56         | 280,30             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.03 | Min | 79,66                  | 233,17                 | 2.092,75         | 246,40             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.04 | Max | 94,07                  | 261,23                 | 2.388,07         | 277,66             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.04 | Min | 79,81                  | 230,31                 | 2.085,25         | 243,75             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.05 | Max | 99,46                  | 281,48                 | 2.404,63         | 298,54             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.05 | Min | 88,76                  | 258,29                 | 2.177,52         | 273,12             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.06 | Max | 99,60                  | 278,66                 | 2.397,64         | 295,93             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.06 | Min | 88,90                  | 255,47                 | 2.170,53         | 270,49             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.07 | Max | 91,10                  | 250,09                 | 2.298,67         | 266,16             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.07 | Min | 80,40                  | 226,89                 | 2.071,56         | 240,72             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.08 | Max | 91,25                  | 247,22                 | 2.291,17         | 263,53             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.08 | Min | 80,55                  | 224,03                 | 2.064,06         | 238,07             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.09 | Max | 97,74                  | 276,16                 | 2.385,94         | 292,94             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.09 | Min | 87,04                  | 252,97                 | 2.158,83         | 267,52             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.10 | Max | 97,99                  | 271,39                 | 2.373,45         | 288,54             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.10 | Min | 87,29                  | 248,20                 | 2.146,34         | 263,10             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.11 | Max | 92,72                  | 257,32                 | 2.322,36         | 273,51             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.11 | Min | 82,02                  | 234,13                 | 2.095,25         | 248,08             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.12 | Max | 92,98                  | 252,55                 | 2.309,87         | 269,12             |
| SP.B-DX-2 | SLU - STR.12 | Min | 82,28                  | 229,36                 | 2.082,76         | 243,67             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.01 | Max | 75,99                  | 556,47                 | 4.139,37         | 561,64             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.01 | Min | 62,73                  | 504,21                 | 3.647,15         | 508,10             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.02 | Max | 76,76                  | 555,78                 | 4.138,03         | 561,05             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.02 | Min | 63,50                  | 503,52                 | 3.645,82         | 507,51             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.03 | Max | 73,52                  | 532,43                 | 4.067,43         | 537,48             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.03 | Min | 60,26                  | 480,17                 | 3.575,21         | 483,93             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.04 | Max | 74,30                  | 531,73                 | 4.066,09         | 536,90             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.04 | Min | 61,03                  | 479,47                 | 3.573,88         | 483,34             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.05 | Max | 76,76                  | 551,43                 | 4.040,30         | 556,74             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.05 | Min | 66,81                  | 512,23                 | 3.671,14         | 516,57             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.06 | Max | 77,50                  | 550,78                 | 4.039,75         | 556,21             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.06 | Min | 67,56                  | 511,59                 | 3.670,59         | 516,03             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.07 | Max | 72,64                  | 511,35                 | 3.920,40         | 516,48             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.07 | Min | 62,70                  | 472,15                 | 3.551,23         | 476,30             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.08 | Max | 73,41                  | 510,65                 | 3.919,06         | 515,90             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.08 | Min | 63,47                  | 471,46                 | 3.549,90         | 475,71             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.09 | Max | 75,68                  | 543,64                 | 4.016,76         | 548,88             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.09 | Min | 65,73                  | 504,45                 | 3.647,60         | 508,71             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.10 | Max | 76,96                  | 542,48                 | 4.014,54         | 547,91             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.10 | Min | 67,02                  | 503,29                 | 3.645,38         | 507,73             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.11 | Max | 73,21                  | 519,60                 | 3.944,82         | 524,73             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.11 | Min | 63,26                  | 480,40                 | 3.575,66         | 484,55             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.12 | Max | 74,49                  | 518,43                 | 3.942,60         | 523,76             |
| SP.B-DX-3 | SLU - STR.12 | Min | 64,55                  | 479,24                 | 3.573,44         | 483,57             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.01 | Max | -7,90                  | 109,75                 | 1.875,47         | 110,04             |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.01 | Min | -24,90                 | 99,88                  | 1.641,48         | 102,94             |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.02 | Max | -9,25                  | 105,94                 | 1.873,36         | 106,34             |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.02 | Min | -26,24                 | 96,07                  | 1.639,37         | 99,59              |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.03 | Max | -6,75                  | 91,32                  | 1.879,97         | 91,56              |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.03 | Min | -23,74                 | 81,45                  | 1.645,98         | 84,83              |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.04 | Max | -8,09                  | 87,51                  | 1.877,86         | 87,88              |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.04 | Min | -25,09                 | 77,64                  | 1.643,87         | 81,59              |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.05 | Max | -9,51                  | 113,43                 | 1.815,47         | 113,83             |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.05 | Min | -22,26                 | 106,03                 | 1.639,98         | 108,34             |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.06 | Max | -10,86                 | 109,63                 | 1.813,77         | 110,17             |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.06 | Min | -23,60                 | 102,23                 | 1.638,27         | 104,92             |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.07 | Max | -7,59                  | 82,70                  | 1.822,98         | 83,05              |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.07 | Min | -20,34                 | 75,30                  | 1.647,49         | 78,00              |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.08 | Max | -8,94                  | 78,89                  | 1.820,87         | 79,40              |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.08 | Min | -21,68                 | 71,49                  | 1.645,38         | 74,71              |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.09 | Max | -8,68                  | 108,55                 | 1.817,68         | 108,90             |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.09 | Min | -21,43                 | 101,15                 | 1.642,18         | 103,40             |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.10 | Max | -10,92                 | 102,21                 | 1.814,16         | 102,79             |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.10 | Min | -23,67                 | 94,80                  | 1.638,67         | 97,71              |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.11 | Max | -7,53                  | 90,12                  | 1.822,18         | 90,43              |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.11 | Min | -20,27                 | 82,72                  | 1.646,69         | 85,16              |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.12 | Max | -9,77                  | 83,77                  | 1.818,67         | 84,34              |
| SP.B-DX-4 | SLU - STR.12 | Min | -22,51                 | 76,37                  | 1.643,17         | 79,62              |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.01 | Max | -31,35                 | 233,76                 | 3.752,62         | 235,85             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.01 | Min | -50,56                 | 218,75                 | 3.290,09         | 224,52             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.02 | Max | -32,59                 | 231,53                 | 3.755,16         | 233,81             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.02 | Min | -51,79                 | 216,52                 | 3.292,63         | 222,63             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.03 | Max | -31,07                 | 211,20                 | 3.750,36         | 213,48             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.03 | Min | -50,28                 | 196,20                 | 3.287,82         | 202,54             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.04 | Max | -32,31                 | 208,97                 | 3.752,90         | 211,46             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.04 | Min | -51,51                 | 193,97                 | 3.290,37         | 200,69             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.05 | Max | -31,45                 | 237,53                 | 3.637,74         | 239,60             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.05 | Min | -45,85                 | 226,27                 | 3.290,84         | 230,87             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.06 | Max | -32,70                 | 235,30                 | 3.641,05         | 237,56             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.06 | Min | -47,11                 | 224,04                 | 3.294,15         | 228,94             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.07 | Max | -30,98                 | 199,93                 | 3.633,97         | 202,32             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.07 | Min | -45,39                 | 188,68                 | 3.287,07         | 194,06             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.08 | Max | -32,21                 | 197,70                 | 3.636,51         | 200,31             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.08 | Min | -46,62                 | 186,45                 | 3.289,61         | 192,19             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.09 | Max | -30,94                 | 230,75                 | 3.636,14         | 232,82             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.09 | Min | -45,35                 | 219,49                 | 3.289,24         | 224,13             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.10 | Max | -33,00                 | 227,03                 | 3.640,38         | 229,42             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.10 | Min | -47,41                 | 215,78                 | 3.293,48         | 220,92             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.11 | Max | -30,66                 | 208,20                 | 3.633,88         | 210,44             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.11 | Min | -45,07                 | 196,94                 | 3.286,98         | 202,03             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.12 | Max | -32,72                 | 204,48                 | 3.638,12         | 207,08             |
| SP.B-DX-5 | SLU - STR.12 | Min | -47,13                 | 193,22                 | 3.291,22         | 198,89             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.01 | Max | -150,01                | -15,49                 | 489,83           | 150,81             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.01 | Min | -171,16                | -22,69                 | 440,32           | 172,66             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.02 | Max | -151,97                | -19,71                 | 492,85           | 153,25             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.02 | Min | -173,12                | -26,90                 | 443,34           | 175,20             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.03 | Max | -142,83                | -33,60                 | 535,36           | 146,73             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.03 | Min | -163,97                | -40,80                 | 485,85           | 168,97             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.04 | Max | -144,79                | -37,82                 | 538,38           | 149,65             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.04 | Min | -165,94                | -45,02                 | 488,87           | 171,93             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.05 | Max | -152,41                | -9,67                  | 464,59           | 152,71             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.05 | Min | -168,27                | -15,07                 | 427,46           | 168,94             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.06 | Max | -154,38                | -13,89                 | 467,70           | 155,01             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.06 | Min | -170,24                | -19,29                 | 430,57           | 171,33             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.07 | Max | -140,43                | -39,85                 | 540,48           | 145,98             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.07 | Min | -156,29                | -45,25                 | 503,35           | 162,71             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.08 | Max | -142,40                | -44,06                 | 543,51           | 149,06             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.08 | Min | -158,26                | -49,46                 | 506,37           | 165,81             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.09 | Max | -149,36                | -14,30                 | 478,76           | 150,04             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.09 | Min | -165,22                | -19,70                 | 441,63           | 166,39             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.10 | Max | -152,63                | -21,32                 | 483,80           | 154,11             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.10 | Min | -168,49                | -26,72                 | 446,67           | 170,60             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.11 | Max | -142,17                | -32,41                 | 524,29           | 145,82             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.11 | Min | -158,04                | -37,81                 | 487,16           | 162,49             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.12 | Max | -145,45                | -39,43                 | 529,34           | 150,69             |
| SP.B-DX-6 | SLU - STR.12 | Min | -161,31                | -44,83                 | 492,20           | 167,42             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.01 | Max | -175,17                | -18,02                 | 1.847,82         | 176,09             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.01 | Min | -200,99                | -35,50                 | 1.634,66         | 204,10             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.02 | Max | -177,74                | -21,48                 | 1.854,17         | 179,04             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.02 | Min | -203,56                | -38,95                 | 1.641,01         | 207,25             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.03 | Max | -168,96                | -42,43                 | 1.901,62         | 174,21             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.03 | Min | -194,78                | -59,90                 | 1.688,46         | 203,78             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.04 | Max | -171,53                | -45,88                 | 1.907,98         | 177,56             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.04 | Min | -197,35                | -63,36                 | 1.694,82         | 207,27             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.05 | Max | -177,24                | -9,89                  | 1.776,59         | 177,51             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.05 | Min | -196,60                | -22,99                 | 1.616,72         | 197,94             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.06 | Max | -179,83                | -13,39                 | 1.783,32         | 180,33             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.06 | Min | -199,20                | -26,49                 | 1.623,44         | 200,95             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.07 | Max | -166,89                | -50,56                 | 1.866,27         | 174,38             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.07 | Min | -186,26                | -63,67                 | 1.706,40         | 196,84             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.08 | Max | -169,47                | -54,02                 | 1.872,62         | 177,87             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.08 | Min | -188,83                | -67,12                 | 1.712,75         | 200,40             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.09 | Max | -174,31                | -16,87                 | 1.792,41         | 175,13             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.09 | Min | -193,67                | -29,98                 | 1.632,54         | 195,98             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.10 | Max | -178,60                | -22,63                 | 1.803,00         | 180,03             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.10 | Min | -197,96                | -35,74                 | 1.643,13         | 201,16             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.11 | Max | -168,10                | -41,27                 | 1.846,22         | 173,10             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.11 | Min | -187,47                | -54,38                 | 1.686,34         | 195,19             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.12 | Max | -172,39                | -47,04                 | 1.856,81         | 178,70             |
| SP.B-DX-7 | SLU - STR.12 | Min | -191,76                | -60,14                 | 1.696,93         | 200,97             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.01 | Max | -174,11                | -47,56                 | 3.112,04         | 180,48             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.01 | Min | -200,44                | -80,28                 | 2.747,33         | 215,92             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.02 | Max | -176,78                | -49,53                 | 3.120,60         | 183,59             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.02 | Min | -203,11                | -82,25                 | 2.755,90         | 219,13             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.03 | Max | -170,95                | -76,33                 | 3.159,52         | 187,22             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.03 | Min | -197,29                | -109,05                | 2.794,81         | 225,42             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.04 | Max | -173,63                | -78,30                 | 3.168,08         | 190,47             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.04 | Min | -199,96                | -111,02                | 2.803,38         | 228,71             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.05 | Max | -175,16                | -37,97                 | 3.005,03         | 179,23             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.05 | Min | -194,91                | -62,51                 | 2.731,51         | 204,69             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.06 | Max | -177,86                | -40,03                 | 3.014,21         | 182,30             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.06 | Min | -197,61                | -64,57                 | 2.740,68         | 207,89             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.07 | Max | -169,90                | -85,92                 | 3.084,17         | 190,39             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.07 | Min | -189,65                | -110,46                | 2.810,64         | 219,47             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.08 | Max | -172,58                | -87,89                 | 3.092,73         | 193,67             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.08 | Min | -192,33                | -112,43                | 2.819,20         | 222,78             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.09 | Max | -173,22                | -46,91                 | 3.018,01         | 179,45             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.09 | Min | -192,97                | -71,45                 | 2.744,48         | 205,77             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.10 | Max | -177,67                | -50,19                 | 3.032,28         | 184,62             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.10 | Min | -197,42                | -74,73                 | 2.758,75         | 211,09             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.11 | Max | -170,06                | -75,67                 | 3.065,49         | 186,14             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.11 | Min | -189,81                | -100,21                | 2.791,96         | 214,64             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.12 | Max | -174,52                | -78,96                 | 3.079,76         | 191,55             |
| SP.B-DX-8 | SLU - STR.12 | Min | -194,27                | -103,50                | 2.806,23         | 220,12             |

Combinazioni allo Stato limite di Salvaguardia della Vita

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-DX-1 | SLV - X - 01 | Max | 88,37                  | 108,09                 | 703,73           | 139,61             |
| SP.B-DX-1 | SLV - X - 01 | Min | -66,10                 | -11,39                 | 98,96            | 67,07              |
| SP.B-DX-1 | SLV - X - 02 | Max | 87,56                  | 101,22                 | 688,03           | 133,83             |
| SP.B-DX-1 | SLV - X - 02 | Min | -66,91                 | -18,25                 | 83,25            | 69,35              |
| SP.B-DX-1 | SLV - Y - 01 | Max | 78,79                  | 101,61                 | 645,15           | 128,57             |
| SP.B-DX-1 | SLV - Y - 01 | Min | -56,51                 | -4,91                  | 157,55           | 56,73              |
| SP.B-DX-1 | SLV - Y - 02 | Max | 77,97                  | 94,74                  | 629,44           | 122,70             |
| SP.B-DX-1 | SLV - Y - 02 | Min | -57,33                 | -11,77                 | 141,84           | 58,52              |
| SP.B-DX-2 | SLV - X - 01 | Max | 112,08                 | 214,60                 | 1.681,17         | 242,11             |
| SP.B-DX-2 | SLV - X - 01 | Min | -36,59                 | 149,18                 | 1.438,47         | 153,60             |
| SP.B-DX-2 | SLV - X - 02 | Max | 112,52                 | 209,76                 | 1.668,59         | 238,04             |
| SP.B-DX-2 | SLV - X - 02 | Min | -36,15                 | 144,34                 | 1.425,89         | 148,80             |
| SP.B-DX-2 | SLV - Y - 01 | Max | 105,41                 | 262,51                 | 1.820,49         | 282,88             |
| SP.B-DX-2 | SLV - Y - 01 | Min | -29,91                 | 101,27                 | 1.299,16         | 105,60             |
| SP.B-DX-2 | SLV - Y - 02 | Max | 105,85                 | 257,67                 | 1.807,91         | 278,56             |
| SP.B-DX-2 | SLV - Y - 02 | Min | -29,47                 | 96,43                  | 1.286,57         | 100,84             |
| SP.B-DX-3 | SLV - X - 01 | Max | 94,92                  | 473,11                 | 3.129,43         | 482,53             |
| SP.B-DX-3 | SLV - X - 01 | Min | -35,84                 | 263,14                 | 2.395,36         | 265,57             |
| SP.B-DX-3 | SLV - X - 02 | Max | 96,37                  | 471,92                 | 3.126,65         | 481,66             |
| SP.B-DX-3 | SLV - X - 02 | Min | -34,38                 | 261,96                 | 2.392,57         | 264,20             |
| SP.B-DX-3 | SLV - Y - 01 | Max | 86,27                  | 515,07                 | 3.121,24         | 522,24             |
| SP.B-DX-3 | SLV - Y - 01 | Min | -27,19                 | 221,18                 | 2.403,55         | 222,84             |
| SP.B-DX-3 | SLV - Y - 02 | Max | 87,72                  | 513,89                 | 3.118,45         | 521,32             |
| SP.B-DX-3 | SLV - Y - 02 | Min | -25,73                 | 219,99                 | 2.400,77         | 221,49             |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| PALO      | COMBINAZIONE |     | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $V_{Sd, long}$<br>[kN] | $N_{Sd}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|-----------|--------------|-----|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| SP.B-DX-4 | SLV - X - 01 | Max | 48,11                  | 116,12                 | 1.310,62         | 125,69             |
| SP.B-DX-4 | SLV - X - 01 | Min | -133,64                | 31,89                  | 975,62           | 137,39             |
| SP.B-DX-4 | SLV - X - 02 | Max | 46,02                  | 109,66                 | 1.307,42         | 118,92             |
| SP.B-DX-4 | SLV - X - 02 | Min | -135,72                | 25,42                  | 972,42           | 138,08             |
| SP.B-DX-4 | SLV - Y - 01 | Max | -2,43                  | 145,75                 | 1.232,04         | 145,77             |
| SP.B-DX-4 | SLV - Y - 01 | Min | -83,10                 | 2,26                   | 1.054,20         | 83,13              |
| SP.B-DX-4 | SLV - Y - 02 | Max | -4,52                  | 139,29                 | 1.228,84         | 139,36             |
| SP.B-DX-4 | SLV - Y - 02 | Min | -85,18                 | -4,21                  | 1.051,00         | 85,29              |
| SP.B-DX-5 | SLV - X - 01 | Max | 28,83                  | 211,89                 | 2.645,41         | 213,84             |
| SP.B-DX-5 | SLV - X - 01 | Min | -131,17                | 96,73                  | 2.288,91         | 162,98             |
| SP.B-DX-5 | SLV - X - 02 | Max | 26,91                  | 208,13                 | 2.649,42         | 209,87             |
| SP.B-DX-5 | SLV - X - 02 | Min | -133,10                | 92,97                  | 2.292,92         | 162,36             |
| SP.B-DX-5 | SLV - Y - 01 | Max | -14,97                 | 268,81                 | 2.568,73         | 269,23             |
| SP.B-DX-5 | SLV - Y - 01 | Min | -87,37                 | 39,81                  | 2.365,59         | 96,01              |
| SP.B-DX-5 | SLV - Y - 02 | Max | -16,90                 | 265,05                 | 2.572,74         | 265,59             |
| SP.B-DX-5 | SLV - Y - 02 | Min | -89,29                 | 36,06                  | 2.369,60         | 96,30              |
| SP.B-DX-6 | SLV - X - 01 | Max | -22,29                 | 46,51                  | 477,86           | 51,58              |
| SP.B-DX-6 | SLV - X - 01 | Min | -253,65                | -50,48                 | 58,82            | 258,62             |
| SP.B-DX-6 | SLV - X - 02 | Max | -25,44                 | 39,31                  | 483,39           | 46,83              |
| SP.B-DX-6 | SLV - X - 02 | Min | -256,80                | -57,68                 | 64,34            | 263,20             |
| SP.B-DX-6 | SLV - Y - 01 | Max | -63,63                 | 58,90                  | 473,44           | 86,71              |
| SP.B-DX-6 | SLV - Y - 01 | Min | -212,30                | -62,87                 | 63,24            | 221,41             |
| SP.B-DX-6 | SLV - Y - 02 | Max | -66,79                 | 51,70                  | 478,96           | 84,46              |
| SP.B-DX-6 | SLV - Y - 02 | Min | -215,46                | -70,07                 | 68,76            | 226,56             |
| SP.B-DX-7 | SLV - X - 01 | Max | -30,82                 | 20,33                  | 1.306,43         | 36,92              |
| SP.B-DX-7 | SLV - X - 01 | Min | -286,01                | -53,70                 | 1.109,76         | 291,01             |
| SP.B-DX-7 | SLV - X - 02 | Max | -35,00                 | 14,48                  | 1.317,19         | 37,87              |
| SP.B-DX-7 | SLV - X - 02 | Min | -290,19                | -59,55                 | 1.120,52         | 296,24             |
| SP.B-DX-7 | SLV - Y - 01 | Max | -79,36                 | 83,11                  | 1.432,67         | 114,92             |
| SP.B-DX-7 | SLV - Y - 01 | Min | -237,46                | -116,48                | 983,52           | 264,49             |
| SP.B-DX-7 | SLV - Y - 02 | Max | -83,54                 | 77,26                  | 1.443,43         | 113,79             |
| SP.B-DX-7 | SLV - Y - 02 | Min | -241,64                | -122,33                | 994,28           | 270,84             |
| SP.B-DX-8 | SLV - X - 01 | Max | -40,08                 | 26,87                  | 2.414,81         | 48,25              |
| SP.B-DX-8 | SLV - X - 01 | Min | -264,86                | -133,75                | 1.810,54         | 296,71             |
| SP.B-DX-8 | SLV - X - 02 | Max | -44,46                 | 23,62                  | 2.428,80         | 50,34              |
| SP.B-DX-8 | SLV - X - 02 | Min | -269,24                | -137,00                | 1.824,53         | 302,09             |
| SP.B-DX-8 | SLV - Y - 01 | Max | -87,41                 | 105,79                 | 2.409,68         | 137,23             |
| SP.B-DX-8 | SLV - Y - 01 | Min | -217,53                | -212,67                | 1.815,68         | 304,22             |
| SP.B-DX-8 | SLV - Y - 02 | Max | -91,79                 | 102,54                 | 2.423,66         | 137,62             |
| SP.B-DX-8 | SLV - Y - 02 | Min | -221,91                | -215,92                | 1.829,67         | 309,62             |

### 22.1.3 RIEPILOGO DELLE AZIONI SOLLECITANTI DESUNTE DAL MODELLO DI CALCOLO

Nella tabella successiva sono riepilogati i valori maggiormente gravosi delle azioni sollecitanti per le differenti famiglie di combinazioni di carico adottate:

| SOTTOSTRUTTURA |            | COMBINAZIONE           | $N_{Sd,max}$<br>[kN] | $N_{Sd,min}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] |
|----------------|------------|------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| SPALLA B       | ZATTERA SX | SLE - QUASI PERMANENTE | 2.498,67             | 336,04               | 357,53             |
|                |            | SLE - FREQUENTE        | 2.688,43             | 329,07               | 379,59             |
|                |            | SLE - CARATTERISTICA   | 2.775,24             | 304,52               | 395,01             |
|                |            | SLU - STR              | 3.775,16             | 407,78               | 537,24             |
|                |            | SLV                    | 2.986,12             | 37,20                | 507,43             |
|                | ZATTERA DX | SLE - QUASI PERMANENTE | 2.651,53             | 349,43               | 366,37             |
|                |            | SLE - FREQUENTE        | 2.924,97             | 344,27               | 395,11             |
|                |            | SLE - CARATTERISTICA   | 3.040,19             | 318,76               | 412,79             |
|                |            | SLU - STR              | 4.139,37             | 427,46               | 561,64             |
|                |            | SLV                    | 3.129,43             | 58,82                | 522,24             |

## 22.2 AZIONI SOLLECITANTI SUL SINGOLO PALO CONNESSE ALLA DEFORMABILITÀ ORIZZONTALE DEL TERRENO

Per effetto del taglio e della deformabilità del terreno nell'intorno del palo si generano le azioni sollecitanti definite nel seguito.

### 22.2.1 VALUTAZIONE DELLA COSTANTE DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO

Per terreni **prevalentemente incoerenti** si considera la costante di reazione orizzontale del terreno variabile con la profondità, secondo la seguente relazione lineare:

$$k_h = n_h \cdot \frac{z}{d}$$

dove:

- $n_h \rightarrow$  costante dipendente dalla litologia
- $z \rightarrow$  profondità
- $d \rightarrow$  diametro del palo

Il valore della costante  $n_h$  viene determinato per via tabellare in funzione del valore della densità relativa del terreno:

|                                             |                              |                        |
|---------------------------------------------|------------------------------|------------------------|
| Sabbia sciolta ( $Dr\% < 30\%$ )            | secca-umida<br>$n_h = 0.224$ | satura $n_h = 0.128$ ; |
| Sabbia media ( $Dr > 30$<br>$e \leq 70\%$ ) | secca-umida<br>$n_h = 0.672$ | satura $n_h = 0.448$ ; |
| Sabbia grossa ( $Dr\% > 70$ )               | secca-umida<br>$n_h = 1.792$ | satura $n_h = 1.088$ ; |

Per terreni **prevalentemente coerenti sovraconsolidati** ( $c_u > 0,50 \text{ kg/cm}^2$ ) si considera la costante di reazione orizzontale del terreno variabile con la profondità, secondo la seguente relazione lineare (Matlock & Reese, 1956)

$$k_h = c_f \cdot \frac{c_u}{d}$$

dove:

- $c_f \rightarrow$  costante assunta pari a 67 (Davisson 1970)
- $c_u \rightarrow$  coesione non drenata
- $d \rightarrow$  diametro del palo

Per terreni prevalentemente coerenti normal-consolidati si considera la costante di reazione orizzontale del terreno variabile con la profondità, secondo la seguente relazione lineare (Matlock & Reese, 1956)

$$k_h = \delta \cdot \frac{z}{d}$$

dove:

- $\delta \rightarrow$  costante dipendente dalla coesione non drenata:
  - $c_u \leq 0,25 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \delta = 0,022 \text{ kg/cm}^3 = 0,22 \text{ N/cm}^3$
  - $0,25 < c_u \leq 0,50 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \delta = 3,51 \text{ kg/cm}^3 = 35,10 \text{ N/cm}^3$
- $z \rightarrow$  profondità
- $d \rightarrow$  diametro del palo

Essendo stata posta la falda di progetto a **0,00 m** dal piano di riferimento tutto il terreno è considerato “satturo”.

Il valore di  $k_h$  finale è stato determinato come media ponderata dei valori di  $k_h$  valutati per ciascuno strato della stratigrafia considerata:

| STRATO | UNITA' LITOTECNICA | QUOTA INIZIALE [m] | QUOTA FINALE [m] | H <sub>strato</sub> [m] | Dr [%] | n <sub>h</sub> | d [m] | k <sub>h</sub> QUOTA INIZIALE | k <sub>h</sub> QUOTA FINALE | k <sub>h,media</sub> STRATO | k <sub>h,media</sub> · h <sub>strato</sub> |
|--------|--------------------|--------------------|------------------|-------------------------|--------|----------------|-------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|
| 1      | G3                 | 0,00               | 7,05             | 7,05                    | 49,60  | 0,488          | 1,20  | 0,00                          | 2,87                        | 1,43                        | 10,11                                      |
| 2      | S1                 | 7,05               | 26,00            | 18,95                   | 50,00  | 0,488          | 1,20  | 2,87                          | 10,57                       | 6,72                        | 127,35                                     |
|        |                    |                    |                  | <b>26,00</b>            |        |                |       |                               |                             |                             | <b>137,45</b>                              |

$$k_h = 137,45 / 26,00 = 5,287 \text{ N/cm}^3$$

Per la valutazione delle azioni sollecitanti sul palo di fondazione per effetto dell'azione tagliante in testa e della deformabilità è stato utilizzato il metodo di Matlock & Reese con  $k_h$  variabile con la profondità.

## 22.2.2 ZATTERA SINISTRA

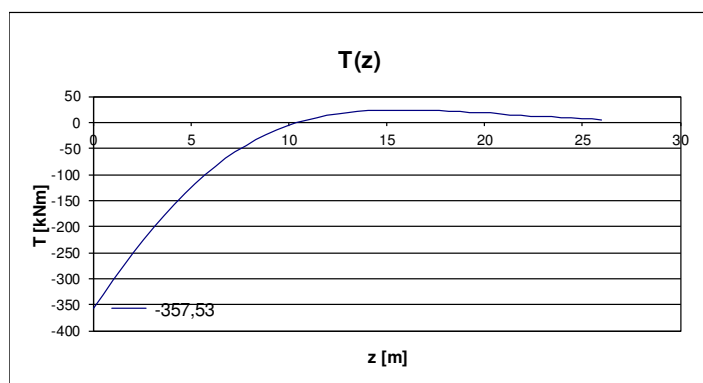
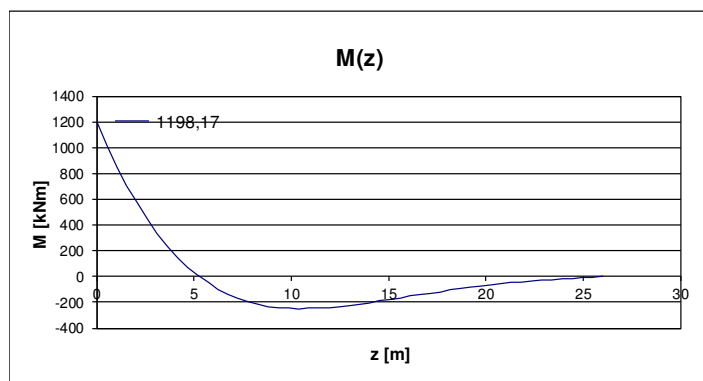
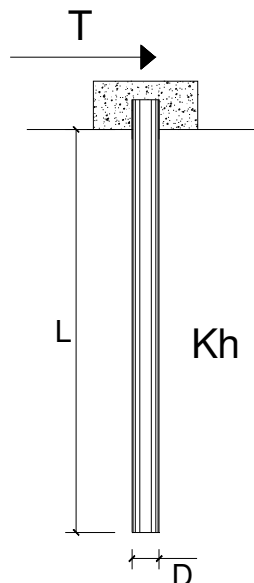
### Combinazione allo Stato Limite di Esercizio - Quasi Permanente

#### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

#### OPERA:

#### DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 357,53   | (kN)                 |
| fck del calcestruzzo:                                                       | 24,9     | (MPa)                |
| fcm del calcestruzzo:                                                       | 32,9     | (MPa)                |
| Ecls ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                      | 31447    | (MPa)                |
| J ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                               | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



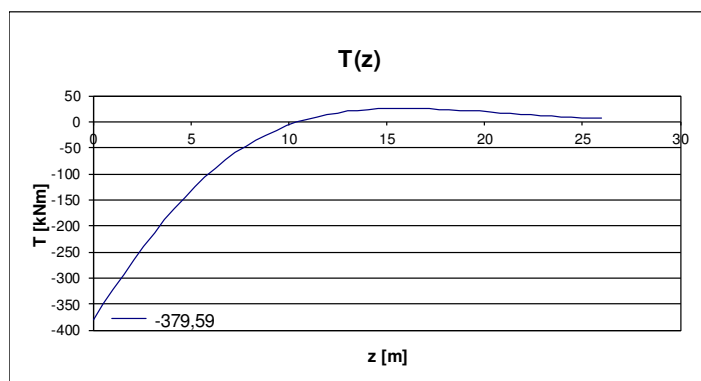
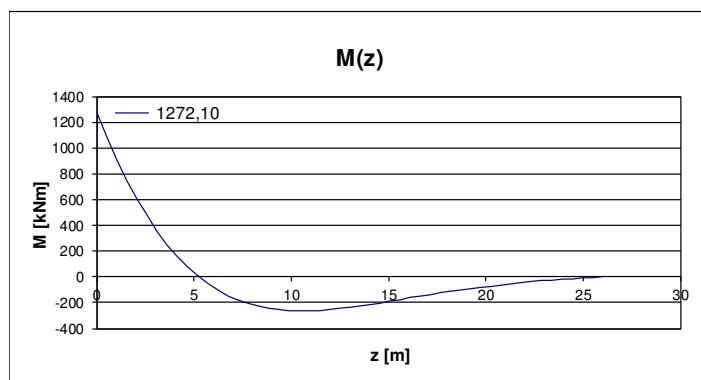
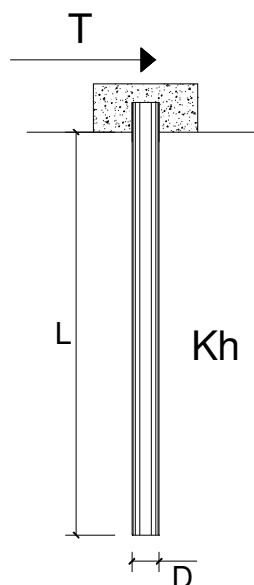
## Combinazione allo Stato Limite di Esercizio - Frequente

### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

#### OPERA:

#### DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 379,59   | (kN)                 |
| $f_{ck}$ del calcestruzzo:                                                  | 24,9     | (MPa)                |
| $f_{cm}$ del calcestruzzo:                                                  | 32,9     | (MPa)                |
| $E_{cls}$ ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                 | 31447    | (MPa)                |
| J ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                               | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



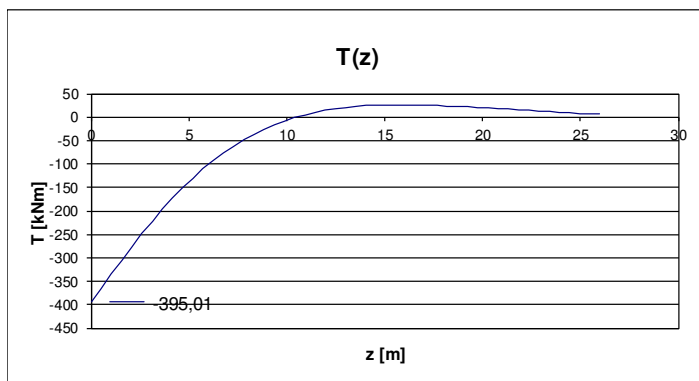
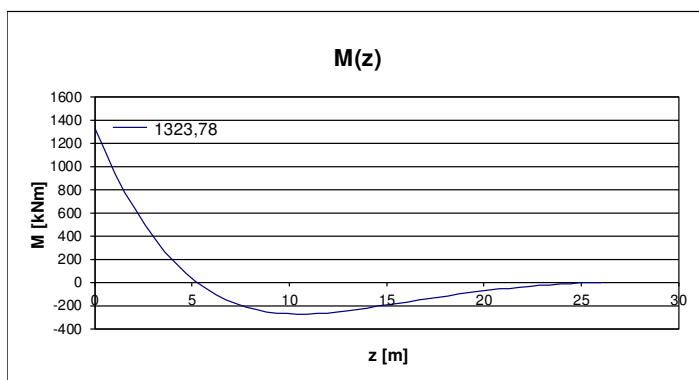
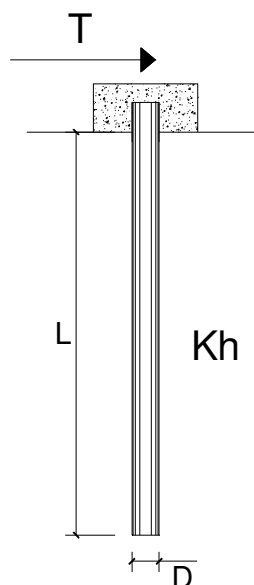
Combinazione allo Stato Limite di Esercizio - Caratteristica

PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

OPERA:

DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 395,01   | (kN)                 |
| fck del calcestruzzo:                                                       | 24,9     | (MPa)                |
| fcm del calcestruzzo:                                                       | 32,9     | (MPa)                |
| Ecls ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                      | 31447    | (MPa)                |
| J ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                               | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



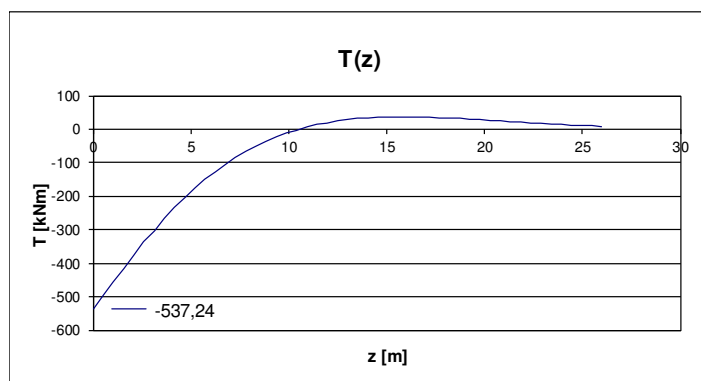
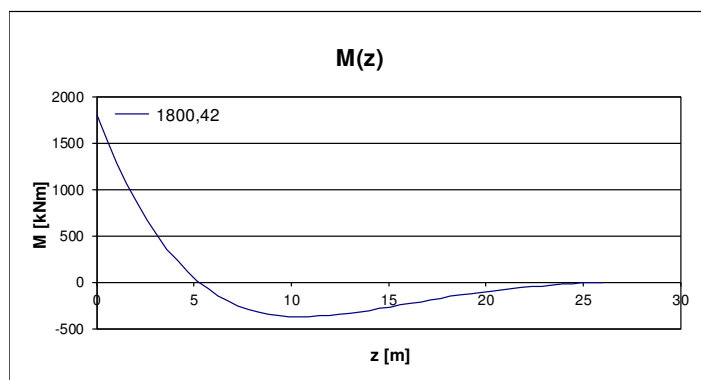
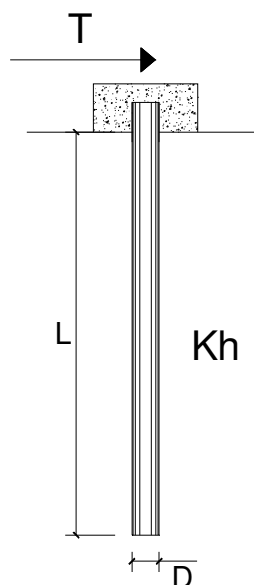
## Combinazione allo Stato Limite Ultimo - STR

### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

#### OPERA:

#### DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 537,24   | (kN)                 |
| $f_{ck}$ del calcestruzzo:                                                  | 24,9     | (MPa)                |
| $f_{cm}$ del calcestruzzo:                                                  | 32,9     | (MPa)                |
| $E_{cls}$ ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                 | 31447    | (MPa)                |
| $J$ ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                             | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



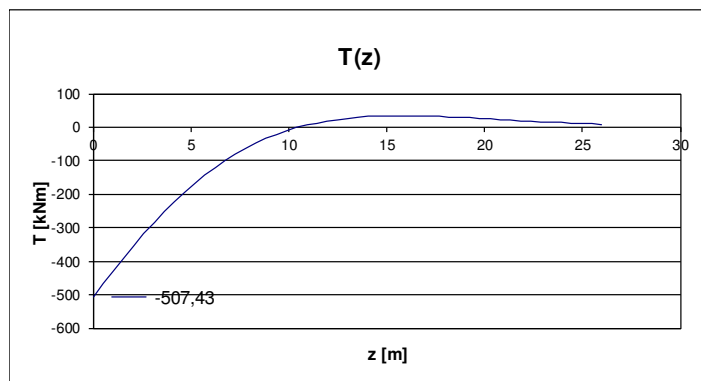
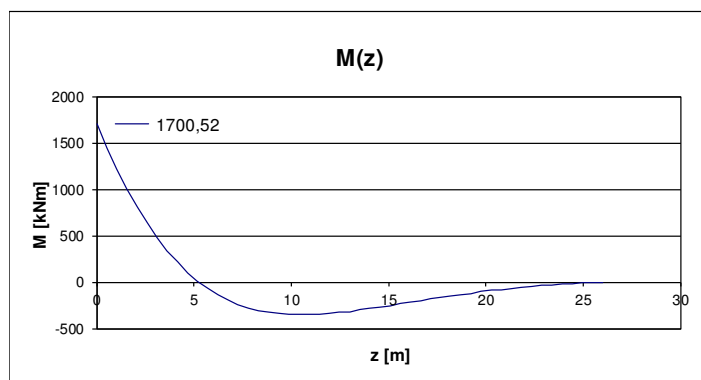
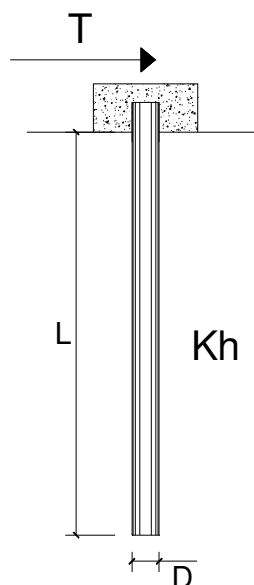
Combinazione allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita

PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

OPERA:

DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 507,43   | (kN)                 |
| f <sub>ck</sub> del calcestruzzo:                                           | 24,9     | (MPa)                |
| f <sub>cm</sub> del calcestruzzo:                                           | 32,9     | (MPa)                |
| E <sub>cls</sub> ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                          | 31447    | (MPa)                |
| J ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                               | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



### 22.2.3 ZATTERA DESTRA

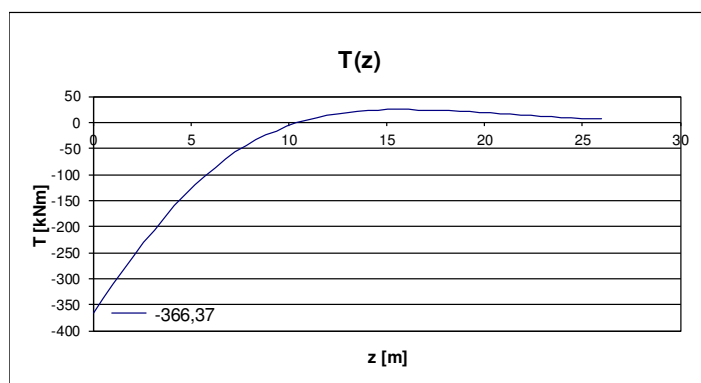
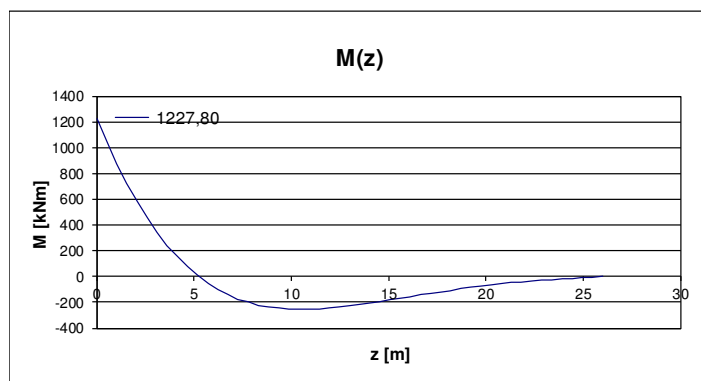
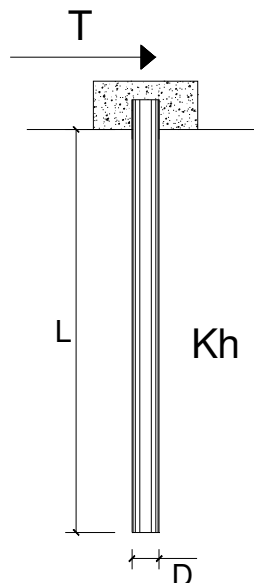
Combinazione allo Stato Limite di Esercizio - Quasi Permanente

#### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

##### OPERA:

##### DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 366,37   | (kN)                 |
| fck del calcestruzzo:                                                       | 24,9     | (MPa)                |
| fcm del calcestruzzo:                                                       | 32,9     | (MPa)                |
| Ecls ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                      | 31447    | (MPa)                |
| J ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                               | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



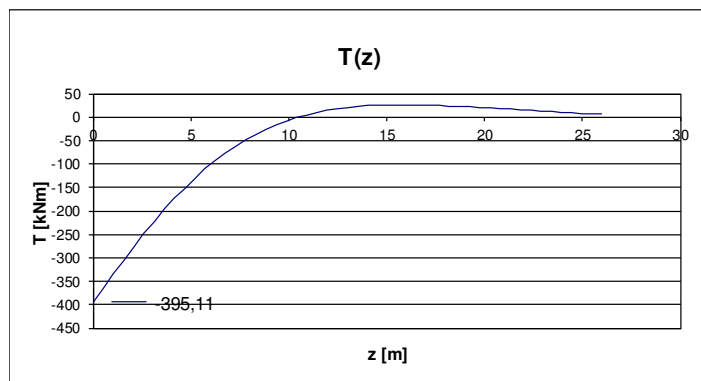
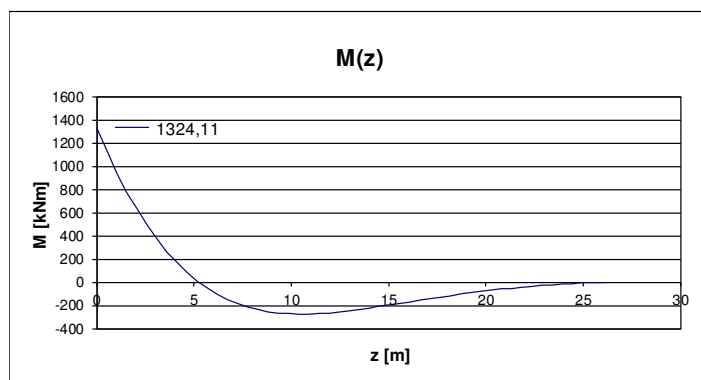
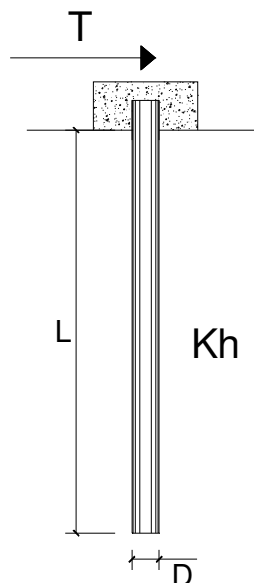
## Combinazione allo Stato Limite di Esercizio - Frequente

### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

#### OPERA:

#### DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 395,11   | (kN)                 |
| fck del calcestruzzo:                                                       | 24,9     | (MPa)                |
| fcm del calcestruzzo:                                                       | 32,9     | (MPa)                |
| Ecls ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                      | 31447    | (MPa)                |
| J ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                               | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



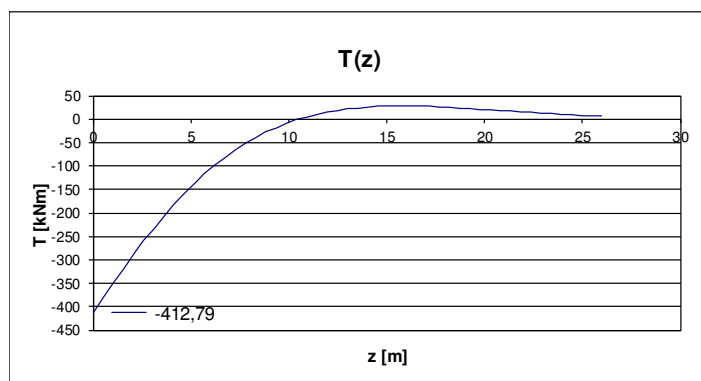
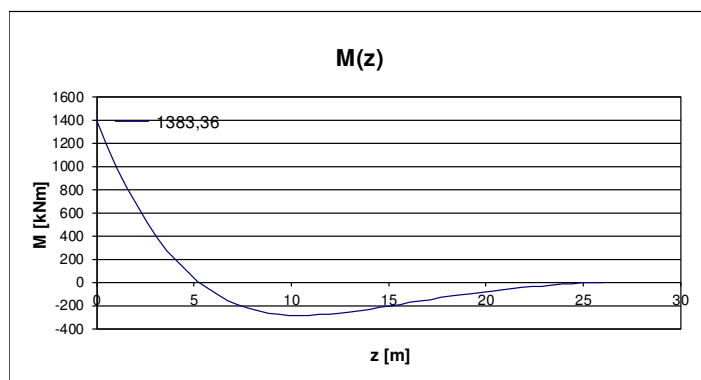
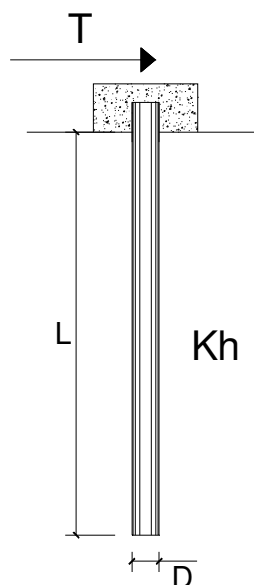
## Combinazione allo Stato Limite di Esercizio - Caratteristica

### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

#### OPERA:

#### DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 412,79   | (kN)                 |
| $f_{ck}$ del calcestruzzo:                                                  | 24,9     | (MPa)                |
| $f_{cm}$ del calcestruzzo:                                                  | 32,9     | (MPa)                |
| $E_{cls}$ ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                 | 31447    | (MPa)                |
| J ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                               | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



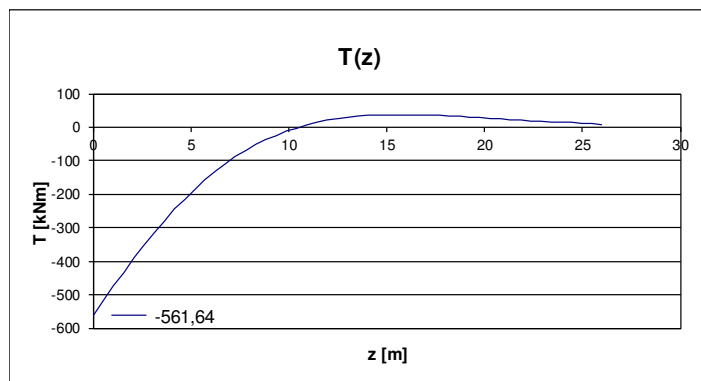
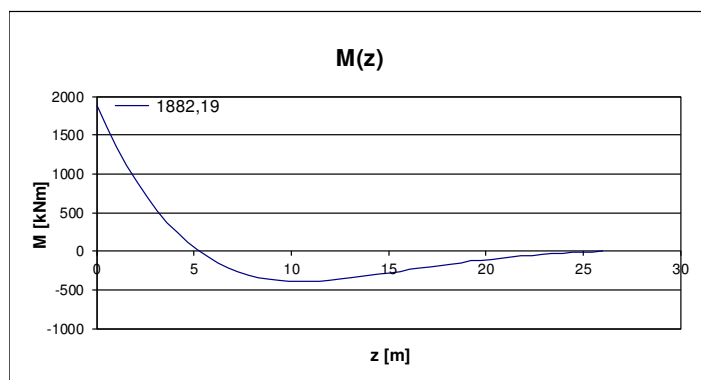
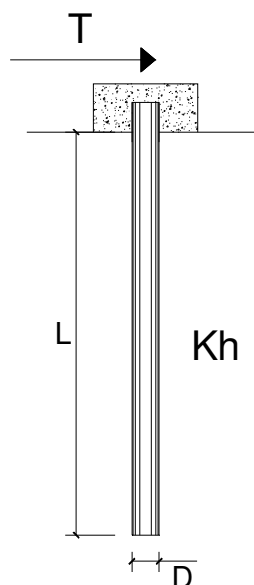
## Combinazione allo Stato Limite Ultimo - STR

### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

#### OPERA:

#### DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 561,64   | (kN)                 |
| $f_{ck}$ del calcestruzzo:                                                  | 24,9     | (MPa)                |
| $f_{cm}$ del calcestruzzo:                                                  | 32,9     | (MPa)                |
| $E_{cls}$ ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                 | 31447    | (MPa)                |
| $J$ ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                             | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



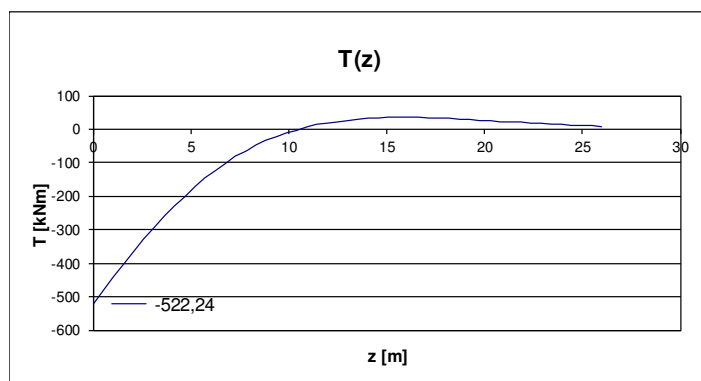
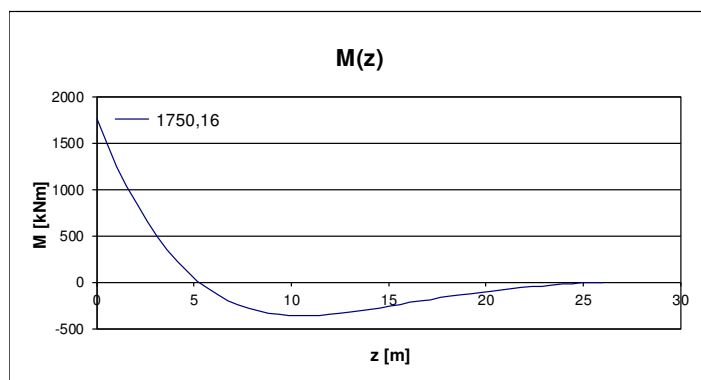
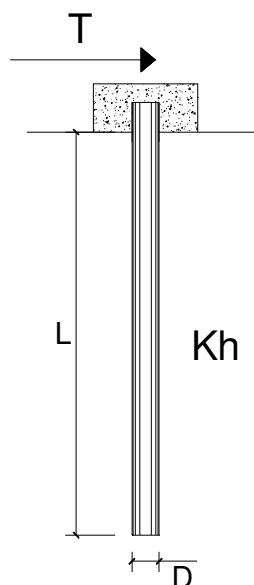
## Combinazione allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita

### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

#### OPERA:

#### DATI DI INPUT:

|                                                                             |          |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Diametro del palo (D):                                                      | 1,2      | (m)                  |
| Lunghezza del palo (L)                                                      | 26       | (m)                  |
| Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):                                | 5,287    | (N/cm <sup>3</sup> ) |
| Forza orizzontale agente (T):                                               | 522,24   | (kN)                 |
| $f_{ck}$ del calcestruzzo:                                                  | 24,9     | (MPa)                |
| $f_{cm}$ del calcestruzzo:                                                  | 32,9     | (MPa)                |
| $E_{cls}$ ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):                                 | 31447    | (MPa)                |
| $J$ ( $J = \pi \cdot D^4/64$ ):                                             | 10178760 | (cm <sup>4</sup> )   |
| $\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ ): | 670,25   | (cm)                 |



## 22.2.4 RIEPILOGO DELLE AZIONI SOLLECITANTI DI VERIFICA

| SOTTOSTRUTTURA |            | COMBINAZIONE           | $N_{Sd,max}$<br>[kN] | $N_{Sd,min}$<br>[kN] | $R_{V'Sd}$<br>[kN] | $M_{Sd}$<br>[kNm] |
|----------------|------------|------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
| SPALLA B       | ZATTERA SX | SLE - QUASI PERMANENTE | 2.498,67             | 336,04               | 357,53             | 1.198,17          |
|                |            | SLE - FREQUENTE        | 2.688,43             | 329,07               | 379,59             | 1.272,10          |
|                |            | SLE - CARATTERISTICA   | 2.775,24             | 304,52               | 395,01             | 1.323,78          |
|                |            | SLU - STR              | 3.775,16             | 407,78               | 537,24             | 1.800,42          |
|                |            | SLV                    | 2.986,12             | 37,20                | 507,43             | 1.700,52          |
|                | ZATTERA DX | SLE - QUASI PERMANENTE | 2.651,53             | 349,43               | 366,37             | 1.227,80          |
|                |            | SLE - FREQUENTE        | 2.924,97             | 344,27               | 395,11             | 1.324,11          |
|                |            | SLE - CARATTERISTICA   | 3.040,19             | 318,76               | 412,79             | 1.383,36          |
|                |            | SLU - STR              | 4.139,37             | 427,46               | 561,64             | 1.882,19          |
|                |            | SLV                    | 3.129,43             | 58,82                | 522,24             | 1.750,16          |

## 23 SPALLA B – VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE

### 23.1 SEZIONE ED ARMATURA DI VERIFICA

La sezione di verifica è circolare con diametro pari a **120 cm**.

L'armatura verticale (armatura di forza) è prevista come segue:

Gabbia superiore

- **36Ø26** disposti a raggiera (strato esterno)
- **12Ø26** disposti a raggiera (strato interno)

Gabbie inferiori

- **18Ø20** disposti a raggiera

L'armatura a taglio è costituita da una spirale:

- **Ø12/10** (gabbia superiore)
- **Ø12/20** (gabbie inferiori)

Il copriferro netto minimo è assunto pari a **60 mm**.

### 23.2 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

#### 23.2.1 COMBINAZIONE SLE - QUASI PERMANENTE - $N_{MAX}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  **$N_{sd} = 2.651,53$  kN**.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  **$M_{sd} = 1.227,80$  kNm**.

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The main window displays the input data for a circular pile foundation. The 'Sezione circolare cava' section shows the external radius (60 cm), internal radius (0 cm), number of bars (48), bar diameter (2.6 cm), and clear cover (9.65 cm). The 'Sollecitazioni' section shows the design normal force ( $N_{Ed} = 2651.53$  kN) and design bending moment ( $M_{Ed} = 1227.80$  kNm). The 'Materiali' section shows the material properties for B450C and C25/30, including the design stress ( $\sigma_c = 7.59$  N/mm²) and design stress ( $\sigma_s = 65.47$  N/mm²). The 'Verifica' section shows the number of iterations (3) and the precompression status (Precompresso).

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 7,59 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 65,47 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 23.2.2 COMBINAZIONE SLE - QUASI PERMANENTE – $N_{MIN}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 349,43$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.227,80$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 60 [cm]

Raggio interno 0 [cm]

N° barre uguali 48

Diametro barre 2,6 [cm]

Copriferro (baric.) 9,65 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione

☐ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☒ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N Ed 0 349,43 kN

M xEd 0 1227,80 kNm

M yEd 0 0

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo

☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☒ Metodo n

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰

$f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰

$E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  14,17

$E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1

$\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75

$\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0,6

$\tau_{c1}$  1,829

$\sigma_c$  -7,099 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_s$  149 N/mm<sup>2</sup>

Vertici: 62

Verifica

N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

$\epsilon_s$  0,7449 ‰

d 110,4 cm

x 46 x/d 0,4168

$\delta$  0,961

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 7,09 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 149,00 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 23.2.3 COMBINAZIONE SLE - FREQUENTE - $N_{MAX}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 2.924,97$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.324,11$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 60 [cm]

Raggio interno 0 [cm]

N° barre uguali 48

Diametro barre 2,6 [cm]

Copriferro (baric.) 9,65 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione

☐ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☒ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo

☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☒ Metodo n

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N Ed 0 2924,97 kN

M xEd 0 1324,11 kNm

M yEd 0 0

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰

$f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰

$E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  14,17

$E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1

$\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75

$\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0,6

$\tau_{c1}$  1,829

$\sigma_c$  -8,198 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_s$  68,72 N/mm<sup>2</sup>

Vertici: 62

Verifica

N° iterazioni: 3

☐ Precompresso

$\epsilon_s$  0,3436 ‰

d 110,4 cm

x 70,79 x/d 0,6415

$\delta$  1

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 8,19 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 68,72 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 23.2.4 COMBINAZIONE SLE - FREQUENTE – $N_{MIN}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 344,27$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.324,11$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 60 [cm]

Raggio interno 0 [cm]

N° barre uguali 48

Diametro barre 2,6 [cm]

Copriferro (baric.) 9,65 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione

☐ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☒ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo

☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☒ Metodo n

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N Ed 0 344,27 kN

M xEd 0 1324,11 kNm

M yEd 0 0

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰

$f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰

$E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  14,17

$E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1

$\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75

$\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0,6

$\tau_{c1}$  1,829

$\sigma_c$  -7,645 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_s$  162 N/mm<sup>2</sup>

Vertici: 62

Verifica

N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

$\epsilon_s$  0,8102 ‰

d 110,4 cm

x 45,73 x/d 0,4144

$\delta$  0,958

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 7,64 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 162,00 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 23.2.5 COMBINAZIONE SLE - CARATTERISTICA - $N_{MAX}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 3.040,19$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.383,36$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 60 [cm]

Raggio interno 0 [cm]

N° barre uguali 48

Diametro barre 2,6 [cm]

Copriferro (baric.) 9,65 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione

☐ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☒ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo

☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☒ Metodo n

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N Ed 0 3040,19 kN

M xEd 0 1383,36 kNm

M yEd 0 0

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰

$f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰

$E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  14,17

$E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1

$\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75

$\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0,6

$\tau_{c1}$  1,829

$\sigma_c$  -8,562 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_s$  72,24 N/mm<sup>2</sup>

Vertici: 62

Verifica

N° iterazioni: 3

☐ Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 8,56 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 72,24 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 23.2.6 COMBINAZIONE SLE - CARATTERISTICA – $N_{MIN}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 318,76$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.383,36$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 60 [cm]  
Raggio interno 0 [cm]  
N° barre uguali 48  
Diametro barre 2,6 [cm]  
Copriferro (baric.) 9,65 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☒ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 318,76 kN  
M<sub>Ed</sub> 0 1383,36 kNm  
M<sub>Ed</sub> 0 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

Materiali  
B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  1 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0,6 N/mm<sup>2</sup>  
 $\tau_{c1}$  1,829 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_c$  -7,974 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  171 N/mm<sup>2</sup>

Vertici: 62  
Verifica

N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

$\epsilon_s$  0,855 ‰  
d 110,4 cm  
x 45,42 x/d 0,4116  
 $\delta$  0,9545

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 7,97 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 171,00 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 23.3 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

#### 23.3.1 COMBINAZIONE SLE – QUASI PERMANENTE - $N_{MAX}$

| Dati             | Verifica fessurazione sezione circolare<br>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6       |                                                  |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                  |                                                                                              |                                                  |
| $\sigma_s$       | 65 N/mm <sup>2</sup>                                                                         | Tensione massima armatura tesa sezione fessurata |
| $R_{ck}$         | 30,0 N/mm <sup>2</sup>                                                                       | Resistenza caratteristica cubica cls             |
| $\phi_l$         | 26 mm                                                                                        | Diametro barre longitudinali                     |
| $\phi_s$         | 12 mm                                                                                        | Diametro staffe o spirale                        |
| $n$              | 48                                                                                           | Numero ferri longitudinali                       |
| $c$              | 60 mm                                                                                        | Ricoprimento del calcestruzzo                    |
| $D$              | 1200 mm                                                                                      | Diametro                                         |
| $k_t$            | 0,4                                                                                          | $k_t=0,6; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata |
| $k_2$            | 0,5                                                                                          | $k_2=0,5; 1,0$ caso flessione/trazione semplice  |
| $k_1$            | 0,8                                                                                          | $k_1=0,8; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce   |
| $w$              | 0,2 mm                                                                                       | Valore limite apertura fessure                   |
| Dati             |                                                                                              |                                                  |
| $f_{ck}$         | 24,9 N/mm <sup>2</sup>                                                                       | Resistenza caratteristica cilindrica cls         |
| $i$              | 67 mm                                                                                        | Interasse ferri longitudinali                    |
| $A_\phi$         | 531 mm <sup>2</sup>                                                                          | Area barra longitudinale                         |
| $E_s$            | 210000,0 N/mm <sup>2</sup>                                                                   | Modulo elastico acciaio da c.a                   |
| $f_{ctm}$        | 2,6 N/mm <sup>2</sup>                                                                        | Resistenza a trazione media cls                  |
| $E_{cm}$         | 31447,2 N/mm <sup>2</sup>                                                                    | Modulo elastico medio cls                        |
| $\alpha_e$       | 6,68                                                                                         | Rapporto $E_s/E_{cm}$                            |
| $f_{cm}$         | 32,9 N/mm <sup>2</sup>                                                                       | Resistenza media cls                             |
| $\rho_{eff}$     | 0,0539                                                                                       | Rapporto area acciaio/area efficace              |
| $\epsilon_{sm1}$ | 0,000189                                                                                     | Deformazione unitaria media barre di calcolo     |
| $\epsilon_{sm2}$ | 0,000187                                                                                     | Deformazione unitaria media barre valore minimo  |
| $\epsilon_{sm}$  | 0,000189                                                                                     | Deformazione unitaria media                      |
| $k_3$            | 3,4                                                                                          | Coefficiente                                     |
| $k_4$            | 0,4                                                                                          | Coefficiente                                     |
| $\Delta s_{max}$ | 285,9 mm                                                                                     | Distanza massima tra le fessure                  |
| $w_d$            |  0,054 mm | Valore di calcolo apertura fessure               |

23.3.2 COMBINAZIONE SLE – QUASI PERMANENTE –  $N_{MIN}$ 

| Dati             | Verifica fessurazione sezione circolare<br>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6 |                                                  |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                  |                                                                                        |                                                  |
| $\sigma_s$       | 149 N/mm <sup>2</sup>                                                                  | Tensione massima armatura tesa sezione fessurata |
| $R_{ck}$         | 30,0 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza caratteristica cubica cls             |
| $\phi_l$         | 26 mm                                                                                  | Diametro barre longitudinali                     |
| $\phi_s$         | 12 mm                                                                                  | Diametro staffe o spirale                        |
| $n$              | 48                                                                                     | Numero ferri longitudinali                       |
| $c$              | 60 mm                                                                                  | Ricoprimento del calcestruzzo                    |
| $D$              | 1200 mm                                                                                | Diametro                                         |
| $k_t$            | 0,4                                                                                    | $k_t=0,6; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata |
| $k_2$            | 0,5                                                                                    | $k_2=0,5; 1,0$ caso flessione/trazione semplice  |
| $k_1$            | 0,8                                                                                    | $k_1=0,8; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce   |
| $w$              | 0,2 mm                                                                                 | Valore limite apertura fessure                   |
| <b>Dati</b>      |                                                                                        |                                                  |
| $f_{ck}$         | 24,9 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza caratteristica cilindrica cls         |
| $i$              | 67 mm                                                                                  | Interasse ferri longitudinali                    |
| $A_\phi$         | 531 mm <sup>2</sup>                                                                    | Area barra longitudinale                         |
| $E_s$            | 210000,0 N/mm <sup>2</sup>                                                             | Modulo elastico acciaio da c.a                   |
| $f_{ctm}$        | 2,6 N/mm <sup>2</sup>                                                                  | Resistenza a trazione media cls                  |
| $E_{cm}$         | 31447,2 N/mm <sup>2</sup>                                                              | Modulo elastico medio cls                        |
| $\alpha_e$       | 6,68                                                                                   | Rapporto $E_s/E_{cm}$                            |
| $f_{cm}$         | 32,9 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza media cls                             |
| $\rho_{eff}$     | 0,0539                                                                                 | Rapporto area acciaio/area efficace              |
| $\epsilon_{sm1}$ | 0,000587                                                                               | Deformazione unitaria media barre di calcolo     |
| $\epsilon_{sm2}$ | 0,000426                                                                               | Deformazione unitaria media barre valore minimo  |
| $\epsilon_{sm}$  | 0,000587                                                                               | Deformazione unitaria media                      |
| $k_3$            | 3,4                                                                                    | Coefficiente                                     |
| $k_4$            | 0,4                                                                                    | Coefficiente                                     |
| $\Delta s_{max}$ | 285,9 mm                                                                               | Distanza massima tra le fessure                  |
| $w_d$            | ✓ 0,168 mm                                                                             | Valore di calcolo apertura fessure               |

23.3.3 COMBINAZIONE SLE – FREQUENTE -  $N_{MAX}$ 

| Dati             | Verifica fessurazione sezione circolare<br>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6 |                                                  |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                  |                                                                                        |                                                  |
| $\sigma_s$       | 69 N/mm <sup>2</sup>                                                                   | Tensione massima armatura tesa sezione fessurata |
| $R_{ck}$         | 30,0 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza caratteristica cubica cls             |
| $\phi_l$         | 26 mm                                                                                  | Diametro barre longitudinali                     |
| $\phi_s$         | 12 mm                                                                                  | Diametro staffe o spirale                        |
| $n$              | 48                                                                                     | Numero ferri longitudinali                       |
| $c$              | 60 mm                                                                                  | Ricoprimento del calcestruzzo                    |
| $D$              | 1200 mm                                                                                | Diametro                                         |
| $k_t$            | 0,4                                                                                    | $k_t=0,6; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata |
| $k_2$            | 0,5                                                                                    | $k_2=0,5; 1,0$ caso flessione/trazione semplice  |
| $k_1$            | 0,8                                                                                    | $k_1=0,8; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce   |
| $w$              | 0,3 mm                                                                                 | Valore limite apertura fessure                   |
| <b>Dati</b>      |                                                                                        |                                                  |
| $f_{ck}$         | 24,9 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza caratteristica cilindrica cls         |
| $i$              | 67 mm                                                                                  | Interasse ferri longitudinali                    |
| $A_\phi$         | 531 mm <sup>2</sup>                                                                    | Area barra longitudinale                         |
| $E_s$            | 210000,0 N/mm <sup>2</sup>                                                             | Modulo elastico acciaio da c.a                   |
| $f_{ctm}$        | 2,6 N/mm <sup>2</sup>                                                                  | Resistenza a trazione media cls                  |
| $E_{cm}$         | 31447,2 N/mm <sup>2</sup>                                                              | Modulo elastico medio cls                        |
| $\alpha_e$       | 6,68                                                                                   | Rapporto $E_s/E_{cm}$                            |
| $f_{cm}$         | 32,9 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza media cls                             |
| $\rho_{eff}$     | 0,0539                                                                                 | Rapporto area acciaio/area efficace              |
| $\epsilon_{sm1}$ | 0,000204                                                                               | Deformazione unitaria media barre di calcolo     |
| $\epsilon_{sm2}$ | 0,000196                                                                               | Deformazione unitaria media barre valore minimo  |
| $\epsilon_{sm}$  | 0,000204                                                                               | Deformazione unitaria media                      |
| $k_3$            | 3,4                                                                                    | Coefficiente                                     |
| $k_4$            | 0,4                                                                                    | Coefficiente                                     |
| $\Delta s_{max}$ | 285,9 mm                                                                               | Distanza massima tra le fessure                  |
| $w_d$            | ✓ 0,058 mm                                                                             | Valore di calcolo apertura fessure               |

23.3.4 COMBINAZIONE SLE – FREQUENTE -  $N_{MIN}$ 

| Dati             | Verifica fessurazione sezione circolare<br>CIRCOLARE 2/02/2009 N°617 Par.C.4.1.2.2.4.6 |                                                  |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                  |                                                                                        |                                                  |
| $\sigma_s$       | 162 N/mm <sup>2</sup>                                                                  | Tensione massima armatura tesa sezione fessurata |
| $R_{ck}$         | 30,0 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza caratteristica cubica cls             |
| $\phi_l$         | 26 mm                                                                                  | Diametro barre longitudinali                     |
| $\phi_s$         | 12 mm                                                                                  | Diametro staffe o spirale                        |
| $n$              | 48                                                                                     | Numero ferri longitudinali                       |
| $c$              | 60 mm                                                                                  | Ricoprimento del calcestruzzo                    |
| $D$              | 1200 mm                                                                                | Diametro                                         |
| $k_t$            | 0,4                                                                                    | $k_t=0,6; 0,4$ carichi breve durata/lunga durata |
| $k_2$            | 0,5                                                                                    | $k_2=0,5; 1,0$ caso flessione/trazione semplice  |
| $k_1$            | 0,8                                                                                    | $k_1=0,8; 1,6$ barre aderenza migliorata/lisce   |
| $w$              | 0,3 mm                                                                                 | Valore limite apertura fessure                   |
| <b>Dati</b>      |                                                                                        |                                                  |
| $f_{ck}$         | 24,9 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza caratteristica cilindrica cls         |
| $i$              | 67 mm                                                                                  | Interasse ferri longitudinali                    |
| $A_\phi$         | 531 mm <sup>2</sup>                                                                    | Area barra longitudinale                         |
| $E_s$            | 210000,0 N/mm <sup>2</sup>                                                             | Modulo elastico acciaio da c.a                   |
| $f_{ctm}$        | 2,6 N/mm <sup>2</sup>                                                                  | Resistenza a trazione media cls                  |
| $E_{cm}$         | 31447,2 N/mm <sup>2</sup>                                                              | Modulo elastico medio cls                        |
| $\alpha_e$       | 6,68                                                                                   | Rapporto $E_s/E_{cm}$                            |
| $f_{cm}$         | 32,9 N/mm <sup>2</sup>                                                                 | Resistenza media cls                             |
| $\rho_{eff}$     | 0,0539                                                                                 | Rapporto area acciaio/area efficace              |
| $\epsilon_{sm1}$ | 0,000649                                                                               | Deformazione unitaria media barre di calcolo     |
| $\epsilon_{sm2}$ | 0,000463                                                                               | Deformazione unitaria media barre valore minimo  |
| $\epsilon_{sm}$  | 0,000649                                                                               | Deformazione unitaria media                      |
| $k_3$            | 3,4                                                                                    | Coefficiente                                     |
| $k_4$            | 0,4                                                                                    | Coefficiente                                     |
| $\Delta s_{max}$ | 285,9 mm                                                                               | Distanza massima tra le fessure                  |
| $w_d$            | ✓ 0,185 mm                                                                             | Valore di calcolo apertura fessure               |

## 23.4 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSOFLESSIONE

### 23.4.1 CONDIZIONE STATICA SLU - STR - $N_{MAX}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{Sd} = 4.139,37$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{Sd} = 1.882,19$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File: [X] [Y] [Z]

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: [ ]

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]

Raggio interno: 0 [cm]

N° barre uguali: 48

Diametro barre: 2,6 [cm]

Copri ferro (baric.): 9,65 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

☐ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☒ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 4139,37 [kN]

M<sub>Ed</sub>: 1882,19 [kNm]

M<sub>yEd</sub>: 0 [kNm]

M<sub>zEd</sub>: 0 [kNm]

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☐ Metodo n

Tipo flessione

☒ Retta ☐ Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 [cm] Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰

$f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰

$E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14,17

$E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 1

$\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75

$\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6

$\tau_{cl}$ : 1,829

M<sub>xRd</sub>: 4.711 [kNm]

$\sigma_c$ : -14,17 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_s$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_c$ : 3,5 ‰

$\epsilon_s$ : 3,825 ‰

d: 110,4 [cm]

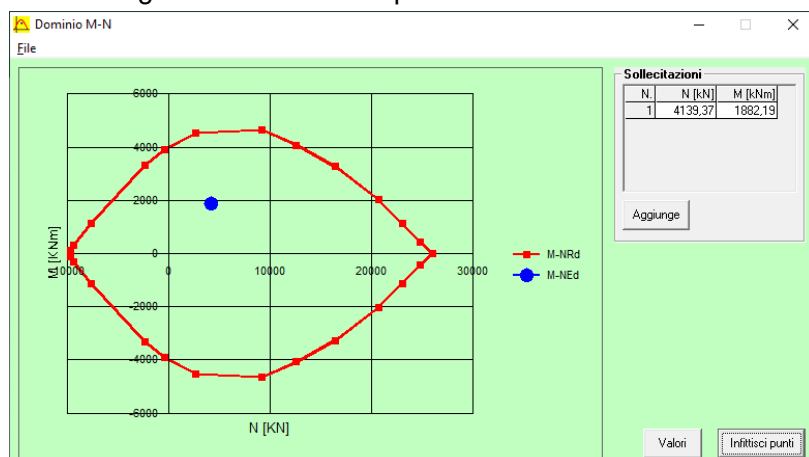
x: 52,73 x/d: 0,4778

$\delta$ : 1

Il momento resistente risulta pari a:

$$M_{Rd} = 4.711,00 \text{ kNm} > M_{Sd} = 1.882,19 \text{ kNm}$$

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 23.4.2 CONDIZIONE STATICA SLU - STR - $N_{MIN}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 427,46$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.882,19$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo:

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]  
Raggio interno: 0 [cm]  
N° barre uguali: 48  
Diametro barre: 2,6 [cm]  
Copriferro (baric.): 9,65 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione:  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☒ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Diagramma di sezione:

Sollecitazioni:  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 427,46 kN  
M<sub>xEd</sub>: 1882,19 kNm  
M<sub>yEd</sub>: 0

P.to applicazione N:  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura:  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:  
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☐ Metodo n

Tipo flessione:  
☒ Retta ☐ Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Materiali:  
B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 1  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{cl}$ : 1,829

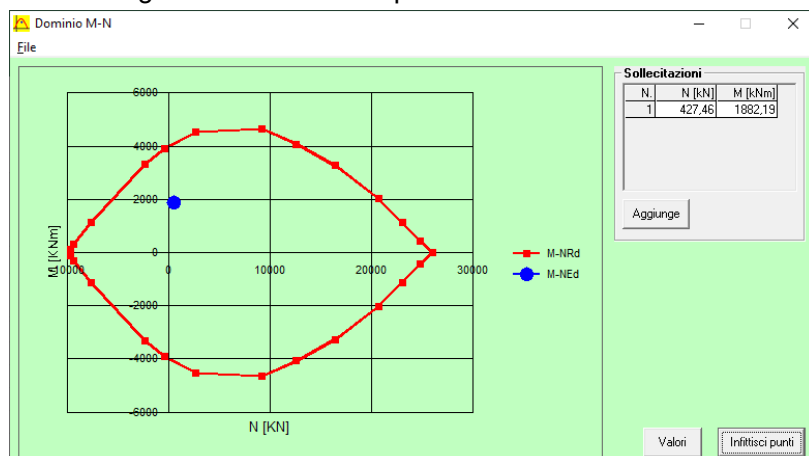
M<sub>xRd</sub>: 4.117 kNm  
 $\sigma_c$ : -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$ : 3,5 ‰  
 $\epsilon_s$ : 6,485 ‰  
d: 110,4 cm  
x: 38,68 x/d: 0,3505  
 $\delta$ : 0,8782

☐ Precompresso

Il momento resistente risulta pari a:

$$M_{Rd} = 4.117,00 \text{ kNm} > M_{sd} = 1.882,19 \text{ kNm}$$

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 23.4.3 CONDIZIONE SISMICA SLV - $N_{MAX}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 3.129,43$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.750,16$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo:

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]  
Raggio interno: 0 [cm]  
N° barre uguali: 48  
Diametro barre: 2,6 [cm]  
Copriferro (baric.): 9,65 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione:  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☒ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Diagramma della sezione:

Sollecitazioni:  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 3129,43 kN  
M<sub>xEd</sub>: 1750,16 kNm  
M<sub>yEd</sub>: 0

P.to applicazione N:  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura:  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:  
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☐ Metodo n

Tipo flessione:  
☒ Retta ☐ Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Materiali:  
B450C C25/30

ε<sub>su</sub>: 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm<sup>2</sup> ε<sub>cu</sub>: 3,5 ‰  
E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub>: 14,17 N/mm<sup>2</sup>  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 1  
ε<sub>syd</sub>: 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 9,75 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub>: 0,6  
τ<sub>cl</sub>: 1,829

M<sub>xRd</sub>: 4.599 kNm

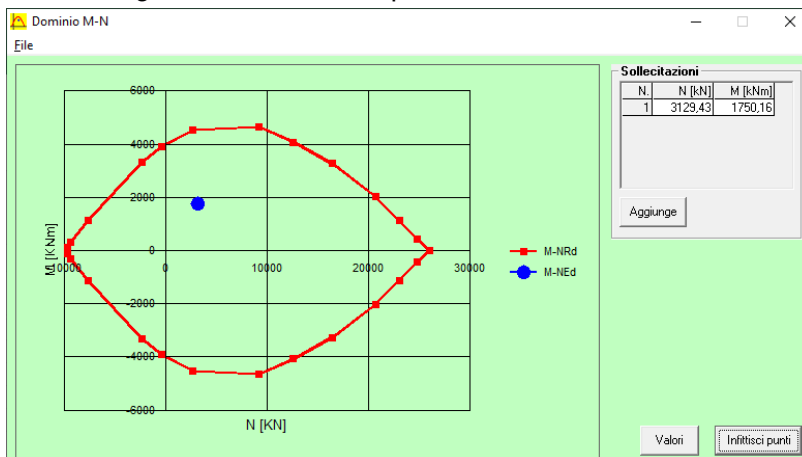
σ<sub>c</sub>: -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s</sub>: 391,3 N/mm<sup>2</sup>  
ε<sub>s</sub>: 4,396 ‰  
d: 110,4 cm  
x: 48,91 x/d: 0,4433  
δ: 0,9941

☐ Precompresso

Il momento resistente risulta pari a:

$M_{Rd} = 4.599,00$  kNm >  $M_{sd} = 1.750,16$  kNm

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

#### 23.4.4 CONDIZIONE SISMICA SLV – $N_{MIN}$

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 58,82$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = 1.750,16$  kNm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo:

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]  
Raggio interno: 0 [cm]  
N° barre uguali: 48  
Diametro barre: 2,6 [cm]  
Copriferro (baric.): 9,65 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione:  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☒ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Diagramma della sezione:

Sollecitazioni:  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 58,82 kN  
M<sub>xEd</sub>: 1750,16 kNm  
M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

P.to applicazione N:  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura:  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:  
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☐ Metodo n

Tipo flessione:  
☒ Retta ☐ Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali:

B450C C25/30

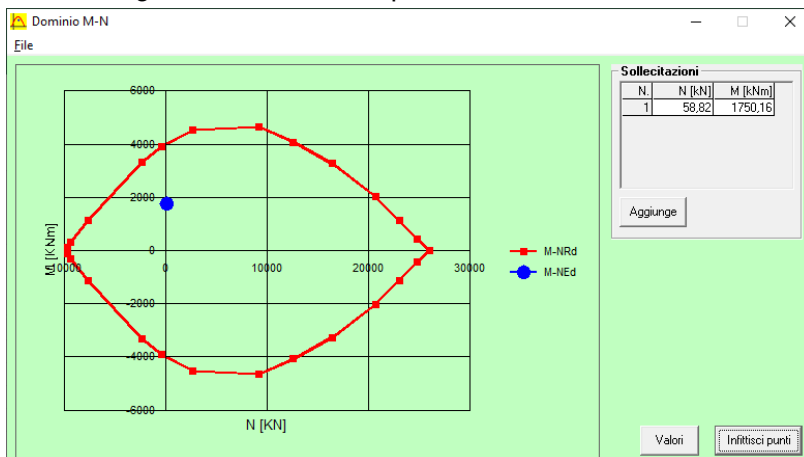
$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 1  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{cl}$ : 1,829

M<sub>xRd</sub>: 4.029 kNm  
 $\sigma_c$ : -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$ : 3,5 ‰  
 $\epsilon_s$ : 6,875 ‰  
d: 110,4 cm  
x: 37,23 x/d: 0,3373  
 $\delta$ : 0,8617

Il momento resistente risulta pari a:

$M_{Rd} = 4.029,00$  kNm >  $M_{sd} = 1.750,16$  kNm

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 23.5 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a  $V_{sd} = 561,64 \text{ kN}$ .

A favore di sicurezza non viene considerato il contributo dell'azione normale.

La verifica viene condotta su una sezione quadrata equivalente di lato pari a **106,34 cm** (equivalenza d'area).

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO D.M. 17.01.2018 - CAPITOLO 4.1.2.3.5.2

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE

|                                    |   |        |      |
|------------------------------------|---|--------|------|
| Base della sezione trasversale:    | b | 106,35 | [cm] |
| Altezza della sezione trasversale: | h | 106,35 | [cm] |
| Copriferro netto:                  | c | 6,00   | [cm] |
| Altezza utile della sezione:       | d | 100,35 | [cm] |

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

|                                                      |          |        |                      |
|------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------|
| Classe di resistenza del calcestruzzo:               |          | C25/30 |                      |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione:     | $R_{ck}$ | 30,00  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione: | $f_{ck}$ | 24,90  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo a compressione:                | $f_{cd}$ | 14,11  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tipologia dell'acciaio da armatura:                  |          | B450C  |                      |
| Tensione caratteristica di rottura:                  | $f_{tk}$ | 540,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione caratteristica di snervamento:              | $f_{yk}$ | 450,00 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza di calcolo:                               | $f_{yd}$ | 391,30 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

#### AZIONI SOLLECITANTI DI CALCOLO

|                              |           |        |      |
|------------------------------|-----------|--------|------|
| Azione tagliante di calcolo: | $V_{S,d}$ | 561,64 | [kN] |
| Azione normale di calcolo:   | $N_{S,d}$ | 0,00   | [kN] |

#### ARMATURA TRASVERSALE

|                                                                       |                      |       |                      |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|-------|----------------------|
| Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo:                             | $\theta$             | 45,00 | [°]                  |
| Cotangente dell'angolo $\theta$ :                                     | $\cot(\theta)$       | 1,00  |                      |
| Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave: | $\alpha$             | 90,00 | [°]                  |
| Numero di bracci dell'armatura trasversale:                           | n                    | 2,00  |                      |
| Passo longitudinale delle armature trasversali:                       | s                    | 10,00 | [cm]                 |
| Diametro dell'armatura trasversale:                                   | $\varnothing_{trav}$ | 12,00 | [mm]                 |
| Area della singola barra:                                             | $A_{barra}$          | 1,13  | [cm <sup>2</sup> ]   |
| Area totale dell'armatura trasversale:                                | $A_{tot}$            | 22,60 | [cm <sup>2</sup> /m] |

#### VERIFICA ALLO S.L.U. PER TAGLIO

La resistenza di calcolo a "taglio trazione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.27]:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot [\cot(\alpha) + \cot(\theta)] \cdot \sin(\alpha)$$

La resistenza di calcolo a "taglio compressione" viene valutata mediante la seguente relazione - D.M. 17.01.2018 [4.1.28]:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{[\cot(\alpha) + \cot(\theta)]}{[1 + \cot^2(\theta)]}$$

|                                                     |                           |         |                      |
|-----------------------------------------------------|---------------------------|---------|----------------------|
| Larghezza minima della sezione:                     | $b_w$                     | 106,35  | [cm]                 |
| Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo: | $f_{yd}$                  | 7,06    | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione media di compressione nella sezione:       | $\sigma_{cp}$             | 0,00    | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Coefficiente maggiorativo $\alpha_c$ :              | $\alpha_c$                | 1,00    |                      |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"           | $V_{Rsd}$                 | 798,70  | [kN]                 |
| RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSIONE"       | $V_{Rcd}$                 | 3388,16 | [kN]                 |
| AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:          | $V_{R,d}$                 | 798,70  | [kN]                 |
| COEFFICIENTE DI SICUREZZA:                          | $F_s = V_{R,d} / V_{S,d}$ | 1,42    |                      |

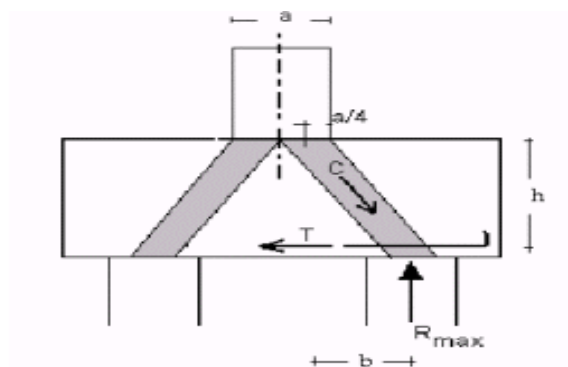
LA VERIFICA RISULTA POSITIVA.

## 24 SPALLA B – VERIFICHE STRUTTURALI DELLE ZATTERE DI FONDAZIONE

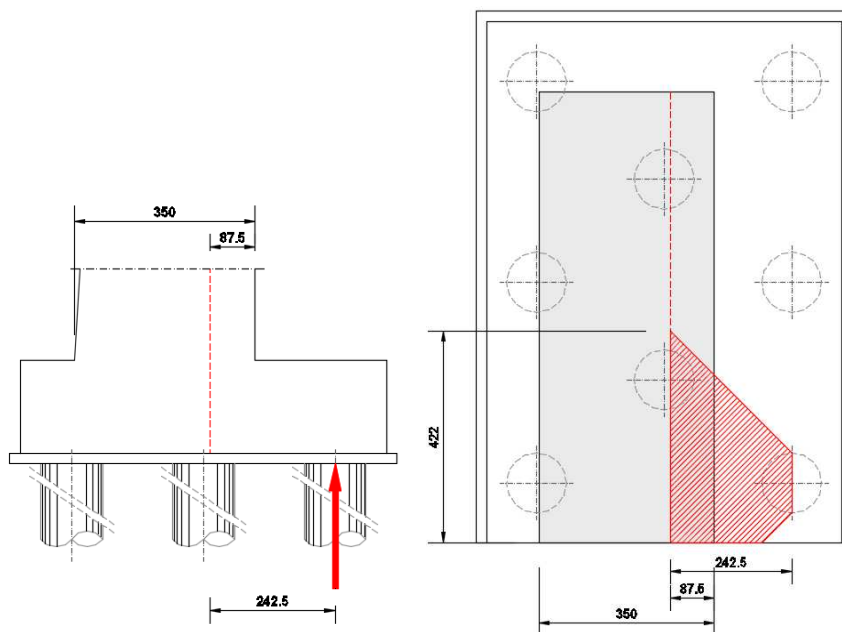
### 24.1 ZATTERA DI FONDAZIONE – VERIFICHE STRUTTURALI

La verifica della zattera di fondazione è stata condotta con il metodo degli stati limite, calcolando la capacità ultima di resistenza dell'elemento strutturale rispetto ai principali meccanismi di collasso individuabili.

È necessario osservare che, dato il valore dei rapporti altezza – aggetto dalla pila nelle diverse situazioni presenti nel progetto, le mensole da verificare sono di tipo “tozzo”. Pertanto non può essere impiegata la “teoria della trave”, ma è più opportuno adottare una schematizzazione a traliccio basata sull'ipotesi di un meccanismo di trasferimento degli sforzi a “tirante di acciaio” – “puntone di cls” che meglio rappresenta il reale andamento delle tensioni all'interno dei materiali costituenti l'elemento.



Per la verifica della fondazione è necessario per prima cosa stabilire la larghezza di zattera di fondazione competente al singolo palo, da assumere per il meccanismo resistente a tirante-puntone. si ottiene diffondendo il carico trasmesso dal palo secondo delle isostatiche a 45°, ed è pari a  $l = 4,22 \text{ m}$ , come mostrato delle immagini successive:



Di seguito si assume quindi un sistema a tirante-puntone isolato dal resto del plinto e di larghezza pari a  $l = 4,22 \text{ m}$ , nel quale il tirante è costituito da **41Ø26** (Area: **217,68 cm<sup>2</sup>**).

Detta  $h = 1,710 \text{ m}$  la distanza del baricentro del tirante inferiore dal lembo compresso superiore ed assumendo quale braccio  $b$  della mensola tozza, quello che va dal centro dei pali ad  $\frac{1}{4}$  dello spessore del muro in elevazione, e pertanto  $b = 2,425 \text{ m}$ , si calcola la risultante ultima resistente sull'insieme dei pali di bordo in direzione trasversale, assumendo:

- $\sigma_s = 360,00 \text{ N/mm}^2$  (tensione limite definita per le verifiche di limitazione delle tensioni in esercizio)
- $f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$  (resistenza di calcolo dell'acciaio)

La resistenza del tirante in acciaio costituito dall'armatura inferiore è valutata mediante la seguente relazione:

- Stato Limite di Esercizio  $\rightarrow T_{Rd} = A_s \cdot \sigma_s \cdot \frac{h}{d}$
- Stato Limite Ultimo  $\rightarrow T_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot \frac{h}{d}$

La tensione massima sul calcestruzzo della biella compressa è valutata mediante la seguente relazione:

$$\sigma_c = \frac{N_{Sd}}{(0,2 \cdot h \cdot l) \cdot (\sin(\arctan(\frac{h}{b})))}$$

Di seguito sono riportate le verifiche del tirante metallico e dalla biella compressa in calcestruzzo per le differenti combinazioni di carico considerate:

| SOTTOSTRUTTURA |            | COMBINAZIONE           | l<br>[m] | b<br>[m] | h<br>[m] | A <sub>s</sub><br>[mm <sup>2</sup> ] | f <sub>y</sub><br>[N/mm <sup>2</sup> ] | VERIFICA DEL TIRANTE IN ACCIAIO |                         |                  | VERIFICA DEL PUNTONE IN CLS            |                                          |                  |
|----------------|------------|------------------------|----------|----------|----------|--------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|------------------|
|                |            |                        |          |          |          |                                      |                                        | N <sub>Sd,max</sub><br>[kN]     | T <sub>Rd</sub><br>[kN] | F <sub>SIC</sub> | σ <sub>c</sub><br>[N/mm <sup>2</sup> ] | σ <sub>lim</sub><br>[N/mm <sup>2</sup> ] | F <sub>SIC</sub> |
| SPALLA B       | ZATTERA SX | SLE - QUASI PERMANENTE | 4,22     | 2,425    | 1,721    | 21.768,00                            | 360,00                                 | 2.498,67                        | 5.561,48                | 2,23             | 2,97                                   | 14,94                                    | 5,03             |
|                |            | SLE - FREQUENTE        | 4,22     | 2,425    | 1,721    | 21.768,00                            | 360,00                                 | 2.688,43                        | 5.561,48                | 2,07             | 3,20                                   | 14,94                                    | 4,67             |
|                |            | SLE - CARATTERISTICA   | 4,22     | 2,425    | 1,721    | 21.768,00                            | 360,00                                 | 2.775,24                        | 5.561,48                | 2,00             | 3,30                                   | 19,92                                    | 6,03             |
|                |            | SLU - STR              | 4,22     | 2,425    | 1,721    | 21.768,00                            | 391,30                                 | 3.775,16                        | 6.045,02                | 1,60             | 4,49                                   | 18,81                                    | 4,19             |
|                |            | SLV                    | 4,22     | 2,425    | 1,721    | 21.768,00                            | 391,30                                 | 2.986,12                        | 6.045,02                | 2,02             | 3,55                                   | 18,81                                    | 5,30             |
|                | ZATTERA DX | SLE - QUASI PERMANENTE | 4,22     | 2,425    | 1,721    | 21.768,00                            | 360,00                                 | 2.651,53                        | 5.561,48                | 2,10             | 3,15                                   | 14,94                                    | 4,74             |
|                |            | SLE - FREQUENTE        | 4,22     | 2,425    | 1,721    | 21.768,00                            | 360,00                                 | 2.924,97                        | 5.561,48                | 1,90             | 3,48                                   | 14,94                                    | 4,29             |
|                |            | SLE - CARATTERISTICA   | 4,22     | 2,425    | 1,721    | 21.768,00                            | 360,00                                 | 3.040,19                        | 5.561,48                | 1,83             | 3,62                                   | 19,92                                    | 5,51             |
|                |            | SLU - STR              | 4,22     | 2,425    | 1,721    | 21.768,00                            | 391,30                                 | 4.139,37                        | 6.045,02                | 1,46             | 4,92                                   | 18,81                                    | 3,82             |
|                |            | SLV                    | 4,22     | 2,425    | 1,721    | 21.768,00                            | 391,30                                 | 3.129,43                        | 6.045,02                | 1,93             | 3,72                                   | 18,81                                    | 5,05             |

## 25 SPALLA B – VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI DI FONDAZIONE

### 25.1 FORMULAZIONI ADOTTATE PER LA VERIFICA DEL CARICO LIMITE ULTIMO

La stima della capacità portante per carico verticale di un palo isolato  $Q_{LIM}$  mediante formule statiche è ottenuta valutando i massimi mobilizzabili, in condizioni di equilibrio limite, della resistenza laterale  $Q_S$  e di quella di punta  $Q_P$ :

$$Q_{LIM} + W_P = Q_S + Q_P$$

essendo  $W_P$  il peso proprio del palo.

Si fanno le seguenti ipotesi:

- il carico limite del sistema palo – terreno è condizionato dalla resistenza del terreno e non da quella del palo;
- il palo è un corpo cilindrico rigido;
- i termini di capacità portante per attrito e/o aderenza laterale  $Q_S$  e di capacità portante di punta  $Q_P$  non si influenzano reciprocamente e possono essere determinati separatamente.

#### 25.1.1 PALO IN TERRENO COESIVO SATURO

##### Stima della capacità portante laterale $Q_S$

La capacità portante per aderenza e/o per attrito laterale  $Q_S$  per un palo di diametro  $D$  e lunghezza  $L$  è per definizione:

$$Q_S = \pi \cdot D \cdot \int_0^L \tau_s \cdot dz$$

Si assume che le tensioni tangenziali limite siano una quota parte della resistenza a taglio non drenata originaria del terreno indisturbato:

$$\tau_s = \alpha \cdot c_u$$

In cui  $\alpha$  è un coefficiente empirico di aderenza che dipende dal tipo di terreno, dalla resistenza al taglio non drenata del terreno indisturbato, dal metodo di costruzione del palo, dal tempo, dalla profondità e dal cedimento del palo.

Per la valutazione del coefficiente  $\alpha$  per i pali trivellati si assume la seguente formulazione con  $c_u$  espresso in [kPa] (Viggiani, 1999):

- $c_u < 25 \rightarrow \alpha = 0,70$
- $25 < c_u < 70 \rightarrow \alpha = 0,70 - 0,08 \cdot (c_u - 25)$
- $70 < c_u \rightarrow \alpha = 0,35$

##### Stima della capacità portante di punta $Q_P$

Per la stima della capacità portante di punta  $Q_P$  si esegue un'analisi in condizioni non drenate, in termini di tensioni totali. L'equazione di riferimento è formalmente identica a quella della capacità portante di fondazioni superficiali su terreno coesivo in condizioni non drenate:

$$Q_P = A_P \cdot q_P = A_P \cdot (c_u \cdot N_c + \sigma_{v0,P})$$

in cui:

- $A_P$  è l'area di base del palo;
- $q_P$  è la capacità portante unitaria;
- $c_u$  è la resistenza al taglio in condizioni non drenate del terreno alla profondità della base del palo;
- $\sigma_{v0,P}$  è la tensione verticale totale alla punta;
- $N_c$  è il fattore di capacità portante, il cui valore è assunto pari a **9,00**.

### 25.1.2 PALO IN TERRENO INCOERENTE

Nel caso di pali in terreni incoerenti, e quindi a elevata permeabilità, l'analisi è svolta sempre con riferimento alle condizioni drenate e quindi in termini di tensioni efficaci.

#### Stima della capacità portante laterale $Q_s$

La capacità portante per aderenza e/o per attrito laterale per un palo di diametro  $D$  e lunghezza  $L$  è per definizione:

$$Q_s = \pi \cdot D \cdot \int_0^L \tau_s \cdot dz$$

Si assume che le sovrappressioni interstiziali che si generano durante la messa in opera del palo si siano dissipate al momento di applicazione del carico e che pertanto la tensione tangenziale limite possa essere valutata, con riferimento alle tensioni efficaci, nel modo seguente:

$$\tau_s = \sigma'_h \cdot \tan \delta = K \cdot \sigma'_{v0} \cdot \tan \delta$$

in cui:

- $\sigma'_h$  è la tensione efficace orizzontale nel terreno a contatto con il palo;
- $\sigma'_{v0}$  è la tensione efficace verticale iniziale prima della messa in opera del palo;
- $K$  è un coefficiente di spinta, rapporto fra  $\sigma'_h$  e  $\sigma'_{v0} \rightarrow K = 1 - \sin(\varphi')$
- $\tan \delta$  è il coefficiente di attrito palo – terreno  $\rightarrow \mu = \tan \delta = \tan(\varphi')$

#### Stima della capacità portante di punta $Q_P$

Per la stima della capacità portante di punta  $Q_P$  dei pali in terreni incoerenti è stimata con l'equazione:

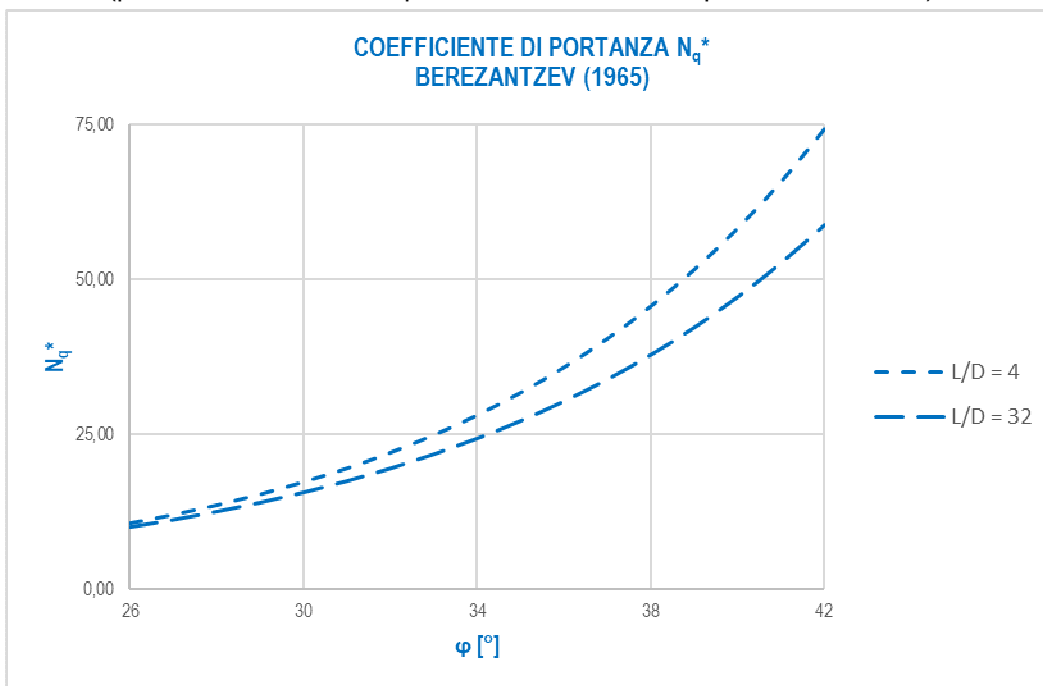
$$Q_P = A_P \cdot q_P = A_P \cdot \sigma'_{v0,P} \cdot N_q$$

in cui:

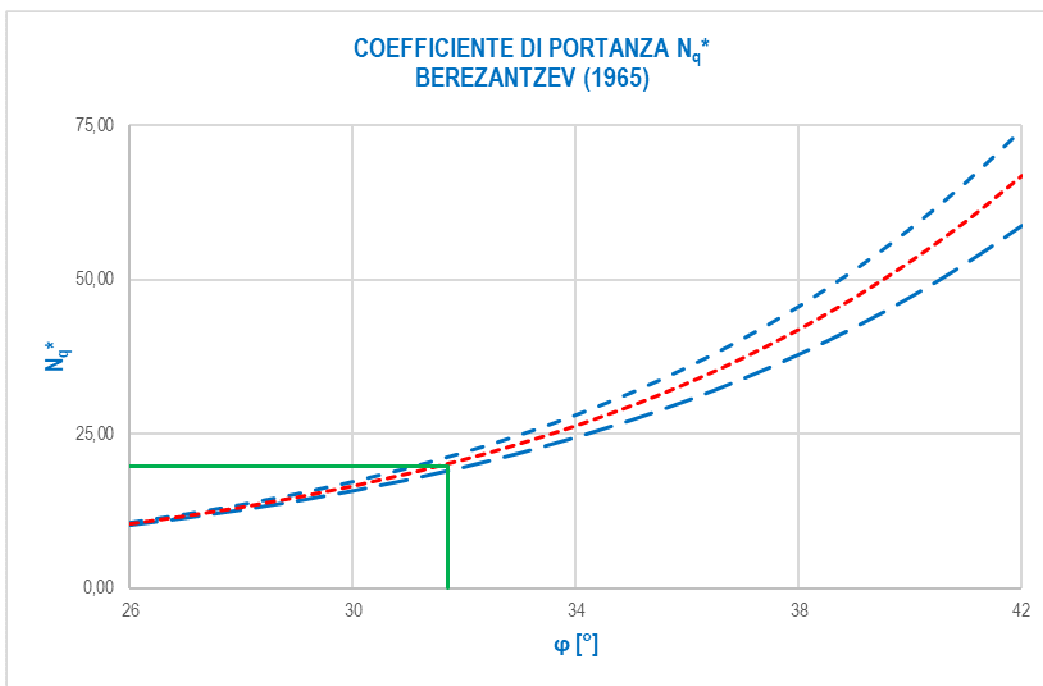
- $A_P$  è l'area di base del palo;
- $q_P$  è la capacità portante unitaria;
- $\sigma_{v0,P}$  è la tensione verticale totale alla punta;
- $N_q$  è il fattore di capacità portante.

## 25.2 VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI CAPACITÀ PORTANTE ALLA PUNTA $N_q$

Il fattore di capacità portante  $N_q$  è definito mediante il metodo di Berezantzev “ridotto” (1965), in funzione al valore dell’angolo di attrito del terreno in corrispondenza della base del palo e del rapporto tra lunghezza del palo  $L$  e diametro del palo  $D$ . Il valore di  $N_q^*$  è estrapolabile dal seguente abaco (per valori intermedi si procede mediante interpolazione lineare):



Considerato un terreno alla base con angolo di attrito pari a  $31,70^\circ$  e un rapporto  $L/D = 26,00/1,20 = 21,67$ , è stato determinato un valore del coefficiente di portanza alla punta pari a  $N_q^* = 19,48$ .



Considerato l'utilizzo del metodo di Berezantzev “ridotto” per i pali di grande diametro (cautelativo), non è stata presa in considerazione la correlazione di Kishida per i pali trivellati.

### 25.3 VERIFICHE DI PORTANZA VERTICALE (CARICO LIMITE ULTIMO) E LATERALE DEL PALO

Le verifiche geotecniche di carico limite ultimo e portanza laterale sono state condotte mediante il software CARL 12.0 (Aztec Informatica).

Considerato il piano di posa della zattera di fondazione posto a quota **-2,80 m** dal piano di campagna (pari allo spessore della zattera), si considera una pressione iniziale in corrispondenza di tale piano (testa palo) pari al peso del terreno originario rimosso:

$$p = 18,50 \times 2,80 = 27,75 \text{ kN/m}^2 = 0,518 \text{ kg/cm}^2$$

Si considera, per i primi **3,0 m** a partire dalla testa palo, la presenza del lamierino metallico a perdere.

Le verifiche sono state condotte per le combinazioni allo Stato Limite Ultimo statiche e sismiche maggiormente gravose, considerando i seguenti carichi:

| COMBINAZIONE | $N_{sd}$<br>[kN] | $V_{sd}$<br>[kN] |
|--------------|------------------|------------------|
| SLU - STR    | 4.139,37         | 561,64           |
| SLV          | 3.129,43         | 522,24           |

Il peso proprio del palo è tenuto in conto in maniera automatica dal software di calcolo.

#### Richiami teorici

##### Determinazione della capacità portante

Il carico verticale che grava sul palo va confrontato con il valore di calcolo della resistenza verticale del palo stesso. Il problema che si pone, quindi, è quello di determinare la capacità portante del palo. Determinata la capacità portante, la resistenza di calcolo verticale del palo si ottiene applicando degli opportuni coefficienti di sicurezza.

La capacità portante di un palo viene valutata come somma di due contributi: portanza di base (o di punta) e portanza per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

- $Q_T$  Portanza totale del palo;
- $Q_P$  Portanza di base del palo;
- $Q_L$  Portanza per attrito laterale del palo;
- $W_P$  Peso proprio del palo.

Le due componenti  $Q_P$  e  $Q_L$  sono calcolate in modo indipendente fra loro. Risulta molto difficoltoso, tranne che in poche situazioni, stabilire quanta parte del carico viene assorbita per attrito laterale e quanta per resistenza alla base.

Nel caso di pali soggetti a trazione la resistenza allo sfilamento vale:

$$Q_T = Q_L + W_P$$

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo  $Q_A$  applicando degli opportuni coefficienti di sicurezza rispettivamente  $\gamma_b$  e  $\gamma_s$ .

I coefficienti  $\gamma_b$  e  $\gamma_s$  rappresentano rispettivamente i valori del coefficiente di sicurezza per la portanza di punta e quello per la portanza laterale.

Quindi nel caso di pali compressi abbiamo la seguente relazione:

$$Q_A = Q_P / \gamma_b + Q_L / \gamma_s - W_P$$

Nel caso invece di pali soggetti a sforzi di trazione abbiamo la seguente relazione:

$$Q_A = Q_L / \gamma_s + W_P$$

##### *Capacità portante di punta*

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_P = A_P (c N_c + q_b N_q)$$

dove  $A_p$  è l'area portante efficace della punta del palo,  $c$  è la coesione,  $q_b$  è la pressione del terreno alla quota della punta del palo ed i coefficienti  $N_c$  e  $N_q$  sono i coefficienti delle formule della capacità portante corretti per tener conto degli effetti di profondità.  $N_c$  ed  $N_q$  dipendono sia dalla geometria del palo che dalle caratteristiche del terreno angolo di attrito e coesione ( $\phi$  e  $c$ ).

### Capacità portante per attrito laterale

La portanza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limiti:

$$Q_L = \int (\tau_a) dS$$

dove  $\tau_a$  è dato dalla nota relazione di Coulomb:

$$\tau_a = c_a + \sigma_h \tan \delta$$

dove  $c_a$  è l'adesione palo-terreno,  $\delta$  è l'angolo di attrito palo-terreno, e  $\sigma_h$  è la tensione orizzontale alla generica profondità  $z$ . La tensione orizzontale  $\sigma_h$  è legata alla pressione verticale  $\sigma_v$  tramite il coefficiente di spinta  $K_s$

$$\sigma_h = K_s \sigma_v$$

Indicando con  $C$  il perimetro e con  $L$  la lunghezza del palo abbiamo:

$$\int^L (C(c_a + K_s \sigma_v \tan \delta) dz)$$

### Analisi del palo soggetto a forze orizzontali (Portanza trasversale)

La resistenza limite laterale di un palo è determinata dal minimo valore fra il carico orizzontale necessario per produrre il collasso del terreno lungo il fusto del palo ed il carico orizzontale necessario per produrre la plasticizzazione del palo. Il primo meccanismo (plasticizzazione del terreno) si verifica nel caso di pali molto rigidi in terreni poco resistenti (meccanismo di palo corto) mentre il secondo meccanismo si verifica nel caso di pali aventi rigidità non eccessive rispetto al terreno di infissione (meccanismo di palo lungo o intermedio). Nel modello di terreno alla Winkler il terreno viene schematizzato come una serie di molle elastiche indipendenti fra di loro. Le molle che schematizzano il terreno vengono caratterizzate tramite una costante di rigidità elastica,  $K_h$ , espressa in  $\text{Kg/cm}^2/\text{cm}$  che rappresenta la pressione (in  $\text{Kg/cm}^2$ ) che bisogna applicare per ottenere lo spostamento di 1 cm. La determinazione di questa costante può essere fatta o tramite prove di carico su piastra o mediante metodi analitici (convenzionali). La variazione della costante di Winkler con la profondità dipende dal tipo di terreno in cui il palo è immerso. Ad esempio nel caso di terreni coesivi in condizioni non drenate  $K_h$  assume un valore costante con la profondità mentre nel caso di terreni incoerenti la variazione di  $K_h$  è di tipo lineare (crescente con la profondità). In generale l'espressione di  $K_h$  assume una forma binomia del tipo:

$$K_h(z) = A + B z^n$$

Per l'analisi di pali caricati trasversalmente si utilizza il modello di Winkler. Il palo viene suddiviso in un determinato numero (100) di elementi tipo trave aventi area ed inerzia pari a quella della sezione trasversale del palo. In corrispondenza di ogni nodo di separazione fra i vari elementi viene inserita una molla orizzontale di opportuna rigidità che schematizza il terreno. Il comportamento delle molle che schematizzano il terreno non è infinitamente elastico ma è di tipo elastoplastico. La singola molla reagisce fino ad un valore limite di spostamento o di reazione; una volta che è stato superato tale limite la molla non offre ulteriori incrementi di resistenza (diagramma tipo elastoplastico perfetto). Indicando con  $d_y$  la lunghezza del tratto di influenza della molla, con  $D$  il diametro del palo la molla avrà una rigidità pari a:

$$K_m = d_y \cdot D \cdot K_k$$

La resistenza limite del terreno rappresenta il valore limite di resistenza che il terreno può esplicare quando il palo è soggetto ad un carico orizzontale. La resistenza limite  $p_u = p_u(z)$  dipende dalle caratteristiche del terreno e dalla geometria del palo. In terreni puramente coesivi ( $c=c_u$ ,  $\phi=0$ ) la resistenza cresce dal valore 0 in sommità fino ad un valore limite in corrispondenza di una profondità pari a circa 3 diametri. Il valore limite in tal caso è variabile fra 8 e 12  $c_u$ . Nel caso di terreni dotati di attrito e coesione la resistenza limite ad una generica profondità  $z$  è rappresentata dalla relazione (Brinch Hansen):

$$P_u = q K_{pq} + c K_{pc}$$

dove:

$D$  diametro del palo

$q$  pressione geostatica alla profondità  $z$

$c$  coesione alla profondità  $z$

$K_{pq}$ ,  $K_{pc}$  coefficienti funzione dell'angolo di attrito del terreno  $\phi$  e del rapporto  $z/D$ .

Broms ha eseguito l'analisi considerando il caso sia di palo vincolato in testa che di palo libero immerso in un mezzo omogeneo. Nel caso di terreni coesivi Broms assume in questo caso un diagramma di resistenza nullo fino ad una profondità pari a  $1,5D$  e poi valore costante pari a  $9c_u D$ .

Nel caso di terreni incoerenti Broms assume che la resistenza laterale sia variabile con la profondità dal valore 0 (in testa) fino al valore  $3\sigma_v K_p D$  (alla base) essendo  $K_p$  il coefficiente di resistenza passiva espresso da  $K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$ .

## Dati

### Geometria della fondazione

#### Simbologia adottata

|              |                                                  |
|--------------|--------------------------------------------------|
| <i>Descr</i> | Descrizione del palo                             |
| <i>Frm</i>   | Forma del palo ((C)=Costante, (R)=Rastremato)    |
| <i>X</i>     | Ascissa del baricentro del palo espressa in [m]  |
| <i>Y</i>     | Ordinata del baricentro del palo espressa in [m] |
| <i>D</i>     | Diametro del palo espresso in [cm]               |
| <i>L</i>     | Lunghezza del palo espressa in [m]               |

| Descr    | Frm | X    | Y    | D      | L     |
|----------|-----|------|------|--------|-------|
|          |     | [m]  | [m]  | [m]    | [m]   |
| Palo 120 | (C) | 0,00 | 0,00 | 120,00 | 26,00 |

### Materiali palo

#### Calcestruzzo

|                                                   |           |                       |
|---------------------------------------------------|-----------|-----------------------|
| Tipo                                              | C25/30    |                       |
| Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$ | 305,91    | [kg/cm <sup>2</sup> ] |
| Peso specifico                                    | 2500,00   | [kg/mc]               |
| Modulo elastico                                   | 320665,55 | [kg/cm <sup>2</sup> ] |
| Coeff. di omogeneizzazione                        | 15,00     |                       |

#### Acciaio

|                                        |         |                       |
|----------------------------------------|---------|-----------------------|
| Tipo                                   | B450C   |                       |
| Tensione caratteristica di snervamento | 4588,65 | [kg/cm <sup>2</sup> ] |

#### Coefficienti di sicurezza sui materiali

|                                                     |      |
|-----------------------------------------------------|------|
| Coefficiente di sicurezza calcestruzzo              | 1.50 |
| Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica | 0.83 |
| Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo   | 0.85 |
| Coefficiente di sicurezza acciaio                   | 1.15 |
| Coefficiente di sicurezza sezione                   | 1.00 |

### Caratteristiche pali

Pali in c.a.  
Armatura con ferri longitudinali e staffe  
Tipo di palo TRIVELLATO  
Contributo sia della portanza laterale sia della portanza di punta

### Descrizione terreni e falda

#### Simbologia adottata

|                              |                                                                        |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <i>Descrizione</i>           | Descrizione terreno                                                    |
| $\gamma$                     | Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]                         |
| $\gamma_{sat}$               | Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]                  |
| $\phi$                       | Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi                |
| $\delta$                     | Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi                       |
| $c$                          | Coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]                 |
| $ca$                         | Adesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]                 |
| $\phi_{min}, \phi_{med}$     | Angolo di attrito interno del terreno minimo e medio espresso in gradi |
| $\delta_{min}, \delta_{med}$ | Angolo di attrito palo-terreno minimo e medio espresso in gradi        |
| $c_{min}, c_{med}$           | Coesione del terreno minima e media espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]  |
| $ca_{min}, ca_{med}$         | Adesione del terreno minima e media espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]  |

#### Parametri caratteristici

| Descrizione | $\gamma$ | $\gamma_{sat}$ | $\phi$ | $\delta$ | $c$                   | $ca$                  |
|-------------|----------|----------------|--------|----------|-----------------------|-----------------------|
|             | [kg/mc]  | [kg/mc]        | [°]    | [°]      | [kg/cm <sup>2</sup> ] | [kg/cm <sup>2</sup> ] |
| G3          | 1850,0   | 1850,0         | 30,90  | 30,90    | 0,000                 | 0,000                 |
| S1          | 1900,0   | 1900,0         | 31,70  | 31,70    | 0,000                 | 0,000                 |

## VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| Descrizione    | $\gamma$ | $\gamma_{sat}$ | $\phi$ | $\delta$ | c         | ca        |
|----------------|----------|----------------|--------|----------|-----------|-----------|
|                | [kg/mc]  | [kg/mc]        | [°]    | [°]      | [kg/cmqa] | [kg/cmqa] |
| G3 (lamierino) | 1850,0   | 1850,0         | 30,90  | 30,90    | 0,000     | 0,000     |

### Parametri minimi

| Descrizione    | $\phi_{min}$ | $\delta_{min}$ | Cmin      | CAmin     |
|----------------|--------------|----------------|-----------|-----------|
|                | [°]          | [°]            | [kg/cmqa] | [kg/cmqa] |
| G3             | 30,89        | 30,89          | 0,000     | 0,000     |
| S1             | 31,69        | 31,69          | 0,000     | 0,000     |
| G3 (lamierino) | 30,89        | 30,89          | 0,000     | 0,000     |

### Parametri medi

| Descrizione    | $\phi_{med}$ | $\delta_{med}$ | Cmed      | CAmed     |
|----------------|--------------|----------------|-----------|-----------|
|                | [°]          | [°]            | [kg/cmqa] | [kg/cmqa] |
| G3             | 30,90        | 30,90          | 0,000     | 0,000     |
| S1             | 31,70        | 31,70          | 0,000     | 0,000     |
| G3 (lamierino) | 30,90        | 30,90          | 0,000     | 0,000     |

### Falda

Profondità dal piano di posa 0,00 [m]

### Descrizione stratigrafia

#### Simbologia adottata

|          |                                                                                 |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------|
| N        | Identificativo strato                                                           |
| Z1       | Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m] |
| Z2       | Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m] |
| Z3       | Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m] |
| Terreno  | Terreno dello strato                                                            |
| Kw       | Costante di Winkler espressa in Kg/cm²/cm                                       |
| Ks       | Coefficiente di spinta                                                          |
| $\alpha$ | Coefficiente di espansione laterale                                             |

| n° | Z1    | Z2    | Z3    | Terreno        | Kw           | Ks   | $\alpha$ |
|----|-------|-------|-------|----------------|--------------|------|----------|
|    | [m]   | [m]   | [m]   |                | [kg/cmqa/cm] |      |          |
| 1  | -3,0  | -3,0  | -3,0  | G3 (lamierino) | 0.14         | 0.00 | 1.00     |
| 2  | -7,1  | -7,1  | -7,1  | G3             | 0.14         | 0.49 | 1.00     |
| 3  | -30,0 | -30,0 | -30,0 | S1             | 0.67         | 0.48 | 1.00     |

### Normativa

N.T.C. 2018 - Approccio 2

#### Simbologia adottata

|                     |                                                                                           |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\gamma_{Gsfav}$    | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti                                 |
| $\gamma_{Gfav}$     | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti                                  |
| $\gamma_{Qsfav}$    | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili                                  |
| $\gamma_{Qfav}$     | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili                                   |
| $\gamma_{tan\phi'}$ | Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato                         |
| $\gamma_{c'}$       | Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata                                 |
| $\gamma_{cu}$       | Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata                             |
| $\gamma_{qu}$       | Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo                                      |
| $\gamma_r$          | Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce |

### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| Carichi    | Effetto     |                  | Statici |      | Sismici |      |
|------------|-------------|------------------|---------|------|---------|------|
|            |             |                  | A1      | A2   | A1      | A2   |
| Permanenti | Favorevole  | $\gamma_{Gfav}$  | 1.00    | 1.00 | 1.00    | 1.00 |
| Permanenti | Sfavorevole | $\gamma_{Gsfav}$ | 1.30    | 1.00 | 1.00    | 1.00 |
| Variabili  | Favorevole  | $\gamma_{Qfav}$  | 0.00    | 0.00 | 0.00    | 0.00 |
| Variabili  | Sfavorevole | $\gamma_{Qsfav}$ | 1.50    | 1.30 | 1.00    | 1.00 |

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri                            |                     | Statici |      | Sismici |      |
|--------------------------------------|---------------------|---------|------|---------|------|
|                                      |                     | M1      | M2   | M1      | M2   |
| Tangente dell'angolo di attrito      | $\gamma_{tan\phi'}$ | 1.00    | 1.25 | 1.00    | 1.25 |
| Coesione efficace                    | $\gamma_{c'}$       | 1.00    | 1.25 | 1.00    | 1.25 |
| Resistenza non drenata               | $\gamma_{cu}$       | 1.00    | 1.40 | 1.00    | 1.40 |
| Resistenza a compressione uniassiale | $\gamma_{qu}$       | 1.00    | 1.60 | 1.00    | 1.60 |
| Peso dell'unità di volume            | $\gamma_r$          | 1.00    | 1.00 | 1.00    | 1.00 |

## PALI DI FONDAZIONE

CARICHI VERTICALI. Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche dei pali

### Pali trivellati

|                       |               | R3   |
|-----------------------|---------------|------|
| Punta                 | $\gamma_b$    | 1.35 |
| Laterale compressione | $\gamma_s$    | 1.15 |
| Totale compressione   | $\gamma_t$    | 1.30 |
| Laterale trazione     | $\gamma_{st}$ | 1.25 |

CARICHI TRASVERSALI. Coefficienti parziali  $\gamma_T$  per le verifiche dei pali.

|  |            | R3   |
|--|------------|------|
|  | $\gamma_T$ | 1.30 |

Coefficienti di riduzione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 7  $\xi_3=1.45$   $\xi_4=1.28$

## Condizioni di carico

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

$f_{nd}$  Indice della fondazione

$N_{TOT}$  Sforzo normale totale espressa in [kg]

$M_{YTOT}$  Momento in direzione Y espresso in [kgm]

$T_{TOT}$  Forza di taglio espressa in [kg]

### Condizione n° 1 - Condizione n° 1 - VARIABILE

| Fondazione | $N_{TOT}$ | $M_{YTOT}$ | $T_{XTOT}$ |
|------------|-----------|------------|------------|
|            | [kg]      | [kgm]      | [kg]       |
| Palo 120   | 413937,0  | 0,0        | 56164,0    |

### Condizione n° 2 - Condizione n° 2 - PERMANENTE

| Fondazione | $N_{TOT}$ | $M_{YTOT}$ | $T_{XTOT}$ |
|------------|-----------|------------|------------|
|            | [kg]      | [kgm]      | [kg]       |
| Palo 120   | 312943,0  | 0,0        | 52224,0    |

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

### Combinazione n° 1 - STR - A1-M1-R3

| Cond            | $\gamma$ | $\psi$ |
|-----------------|----------|--------|
| Condizione n° 1 | 1.00     | 1.00   |

### Combinazione n° 2 - STR - A1-M1-R3

| Cond            | $\gamma$ | $\psi$ |
|-----------------|----------|--------|
| Condizione n° 2 | 1.00     | 1.00   |

## Opzioni di calcolo

### Analisi in condizioni drenate

### Verifica della portanza assiale

Il metodo utilizzato per il calcolo della portanza verticale è: Berezantzev ridotto.

E' stata impostata una pressione a piano campagna pari a 0,52 [kg/cmq]

L'andamento della pressione verticale  $\sigma_v$  con la profondità, per il calcolo della portanza di punta, è stata definita come: Pressione geostatica.

## Verifica della portanza trasversale

Costante di Winkler orizzontale definita da STRATO

Criterio di rottura palo-terreno: Pressione limite (Pressione passiva con moltiplicatore = 3.00)

## Risultati

### Verifica della portanza assiale

#### Simbologia adottata

cmb Identificativo della combinazione  
Nc, Nq Fattori di capacità portante  
Pl<sub>min</sub>, Pl<sub>med</sub> Portanza laterale minima e media espressa in [kg]  
Pp<sub>min</sub>, Pp<sub>med</sub> Portanza di punta minima e media espressa in [kg]  
Pd Portanza di progetto espressa in [kg]  
N Scarico verticale in testa al palo espresso in [kg]  
η Coeff. di sicurezza per carichi verticali

| cmb | Nc    | Nq    |
|-----|-------|-------|
| 1   | 29.92 | 19.48 |
| 2   | 29.92 | 19.48 |

| cmb | Pl <sub>med</sub> | Pp <sub>med</sub> | Pl <sub>min</sub> | Pp <sub>min</sub> | Wp    | Pd     | N      | η     |
|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|--------|--------|-------|
|     | [kg]              | [kg]              | [kg]              | [kg]              | [kg]  | [kg]   | [kg]   |       |
| 1   | 454846            | 621912            | 454668            | 621211            | 73513 | 516965 | 413937 | 1.249 |
| 2   | 454846            | 621912            | 454668            | 621211            | 73513 | 516965 | 312943 | 1.652 |

### Verifica della portanza trasversale

#### Simbologia adottata

cmb Identificativo della combinazione  
Tu Taglio resistente ultimo in testa al palo, espresso in [kg]  
Tx Taglio agente in testa al palo, espresso in [kg]  
η=Tu/Tx Coeff. di sicurezza per carichi orizzontali

| cmb | Tu    | T     | η     |
|-----|-------|-------|-------|
|     | [kg]  | [kg]  |       |
| 1   | 89036 | 56164 | 1.585 |
| 2   | 89036 | 52224 | 1.705 |

### Spostamenti e pressioni

#### Simbologia adottata

Nr. Identificativo sezione palo  
Y ordinata palo espressa in [cm]  
Ue spostamento espresso in [cm]  
Pe pressione espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

#### Combinazione n° 1

| n° | Y     | Ue     | Pe                    | n° | Y     | Ue     | Pe                    | n° | Y     | Ue     | Pe                    |
|----|-------|--------|-----------------------|----|-------|--------|-----------------------|----|-------|--------|-----------------------|
|    | [m]   | [cm]   | [kg/cm <sup>2</sup> ] |    | [m]   | [cm]   | [kg/cm <sup>2</sup> ] |    | [m]   | [cm]   | [kg/cm <sup>2</sup> ] |
| 1  | 0,00  | 2,5894 | 0,370                 | 2  | 0,26  | 2,5866 | 0,370                 | 3  | 0,52  | 2,5784 | 0,369                 |
| 4  | 0,78  | 2,5652 | 0,367                 | 5  | 1,04  | 2,5472 | 0,364                 | 6  | 1,30  | 2,5246 | 0,361                 |
| 7  | 1,56  | 2,4979 | 0,357                 | 8  | 1,82  | 2,4672 | 0,353                 | 9  | 2,08  | 2,4327 | 0,348                 |
| 10 | 2,34  | 2,3949 | 0,342                 | 11 | 2,60  | 2,3538 | 0,337                 | 12 | 2,86  | 2,3098 | 0,330                 |
| 13 | 3,12  | 2,2630 | 0,324                 | 14 | 3,38  | 2,2138 | 0,317                 | 15 | 3,64  | 2,1624 | 0,309                 |
| 16 | 3,90  | 2,1089 | 0,302                 | 17 | 4,16  | 2,0536 | 0,294                 | 18 | 4,42  | 1,9967 | 0,286                 |
| 19 | 4,68  | 1,9384 | 0,277                 | 20 | 4,94  | 1,8790 | 0,269                 | 21 | 5,20  | 1,8185 | 0,260                 |
| 22 | 5,46  | 1,7573 | 0,251                 | 23 | 5,72  | 1,6955 | 0,242                 | 24 | 5,98  | 1,6332 | 0,234                 |
| 25 | 6,24  | 1,5708 | 0,225                 | 26 | 6,50  | 1,5082 | 0,216                 | 27 | 6,76  | 1,4458 | 0,207                 |
| 28 | 7,02  | 1,3836 | 0,198                 | 29 | 7,28  | 1,3220 | 0,888                 | 30 | 7,54  | 1,2609 | 0,847                 |
| 31 | 7,80  | 1,2006 | 0,807                 | 32 | 8,06  | 1,1412 | 0,767                 | 33 | 8,32  | 1,0828 | 0,728                 |
| 34 | 8,58  | 1,0255 | 0,689                 | 35 | 8,84  | 0,9694 | 0,651                 | 36 | 9,10  | 0,9147 | 0,615                 |
| 37 | 9,36  | 0,8613 | 0,579                 | 38 | 9,62  | 0,8094 | 0,544                 | 39 | 9,88  | 0,7589 | 0,510                 |
| 40 | 10,14 | 0,7100 | 0,477                 | 41 | 10,40 | 0,6627 | 0,445                 | 42 | 10,66 | 0,6169 | 0,415                 |
| 43 | 10,92 | 0,5728 | 0,385                 | 44 | 11,18 | 0,5303 | 0,356                 | 45 | 11,44 | 0,4895 | 0,329                 |
| 46 | 11,70 | 0,4502 | 0,303                 | 47 | 11,96 | 0,4126 | 0,277                 | 48 | 12,22 | 0,3767 | 0,253                 |
| 49 | 12,48 | 0,3423 | 0,230                 | 50 | 12,74 | 0,3095 | 0,208                 | 51 | 13,00 | 0,2783 | 0,187                 |
| 52 | 13,26 | 0,2486 | 0,167                 | 53 | 13,52 | 0,2205 | 0,148                 | 54 | 13,78 | 0,1938 | 0,130                 |
| 55 | 14,04 | 0,1685 | 0,113                 | 56 | 14,30 | 0,1446 | 0,097                 | 57 | 14,56 | 0,1221 | 0,082                 |

## VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| n°  | Y     | Ue      | Pe       | n°  | Y     | Ue      | Pe       | n°  | Y     | Ue      | Pe       |
|-----|-------|---------|----------|-----|-------|---------|----------|-----|-------|---------|----------|
|     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |
| 58  | 14,82 | 0,1009  | 0,068    | 59  | 15,08 | 0,0811  | 0,054    | 60  | 15,34 | 0,0624  | 0,042    |
| 61  | 15,60 | 0,0449  | 0,030    | 62  | 15,86 | 0,0286  | 0,019    | 63  | 16,12 | 0,0134  | 0,009    |
| 64  | 16,38 | -0,0008 | -0,001   | 65  | 16,64 | -0,0140 | -0,009   | 66  | 16,90 | -0,0262 | -0,018   |
| 67  | 17,16 | -0,0375 | -0,025   | 68  | 17,42 | -0,0479 | -0,032   | 69  | 17,68 | -0,0575 | -0,039   |
| 70  | 17,94 | -0,0663 | -0,045   | 71  | 18,20 | -0,0743 | -0,050   | 72  | 18,46 | -0,0817 | -0,055   |
| 73  | 18,72 | -0,0884 | -0,059   | 74  | 18,98 | -0,0946 | -0,064   | 75  | 19,24 | -0,1001 | -0,067   |
| 76  | 19,50 | -0,1051 | -0,071   | 77  | 19,76 | -0,1096 | -0,074   | 78  | 20,02 | -0,1137 | -0,076   |
| 79  | 20,28 | -0,1173 | -0,079   | 80  | 20,54 | -0,1206 | -0,081   | 81  | 20,80 | -0,1235 | -0,083   |
| 82  | 21,06 | -0,1261 | -0,085   | 83  | 21,32 | -0,1284 | -0,086   | 84  | 21,58 | -0,1304 | -0,088   |
| 85  | 21,84 | -0,1322 | -0,089   | 86  | 22,10 | -0,1338 | -0,090   | 87  | 22,36 | -0,1353 | -0,091   |
| 88  | 22,62 | -0,1365 | -0,092   | 89  | 22,88 | -0,1376 | -0,092   | 90  | 23,14 | -0,1386 | -0,093   |
| 91  | 23,40 | -0,1396 | -0,094   | 92  | 23,66 | -0,1404 | -0,094   | 93  | 23,92 | -0,1411 | -0,095   |
| 94  | 24,18 | -0,1418 | -0,095   | 95  | 24,44 | -0,1425 | -0,096   | 96  | 24,70 | -0,1432 | -0,096   |
| 97  | 24,96 | -0,1438 | -0,097   | 98  | 25,22 | -0,1444 | -0,097   | 99  | 25,48 | -0,1450 | -0,097   |
| 100 | 25,74 | -0,1456 | -0,098   | 101 | 26,00 | -0,1461 | -0,098   | 102 |       |         |          |

### Combinazione n° 2

| n°  | Y     | Ue      | Pe       | n°  | Y     | Ue      | Pe       | n°  | Y     | Ue      | Pe       |
|-----|-------|---------|----------|-----|-------|---------|----------|-----|-------|---------|----------|
|     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |
| 1   | 0,00  | 2,4077  | 0,344    | 2   | 0,26  | 2,4051  | 0,344    | 3   | 0,52  | 2,3975  | 0,343    |
| 4   | 0,78  | 2,3852  | 0,341    | 5   | 1,04  | 2,3685  | 0,339    | 6   | 1,30  | 2,3475  | 0,336    |
| 7   | 1,56  | 2,3226  | 0,332    | 8   | 1,82  | 2,2941  | 0,328    | 9   | 2,08  | 2,2621  | 0,323    |
| 10  | 2,34  | 2,2268  | 0,318    | 11  | 2,60  | 2,1887  | 0,313    | 12  | 2,86  | 2,1477  | 0,307    |
| 13  | 3,12  | 2,1043  | 0,301    | 14  | 3,38  | 2,0585  | 0,294    | 15  | 3,64  | 2,0107  | 0,288    |
| 16  | 3,90  | 1,9609  | 0,280    | 17  | 4,16  | 1,9095  | 0,273    | 18  | 4,42  | 1,8566  | 0,265    |
| 19  | 4,68  | 1,8025  | 0,258    | 20  | 4,94  | 1,7472  | 0,250    | 21  | 5,20  | 1,6910  | 0,242    |
| 22  | 5,46  | 1,6340  | 0,234    | 23  | 5,72  | 1,5765  | 0,225    | 24  | 5,98  | 1,5187  | 0,217    |
| 25  | 6,24  | 1,4606  | 0,209    | 26  | 6,50  | 1,4024  | 0,201    | 27  | 6,76  | 1,3444  | 0,192    |
| 28  | 7,02  | 1,2866  | 0,184    | 29  | 7,28  | 1,2292  | 0,186    | 30  | 7,54  | 1,1724  | 0,178    |
| 31  | 7,80  | 1,1164  | 0,150    | 32  | 8,06  | 1,0611  | 0,173    | 33  | 8,32  | 1,0068  | 0,167    |
| 34  | 8,58  | 0,9535  | 0,141    | 35  | 8,84  | 0,9014  | 0,166    | 36  | 9,10  | 0,8505  | 0,157    |
| 37  | 9,36  | 0,8009  | 0,138    | 38  | 9,62  | 0,7526  | 0,166    | 39  | 9,88  | 0,7057  | 0,147    |
| 40  | 10,14 | 0,6602  | 0,144    | 41  | 10,40 | 0,6162  | 0,144    | 42  | 10,66 | 0,5737  | 0,138    |
| 43  | 10,92 | 0,5326  | 0,158    | 44  | 11,18 | 0,4931  | 0,131    | 45  | 11,44 | 0,4551  | 0,130    |
| 46  | 11,70 | 0,4186  | 0,281    | 47  | 11,96 | 0,3837  | 0,258    | 48  | 12,22 | 0,3502  | 0,235    |
| 49  | 12,48 | 0,3183  | 0,214    | 50  | 12,74 | 0,2878  | 0,193    | 51  | 13,00 | 0,2588  | 0,174    |
| 52  | 13,26 | 0,2312  | 0,155    | 53  | 13,52 | 0,2050  | 0,138    | 54  | 13,78 | 0,1802  | 0,121    |
| 55  | 14,04 | 0,1567  | 0,105    | 56  | 14,30 | 0,1345  | 0,090    | 57  | 14,56 | 0,1136  | 0,076    |
| 58  | 14,82 | 0,0939  | 0,063    | 59  | 15,08 | 0,0754  | 0,051    | 60  | 15,34 | 0,0580  | 0,039    |
| 61  | 15,60 | 0,0418  | 0,028    | 62  | 15,86 | 0,0266  | 0,018    | 63  | 16,12 | 0,0124  | 0,008    |
| 64  | 16,38 | -0,0008 | -0,001   | 65  | 16,64 | -0,0130 | -0,009   | 66  | 16,90 | -0,0243 | -0,016   |
| 67  | 17,16 | -0,0348 | -0,023   | 68  | 17,42 | -0,0445 | -0,030   | 69  | 17,68 | -0,0534 | -0,036   |
| 70  | 17,94 | -0,0616 | -0,041   | 71  | 18,20 | -0,0691 | -0,046   | 72  | 18,46 | -0,0760 | -0,051   |
| 73  | 18,72 | -0,0822 | -0,055   | 74  | 18,98 | -0,0879 | -0,059   | 75  | 19,24 | -0,0931 | -0,063   |
| 76  | 19,50 | -0,0977 | -0,066   | 77  | 19,76 | -0,1019 | -0,069   | 78  | 20,02 | -0,1057 | -0,071   |
| 79  | 20,28 | -0,1091 | -0,073   | 80  | 20,54 | -0,1121 | -0,075   | 81  | 20,80 | -0,1148 | -0,077   |
| 82  | 21,06 | -0,1172 | -0,079   | 83  | 21,32 | -0,1194 | -0,080   | 84  | 21,58 | -0,1213 | -0,082   |
| 85  | 21,84 | -0,1230 | -0,083   | 86  | 22,10 | -0,1245 | -0,084   | 87  | 22,36 | -0,1258 | -0,085   |
| 88  | 22,62 | -0,1269 | -0,085   | 89  | 22,88 | -0,1280 | -0,086   | 90  | 23,14 | -0,1289 | -0,087   |
| 91  | 23,40 | -0,1298 | -0,087   | 92  | 23,66 | -0,1305 | -0,088   | 93  | 23,92 | -0,1312 | -0,088   |
| 94  | 24,18 | -0,1319 | -0,089   | 95  | 24,44 | -0,1325 | -0,089   | 96  | 24,70 | -0,1331 | -0,089   |
| 97  | 24,96 | -0,1337 | -0,090   | 98  | 25,22 | -0,1342 | -0,090   | 99  | 25,48 | -0,1348 | -0,091   |
| 100 | 25,74 | -0,1353 | -0,091   | 101 | 26,00 | -0,1359 | -0,091   | 102 |       |         |          |

### Spostamenti e pressioni limiti

#### Simbologia adottata

Nr. Identificativo sezione palo  
Y ordinata palo espressa in [cm]  
Ur spostamento limite espresso in [cm]  
Pr pressione limite espressa in [kg/cmq]

| n° | Y    | Ur     | Pr       | n° | Y    | Ur     | Pr       | n° | Y    | Ur     | Pr       |
|----|------|--------|----------|----|------|--------|----------|----|------|--------|----------|
|    | [m]  | [cm]   | [kg/cmq] |    | [m]  | [cm]   | [kg/cmq] |    | [m]  | [cm]   | [kg/cmq] |
| 1  | 0,00 | 4,1056 | 0,587    | 2  | 0,26 | 4,1012 | 0,586    | 3  | 0,52 | 4,0882 | 0,585    |
| 4  | 0,78 | 4,0672 | 0,582    | 5  | 1,04 | 4,0386 | 0,578    | 6  | 1,30 | 4,0029 | 0,572    |
| 7  | 1,56 | 3,9604 | 0,566    | 8  | 1,82 | 3,9117 | 0,559    | 9  | 2,08 | 3,8570 | 0,552    |
| 10 | 2,34 | 3,7970 | 0,543    | 11 | 2,60 | 3,7318 | 0,534    | 12 | 2,86 | 3,6620 | 0,524    |
| 13 | 3,12 | 3,5879 | 0,513    | 14 | 3,38 | 3,5099 | 0,502    | 15 | 3,64 | 3,4283 | 0,490    |
| 16 | 3,90 | 3,3435 | 0,478    | 17 | 4,16 | 3,2558 | 0,466    | 18 | 4,42 | 3,1656 | 0,453    |
| 19 | 4,68 | 3,0732 | 0,439    | 20 | 4,94 | 2,9789 | 0,426    | 21 | 5,20 | 2,8831 | 0,412    |
| 22 | 5,46 | 2,7860 | 0,398    | 23 | 5,72 | 2,6880 | 0,384    | 24 | 5,98 | 2,5893 | 0,370    |
| 25 | 6,24 | 2,4902 | 0,356    | 26 | 6,50 | 2,3910 | 0,342    | 27 | 6,76 | 2,2921 | 0,328    |

## VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| n°  | Y     | Ur      | Pr       | n°  | Y     | Ur      | Pr       | n°  | Y     | Ur      | Pr       |
|-----|-------|---------|----------|-----|-------|---------|----------|-----|-------|---------|----------|
|     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |     | [m]   | [cm]    | [kg/cmq] |
| 28  | 7,02  | 2,1935  | 0,314    | 29  | 7,28  | 2,0957  | 1,408    | 30  | 7,54  | 1,9989  | 1,343    |
| 31  | 7,80  | 1,9033  | 1,279    | 32  | 8,06  | 1,8091  | 1,216    | 33  | 8,32  | 1,7165  | 1,153    |
| 34  | 8,58  | 1,6257  | 1,092    | 35  | 8,84  | 1,5368  | 1,033    | 36  | 9,10  | 1,4500  | 0,974    |
| 37  | 9,36  | 1,3654  | 0,918    | 38  | 9,62  | 1,2831  | 0,862    | 39  | 9,88  | 1,2031  | 0,808    |
| 40  | 10,14 | 1,1255  | 0,756    | 41  | 10,40 | 1,0505  | 0,706    | 42  | 10,66 | 0,9780  | 0,657    |
| 43  | 10,92 | 0,9080  | 0,610    | 44  | 11,18 | 0,8406  | 0,565    | 45  | 11,44 | 0,7759  | 0,521    |
| 46  | 11,70 | 0,7137  | 0,480    | 47  | 11,96 | 0,6541  | 0,440    | 48  | 12,22 | 0,5971  | 0,401    |
| 49  | 12,48 | 0,5426  | 0,365    | 50  | 12,74 | 0,4906  | 0,330    | 51  | 13,00 | 0,4411  | 0,296    |
| 52  | 13,26 | 0,3941  | 0,265    | 53  | 13,52 | 0,3494  | 0,235    | 54  | 13,78 | 0,3071  | 0,206    |
| 55  | 14,04 | 0,2670  | 0,179    | 56  | 14,30 | 0,2292  | 0,154    | 57  | 14,56 | 0,1935  | 0,130    |
| 58  | 14,82 | 0,1600  | 0,108    | 59  | 15,08 | 0,1284  | 0,086    | 60  | 15,34 | 0,0988  | 0,066    |
| 61  | 15,60 | 0,0711  | 0,048    | 62  | 15,86 | 0,0453  | 0,030    | 63  | 16,12 | 0,0211  | 0,014    |
| 64  | 16,38 | -0,0013 | -0,001   | 65  | 16,64 | -0,0222 | -0,015   | 66  | 16,90 | -0,0416 | -0,028   |
| 67  | 17,16 | -0,0594 | -0,040   | 68  | 17,42 | -0,0759 | -0,051   | 69  | 17,68 | -0,0911 | -0,061   |
| 70  | 17,94 | -0,1051 | -0,071   | 71  | 18,20 | -0,1179 | -0,079   | 72  | 18,46 | -0,1296 | -0,087   |
| 73  | 18,72 | -0,1402 | -0,094   | 74  | 18,98 | -0,1499 | -0,101   | 75  | 19,24 | -0,1587 | -0,107   |
| 76  | 19,50 | -0,1667 | -0,112   | 77  | 19,76 | -0,1738 | -0,117   | 78  | 20,02 | -0,1803 | -0,121   |
| 79  | 20,28 | -0,1860 | -0,125   | 80  | 20,54 | -0,1912 | -0,128   | 81  | 20,80 | -0,1958 | -0,132   |
| 82  | 21,06 | -0,1999 | -0,134   | 83  | 21,32 | -0,2036 | -0,137   | 84  | 21,58 | -0,2068 | -0,139   |
| 85  | 21,84 | -0,2097 | -0,141   | 86  | 22,10 | -0,2122 | -0,143   | 87  | 22,36 | -0,2144 | -0,144   |
| 88  | 22,62 | -0,2164 | -0,145   | 89  | 22,88 | -0,2182 | -0,147   | 90  | 23,14 | -0,2198 | -0,148   |
| 91  | 23,40 | -0,2212 | -0,149   | 92  | 23,66 | -0,2225 | -0,150   | 93  | 23,92 | -0,2237 | -0,150   |
| 94  | 24,18 | -0,2249 | -0,151   | 95  | 24,44 | -0,2259 | -0,152   | 96  | 24,70 | -0,2269 | -0,152   |
| 97  | 24,96 | -0,2279 | -0,153   | 98  | 25,22 | -0,2289 | -0,154   | 99  | 25,48 | -0,2298 | -0,154   |
| 100 | 25,74 | -0,2307 | -0,155   | 101 | 26,00 | -0,2317 | -0,156   | 102 |       |         |          |

Di seguito sono riepilogati i coefficienti di sicurezza delle verifiche geotecniche desunti dal software di calcolo relativamente alle diverse combinazioni di carico considerate:

| COMBINAZIONE | CARICO LIMITE | PORTANZA LATERALE |
|--------------|---------------|-------------------|
| SLU - STR    | 1,249         | 1,585             |
| SLV          | 1,652         | 1,705             |

### 25.4 VALUTAZIONE DELL'EFFICIENZA DEI PALI IN GRUPPO

Trattandosi di terreni incoerenti l'efficienza dei pali in gruppo è di norma superiore all'unità. Nel caso in esame, a favore di sicurezza, si considera un'efficienza unitaria dei pali in gruppo.

## 25.5 VALIDAZIONE MANUALE DEI RISULTATI DEL SOFTWARE

Nella tabella successiva è riportata la determinazione della portanza laterale caratteristica del palo di fondazione:

|                                                        |       |                      |
|--------------------------------------------------------|-------|----------------------|
| Diametro del palo                                      | 1,20  | [m]                  |
| Lunghezza del palo                                     | 26,00 | [m]                  |
| Quota di falda                                         | 0,00  | [m]                  |
| Pressione al piano di posa della zattera di fondazione | 51,80 | [kN/m <sup>2</sup> ] |

| z<br>[m] | γ<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | γ'<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | γ <sub>w</sub><br>[kN/m <sup>3</sup> ] | σ <sub>v</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | σ <sub>w</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | σ' <sub>v</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | φ<br>[°] | K = 1-sen(φ) | μ=tan(δ)=tan(φ) | T <sub>s</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | T <sub>s,media</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | R <sub>L,k</sub><br>[kN] |
|----------|---------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|----------|--------------|-----------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|
| 0,00     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 51,80                                  | 0,00                                   | 51,80                                   | 30,90    | 0,000        | 0,598           | 0,00                                   | 0,00                                         | 0,00                     |
| 1,00     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 70,30                                  | 10,00                                  | 60,30                                   | 30,90    | 0,000        | 0,598           | 0,00                                   | 0,00                                         | 0,00                     |
| 2,00     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 88,80                                  | 20,00                                  | 68,80                                   | 30,90    | 0,000        | 0,598           | 0,00                                   | 0,00                                         | 0,00                     |
| 3,00     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 107,30                                 | 30,00                                  | 77,30                                   | 30,90    | 0,000        | 0,598           | 0,00                                   | 0,00                                         | 0,00                     |
| 4,00     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 125,80                                 | 40,00                                  | 85,80                                   | 30,90    | 0,486        | 0,598           | 24,98                                  | 12,49                                        | 47,09                    |
| 5,00     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 144,30                                 | 50,00                                  | 94,30                                   | 30,90    | 0,486        | 0,598           | 27,45                                  | 26,22                                        | 145,92                   |
| 6,00     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 162,80                                 | 60,00                                  | 102,80                                  | 30,90    | 0,486        | 0,598           | 29,93                                  | 28,69                                        | 254,09                   |
| 7,00     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 181,30                                 | 70,00                                  | 111,30                                  | 30,90    | 0,486        | 0,598           | 32,40                                  | 31,17                                        | 371,58                   |
| 7,05     | 18,50                     | 8,50                       | 10,00                                  | 182,23                                 | 70,50                                  | 111,73                                  | 30,90    | 0,486        | 0,598           | 32,53                                  | 32,47                                        | 377,70                   |
| 8,00     | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 200,28                                 | 80,00                                  | 120,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 35,25                                  | 33,89                                        | 499,07                   |
| 9,00     | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 219,28                                 | 90,00                                  | 129,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 37,89                                  | 36,57                                        | 636,93                   |
| 10,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 238,28                                 | 100,00                                 | 138,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 40,52                                  | 39,21                                        | 784,73                   |
| 11,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 257,28                                 | 110,00                                 | 147,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 43,16                                  | 41,84                                        | 942,48                   |
| 12,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 276,28                                 | 120,00                                 | 156,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 45,80                                  | 44,48                                        | 1.110,17                 |
| 13,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 295,28                                 | 130,00                                 | 165,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 48,44                                  | 47,12                                        | 1.287,81                 |
| 14,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 314,28                                 | 140,00                                 | 174,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 51,08                                  | 49,76                                        | 1.475,39                 |
| 15,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 333,28                                 | 150,00                                 | 183,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 53,71                                  | 52,39                                        | 1.672,91                 |
| 16,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 352,28                                 | 160,00                                 | 192,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 56,35                                  | 55,03                                        | 1.880,37                 |
| 17,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 371,28                                 | 170,00                                 | 201,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 58,99                                  | 57,67                                        | 2.097,78                 |
| 18,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 390,28                                 | 180,00                                 | 210,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 61,63                                  | 60,31                                        | 2.325,14                 |
| 19,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 409,28                                 | 190,00                                 | 219,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 64,26                                  | 62,95                                        | 2.562,44                 |
| 20,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 428,28                                 | 200,00                                 | 228,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 66,90                                  | 65,58                                        | 2.809,68                 |
| 21,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 447,28                                 | 210,00                                 | 237,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 69,54                                  | 68,22                                        | 3.066,86                 |
| 22,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 466,28                                 | 220,00                                 | 246,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 72,18                                  | 70,86                                        | 3.333,99                 |
| 23,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 485,28                                 | 230,00                                 | 255,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 74,81                                  | 73,50                                        | 3.611,06                 |
| 24,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 504,28                                 | 240,00                                 | 264,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 77,45                                  | 76,13                                        | 3.898,08                 |
| 25,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 523,28                                 | 250,00                                 | 273,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 80,09                                  | 78,77                                        | 4.195,04                 |
| 26,00    | 19,00                     | 9,00                       | 10,00                                  | 542,28                                 | 260,00                                 | 282,28                                  | 31,70    | 0,475        | 0,618           | 82,73                                  | 81,41                                        | 4.501,94                 |

Il valore caratteristico della portanza laterale è risultato pari a **R<sub>L,k</sub> = 4.501,94 kN**.

Considerato:

- Coefficiente di portanza alla punta **N\*<sub>q</sub> = 19,48**
- Pressione verticale efficace alla base **σ'<sub>v</sub> = 282,28 kN/m<sup>2</sup>**

il valore caratteristico della portanza di punta risulta pari a:

$$R_{p,k} = \pi \times 1,20^2 / 4 \times 19,48 \times 282,28 = 6.219,01 \text{ kN}$$

Di seguito è riportato il form di output del software di calcolo recante la determinazione dei valori caratteristici della portanza laterale e di punta:

Dettagli risultati palo [comb 1] SLU - Approccio 2

**Geometria palo**  
L = 26,00 m    D = 120,00 cm

**Portanza verticale**  
Pp min = 621211 kg    Pp med = 621912 kg  
Pl min = 454668 kg    Pl med = 454846 kg  
Wp = 73513 kg  
Pd = 516965 kg    N = 413937 kg    η = 1,25

**Coefficienti di capacità portante**  
Nc = 29,92    Nq = 19,48  
N'c = 29,92    N'q = 19,48

**Portanza trasversale**  
Tu = 89036 kg    T = 56164 kg    η = 1,59  
Mu = 433733 kgm

**Armatura palo (primo tratto)**  
Armatura: 48 ϕ 26    A = 254,85 cmq    MuSez = 433733 kgm

**Armatura palo (secondo tratto) - y =**  
Armatura: ϕ    A =    MuSez =

**Cedimenti**  
w = 0,455 cm    u = 2,589 cm

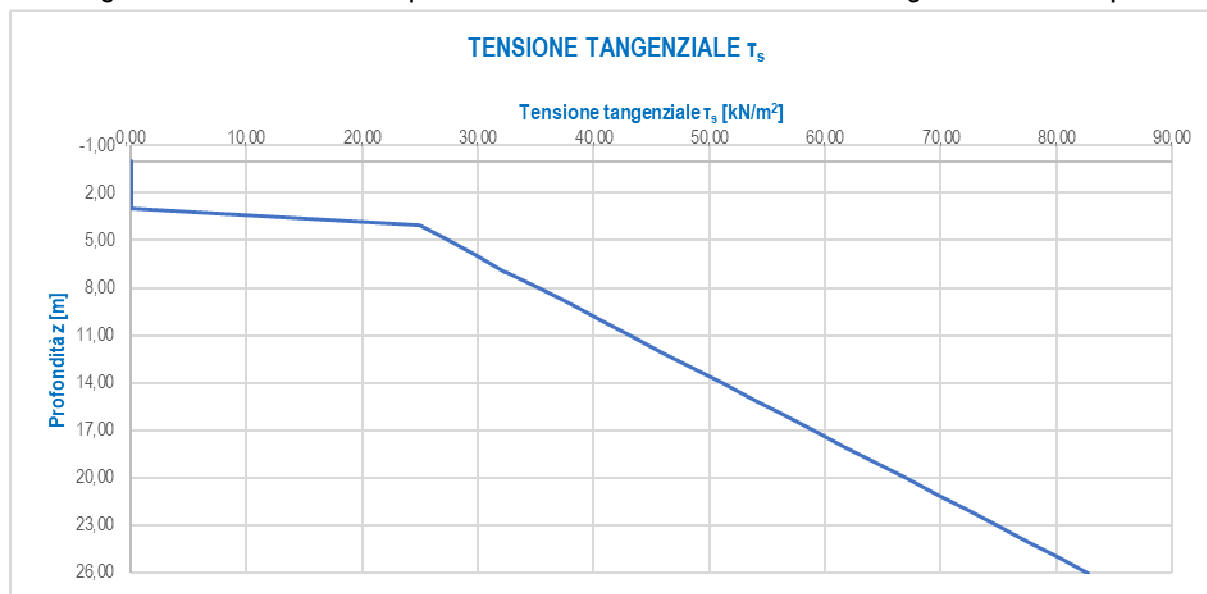
<< 1 >> Help

Risulta pertanto:

| PORTANZA      | SOFTWARE | VALIDAZIONE |
|---------------|----------|-------------|
| di punta [kN] | 6.219,12 | 6.219,01    |
| laterale [kN] | 4.548,46 | 4.501,94    |

I risultati risultano perfettamente confrontabili.

Nel diagramma successivo è riportato l'andamento della tensione tangenziale con la profondità:



La tensione tangenziale risulta sempre inferiore a **100,00 kPa**, nel rispetto dell'assunzione presente nel progetto definitivo.

## 25.6 CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – COMBINAZIONE CARATTERISTICA

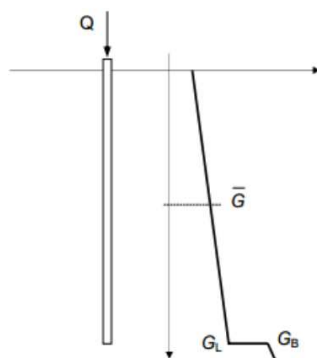
Il cedimento del palo per la combinazione maggiormente gravosa allo Stato Limite di Esercizio – Combinazione Caratteristica viene determinato mediante il metodo di Randolph e Worth di seguito descritto.

Il cedimento del singolo palo è determinato mediante la seguente relazione:

$$\frac{Q}{G_L \cdot r_0 \cdot w} = \left[ \frac{4}{\eta \cdot (1-\nu)} + \frac{2 \cdot \pi}{\zeta} \cdot \rho \cdot \frac{L}{r_0} \cdot \frac{\tanh(\mu \cdot L)}{\mu \cdot L} \right] \cdot \left[ 1 + \frac{4}{\eta \cdot (1-\nu)} + \frac{1}{\pi \cdot L} \cdot \frac{L}{r_0} \cdot \frac{\tanh(\mu \cdot L)}{\mu \cdot L} \right]^{-1}$$

dove:

- Q = carico sul palo
- $r_0$  = raggio del palo
- w = cedimento del palo
- $E_p$  = modulo elastico del calcestruzzo costituente il palo



- $G_m$  = modulo di rigidezza trasversale media del terreno lungo lo sviluppo del palo
- $G_L$  = modulo di rigidezza trasversale del terreno alla lunghezza  $L$
- $G_b$  = modulo di rigidezza trasversale del terreno in corrispondenza della base del palo
- $\nu$  = coefficiente di Poisson del terreno
- $r_b$  = raggio del palo alla base
- $\rho = \frac{G_m}{G_L}$
- $\lambda = \frac{E_p}{G_L}$
- $\xi = \frac{G_L}{G_b}$
- $\eta = \frac{r_b}{r_0}$
- $r_m = L \cdot \left\{ \frac{L}{4} + \left[ 2 \cdot \rho \cdot (1 - \nu) - \frac{L}{4} \right] \cdot \xi \right\}$
- $\zeta = \ln \left( \frac{r_m}{r_0} \right)$
- $\mu = \frac{\sqrt{\frac{2}{\zeta \cdot \lambda}}}{r_0}$

Il carico massimo sul singolo palo determinato per lo Stato Limite di Esercizio – Combinazione caratteristica è risultato pari a:

$$Q = 3.040,19 \text{ kN}$$

A tale carico, trasmesso dalla pila, viene sommato il peso proprio del palo, che risulta pari a:

$$P_{\text{palo}} = 26,00 \times \pi \times 1,20^2 / 4 \times 25,00 = 735,13 \text{ kN}$$

Viene infine sottratto il peso del terreno rimosso durante la trivellazione del palo:

$$P_t = \pi \times 1,20^2 / 4 \times (7,05 \times 18,50 + 18,95 \times 19,00) = 554,71 \text{ kN}$$

Il carico massimo in condizioni di esercizio utilizzato per la stima del cedimento verticale risulta dunque pari a:

$$Q = 3.040,19 + 735,13 - 554,71 = 3.220,61 \text{ kN}$$

Sulla base della caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione si assumono i seguenti valori del modulo elastico:

- Strato 1 (Unità G3) →  $E = 22,30 \text{ Mpa} = 22.300,00 \text{ kN/m}^2$
- Strato 2 (Unità S1) →  $E = 21,70 \text{ Mpa} = 21.700,00 \text{ kN/m}^2$

Il valore medio del modulo elastico lungo lo sviluppo del palo è valutato mediante la seguente media ponderata:

$$E_m = (7,05 \times 22.300,00 + 18,95 \times 21.700,00) / (7,05 + 18,95) = 21.862,69 \text{ kN/m}^2$$

Considerato un coefficiente di Poisson del terreno pari a  $\nu = 0,30$ , si ottengono i seguenti valori del modulo di rigidezza trasversale:

- $G_m = 8.408,73 \text{ kN/m}^2$
- $G_L = 8.346,15 \text{ kN/m}^2$
- $G_b = 8.346,15 \text{ kN/m}^2$

Di seguito è riportata la valutazione del cedimento massimo verticale in esercizio riferito al singolo palo:

|           |               |                      |
|-----------|---------------|----------------------|
| Q         | 3.220,61      | [kN]                 |
| L         | 26,00         | [m]                  |
| $r_0$     | 0,60          | [m]                  |
| $r_b$     | 0,60          | [m]                  |
| $E_p$     | 31.220.185,78 | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $E_m$     | 22.300,00     | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $E_L$     | 21.700,00     | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $E_b$     | 21.700,00     | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $G_m$     | 8.576,92      | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $G_L$     | 8.346,15      | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $G_b$     | 8.346,15      | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $\nu$     | 0,30          | [-]                  |
| $r_m$     | 37,41         | [m]                  |
| $\zeta$   | 4,13          | [-]                  |
| $\eta$    | 1,00          | [-]                  |
| $\xi$     | 1,00          | [-]                  |
| $\rho$    | 1,03          | [-]                  |
| $\mu$     | 0,0190        | [-]                  |
| $\lambda$ | 3.740,67      | [-]                  |
| $\mu L$   | 0,49          | [m]                  |
| w         | 9,58          | [mm]                 |

Il cedimento calcolato risulta compatibile con la funzionalità in esercizio dell'opera, considerando che l'effetto dei carichi permanenti risulta essere percentualmente molto maggiore rispetto all'effetto dei carichi accidentali (cedimento immediato in fase di realizzazione dell'opera).

## 26 VERIFICHE STRUTTURALI DEI BAGGIOLI DI APPOGGIO E DEI RITEGNI SISMICI TRASVERSALI

### 26.1 VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI SUGLI APPOGGI

Nella tabella successiva sono riepilogati i valori delle azioni sollecitanti (azione normale e azioni orizzontali taglianti) valutate sui singoli appoggi e desunte dal modello di calcolo tridimensionale:

| SOTTOSTRUTTURA | APPOGGIO | COMBINAZIONE | $N_{sd}$<br>[kN] | $V_{long, sd}$<br>[kN] | $V_{trasv, sd}$<br>[kN] |
|----------------|----------|--------------|------------------|------------------------|-------------------------|
| SPALLA A       | A        | SLU - STR.01 | Max              | -4.111,59              | 418,87                  |
|                |          | SLU - STR.01 | Min              | -6.128,70              | 293,10                  |
|                |          | SLU - STR.02 | Max              | -4.111,61              | 427,92                  |
|                |          | SLU - STR.02 | Min              | -6.128,72              | 302,14                  |
|                |          | SLU - STR.03 | Max              | -4.111,93              | 412,88                  |
|                |          | SLU - STR.03 | Min              | -6.129,04              | 287,10                  |
|                |          | SLU - STR.04 | Max              | -4.111,95              | 421,93                  |
|                |          | SLU - STR.04 | Min              | -6.129,06              | 296,15                  |
|                |          | SLU - STR.05 | Max              | -4.111,52              | 389,45                  |
|                |          | SLU - STR.05 | Min              | -5.624,35              | 295,11                  |
|                |          | SLU - STR.06 | Max              | -4.115,87              | 398,65                  |
|                |          | SLU - STR.06 | Min              | -5.628,70              | 304,32                  |
|                |          | SLU - STR.07 | Max              | -4.112,09              | 379,46                  |
|                |          | SLU - STR.07 | Min              | -5.624,92              | 285,12                  |
|                |          | SLU - STR.08 | Max              | -4.112,11              | 388,50                  |
|                |          | SLU - STR.08 | Min              | -5.624,94              | 294,17                  |
|                |          | SLU - STR.09 | Max              | -4.111,63              | 384,44                  |
|                |          | SLU - STR.09 | Min              | -5.624,46              | 290,10                  |
|                |          | SLU - STR.10 | Max              | -4.111,67              | 399,51                  |
|                |          | SLU - STR.10 | Min              | -5.624,50              | 305,18                  |
|                |          | SLU - STR.11 | Max              | -4.111,96              | 378,44                  |
|                |          | SLU - STR.11 | Min              | -5.624,80              | 284,11                  |
|                |          | SLU - STR.12 | Max              | -4.112,00              | 393,52                  |
|                |          | SLU - STR.12 | Min              | -5.624,84              | 299,18                  |
|                |          | SLV - X - 01 | Max              | -2.938,18              | 598,73                  |
|                |          | SLV - X - 01 | Min              | -2.982,77              | 299,17                  |
|                |          | SLV - X - 02 | Max              | -2.938,17              | 611,15                  |
|                |          | SLV - X - 02 | Min              | -2.982,75              | 311,60                  |
|                |          | SLV - Y - 01 | Max              | -2.933,89              | 505,48                  |
|                |          | SLV - Y - 01 | Min              | -2.987,06              | 392,42                  |
|                |          | SLV - Y - 02 | Max              | -2.933,88              | 517,91                  |
|                |          | SLV - Y - 02 | Min              | -2.987,04              | 404,84                  |
|                | B        | SLU - STR.01 | Max              | -4.114,91              | 399,36                  |
|                |          | SLU - STR.01 | Min              | -5.803,25              | 284,50                  |
|                |          | SLU - STR.02 | Max              | -4.114,89              | 409,79                  |
|                |          | SLU - STR.02 | Min              | -5.803,23              | 294,93                  |
|                |          | SLU - STR.03 | Max              | -4.114,57              | 405,89                  |
|                |          | SLU - STR.03 | Min              | -5.802,92              | 291,03                  |
|                |          | SLU - STR.04 | Max              | -4.114,55              | 416,32                  |
|                |          | SLU - STR.04 | Min              | -5.802,89              | 301,46                  |
|                |          | SLU - STR.05 | Max              | -4.115,02              | 368,47                  |
|                |          | SLU - STR.05 | Min              | -5.381,28              | 282,33                  |
|                |          | SLU - STR.06 | Max              | -4.110,67              | 378,76                  |
|                |          | SLU - STR.06 | Min              | -5.376,93              | 292,61                  |
|                |          | SLU - STR.07 | Max              | -4.114,46              | 379,36                  |
|                |          | SLU - STR.07 | Min              | -5.380,72              | 293,21                  |
|                |          | SLU - STR.08 | Max              | -4.114,44              | 389,78                  |
|                |          | SLU - STR.08 | Min              | -5.380,69              | 303,64                  |
|                |          | SLU - STR.09 | Max              | -4.114,92              | 367,18                  |
|                |          | SLU - STR.09 | Min              | -5.381,18              | 281,03                  |
|                |          | SLU - STR.10 | Max              | -4.114,88              | 384,56                  |
|                |          | SLU - STR.10 | Min              | -5.381,14              | 298,41                  |
|                |          | SLU - STR.11 | Max              | -4.114,58              | 373,71                  |
|                |          | SLU - STR.11 | Min              | -5.380,84              | 287,56                  |
|                |          | SLU - STR.12 | Max              | -4.114,54              | 391,09                  |
|                |          | SLU - STR.12 | Min              | -5.380,80              | 304,94                  |
|                |          | SLV - X - 01 | Max              | -2.937,64              | 602,91                  |
|                |          | SLV - X - 01 | Min              | -2.983,62              | 302,66                  |
|                |          | SLV - X - 02 | Max              | -2.937,66              | 619,75                  |
|                |          | SLV - X - 02 | Min              | -2.983,63              | 319,50                  |
|                |          | SLV - Y - 01 | Max              | -2.933,17              | 511,19                  |
|                |          | SLV - Y - 01 | Min              | -2.988,09              | 394,39                  |
|                |          | SLV - Y - 02 | Max              | -2.933,18              | 528,02                  |
|                |          | SLV - Y - 02 | Min              | -2.988,10              | 411,23                  |

VIADOTTO VI02 - RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOSTRUTTURE

| SOTTOSTRUTTURA | APPOGGIO | COMBINAZIONE | N <sub>Sd</sub><br>[kN] | V <sub>long,Sd</sub><br>[kN] | V <sub>trasv,Sd</sub><br>[kN] |
|----------------|----------|--------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| SPALLA B       | A        | SLU - STR.01 | Max                     | -4.670,74                    | -317,07                       |
|                |          | SLU - STR.01 | Min                     | -6.876,60                    | -451,03                       |
|                |          | SLU - STR.02 | Max                     | -4.670,72                    | -326,51                       |
|                |          | SLU - STR.02 | Min                     | -6.876,58                    | -460,47                       |
|                |          | SLU - STR.03 | Max                     | -4.671,00                    | -310,12                       |
|                |          | SLU - STR.03 | Min                     | -6.876,86                    | -444,09                       |
|                |          | SLU - STR.04 | Max                     | -4.670,98                    | -319,56                       |
|                |          | SLU - STR.04 | Min                     | -6.876,84                    | -453,52                       |
|                |          | SLU - STR.05 | Max                     | -4.670,66                    | -319,40                       |
|                |          | SLU - STR.05 | Min                     | -6.325,05                    | -419,87                       |
|                |          | SLU - STR.06 | Max                     | -4.674,41                    | -328,98                       |
|                |          | SLU - STR.06 | Min                     | -6.328,81                    | -429,45                       |
|                |          | SLU - STR.07 | Max                     | -4.671,09                    | -307,82                       |
|                |          | SLU - STR.07 | Min                     | -6.325,48                    | -408,29                       |
|                |          | SLU - STR.08 | Max                     | -4.671,07                    | -317,25                       |
|                |          | SLU - STR.08 | Min                     | -6.325,46                    | -417,72                       |
|                |          | SLU - STR.09 | Max                     | -4.670,75                    | -313,94                       |
|                |          | SLU - STR.09 | Min                     | -6.325,15                    | -414,41                       |
|                |          | SLU - STR.10 | Max                     | -4.670,72                    | -329,67                       |
|                |          | SLU - STR.10 | Min                     | -6.325,11                    | -430,14                       |
|                |          | SLU - STR.11 | Max                     | -4.671,01                    | -306,99                       |
|                |          | SLU - STR.11 | Min                     | -6.325,41                    | -407,46                       |
|                |          | SLU - STR.12 | Max                     | -4.670,98                    | -322,72                       |
|                |          | SLU - STR.12 | Min                     | -6.325,37                    | -423,19                       |
|                |          | SLV - X - 01 | Max                     | -3.340,04                    | -314,62                       |
|                |          | SLV - X - 01 | Min                     | -3.382,86                    | -616,87                       |
|                |          | SLV - X - 02 | Max                     | -3.340,05                    | -329,26                       |
|                |          | SLV - X - 02 | Min                     | -3.382,87                    | -631,51                       |
|                |          | SLV - Y - 01 | Max                     | -3.337,14                    | -406,18                       |
|                |          | SLV - Y - 01 | Min                     | -3.385,76                    | -525,31                       |
|                |          | SLV - Y - 02 | Max                     | -3.337,15                    | -420,82                       |
|                |          | SLV - Y - 02 | Min                     | -3.385,77                    | -539,95                       |
|                | B        | SLU - STR.01 | Max                     | -3.669,58                    | -260,50                       |
|                |          | SLU - STR.01 | Min                     | -5.136,75                    | -366,26                       |
|                |          | SLU - STR.02 | Max                     | -3.669,60                    | -270,54                       |
|                |          | SLU - STR.02 | Min                     | -5.136,77                    | -376,30                       |
|                |          | SLU - STR.03 | Max                     | -3.669,32                    | -267,99                       |
|                |          | SLU - STR.03 | Min                     | -5.136,49                    | -373,75                       |
|                |          | SLU - STR.04 | Max                     | -3.669,34                    | -278,03                       |
|                |          | SLU - STR.04 | Min                     | -5.136,51                    | -383,79                       |
|                |          | SLU - STR.05 | Max                     | -3.669,68                    | -258,03                       |
|                |          | SLU - STR.05 | Min                     | -4.770,06                    | -337,35                       |
|                |          | SLU - STR.06 | Max                     | -3.665,93                    | -267,94                       |
|                |          | SLU - STR.06 | Min                     | -4.766,31                    | -347,26                       |
|                |          | SLU - STR.07 | Max                     | -3.669,25                    | -270,50                       |
|                |          | SLU - STR.07 | Min                     | -4.769,63                    | -349,82                       |
|                |          | SLU - STR.08 | Max                     | -3.669,27                    | -280,54                       |
|                |          | SLU - STR.08 | Min                     | -4.769,65                    | -359,86                       |
|                |          | SLU - STR.09 | Max                     | -3.669,59                    | -257,18                       |
|                |          | SLU - STR.09 | Min                     | -4.769,97                    | -336,50                       |
|                |          | SLU - STR.10 | Max                     | -3.669,62                    | -273,91                       |
|                |          | SLU - STR.10 | Min                     | -4.770,00                    | -353,23                       |
|                |          | SLU - STR.11 | Max                     | -3.669,33                    | -264,67                       |
|                |          | SLU - STR.11 | Min                     | -4.769,71                    | -343,99                       |
|                |          | SLU - STR.12 | Max                     | -3.669,36                    | -281,39                       |
|                |          | SLU - STR.12 | Min                     | -4.769,74                    | -360,71                       |
|                |          | SLV - X - 01 | Max                     | -2.624,52                    | -293,44                       |
|                |          | SLV - X - 01 | Min                     | -2.663,26                    | -578,55                       |
|                |          | SLV - X - 02 | Max                     | -2.624,51                    | -308,06                       |
|                |          | SLV - X - 02 | Min                     | -2.663,25                    | -593,17                       |
|                |          | SLV - Y - 01 | Max                     | -2.619,60                    | -377,41                       |
|                |          | SLV - Y - 01 | Min                     | -2.668,18                    | -494,58                       |
|                |          | SLV - Y - 02 | Max                     | -2.619,59                    | -392,03                       |
|                |          | SLV - Y - 02 | Min                     | -2.668,17                    | -509,20                       |

Le azioni normali di compressione sono assunte con segno negativo.

## 26.2 BAGGIOLI DI APPOGGIO

I baggioli in cemento armato verranno verificati a punzonamento e delle azioni taglianti orizzontali. L'azione di punzonamento sarà data dalla massima azione di compressione trasmessa ai baggioli stessi dall'apparecchio d'appoggio maggiormente caricato.

I baggioli presentano tutti una pianta quadrata con lato pari a **150 cm** e uno spessore pari a **50 cm**.

L'azione normale massima agente sul singolo baggiolo di appoggio è risultata pari a  **$N_{sd} = 6.876,86 \text{ kN}$**  (Spalla B – Appoggio A – Combinazione SLU – STR.03).

La verifica nei confronti delle azioni orizzontali verrà invece condotta in corrispondenza dell'azione orizzontale massima agente sul singolo baggiolo di appoggio, che è risultata pari a  **$V_{sd} = -631,51 \text{ kN}$** .

### 26.2.1 VERIFICA A PUNZONAMENTO

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### CALCESTRUZZO

Classe di resistenza del calcestruzzo

C32/40

Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo

$f_{ctd}$

1,36

[N/mm<sup>2</sup>]

##### ACCIAIO

Tipologia di acciaio

B 450 C

Tensione massima ammissibile dell'acciaio

$f_{yd}$

391,30

[N/mm<sup>2</sup>]

#### GEOMETRIA DEL BAGGIOLO

Lunghezza del baggiolo (direzione parallela all'asse appoggi)

$L_T$

150,00

[cm]

Larghezza del baggiolo (direzione perpendicolare all'asse appoggi)

$L_L$

150,00

[cm]

Altezza del baggiolo

$h$

5,00

[cm]

#### AZIONI DI CALCOLO SUL BAGGIOLO

Azione normale massima agente sul baggiolo

$N$

6.876,86

[kN]

#### ARMATURA DEL BAGGIOLO

Numero di forcelle in direzione longitudinale

$n_L$

15

Diametro delle forcelle in direzione longitudinale

$\varnothing_L$

20

[mm]

Area delle forcelle in direzione longitudinale

$A_L$

94,20

[cm<sup>2</sup>]

Numero di forcelle in direzione trasversale

$n_T$

15

Diametro delle forcelle in direzione trasversale

$\varnothing_T$

20

[mm]

Area delle forcelle in direzione trasversale

$A_T$

94,20

[cm<sup>2</sup>]

#### VERIFICA A PUNZONAMENTO

Perimetro della sezione del baggiolo

$u$

600,00

[cm]

Altezza del baggiolo

$h$

5,00

[cm]

Forza resistente per calcestruzzo

203,37

[kN]

<

6.876,86

[kN]

VERIFICA NEGATIVA. E' NECESSARIO ARMARE A PUNZONAMENTO.

Forza resistente per armatura

7.372,17

[kN]

>

6.876,86

[kN]

VERIFICA POSITIVA. L'ARMATURA DISPOSTA E' SUFFICIENTE.

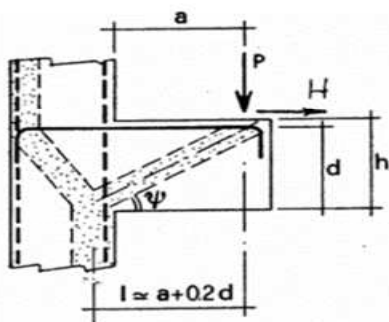
## 26.2.2 VERIFICA NEI CONFRONTI DELLE AZIONI ORIZZONTALI

### VERIFICA MENSOLA TOZZA

|                              |       |        |      |
|------------------------------|-------|--------|------|
| Spessore del ritegno         | h     | 1,50   | [m]  |
| Altezza del ritegno          | A     | 0,50   | [m]  |
| Larghezza del ritegno        | b     | 1,50   | [m]  |
| Copriferro di calcolo        | $c_d$ | 0,04   | [m]  |
| Altezza utile della sezione  | d     | 1,46   | [m]  |
| Azione ortogonale al ritegno | P     | 631,51 | [kN] |

### DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELL'ARMATURA

Azione ortogonale al ritegno per metro lineare



|                                               |         |                      |
|-----------------------------------------------|---------|----------------------|
| $p = P/b$                                     | 421,01  | [kN/m]               |
| $l = a + 0,2 d$                               | 0,79    | [m]                  |
| $\lambda = \cotg \psi \approx l / (0,9 d)$    | 0,60    |                      |
| $\psi$                                        | 58,92   | [°]                  |
| $f_{yd}$                                      | 391,30  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| $A_{s,min} = (p \times \lambda + h) / f_{yd}$ | 648,49  | [mm <sup>2</sup> ]   |
| Numero barre                                  | 15      |                      |
| Diametro barre                                | 20,00   | [mm]                 |
| $A_s$                                         | 4710,00 | [mm <sup>2</sup> ]   |
| $\sigma_s$                                    | 53,88   | [N/mm <sup>2</sup> ] |

$\sigma_s$  53,88

<

$f_{yd}$

391,30

VERIFICA POSITIVA

### VERIFICA DEL PUNTONE IN CALCESTRUZZO

Coefficiente c = 1,00 per sbalzi di piastre non provvisti di staffatura  
= 1,50 per sbalzi di travi provvisti di staffatura

Coefficiente c

c

1,00

Tensione massima nel calcestruzzo

$$\sigma_c = \{P \times [(1 + \lambda^2) / c]\} / (0,40 \times b \times d)$$

0,66 [N/mm<sup>2</sup>]

Resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo

$R_{ck}$

40,00

Resistenza di calcolo del calcestruzzo

$f_{cd}$

18,81

[N/mm<sup>2</sup>]

$\sigma_c$  0,66

<

$f_{cd}$

18,81

VERIFICA POSITIVA

## 26.3 RITEGNI SISMICI TRASVERSALI

I ritegni sismici in cemento armato verranno verificati nei confronti dell'azione tagliante trasversale sismica trasmessa su ciascuna spalla.

I ritegni presentano tutti una base con pianta rettangolare **200 x 130** cm e uno spessore pari a **70 cm**.

La verifica della mensola tozza avverrà considerando agente, a favore di sicurezza, sul singolo ritegno il doppio dell'azione orizzontale massima agente sugli appoggi:

$$V_{sd} = -2 \times 631,51 = -1.263,02 \text{ kN.}$$

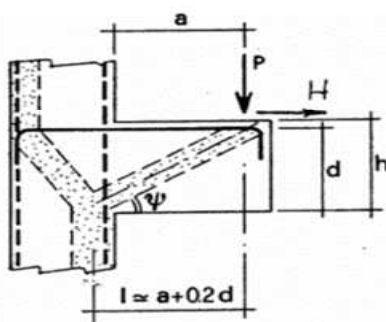
### 26.3.1 VERIFICA NEI CONFRONTI DELLE AZIONI ORIZZONTALI

#### VERIFICA MENSOLA TOZZA

|                              |                |         |      |
|------------------------------|----------------|---------|------|
| Spessore del ritegno         | h              | 1,30    | [m]  |
| Altezza del ritegno          | A              | 0,70    | [m]  |
| Larghezza del ritegno        | b              | 2,00    | [m]  |
| Copriferro di calcolo        | c <sub>d</sub> | 0,04    | [m]  |
| Altezza utile della sezione  | d              | 1,26    | [m]  |
| Azione ortogonale al ritegno | P              | 1263,02 | [kN] |

#### DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELL'ARMATURA

|                                                |                                                    |          |                        |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------|------------------------|
| Azione ortogonale al ritegno per metro lineare | p = P/b                                            | 631,51   | [kN/m]                 |
|                                                | l = a + 0,2 d                                      | 0,95     | [m]                    |
|                                                | $\lambda = \cotg \psi \approx l / (0,9 d)$         | 0,84     |                        |
|                                                | $\psi$                                             | 49,99    | [°]                    |
|                                                | f <sub>yd</sub>                                    | 391,30   | [N/mm <sup>2</sup> ]   |
|                                                | A <sub>s,min</sub> = (p x λ + h) / f <sub>yd</sub> | 1.354,84 | [mm <sup>2</sup> ]     |
|                                                | Numero barre                                       | 20       |                        |
|                                                | Diametro barre                                     | 20,00    | [mm]                   |
|                                                | A <sub>s</sub>                                     | 6280,00  | [mm <sup>2</sup> ]     |
|                                                | σ <sub>s</sub>                                     | 84,42    | [N/mm <sup>2</sup> ]   |
| σ <sub>s</sub>                                 | 84,42                                              | <        | f <sub>yd</sub> 391,30 |



VERIFICA POSITIVA

#### VERIFICA DEL PUNTONE IN CALCESTRUZZO

|                                                   |                                                                     |       |                                                   |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------|
| Coefficiente c                                    | =                                                                   | 1,00  | per sbalzi di piastre non provvisti di staffatura |
|                                                   | =                                                                   | 1,50  | per sbalzi di travi provvisti di staffatura       |
| Coefficiente c                                    | c                                                                   | 1,00  |                                                   |
| Tensione massima nel calcestruzzo                 | σ <sub>c</sub> = {P x [(1 + λ <sup>2</sup> ) / c]} / (0,40 x b x d) | 1,07  | [N/mm <sup>2</sup> ]                              |
| Resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo | R <sub>ck</sub>                                                     | 40,00 |                                                   |
| Resistenza di calcolo del calcestruzzo            | f <sub>cd</sub>                                                     | 18,81 | [N/mm <sup>2</sup> ]                              |
| σ <sub>c</sub>                                    | 1,07                                                                | <     | f <sub>cd</sub> 18,81                             |

VERIFICA POSITIVA

| TABLE: Combination Definitions |            |            |                |                        |             |             |            |            |            |      |       |
|--------------------------------|------------|------------|----------------|------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------|-------|
| ComboName                      | ComboType  | AutoDesign | CaseType       | CaseName               | ScaleFactor | SteelDesign | ConcDesign | AlumDesign | ColdDesign | GUID | Notes |
| Text                           | Text       | Yes/No     | Text           | Text                   | Unitless    | Text        | Text       | Text       | Text       | Text | Text  |
| TR-01                          | Linear Add | No         | Moving Load    | T1                     | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| TR-01                          |            |            | Moving Load    | T2                     | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TR-01                          |            |            | Moving Load    | T3                     | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TR-01                          |            |            | Moving Load    | T4                     | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TR-02                          | Linear Add | No         | Moving Load    | T1                     | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| TR-02                          |            |            | Moving Load    | T2                     | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TR-02                          |            |            | Moving Load    | T3                     | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TR-03                          | Linear Add | No         | Moving Load    | T1                     | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| TR-03                          |            |            | Moving Load    | T2                     | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TR-04                          | Linear Add | No         | Moving Load    | T1                     | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| TR-05                          | Linear Add | No         | Moving Load    | T5                     | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| TR-05                          |            |            | Moving Load    | T6                     | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TR-05                          |            |            | Moving Load    | T7                     | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TR-05                          |            |            | Moving Load    | T8                     | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TR-05                          |            |            | Moving Load    | T9                     | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TR-06                          | Linear Add | No         | Moving Load    | T6                     | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| TR-06                          |            |            | Moving Load    | T7                     | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TR-06                          |            |            | Moving Load    | T8                     | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TR-07                          | Linear Add | No         | Moving Load    | T6                     | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| TR-07                          |            |            | Moving Load    | T7                     | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TR-08                          | Linear Add | No         | Moving Load    | T7                     | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| TRAFFICO (ENV)                 | Envelope   | No         | Response Combo | TR-01                  | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| TRAFFICO (ENV)                 |            |            | Response Combo | TR-02                  | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TRAFFICO (ENV)                 |            |            | Response Combo | TR-03                  | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TRAFFICO (ENV)                 |            |            | Response Combo | TR-04                  | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TRAFFICO (ENV)                 |            |            | Response Combo | TR-05                  | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TRAFFICO (ENV)                 |            |            | Response Combo | TR-06                  | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TRAFFICO (ENV)                 |            |            | Response Combo | TR-07                  | 1           |             |            |            |            |      |       |
| TRAFFICO (ENV)                 |            |            | Response Combo | TR-08                  | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.01                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLE - Q.P.01                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.01                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.01                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.01                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.01                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.01                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.01                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.01                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.01                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |

| TABLE: Combination Definitions |            |            |                |                        |             |             |            |            |            |      |       |
|--------------------------------|------------|------------|----------------|------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------|-------|
| ComboName                      | ComboType  | AutoDesign | CaseType       | CaseName               | ScaleFactor | SteelDesign | ConcDesign | AlumDesign | ColdDesign | GUID | Notes |
| Text                           | Text       | Yes/No     | Text           | Text                   | Unitless    | Text        | Text       | Text       | Text       | Text | Text  |
| SLE - Q.P.01                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | 0,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.02                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLE - Q.P.02                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.02                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.02                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.02                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.02                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.02                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.02                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.02                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.02                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - Q.P.02                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | -0,5        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.01                  | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLE - FREQ.01                  |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.01                  |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.01                  |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.01                  |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.01                  |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.01                  |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 0,75        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.01                  |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.01                  |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.01                  |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.01                  |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | 0,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.02                  | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLE - FREQ.02                  |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.02                  |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.02                  |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.02                  |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.02                  |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.02                  |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 0,75        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.02                  |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.02                  |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.02                  |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.02                  |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | -0,5        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.03                  | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLE - FREQ.03                  |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.03                  |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.03                  |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.03                  |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |

| TABLE: Combination Definitions |            |            |                |                        |             |             |            |            |            |      |       |
|--------------------------------|------------|------------|----------------|------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------|-------|
| ComboName                      | ComboType  | AutoDesign | CaseType       | CaseName               | ScaleFactor | SteelDesign | ConcDesign | AlumDesign | ColdDesign | GUID | Notes |
| Text                           | Text       | Yes/No     | Text           | Text                   | Unitless    | Text        | Text       | Text       | Text       | Text | Text  |
| SLE - FREQ.03                  |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.03                  |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.03                  |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.03                  |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.03                  |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.03                  |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | 0,6         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.04                  | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLE - FREQ.04                  |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.04                  |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.04                  |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.04                  |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.04                  |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.04                  |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.04                  |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.04                  |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.04                  |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - FREQ.04                  |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | -0,6        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.01                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLE - CAR.01                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.01                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.01                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.01                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.01                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.01                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.01                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 0,6         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.01                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0,6         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.01                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.01                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | 0,6         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.02                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLE - CAR.02                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.02                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.02                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.02                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.02                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.02                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.02                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 0,6         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.02                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0,6         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.02                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.02                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | -0,6        |             |            |            |            |      |       |

| TABLE: Combination Definitions |            |            |                |                        |             |             |            |            |            |      |       |
|--------------------------------|------------|------------|----------------|------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------|-------|
| ComboName                      | ComboType  | AutoDesign | CaseType       | CaseName               | ScaleFactor | SteelDesign | ConcDesign | AlumDesign | ColdDesign | GUID | Notes |
| Text                           | Text       | Yes/No     | Text           | Text                   | Unitless    | Text        | Text       | Text       | Text       | Text | Text  |
| SLE - CAR.03                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLE - CAR.03                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.03                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.03                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.03                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.03                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.03                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.03                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | -0,6        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.03                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.03                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0,6         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.03                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | 0,6         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.04                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLE - CAR.04                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.04                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.04                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.04                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.04                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.04                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.04                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | -0,6        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.04                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.04                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0,6         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.04                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | -0,6        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.05                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLE - CAR.05                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.05                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.05                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.05                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.05                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.05                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 0,75        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.05                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.05                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.05                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.05                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | 0,6         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.06                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLE - CAR.06                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.06                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.06                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.06                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.06                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |

| TABLE: Combination Definitions |            |            |                |                        |             |             |            |            |            |      |       |
|--------------------------------|------------|------------|----------------|------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------|-------|
| ComboName                      | ComboType  | AutoDesign | CaseType       | CaseName               | ScaleFactor | SteelDesign | ConcDesign | AlumDesign | ColdDesign | GUID | Notes |
| Text                           | Text       | Yes/No     | Text           | Text                   | Unitless    | Text        | Text       | Text       | Text       | Text | Text  |
| SLE - CAR.06                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 0,75        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.06                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.06                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.06                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.06                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | -0,6        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.07                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLE - CAR.07                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.07                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.07                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.07                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.07                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.07                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 0,75        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.07                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | -1          |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.07                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.07                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.07                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | 0,6         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.08                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLE - CAR.08                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.08                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.08                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.08                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.08                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.08                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 0,75        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.08                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | -1          |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.08                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.08                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.08                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | -0,6        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.09                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLE - CAR.09                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.09                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.09                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.09                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.09                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.09                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 0,75        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.09                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 0,6         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.09                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0,6         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.09                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.09                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.10                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |

| TABLE: Combination Definitions |            |            |                |                        |             |             |            |            |            |      |       |
|--------------------------------|------------|------------|----------------|------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------|-------|
| ComboName                      | ComboType  | AutoDesign | CaseType       | CaseName               | ScaleFactor | SteelDesign | ConcDesign | AlumDesign | ColdDesign | GUID | Notes |
| Text                           | Text       | Yes/No     | Text           | Text                   | Unitless    | Text        | Text       | Text       | Text       | Text | Text  |
| SLE - CAR.10                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.10                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.10                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.10                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.10                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.10                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 0,75        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.10                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 0,6         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.10                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0,6         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.10                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.10                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | -1          |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.11                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLE - CAR.11                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.11                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.11                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.11                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.11                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.11                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 0,75        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.11                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | -0,6        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.11                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.11                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0,6         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.11                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.12                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLE - CAR.12                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.12                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.12                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.12                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.12                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.12                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 0,75        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.12                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | -0,6        |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.12                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.12                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0,6         |             |            |            |            |      |       |
| SLE - CAR.12                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | -1          |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.01                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1,35        | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLU - STR.01                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1,35        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.01                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.01                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.01                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.01                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.01                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 1,35        |             |            |            |            |      |       |

| TABLE: Combination Definitions |            |            |                |                        |             |             |            |            |            |      |       |
|--------------------------------|------------|------------|----------------|------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------|-------|
| ComboName                      | ComboType  | AutoDesign | CaseType       | CaseName               | ScaleFactor | SteelDesign | ConcDesign | AlumDesign | ColdDesign | GUID | Notes |
| Text                           | Text       | Yes/No     | Text           | Text                   | Unitless    | Text        | Text       | Text       | Text       | Text | Text  |
| SLU - STR.01                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 0,9         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.01                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0,9         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.01                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.01                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | 0,72        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.02                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1,35        | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLU - STR.02                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1,35        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.02                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.02                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.02                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.02                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.02                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 1,35        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.02                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 0,9         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.02                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0,9         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.02                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.02                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | -0,72       |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.03                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1,35        | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLU - STR.03                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1,35        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.03                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.03                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.03                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.03                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.03                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 1,35        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.03                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | -0,9        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.03                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.03                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0,9         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.03                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | 0,72        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.04                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1,35        | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLU - STR.04                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1,35        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.04                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.04                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.04                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.04                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.04                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 1,35        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.04                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | -0,9        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.04                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.04                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0,9         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.04                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | -0,72       |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.05                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1,35        | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLU - STR.05                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1,35        |             |            |            |            |      |       |

| TABLE: Combination Definitions |            |            |                |                        |             |             |            |            |            |      |       |
|--------------------------------|------------|------------|----------------|------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------|-------|
| ComboName                      | ComboType  | AutoDesign | CaseType       | CaseName               | ScaleFactor | SteelDesign | ConcDesign | AlumDesign | ColdDesign | GUID | Notes |
| Text                           | Text       | Yes/No     | Text           | Text                   | Unitless    | Text        | Text       | Text       | Text       | Text | Text  |
| SLU - STR.05                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.05                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.05                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.05                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.05                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 10.125      |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.05                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.05                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.05                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.05                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | 0,72        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.06                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1,35        | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLU - STR.06                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1,35        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.06                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.06                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.06                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.06                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.06                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 10.125      |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.06                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 1,2         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.06                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.06                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.06                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | -0,72       |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.07                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1,35        | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLU - STR.07                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1,35        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.07                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.07                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.07                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.07                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.07                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 10.125      |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.07                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | -1,5        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.07                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.07                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.07                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | 0,72        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.08                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1,35        | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLU - STR.08                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1,35        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.08                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.08                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.08                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.08                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.08                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 10.125      |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.08                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | -1,5        |             |            |            |            |      |       |

| TABLE: Combination Definitions |            |            |                |                        |             |             |            |            |            |      |       |
|--------------------------------|------------|------------|----------------|------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------|-------|
| ComboName                      | ComboType  | AutoDesign | CaseType       | CaseName               | ScaleFactor | SteelDesign | ConcDesign | AlumDesign | ColdDesign | GUID | Notes |
| Text                           | Text       | Yes/No     | Text           | Text                   | Unitless    | Text        | Text       | Text       | Text       | Text | Text  |
| SLU - STR.08                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.08                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.08                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | -0,72       |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.09                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1,35        | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLU - STR.09                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1,35        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.09                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.09                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.09                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.09                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.09                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 10.125      |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.09                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 0,9         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.09                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0,9         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.09                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.09                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | 1,2         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.10                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1,35        | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLU - STR.10                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1,35        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.10                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.10                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.10                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.10                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.10                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 10.125      |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.10                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | 0,9         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.10                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0,9         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.10                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.10                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | -1,2        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.11                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1,35        | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLU - STR.11                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1,35        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.11                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.11                   |            |            | Linear Static  | PAVIMENTAZIONE         | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.11                   |            |            | Linear Static  | BARRIERE               | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.11                   |            |            | Linear Static  | VELETTE LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.11                   |            |            | Response Combo | TRAFFICO (ENV)         | 10.125      |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.11                   |            |            | Linear Static  | VENTO LONGITUDINALE    | -0,9        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.11                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.11                   |            |            | Linear Static  | VENTO TRASVERSALE - SX | 0,9         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.11                   |            |            | Linear Static  | TERMICA LONGITUDINALE  | 1,2         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.12                   | Linear Add | No         | Linear Static  | DEAD                   | 1,35        | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLU - STR.12                   |            |            | Linear Static  | SOLETTA                | 1,35        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.12                   |            |            | Linear Static  | CORDOLI LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |

| TABLE: Combination Definitions |            |            |                   |                        |             |             |            |            |            |      |       |
|--------------------------------|------------|------------|-------------------|------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------|-------|
| ComboName                      | ComboType  | AutoDesign | CaseType          | CaseName               | ScaleFactor | SteelDesign | ConcDesign | AlumDesign | ColdDesign | GUID | Notes |
| Text                           | Text       | Yes/No     | Text              | Text                   | Unitless    | Text        | Text       | Text       | Text       | Text | Text  |
| SLU - STR.12                   |            |            | Linear Static     | PAVIMENTAZIONE         | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.12                   |            |            | Linear Static     | BARRIERE               | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.12                   |            |            | Linear Static     | VELETTE LATERALI       | 1,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.12                   |            |            | Response Combo    | TRAFFICO (ENV)         | 10.125      |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.12                   |            |            | Linear Static     | VENTO LONGITUDINALE    | -0,9        |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.12                   |            |            | Linear Static     | VENTO TRASVERSALE - DX | 0           |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.12                   |            |            | Linear Static     | VENTO TRASVERSALE - SX | 0,9         |             |            |            |            |      |       |
| SLU - STR.12                   |            |            | Linear Static     | TERMICA LONGITUDINALE  | -1,2        |             |            |            |            |      |       |
| SLV - X - 01                   | Linear Add | No         | Linear Static     | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLV - X - 01                   |            |            | Linear Static     | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - X - 01                   |            |            | Linear Static     | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - X - 01                   |            |            | Linear Static     | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - X - 01                   |            |            | Linear Static     | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - X - 01                   |            |            | Linear Static     | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - X - 01                   |            |            | Linear Static     | TERMICA LONGITUDINALE  | 0,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLV - X - 01                   |            |            | Response Spectrum | SLV - X                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - X - 01                   |            |            | Response Spectrum | SLV - Y                | 0,3         |             |            |            |            |      |       |
| SLV - X - 02                   | Linear Add | No         | Linear Static     | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLV - X - 02                   |            |            | Linear Static     | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - X - 02                   |            |            | Linear Static     | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - X - 02                   |            |            | Linear Static     | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - X - 02                   |            |            | Linear Static     | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - X - 02                   |            |            | Linear Static     | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - X - 02                   |            |            | Linear Static     | TERMICA LONGITUDINALE  | -0,5        |             |            |            |            |      |       |
| SLV - X - 02                   |            |            | Response Spectrum | SLV - X                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - X - 02                   |            |            | Response Spectrum | SLV - Y                | 0,3         |             |            |            |            |      |       |
| SLV - Y - 01                   | Linear Add | No         | Linear Static     | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLV - Y - 01                   |            |            | Linear Static     | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - Y - 01                   |            |            | Linear Static     | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - Y - 01                   |            |            | Linear Static     | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - Y - 01                   |            |            | Linear Static     | BARRIERE               | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - Y - 01                   |            |            | Linear Static     | VELETTE LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - Y - 01                   |            |            | Linear Static     | TERMICA LONGITUDINALE  | 0,5         |             |            |            |            |      |       |
| SLV - Y - 01                   |            |            | Response Spectrum | SLV - X                | 0,3         |             |            |            |            |      |       |
| SLV - Y - 01                   |            |            | Response Spectrum | SLV - Y                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - Y - 02                   | Linear Add | No         | Linear Static     | DEAD                   | 1           | None        | None       | None       | None       |      |       |
| SLV - Y - 02                   |            |            | Linear Static     | SOLETTA                | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - Y - 02                   |            |            | Linear Static     | CORDOLI LATERALI       | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - Y - 02                   |            |            | Linear Static     | PAVIMENTAZIONE         | 1           |             |            |            |            |      |       |

| TABLE: Combination Definitions |           |            |                   |                       |             |             |            |            |            |      |       |
|--------------------------------|-----------|------------|-------------------|-----------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------|-------|
| ComboName                      | ComboType | AutoDesign | CaseType          | CaseName              | ScaleFactor | SteelDesign | ConcDesign | AlumDesign | ColdDesign | GUID | Notes |
| Text                           | Text      | Yes/No     | Text              | Text                  | Unitless    | Text        | Text       | Text       | Text       | Text | Text  |
| SLV - Y - 02                   |           |            | Linear Static     | BARRIERE              | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - Y - 02                   |           |            | Linear Static     | VELETTE LATERALI      | 1           |             |            |            |            |      |       |
| SLV - Y - 02                   |           |            | Linear Static     | TERMICA LONGITUDINALE | -0,5        |             |            |            |            |      |       |
| SLV - Y - 02                   |           |            | Response Spectrum | SLV - X               | 0,3         |             |            |            |            |      |       |
| SLV - Y - 02                   |           |            | Response Spectrum | SLV - Y               | 1           |             |            |            |            |      |       |