

**S.S. n.130 "Iglesiente"**

Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu  
da km 3+000 a 15+600

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. CA316  
CA351

**PROGETTAZIONE: ATI VIA - LOTTI - SERING - VDP - BRENG**

**PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

*Dott. Ing. Francesco Nicchiarelli (Ord. Ing. Prov. Roma 14711)*

**RESPONSABILI D'AREA:**

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma 26031)*

Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)*

Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*

Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*

**GEOLOGO:**

*Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)*

**COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

*Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*

**RESPONSABILE SIA:**

*Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*

**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:**

*Dott. Ing. Francesco Corrias*

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE**

MANDATARIA:



MANDANTI:



**OPERE D'ARTE MAGGIORI**

**VIADOTTI E PONTI**

**P002 – PONTE RIO SA NUXEDDA – ASSEMINI**

**Relazione tecnica e di calcolo**



CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	CA316351_P00P002STRRE01_A			
CA316351	D 19	CODICE ELAB.	P00P002STRRE01	A	-
D		-	-	-	-
C		-	-	-	-
B		-	-	-	-
A	EMISSIONE	MAR.2020	F.SALUTE	G.PIAZZA	F. NICCHIARELLI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

## INDICE

---

<b>1</b>	<b>GENERALITA'</b> .....	<b>5</b>
1.1	OGGETTO.....	5
1.2	VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'OPERA.....	5
1.2.1	<i>Vita Nominale <math>V_n</math></i> .....	5
1.2.2	<i>Classi d'Uso</i> .....	5
1.2.3	<i>Periodo di Riferimento per l'azione sismica</i> .....	6
1.3	DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	6
1.4	CONSIDERAZIONI SULLE METODOLOGIE COSTRUTTIVE.....	8
<b>2</b>	<b>NORMATIVE E RIFERIMENTI</b> .....	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>NORME TECNICHE</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO</b> .....	<b>11</b>
4.1	CALCESTRUZZI .....	11
4.1.1	<i>Caratteristiche ai fini della durabilità</i> .....	11
4.1.2	<i>Copriferri nominali</i> .....	12
4.1.3	<i>Resistenze di progetto</i> .....	14
4.1.4	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	16
4.2	ACCIAIO IN BARRE PER CEMENTO ARMATO E RETI ELETTRISALDATE .....	18
4.2.1	<i>Qualità dell'acciaio</i> .....	18
4.2.2	<i>Resistenze di progetto</i> .....	19
4.3	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA .....	19
4.3.1	<i>Qualità dell'acciaio</i> .....	19
4.3.2	<i>Resistenze di progetto</i> .....	20
4.4	CONNETTORI A PIOLO TIPO NELSON .....	20
4.4.1	<i>Qualità dell'acciaio</i> .....	20
4.4.2	<i>Resistenze di progetto</i> .....	20
4.5	GIUNZIONI BULLONATE .....	20
4.5.1	<i>Qualità dell'acciaio</i> .....	20

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

4.5.2	<i>Resistenze di progetto</i> .....	21
4.6	GIUNZIONI SALDATE .....	21
<b>5</b>	<b>AZIONI E COMBINAZIONI DI PROGETTO .....</b>	<b>22</b>
5.1	ELENCO DELLE AZIONI SUI PONTI STRADALI.....	22
5.2	ANALISI DEI CARICHI IMPALCATO CARREGGIATA SINISTRA .....	22
5.2.1	<i>Azioni permanenti - Peso proprio degli elementi strutturali – g1</i> .....	23
5.2.2	<i>Azioni permanenti - Carichi permanenti portati – g2</i> .....	24
5.2.3	<i>Azioni permanenti - Spinta delle terre in condizioni statiche – g3</i> .....	26
5.2.4	<i>Distorsioni e deformazioni impresse - Effetti reologici: ritiro e viscosità – <math>\varepsilon_2</math> e <math>\varepsilon_3</math></i> .....	26
5.2.5	<i>Distorsioni e deformazioni impresse - Cedimenti vincolari – <math>\varepsilon_4</math></i> .....	29
5.2.6	<i>Azioni variabili da traffico - Carichi verticali comprensivi degli effetti dinamici – q1</i> .....	29
5.2.7	<i>Azioni variabili da traffico – Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione – q3</i> 34	
5.2.8	<i>Azioni variabili da traffico – Azione centrifuga – q4</i> .....	34
5.2.9	<i>Azioni di Neve e di Vento – q5</i> .....	34
5.2.10	<i>Azioni della temperatura – q7</i> .....	38
5.2.11	<i>Azioni sui parapetti e urto veicolo in svio – q8</i> .....	42
5.2.12	<i>Resistenze parassite dei vincoli – q9</i> .....	45
5.2.13	<i>Azioni sismiche – E</i> .....	45
5.3	COMBINAZIONI DI CARICO.....	49
5.3.1	<i>Combinazioni di carico in esercizio</i> .....	49
5.3.2	<i>Combinazioni di carico in fase sismica</i> .....	52
<b>6</b>	<b>ANALISI E VERIFICHE DELLE STRUTTURE D'IMPALCATO CARREGGIATA SINISTRA.....</b>	<b>53</b>
6.1	CRITERI DI CALCOLO .....	53
6.1.1	<i>Analisi globale</i> .....	53
6.1.2	<i>Analisi locali</i> .....	55
6.2	ANALISI STATICA GLOBALE .....	55
6.2.1	<i>Caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni in fase di analisi</i> .....	56
6.2.2	<i>Applicazione dei carichi al modello</i> .....	56
6.2.3	<i>Sollecitazioni di progetto</i> .....	57
6.3	VERIFICHE DELLE TRAVI PRINCIPALI.....	69

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

6.3.1	Verifiche di resistenza SLU .....	69
6.3.2	Verifiche SLE "a respiro" delle anime .....	78
6.3.3	Verifiche agli SLE-RARA delle travi principali .....	78
6.3.4	Verifiche a fatica .....	81
6.3.5	Verifiche SLU delle saldature longitudinali .....	88
6.3.6	Verifiche delle connessioni a pioli.....	89
6.4	VERIFICHE SLE DI DEFORMABILITÀ DELLA STRUTTURA .....	91
6.5	VERIFICA DELLA SOLETTA IN C.A. ....	93
6.5.1	Verifica delle predalles in fase di autoportanza.....	93
6.5.2	Verifiche della soletta in esercizio (2° fase).....	101
<b>7</b>	<b>ANALISI E VERIFICA DELLE SPALLE.....</b>	<b>137</b>
7.1	ANALISI DELLA PALIFICATA .....	138
7.2	CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE .....	140
7.3	VERIFICHE DI RESISTENZA DEI PALI DI FONDAZIONE .....	140
7.4	DIMENSIONAMENTO DELLE SINGOLE MEMBRATURE DELLE SPALLE.....	144
7.4.1	Paraghiaia.....	144
7.4.2	Muri di risvolto.....	145
7.4.3	Verifiche di resistenza a taglio.....	146
<b>8</b>	<b>VERIFICHE DISPOSITIVI DI APPOGGIO E GIUNTI DI DILATAZIONE .....</b>	<b>148</b>
8.1	APPARECCHI DI APPOGGIO .....	148
8.1.1	Carichi verticali trasmessi dall'impalcato .....	148
8.1.2	Carichi orizzontali trasmessi dall'impalcato .....	149
8.2	ESCURSIONI DEGLI APPARECCHI DI APPOGGIO E DEI GIUNTI DI DILATAZIONE.....	150
8.3	RIEPILOGO CARATTERISTICHE DI PROGETTO DISPOSITIVI DI VINCOLO E GIUNTI .....	151
<b>9</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE SLU ED SLE DELLE FONDAZIONI SU PALI.....</b>	<b>153</b>
9.1	CRITERI DI CALCOLO .....	153
9.1.1	Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico assiale di compressione .....	154
9.1.2	Verifiche SLU di collasso per sfilamento del palo singolo nei riguardi del carico assiale di trazione .....	157

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

9.1.3	Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico trasversale .....	157
9.2	APPLICAZIONE AL CASO IN ESAME .....	163
9.2.1	Caratteristiche delle opere di fondazione su pali.....	163
9.2.2	Parametri geotecnici e stratigrafie di progetto.....	163
9.2.3	Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico assiale di compressione e di trazione (sfilamento).....	164
9.2.4	Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico trasversale .....	164
<b>10</b>	<b>DICHIARAZIONE ACCETTABILITÀ RISULTATI (PAR. 10.2 N.T.C. 2018) .....</b>	<b>166</b>
10.1	TIPO DI ANALISI SVOLTE .....	166
10.2	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	166
10.3	AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO .....	166
10.4	MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI .....	166
10.5	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE.....	166
10.6	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....	167
<b>11</b>	<b>ALLEGATO 1 – IMPALCATO - ANALISI STATICA GLOBALE – CARATTERISTICHE GEOMETRICO – INERZIALI IN FASE DI ANALISI.....</b>	<b>168</b>
<b>12</b>	<b>ALLEGATO 2 – IMPALCATO ANALISI STATICA GLOBALE – CARATTERISTICHE GEOMETRICO – INERZIALI IN FASE DI VERIFICA .....</b>	<b>169</b>
<b>13</b>	<b>ALLEGATO 3 – IMPALCATO – TRAVI PRINCIPALI - SOLLECITAZIONI PER VERIFICHE SLU 170</b>	
<b>14</b>	<b>ALLEGATO 4 – IMPALCATO - VERIFICHE SLU TRAVI PRINCIPALI .....</b>	<b>171</b>
<b>15</b>	<b>ALLEGATO 5 – IMPALCATO - VERIFICA DELLE SALDATURE LONGITUDINALI DELLE TRAVI PRINCIPALI .....</b>	<b>172</b>
<b>16</b>	<b>ALLEGATO 6 – IMPALCATO – TRAVI PRINCIPALI - VERIFICA DELLE CONNESSIONI A PIOLI .....</b>	<b>173</b>
<b>17</b>	<b>ALLEGATO 7 – SOTTOSTRUTTURE: SPALLA SPA .....</b>	<b>174</b>
<b>18</b>	<b>ALLEGATO 8 – SOTTOSTRUTTURE: MODELLO SPALLA - PARATIEPLUS.....</b>	<b>175</b>
<b>19</b>	<b>ALLEGATO 9 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO.....</b>	<b>176</b>
<b>20</b>	<b>ALLEGATO 10 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO.....</b>	<b>177</b>

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

## 1 GENERALITA'

### 1.1 Oggetto

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche relative alle strutture del Ponte "**Rio Sa Nuxedda**" dalla progressiva km 6 + 807.75 alla progressiva km 6+°827.75, previsto nell'ambito dei lavori di realizzazione della "S.S. n. 130 – Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600".

Il ponte è composto da **1** campata di luce pari a **20.0** m misurata in asse appoggi spalle.

Le analisi e le verifiche statiche sono condotte conformemente al livello di Progettazione Definitiva di cui trattasi e mirano al dimensionamento degli elementi principali per consentirne una piena definizione dal punto di vista prestazionale ed economico (§art. 26 e 29 D.P.R. 5/10/2010, n°207).

Le analisi e le verifiche degli aspetti di dettaglio, saranno sviluppate nella successiva fase di Progettazione Esecutiva.

### 1.2 Vita Nominale di progetto, Classe d'uso e Periodo di Riferimento dell'opera

#### 1.2.1 Vita Nominale $V_N$

La vita nominale di progetto  $V_N$  di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di  $V_N$  da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. (§ 2.4.1 NTC2018). Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

**Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni**

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

*Tabella 1.1 – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni*

In accordo con la Committenza Anas è stato assunto:

- Vita Nominale di progetto:  $V_N = 100$  anni (costruzioni con livelli di prestazione elevati).

#### 1.2.2 Classi d'Uso

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite (§2.4.2 NTC2018):

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

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

*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 DM 5/11/2001, 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.

Relativamente alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, delle opere di cui trattasi, vi si attribuisce:

- Classe d'Uso: **IV**;
- Coefficiente d'Uso:  $C_U = 2.0$ .

### 1.2.3 Periodo di Riferimento per l'azione sismica

Il periodo di riferimento, impiegato nella valutazione delle azioni sismiche risulta pari a:

- Periodo di Riferimento:  $V_R = V_N \times C_U = 100 \times 2.0 = 200$  anni.

### 1.3 Descrizione delle opere

Il tracciato planimetrico dell'asse principale, nel tratto lungo il quale si inserisce l'opera, si sviluppa **in rettilineo**.

L'opera in esame è costituita da **tre** impalcati distinti, inclinati di **40°** rispetto all'asse del ponte.

L'impalcato **destro** ha larghezza complessiva in retto di **10.50 m** e **16.35 m** in obliquo. L'impalcato **centrale** e l'impalcato **sinistro** hanno larghezza complessiva in retto di **11.25 m** e **17.50 m** in obliquo. Le piattaforme stradali sinistrs e centrale hanno larghezza **9.75 m** (strada **Extraurbana principale di Categoria B**, ai sensi del DM2001), mentre la piattaforma stradale dx ha larghezza **9.00 m** (strada **Extraurbana principale di Categoria B**, ai sensi del DM2001) tutte fiancheggiate da elementi marginali costituiti da cordoli di larghezza **0.75 m** all'estremità.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Gli impalcati sono a struttura mista acciaio-calcestruzzo, con sezione trasversale "aperta" costituita da **due** travi metalliche principali di altezza costante pari a **1.30** m. Le travi sono inclinate di circa **14°** sulla verticale.

La distanza trasversale massima tra le travi per tutti gli impalcati è **5.85** m (all'estradosso) e **5.20** m (all'intradosso). Gli sbalzi laterali hanno luce pari a **3.025** m per l'impalcato sx e centrale, mentre per quello dx gli sbalzi laterali hanno luce pari a **2.650** m calcolata dall'intradosso delle travi.

Le strutture in carpenteria metallica sono previste in acciaio autopatinabile (**COR-TEN**).

Le travi principali saranno realizzate mediante lamiera saldate.

Le anime delle travi principali saranno irrigidite da stiffners trasversali, composti da semplici piatti saldati, disposti in corrispondenza dei traversi.

Il graticcio d'impalcato è completato dai traversi, del tipo ad anima piena, posti in campata (orientati trasversalmente alle travi principali) ed in corrispondenza degli allineamenti di appoggio (orientati con un'inclinazione di **40°** rispetto all'asse dell'impalcato). L'interasse tra i traversi è pari a **5.50** m. Anche i traversi hanno sezione a doppio T composta mediante lamiera saldate.

Per quanto attiene i collegamenti, i conci delle travi principali saranno interamente saldati con saldature a Piena Penetrazione, mentre i collegamenti tra traversi e travi principali saranno di tipo bullonato.

Le unioni bullonate previste per i collegamenti tra traversi e travi principali saranno del tipo "AD ATTRITO", mentre le unioni relative ai controventi saranno "A TAGLIO".

I controventi a croce hanno esclusiva funzione di irrigidimento della struttura in fase di montaggio. Al termine della maturazione dei getti della soletta d'impalcato i controventi dovranno essere tassativamente rimossi.

La soletta di impalcato, solidarizzata alle travi principali, ha spessore costante pari a **31** cm. E' previsto l'impiego di lastre prefabbricate autoportanti (predalles) in c.a. di spessore pari a **7** cm tessute in direzione trasversale.

La solidarizzazione della soletta alla trave metallica sarà garantita tramite connettori a piolo tipo Nelson Ø**22** con altezza di **220** mm.

Lo schema statico, con riferimento ai carichi verticali, è di trave ad **1** campata su **2** allineamenti di appoggio.

Nella figura seguente è riportata la sezione rappresentativa dell'impalcato:

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

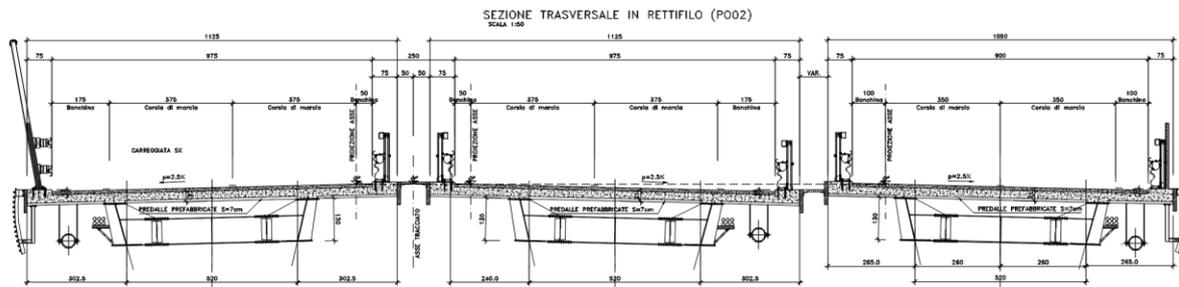


Figura 1.1. Sezione trasversale impalcato in campata

Lo schema di vincolo prevede l'adozione di apparecchi di appoggio in acciaio-teflon a disco elastomerico confinato.

L'allineamento fisso per azioni orizzontali longitudinali è stato ubicato sulla spalla SPA.

Di contro, le azioni orizzontali trasversali vengono trasmesse a tutte le sottostrutture.

Alle estremità dell'impalcato sono previsti giunti di dilatazione in elastomero armato in corrispondenza della piattaforma carrabile e giunti di cordolo in corrispondenza degli elementi marginali.

Ogni spalla è suddivisa in 3 parti, corrispondenti ai tre impalcati distinti, giuntate tra loro.

Le due spalle del ponte sono di tipo passante con:

- paraghiaia di spessore 60 cm, debitamente arretrato rispetto alle travi d'impalcato in modo da garantire un varco di ampiezza adeguata alla manutenzione;
- muri andatori laterali per il contenimento del quarto di cono del rilevato.

Per il dimensionamento dei muri d'ala si rimanda alla specifica relazione di calcolo, comune a tutti i viadotti previsti nell'ambito dei lavori. In questa relazione, sulla base delle azioni in testa pali illustrate nella suddetta relazione di calcolo, sono riportate le verifiche geotecniche dei pali di fondazioni.

Le fondazioni sono di tipo indiretto, costituite da zattere di spessore pari a 1.50 m e palificate di pali trivellati di diametro  $\phi 1200$  in numero di 35 (11 in corrispondenza dell'impalcato destro, 12 in corrispondenza di ognuno dei restanti impalcati).

#### 1.4 Considerazioni sulle metodologie costruttive

Per il raggiungimento dei piani di imposta dei plinti di fondazione delle spalle è prevista la realizzazione di palancolati di confinamento degli scavi. Dette palancole potranno essere rimosse a valle degli interventi.

La realizzazione delle restanti parti d'opera delle sottostrutture non pone particolari problematiche.

La struttura in carpenteria metallica sarà montata a terra per macroconci, successivamente varati in quota con l'ausilio di autogru di adeguata portata. Le travi principali di ciascun macroconco, saranno collegate alle porzioni già in opera mediante saldatura di testa a completa penetrazione.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

La soletta in c.a. è prevista gettata in opera utilizzando coppelle prefabbricate autoportanti in c.a. contenenti le armature trasversali d'intradosso. Le coppelle sono provviste di aree libere in corrispondenza delle piattabande superiori delle travi, dove saranno posizionati i connettori a piolo.

Una volta disposte le coppelle sulla travata metallica si provvede alla posa dell'armatura integrativa e quindi al getto di completamento.

Le fasi di getto della soletta in direzione trasversale sono appresso dettagliate:

- Fase 1a: getto delle parti di soletta comprese tra le travi e degli sbalzi per 1.0 m dall'asse delle travi;
- Fase 1b: getto di completamento degli sbalzi.

In direzione longitudinale si effettueranno dapprima i getti delle zone di campata e successivamente i getti in corrispondenza delle spalle.

Successivamente, si provvederà alla realizzazione dei cordoli e delle finiture.

La realizzazione delle spalle è prevista in due fasi. In prima fase è prevista l'esecuzione delle spalle (e dei muri adiacenti), a meno dei baggioli e dei cordoli di coronamento di paraghiaia, muri di risvolto etc., successivamente è prevista la realizzazione dei rilevati d'approccio.

Il completamento delle strutture di coronamento delle spalle e dei baggioli verrà eseguito solo dopo aver scontato gli eventuali cedimenti indotti dalla realizzazione dei rilevati.

Infine sarà possibile procedere con la realizzazione delle strutture d'impalcato e delle finiture.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

## 2 NORMATIVE E RIFERIMENTI

Le analisi e le verifiche delle strutture sono state effettuate nel rispetto della seguente normativa vigente:

- [D\_1]. DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle <<Norme tecniche per le costruzioni>> (nel seguito indicate come NTC18).
- [D\_2]. Circolare 21 gennaio 2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018, supplemento ordinario n° 5 alla G. U. n° 35 del 11/02/2019 (nel seguito indicate come CNTC18).
- [D\_3]. Norma Europea UNI EN 206: Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità (Dicembre 2016).
- [D\_4]. Norma Italiana UNI 11104: Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 (luglio 2016).

Altresì, ci si è riferiti agli Eurocodici secondo quanto specificato nel prosieguo della relazione.

Ulteriori riferimenti sono rappresentati dai seguenti documenti:

- [D\_5]. Sètra – Eurocodes 3 and 4. Application to steel-concrete composite road bridges (july 2007).
- [D\_6]. Sètra –Abaques pour la flexion locale de la dalle d'un bipoutre à entretois. Ouvrages d'art. (n.54 – mars 2007).

## 3 NORME TECNICHE

Il metodo di calcolo adottato è quello semiprobabilistico agli stati limite, con applicazione di coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni, variabili in ragione dello stato limite indagato.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO

### 4.1 Calcestruzzi

#### 4.1.1 Caratteristiche ai fini della durabilità

Al fine di valutare le caratteristiche vincolanti delle miscele di calcestruzzo nei confronti della durabilità viene fatto riferimento alle norme [D\_3] e [D\_4] .

Relativamente alla scelta delle classi di esposizione tenuto conto che il tracciato si sviluppa oltre 2 km dalla linea di costa è stata esclusa l'applicazione della classe XS (Corrosione indotta dai cloruri contenuti nell'acqua di mare).

Analogamente, in accordo alla "Classificazione del livello di rischio di attacco del gelo per aree climatiche del territorio italiano" contenuta nell'appendice A alla norma [D\_4], che attribuisce alla [Sardegna](#) un livello di rischio [Nullo](#), è stata esclusa l'applicazione della classe XF (Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti), e conseguentemente della classe XD (corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare).

Relativamente all'applicazione della classe XA (Attacco chimico da parte del terreno naturale e delle acque contenute nel terreno), le analisi chimiche eseguite su campioni di terreno e su acqua di falda ai sensi della norma UNI EN 206, hanno evidenziato concentrazioni di solfati ( $SO_4^{2-}$ ) nelle acque di falda, tali da rientrare nei range illustrati nel prospetto 2 della norma [D\_3].

Di seguito, per ciascun elemento viene riportata la classe di esposizione che risulta vincolante ai fini delle caratteristiche della miscela. Inoltre, sono riportati la classe di resistenza, i range previsti per le dimensioni massime degli aggregati, la classe di consistenza, il valore massimo del rapporto acqua/cemento, il tipo di cemento da impiegare in funzione della parte d'opera e il contenuto minimo di cemento:

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

CARATTERISTICHE DEI CALCESTRUZZI (UNI EN 206-1 / UNI 11104)							
CALCESTRUZZO PER	Magrone	Sottofondazioni Pali trivellati e diaframmi	Fondazioni Spalle, pile e muri andatori *	Elevazioni Spalle, pile, pulvini e muri andatori *	Elevazioni Baggioli	Solette impalcato Predalle prefabbricate	Solette impalcato Getti in opera e cordoli marginali
Classe di resistenza (fck/Rck) (Mpa)	C12/15	C25/30	C25/30	C32/40	C35/45	C35/45	C35/45
Classe di esposizione ambientale	-	XC2	XC2	XC4	XC4	XC4	XC4
φ max inerti (mm)	Dupper	32	32	25	25	12	25
	Dlower	20	20	16	16	8	16
Classe di consistenza	-	S5	S4	S4	S5	S5	S5
Rapporto max acqua/cemento	-	0.60	0.60	0.50	0.45	0.45	0.45
Tipo di cemento (secondo UNI EN 197-1)	-	CEM IV	CEM IV	CEM I÷V	CEM I÷V	CEM I÷V	CEM I÷V
Contenuto minimo di cemento (kg/m <sup>3</sup> )	150	300	300**	340**	360	360	360

Tabella 4.1 – Caratteristiche dei Calcestruzzi

\* Cemento LH (Low Heat) a basso calore di idratazione.

\*\* I contenuti di cemento indicati saranno verificati in sede di prequalifica, imponendo che il riscaldamento del calcestruzzo del nucleo in condizioni adiabatiche rispetti le seguenti condizioni:

- $\delta T_{3gg} \leq 35^\circ$  per getti di spessore non superiore a 2 m;
- $\delta T_{7gg} \leq 35^\circ$  per getti di spessore superiore a 2 m.

In ogni caso, dovrà essere garantito il rispetto delle classi di esposizione e resistenza sopra indicate.

#### 4.1.2 Copriferrini nominali

I valori minimi dello spessore dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferrino), ai fini della protezione delle armature dalla corrosione, sono riportati nella Tab. C4.1.IV delle circolari applicative §[D\_2], nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tab. 4.1.IV delle NTC:

Tabella C4.1.IV - Copriferrini minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
$C_{min}$	$C_o$	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

I valori della tabella C4.1.IV si riferiscono a costruzioni con Vita Nominale di 50 anni (tipo 2 della Tab. 2.4.1 delle NTC). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (tipo 3 della citata Tab. 2.4.1), i valori della Tab. C4.1.IV vanno aumentati di 10 mm.

Per la definizione del calcestruzzo nominale, ai valori minimi di copriferro vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm o minore, secondo indicazioni di norme di comprovata validità.

La tabella seguente illustra, i valori del calcestruzzo nominale, richiesti in base all'applicazione dei criteri sopra esposti e specializzati al caso in esame:

**DETERMINAZIONE DEI COPRIFERRI NOMINALI SECONDO NTC2018**

<b>Dati generali relativi all'opera</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	
Tipo di costruzione (1=temp. o provvisoria; 2 = prestazioni ordinarie; 3=prestazioni elevate)	TC		3
Vita nominale dell'opera	V <sub>N</sub>	anni	100

Tabella C4.1.IV Copriferrini minimi in mm

ambiente	barre da c.a.		cavi da c.a.p.							
			elementi a piastra				altri elementi			
	R <sub>ckmin</sub>	R <sub>ck0</sub>	R <sub>ck</sub> ≥ R <sub>ck0</sub>	R <sub>ckmin</sub> ≤ R <sub>ck</sub> ≤ R <sub>ck0</sub>	R <sub>ck</sub> ≥ R <sub>ck0</sub>	R <sub>ckmin</sub> ≤ R <sub>ck</sub> ≤ R <sub>ck0</sub>	R <sub>ck</sub> ≥ R <sub>ck0</sub>	R <sub>ckmin</sub> ≤ R <sub>ck</sub> ≤ R <sub>ck0</sub>	R <sub>ck</sub> ≥ R <sub>ck0</sub>	R <sub>ckmin</sub> ≤ R <sub>ck</sub> ≤ R <sub>ck0</sub>
ordinario	30	45	15	20	20	25	25	30	30	35
aggressivo	37	50	25	30	30	35	35	40	40	45
molto ag.	45	55	35	40	40	45	5	50	50	50

Elemento		Sottofondazioni - Pali trivellati e diaframmi	Fondazioni - Spalle, pile e muri andatori	Elevazioni - Spalle e muri andatori	Elevazioni - Pile, pulvini e baggioni	Solette Impalcato predalle	Solette Impalcato getti in opera e cordoli marginali
Tipo di armatura (1=barre da c.a.; 2=cavi da c.a.p.)		1	1	1	1	1	1
Elemento a piastra		NO	SI	SI	NO	SI	SI
Classe di esposizione		XC2	XC2	XC4	XC4	XC4	XC4
Ambiente		ordinario	ordinario	aggressivo	aggressivo	aggressivo	aggressivo
Rck	Mpa	30	30	40	40	45	45
Check Rck min		OK	OK	OK	OK	OK	OK
copriferro minimo (Tab. C4.1.IV NTC)	mm	25	20	30	35	30	30
incremento Per V <sub>N</sub> =100 (tipo di costruzione 3)	mm	10	10	10	10	10	10
elem. prefabbricato con ver. Copriferrini*		NO	NO	NO	NO	SI	NO
riduzione per produzioni con ver. Copriferrini		0	0	0	0	-5	0
Tolleranza di posa		10	10	10	10	5	10
copriferro nominale	mm	45	40	50	55	40	50

Tabella 4.2 – Valori dei copriferri nominali in base alle NTC2018

Relativamente alle predalle prefabbricate, trattandosi di elementi prodotti con sistemi sottoposti a controlli di qualità che comprendono la verifica dei copriferri, i valori minimi della Tab. C4.1.IV sono stati ridotti di 5 mm. Analogamente, per questi elementi le tolleranze di posa sono state limitate a 5 mm.

I valori effettivamente adottati per i copriferri nominali di progetto tengono conto anche di criteri di uniformità e della volontà di garantire valori maggiori dei minimi di norma per superfici contro-terra e particolarmente per le opere di sottofondazione. In questo caso, si è fatto riferimento alla indicazione dell'EC2 (EN 1992-1-1), che fissa a 75 mm il valore da garantire per il copriferro di opere gettate direttamente contro il terreno:

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Elemento	Sottofondazioni - Pali trivellati e diaframmi	Fondazioni - Spalle, pile e muri andatori	Elevazioni - Spalle e muri andatori	Elevazioni - Pile, pulvini e boggioni	Solette Impalcato predalle	Soletta Impalcato getti in opera e cordoli marginali
<b>copriferro nominale di progetto</b>	mm	<b>75</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>40</b>

Tabella 4.3 – Valori dei copriferrini nominali adottati in progetto

### 4.1.3 Resistenze di progetto

#### Calcestruzzo C25/30:

Caratteristiche Calcestruzzo	Var	unità	C25/30
Resistenza a compressione caratteristica cubica	$R_{ck}$	Mpa	30
Resistenza a compressione caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	Mpa	25
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	Mpa	33.00
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	Mpa	2.56
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk5\%} = 0.7 f_{ctm}$	Mpa	1.80
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk95\%} = 1.3 f_{ctm}$	Mpa	3.33
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	Mpa	3.08
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	Mpa	31476

STATI LIMITE ULTIMI	Var	unità	
coefficiente $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		0.85
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	Mpa	14.17
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	Mpa	1.20

STATI LIMITE DI ESERCIZIO	Var	unità	
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{c, max} = 0.60 f_{ck}$	Mpa	15.00
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico quasi permanente	$\sigma_{c, max} = 0.45 f_{ck}$	Mpa	11.25
$\sigma_t$ - stato limite di formazione delle fessure	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$	Mpa	2.14

ANCORAGGIO DELLE BARRE	Var	unità	
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 1.0 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	Mpa	2.69
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - non buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 0.7 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	MPa	1.89

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

### Calcestruzzo C32/40:

<b>Caratteristiche Calcestruzzo</b>	<b>Var</b>	<b>C32/40</b>
Resistenza a compressione caratteristica cubica	$R_{ck}$	40
Resistenza a compressione caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	32
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	40.00
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	3.02
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk5\%} = 0.7 f_{ctm}$	2.12
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk95\%} = 1.3 f_{ctm}$	3.93
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.63
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	33346

<b>STATI LIMITE ULTIMI</b>	<b>Var</b>	
coefficiente $\gamma_c$	$\gamma_c$	1.50
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	18.13
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1.41

<b>STATI LIMITE DI ESERCIZIO</b>	<b>Var</b>	
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{c, max} = 0.60 f_{ck}$	19.20
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico quasi permanente	$\sigma_{c, max} = 0.45 f_{ck}$	14.40
$\sigma_t$ - stato limite di formazione delle fessure	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$	2.52

<b>ANCORAGGIO DELLE BARRE</b>	<b>Var</b>	
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 1.0 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	3.18
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - non buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 0.7 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	2.22

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

### Calcestruzzo C35/45:

Caratteristiche Calcestruzzo	Var	unità	C35/45
Resistenza a compressione caratteristica cubica	$R_{ck}$	Mpa	45
Resistenza a compressione caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	Mpa	35
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	Mpa	43.00
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	Mpa	3.21
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk5\%} = 0.7 f_{ctm}$	Mpa	2.25
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk95\%} = 1.3 f_{ctm}$	Mpa	4.17
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	Mpa	3.85
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	Mpa	34077

STATI LIMITE ULTIMI	Var	unità	
coefficiente $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		0.85
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	Mpa	19.83
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	Mpa	1.50

STATI LIMITE DI ESERCIZIO	Var	unità	
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{c, max} = 0.60 f_{ck}$	Mpa	21.00
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico quasi permanente	$\sigma_{c, max} = 0.45 f_{ck}$	Mpa	15.75
$\sigma_t$ - stato limite di formazione delle fessure	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$	Mpa	2.67

ANCORAGGIO DELLE BARRE	Var	unità	
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 1.0 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	Mpa	3.37
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - non buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 0.7 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	MPa	2.36

#### 4.1.4 Verifiche a fessurazione

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature, sono suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato dalla Tab. 4.1.III delle NTC2018:

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Nel caso in esame si considerano:

- Condizioni **ordinarie**: per le verifiche a fessurazione delle fondazioni e delle sottofondazioni (classe di esposizione **XC2**).
- Condizioni **aggressive**: per le verifiche a fessurazione della **soletta**, delle **elevazioni delle spalle** (classe di esposizione **XC4**).

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

La Tab. 4.1.IV stabilisce i criteri per la scelta degli stati limite di fessurazione in funzione delle condizioni ambientali e del tipo di armatura:

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	$w_k$	Poco sensibile Stato limite	$w_k$
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Pertanto, nel caso in esame si ha:

- Verifiche a fessurazione delle **fondazioni** e delle **sottofondazioni** – condizioni ambientali **ordinarie** – Armatura poco sensibile:
  - o Combinazione di azioni frequente:  $w_k \leq w_3 = 0.4$  mm
  - o Combinazione di azioni quasi permanente:  $w_k \leq w_2 = 0.3$  mm
- Verifiche a fessurazione della **soletta** e delle **elevazioni spalle** – condizioni ambientali **Aggressive** – Armatura poco sensibile:
  - o Combinazione di azioni frequente:  $w_k \leq w_2 = 0.3$  mm
  - o Combinazione di azioni quasi permanente:  $w_k \leq w_1 = 0.2$  mm

In alcuni casi, in accordo al par. §4.1.2.2.4.5, le verifiche allo stato limite di apertura delle fessure sono state condotte senza calcolo diretto, verificando che la tensione di trazione dell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, sia contenuta entro i valori limite specificati nelle seguenti tabelle:

Tabella C4.1.II Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

**Tabella C4.1.III - Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione**

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Spaziatura massima s delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

In rapporto a quanto specificato nelle precedenti tabelle è possibile individuare le tensioni limite dell'acciaio per ciascun diametro delle barre:

<b>Tensioni limite in funzione diametro barre</b>			
Diametro barre $\phi$ [mm]	Tensione max acciaio $\sigma_s$ [Mpa]		
	$w_3=0.4$ mm	$w_2=0.3$ mm	$w_1=0.2$ mm
40	160	114	93
36	180	137	111
32	200	160	129
30	207	171	138
28	213	183	147
26	220	194	156
24	227	204	164
22	233	213	173
20	240	222	182
18	260	231	191
16	280	240	200
14	300	260	220
12	320	280	240
10	360	320	260
8	360	360	280
6	360	360	320

## 4.2 Acciaio in barre per cemento armato e Reti Elettrosaldate

### 4.2.1 Qualità dell'acciaio

Acciaio in barre B450C in accordo a DM 17/01/2018 (Capitolo 11).

Le Reti Elettrosaldate (RES), potranno essere realizzate impiegando acciaio B450A con le limitazioni all'impiego previste nel capitolo 11 delle NTC2018.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

## 4.2.2 Resistenze di progetto

Caratteristiche Acciaio per Calcestruzzo armato	Var	unità		
Qualità dell'acciaio			B450C	B450A
Tensione caratteristica di snervamento nominale	$f_{yk}$	Mpa	450	450
Tensione caratteristica a carico ultimo nominale	$f_{tk}$	Mpa	540	450
Modulo elastico	Es	Mpa	210000	210000
diametro minimo della barra impiegabile	$\phi_{min}$	mm	6	5
diametro massimo della barra impiegabile	$\phi_{max}$	mm	40	10
<b>STATI LIMITE ULTIMI</b>				
	<b>Var</b>	<b>unità</b>		
coefficiente $\gamma_s$	$\gamma_s$		1.15	1.15
Resistenza di calcolo	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s$	Mpa	391.3	391.3
<b>STATI LIMITE DI ESERCIZIO</b>				
	<b>Var</b>	<b>unità</b>		
$\sigma_{s,max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{s,max}=0.8 f_{yk}$	Mpa	360.0	360.0

## 4.3 Acciaio per carpenteria metallica

### 4.3.1 Qualità dell'acciaio

La carpenteria metallica sarà realizzata in Acciaio del [tipo autoprotetto \(COR-TEN\)](#) delle seguenti caratteristiche:

#### Acciaio per strutture principali:

Elementi principali composti per saldatura o soggetti a saldatura:

- Acciaio [S355J0 W +N – UNI EN10025-5/2005](#) per spessori  $\leq 20$  mm;
- Acciaio [S355J2 W +N – UNI EN10025-5/2005](#) per spessori  $20 \text{ mm} < t \leq 40$  mm;
- Acciaio [S355K2 W +N – UNI EN10025-5/2005](#) per spessori  $t > 40$  mm.

Elementi non soggetti a saldature (angolari, profilati e piastre bullonate):

- Acciaio [S355J0 W+N – UNI EN10025-5/2005](#).

Elementi non soggetti a saldature (angolari, profilati e piastre bullonate):

- Acciaio [S355J0 W+N – UNI EN10025-5/2005](#).

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

### 4.3.2 Resistenze di progetto

Caratteristiche Acciaio da carpenteria metallica		Var	unità	UNI EN 10025
Qualità dell'acciaio				S355
Tensione caratteristica di snervamento	$t \leq 40$ mm	$f_{yk}$	Mpa	355
Tensione caratteristica di rottura		$f_{tk}$	Mpa	510
Tensione caratteristica di snervamento	$40$ mm $< t \leq 80$ mm	$f_{yk}$	Mpa	335
Tensione caratteristica di rottura		$f_{tk}$	Mpa	510
Modulo elastico		Es	Mpa	210000
STATI LIMITE ULTIMI		Var	unità	
coeff. di sicurezza per resistenza delle sezioni $\gamma_{m0}$		$\gamma_{m0}$		1.05
coeff. di sicurezza per resistenza all'instabilità delle membrature $\gamma_{m1}$		$\gamma_{m1}$		1.05
coeff. di sicurezza per resistenza all'instabilità delle membrature dei ponti $\gamma_{m1}$		$\gamma_{m1}$		1.10
coeff. di sicurezza per resistenza alla frattura, delle sez. Tese indebolite dai fori $\gamma_{m2}$		$\gamma_{m2}$		1.25
Resistenza plastica di calcolo		$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m0}$	Mpa	338.1
Resistenza all'instabilità delle membrature	$t \leq 40$ mm	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m1}$	Mpa	338.1
Resistenza all'instabilità delle membrature dei ponti		$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m1}$	Mpa	322.7
Resistenza alla frattura delle sez. Tese (indebolite dai fori)		$f_{yd} = 0.9 f_{tk} / \gamma_{m2}$	Mpa	367.2
Resistenza plastica di calcolo		$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m0}$	Mpa	319.0
Resistenza all'instabilità delle membrature	$40$ mm $< t \leq 80$ mm	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m1}$	Mpa	319.0
Resistenza all'instabilità delle membrature dei ponti		$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m1}$	Mpa	304.5
Resistenza alla frattura delle sez. Tese (indebolite dai fori)		$f_{yd} = 0.9 f_{tk} / \gamma_{m2}$	Mpa	408.0

### 4.4 Connettori a piolo tipo Nelson

#### 4.4.1 Qualità dell'acciaio

Acciaio secondo UNI EN ISO 13918.

Acciaio S235J2G3 + C450 o similare (ST37 – 3K DIN 50049).

#### 4.4.2 Resistenze di progetto

CONNETTORI A PIOLO	Var	unità	
Qualità dell'acciaio			ex ST37-3K (S235J2+C)
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	Mpa	$\geq 350$
Tensione caratteristica di rottura	$f_{uk}$	Mpa	$\geq 450$
Allungamento percentuale a rottura	A	%	$\geq 15$
Strizione	St	%	$\geq 50$

### 4.5 Giunzioni bullonate

#### 4.5.1 Qualità dell'acciaio

Tutte le giunzioni bullonate saranno realizzate con bulloneria da precarico ad Alta Resistenza (AR), conforme alla norma UNI EN 14399-1 e alle NTC2018 e recante marchiatura CE.

I bulloni avranno le seguenti caratteristiche:

- Viti di Classe 10.9 secondo UNI EN 14399-4 e UNI EN ISO 898-1;
- Dadi Classe 10 secondo UNI EN 14399-4 e UNI EN ISO 20898-2;
- Rondelle (rosette) secondo UNI EN 14399-6.

Le giunzioni bullonate dei collegamenti tra travi principali e trasversi saranno del tipo ad attrito.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Le giunzioni bullonate dei controventi a croce saranno del tipo **a taglio**.

In ogni caso i collegamenti bullonati devono essere a **serraggio controllato** con bulloni caratterizzati da classe k pari a **K2** (bulloneria da precarico).

#### 4.5.2 Resistenze di progetto

Classe di resistenza della vite			10.9
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{y,bk}$	Mpa	900
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tbk}$	Mpa	1000
STATI LIMITE ULTIMI		Var	unità
coeff. di sicurezza per resistenza dei bulloni $\gamma_{m2}$		$\gamma_{m2}$	1.25
Resistenza unitaria a taglio - gambo filettato della vite ( $A_{res}$ ) $f_{v,Rd} = fac f_{tbk} / \gamma_{M2}$		$f_{v,Rd}$	MPa
Resistenza unitaria a taglio - gambo NON filettato della vite (A) $f_{v,Rd} = 0.6 f_{tbk} / \gamma_{M2}$		$f_{v,Rd}$	MPa
Resistenza unitaria a trazione - $f_{t,Rd} = 0.9 f_{tbk} / \gamma_{M2}$		$f_{t,Rd}$	MPa
Unioni ad attrito - coeff. di sicurezza per resistenza dei bulloni a scorrimento SLU $\gamma_{m3}$		$\gamma_{m3}$ SLU	1.25
Unioni ad attrito - coeff. di sicurezza per resistenza dei bulloni a scorrimento SLE $\gamma_{m3}$		$\gamma_{m3}$ SLE	1.10
Unioni ad attrito - coefficiente $\gamma_{m7}$ - Precarico dei bulloni ad Alta Resistenza		$\gamma_{m7}$	1.00
Unioni ad attrito - Forza unitaria di "precarico" $f_{p,Cd} = 0.7 f_{tbk} / \gamma_{M7}$		$f_{p,Cd}$	MPa
Unioni ad attrito - coefficiente di attrito $\mu$		$\mu$	0.30
Unioni ad attrito - Resistenza unitaria allo scorrimento SLU $f_{s,Rd} = \mu f_{p,Cd} / \gamma_{M3}$		$f_{s,Rd}$ SLU	MPa
Unioni ad attrito - Resistenza unitaria allo scorrimento SLE $f_{s,Rd} = \mu f_{p,Cd} / \gamma_{M3}$		$f_{s,Rd}$ SLE	MPa

#### 4.6 Giunzioni saldate

Tutte le giunzioni per l'assemblaggio dei concetti delle travi principali, sia quelle da eseguire in officina che quelle da eseguire in cantiere, saranno di tipo saldato a completa penetrazione di 1° classe.

I procedimenti di saldatura, i materiali di apporto e i controlli dovranno essere conformi a quanto stabilito dalle NTC2018.

Le specifiche e la sequenza esecutiva delle saldature a completa penetrazione saranno concordate con l'I.I.S.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

## 5 AZIONI E COMBINAZIONI DI PROGETTO

### 5.1 Elenco delle azioni sui ponti stradali

Le azioni di progetto, in accordo con quanto previsto dal capitolo 5 "Ponti" delle NTC2018, vengono di seguito elencate:

#### Azioni permanenti:

- Peso proprio degli elementi strutturali: g1
- Carichi permanenti portati (pavimentazione, cordoli/marciapiedi, barriere acustiche (ove previste), barriere di sicurezza stradale, parapetti, finiture, sistema di smaltimento acque, attrezzature stradali, rinfianchi e simili) g2
- Altre azioni permanenti (spinta delle terre, spinte idrauliche, etc.) g3

#### Distorsioni e deformazioni impresse:

- Distorsioni e presollecitazioni di progetto: ε1
- Effetti reologici - ritiro: ε2
- Effetti reologici - viscosità: ε3
- Cedimenti vincolari: ε4

#### Azioni Variabili da traffico:

- Carichi verticali comprensivi degli effetti dinamici (Schemi di carico 1 ÷ 5): q1
- Incremento dinamico addizionale in presenza di discontinuità strutturale: q2
- Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione: q3
- Azione centrifuga: q4

#### Altre Azioni Variabili:

- Azioni di Neve e di Vento: q5
- Azioni idrodinamiche: q6
- Azioni della temperatura: q7
- Azioni sui parapetti e urto di veicolo in svio: q8
- Resistenze parassite dei vincoli: q9

#### Azioni sismiche:

E

#### Azioni eccezionali:

A

Nel prosieguo vengono analizzate solo le azioni prese in considerazione ai fini della progettazione delle strutture in esame.

### 5.2 Analisi dei carichi impalcato carreggiata sinistra

Nella determinazione dei valori delle azioni si è tenuto conto dei seguenti pesi unitari dei materiali:

- Strutture in cemento armato:  $\gamma_{cls} = 25.0 \text{ kN/m}^3$
- Strutture in acciaio:  $\gamma_{acciaio} = 78.5 \text{ kN/m}^3$
- Pavimentazione:  $\gamma_{pav} = 24.0 \text{ kN/m}^3$

Di seguito si riporta l'analisi delle azioni agenti sulle strutture con riferimento al loro valore caratteristico (k).

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

## 5.2.1 Azioni permanenti - Peso proprio degli elementi strutturali – g1

### 5.2.1.1 Peso proprio delle strutture d'impalcato

#### Impalcato destro

Nell'ambito dell'analisi globale delle travi principali d'impalcato, il peso proprio della carpenteria metallica è stato computato in automatico dal codice di calcolo utilizzato, a partire dalle aree degli elementi che rappresentano le travi principali, considerando un coefficiente maggiorativo pari a **1.90** che tiene conto dell'incidenza delle strutture secondarie (traversi, controventi, saldature, bullonature etc.).

Il peso proprio della soletta comprensiva delle predalle è pari a:

- Soletta in c.a.:  $(10.50 \times 0.31) \times 25.0 = 81.38$  kN/ml

Tenendo conto dell'eccentricità della soletta rispetto al baricentro delle travi principali, il carico agente su ciascuna trave, generato dal peso della soletta, risulta pari a:

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Peso soletta in c.a.	kN/m	40.69	40.69

Nell'ambito dell'analisi delle sottostrutture è stato considerato il seguente peso proprio delle strutture di carpenteria metallica d'impalcato:

- Strutture in carpenteria metallica impalcato :  $2.30 \times 10.50 = 24.15$  kN/ml

Si ottiene pertanto un peso proprio complessivo delle strutture d'impalcato pari a:

$$Pg1a = 24.15 + 81.38 = 105.53 \text{ kN/m}$$

#### Impalcato centrale ed impalcato sinistro

Nell'ambito dell'analisi globale delle travi principali d'impalcato, il peso proprio della carpenteria metallica è stato computato in automatico dal codice di calcolo utilizzato, a partire dalle aree degli elementi che rappresentano le travi principali, considerando un coefficiente maggiorativo pari a **1.90** che tiene conto dell'incidenza delle strutture secondarie (traversi, controventi, saldature, bullonature etc.).

Il peso proprio della soletta comprensiva delle predalle è pari a:

- Soletta in c.a.:  $(11.25 \times 0.31) \times 25.0 = 87.19$  kN/ml

Tenendo conto dell'eccentricità della soletta rispetto al baricentro delle travi principali, il carico agente su ciascuna trave, generato dal peso della soletta, risulta pari a:

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Peso soletta in c.a.	kN/m	43.59	43.59

Nell'ambito dell'analisi delle sottostrutture è stato considerato il seguente peso proprio delle strutture di carpenteria metallica d'impalcato:

- Strutture in carpenteria metallica impalcato :  $2.30 \times 11.25 = 25.88$  kN/ml

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Si ottiene pertanto un peso proprio complessivo delle strutture d'impalcato pari a:

$$Pg1a = 25.88 + 87.19 = 113.07 \text{ kN/m}$$

### 5.2.1.2 Peso proprio delle sottostrutture e relative fondazioni

Il peso proprio delle spalle è stato computato nell'ambito delle rispettive analisi e verifiche, condotte con l'ausilio di specifici fogli di calcolo di Excel.

## 5.2.2 Azioni permanenti - Carichi permanenti portati – g2

### 5.2.2.1 Carichi permanenti agenti sulle strutture d'impalcato

Il peso della pavimentazione, comprensivo dello strato di impermeabilizzazione estradossale, è pari a:

$$g2,pav = 0.09 \times 24.0 = 2.16 \text{ kN/mq}$$

approssimando per eccesso, nelle analisi si considera il valore di 3.0 kN/mq.

Sono state prese in considerazione due configurazioni:

- la prima ( $g2_{max\_tr}$ ), relativa alla sezione trasversale d'impalcato con tubazioni di smaltimento e reti di protezioni montate solo da un lato, determina il massimo carico verticale sulla singola trave principale ed è stata implementata nelle analisi globali delle strutture d'impalcato.
- la seconda ( $g2_{max\_imp}$ ), implementata nelle analisi delle sottostrutture, relativa alla sezione trasversale dei due impalcati gravanti sulla singola spalla. Si considerano tubazioni di smaltimento, carter metallici e reti di protezione sugli sbalzi esterni di entrambi gli impalcati.

Le rispettive analisi dei carichi permanenti portati sono appresso illustrate:

### G2<sub>max\_tr</sub>:

#### Impalcato destro

<i>Analisi dei carichi</i>		p (kN/m)	ecc (m)	M (kNm/m)
cordolo sx	kN/m	3.75	-4.88	-18.28
cordolo dx	kN/m	3.75	4.87	18.28
pavimentazione	kN/m	27.00	0.00	-0.01
guard-rail sx	kN/m	1.50	-5.00	-7.50
guard-rail dx	kN/m	3.00	5.00	15.00
barriera antirumore /parapetto sx	kN/m	0.00	-5.10	0.00
barriera antirumore /parapetto dx	kN/m	0.00	5.10	0.00
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in sx	kN/m	0.00	-4.50	0.00
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in dx	kN/m	1.50	4.50	6.75
veletta sx	kN/m	1.40	-5.25	-7.35
veletta dx	kN/m	2.90	5.25	15.22
<b>Sommano</b>		<b>44.80</b>	<b>0.49</b>	<b>22.10</b>

Pertanto, i carichi agenti sulle due travi risultano pari a:

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
cordoli	kN/m	3.75	3.75
pavimentazione	kN/m	13.50	13.50
guard-rail	kN/m	0.89	3.61
barriere antirumore/parapetti	kN/m	0.00	0.00
Tubazione smaltimento acque di piattaforma	kN/m	-0.47	1.97
velette	kN/m	0.73	3.57
<b>Totale permanenti portati</b>	<b>kN/m</b>	<b>18.40</b>	<b>26.40</b>

### Impalcato centrale ed impalcato sinistro

<i>Analisi dei carichi</i>		p (kN/m)	ecc (m)	M (kNm/m)
cordolo sx	kN/m	3.75	-5.25	-19.69
cordolo dx	kN/m	3.75	5.25	19.69
pavimentazione	kN/m	29.25	0.00	0.00
guard-rail sx	kN/m	3.00	-5.38	-16.13
guard-rail dx	kN/m	1.50	5.38	8.06
barriera antirumore /parapetto sx	kN/m	0.00	-5.48	0.00
barriera antirumore /parapetto dx	kN/m	0.00	5.48	0.00
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in sx	kN/m	1.50	-4.88	-7.31
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in dx	kN/m	0.00	4.88	0.00
veletta sx	kN/m	2.90	-5.63	-16.31
veletta dx	kN/m	1.40	5.63	7.88
<b>Sommano</b>		<b>47.05</b>	<b>-0.51</b>	<b>-23.81</b>

Pertanto, i carichi agenti sulle due travi risultano pari a:

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
cordoli	kN/m	3.75	3.75
pavimentazione	kN/m	14.63	14.63
guard-rail	kN/m	3.71	0.79
barriere antirumore/parapetti	kN/m	0.00	0.00
Tubazione smaltimento acque di piattaforma	kN/m	2.07	-0.57
velette	kN/m	3.68	0.62
<b>Totale permanenti portati</b>	<b>kN/m</b>	<b>27.83</b>	<b>19.22</b>

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini	

## G2max\_imp:

Permanenti portati (g2)	var	unità			
spessore pavimentazione	sp pav	m	0.09		
Peso pavimentazione	ppav	kN/mq	3.00		
<b>Analisi dei carichi</b>					
		p (kN/m)	ecc (m)	M (kNm/m)	
cordolo sx	kN/m	3.75	5.25	19.69	
cordolo dx	kN/m	3.75	-5.25	-19.69	
pavimentazione	kN/m	29.25	0.00	0.00	
guard-rail sx	kN/m	1.50	5.38	8.06	
guard-rail dx	kN/m	1.50	-5.38	-8.06	
barriera antirumore /parapetto sx	kN/m	0.00	5.48	0.00	
barriera antirumore /parapetto dx	kN/m	0.00	-5.48	0.00	
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in sx	kN/m	1.50	5.25	7.88	
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in dx	kN/m	1.50	-5.25	-7.88	
veletta sx + carter metallico	kN/m	1.40	5.63	7.88	
veletta dx + carter metallico	kN/m	1.40	-5.63	-7.88	
<b>Sommario</b>		<b>45.55</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	

Le eccentricità sono calcolate rispetto al baricentro della spalla.

### 5.2.2.2 Rinterro sulle spalle

Gli effetti del rinterro sono stati determinati considerando un peso specifico del terreno:

$$\gamma_{rin} = 18.0 \text{ kN/m}^3$$

### 5.2.3 Azioni permanenti - Spinta delle terre in condizioni statiche – g3

La spinta delle terre sulle spalle fondate su pali è stata valutata in esercizio con riferimento al coefficiente di spinta a riposo del terreno retrostante.

Sono stati considerati i seguenti parametri:

peso di volume del materiale da rilevato stradale:  $\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$

angolo d'attrito interno del rilevato stradale:  $\phi = 35^\circ$

coefficiente di spinta a riposo :  $K_0 = 1 - \tan \phi = 0.426$

In condizioni sismiche, la spinta delle terre è stata valutata in accordo alla teoria di Mononobe-Okabe.

Il calcolo dei coefficienti di spinta è esplicitato nell'ambito delle verifiche delle spalle.

### 5.2.4 Distorsioni e deformazioni impresse - Effetti reologici: ritiro e viscosità – $\epsilon_2$ e $\epsilon_3$

#### 5.2.4.1 Deformazione da ritiro a tempo infinito

La deformazione totale per ritiro si può esprimere come:

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$$

Dove:

$\epsilon_{cs}$  è la deformazione totale per ritiro

$\epsilon_{cd}$  è la deformazione per ritiro da essiccamento

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

$\varepsilon_{ca}$  è la deformazione per ritiro autogeno

La valutazione delle deformazioni sopra elencate è stata effettuata in accordo al punto §11.2.10.6 delle NTC2018 pervenendo ai seguenti valori:

### Impalcato destro

<b>Ritiro del calcestruzzo (<math>\varepsilon 2</math>)</b>	<b>var</b>	<b>unità</b>	
Modulo elastico calcestruzzo	Ec	MPa	34077
spessore dei getti in opera	hc	m	0.24
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	Ac	m <sup>2</sup>	2.520
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	11.08
coefficiente $h_0 = 2 \times Ac / u$	h0	mm	455
umidità relativa atmosfera	RH	%	75%
deformazione finale da ritiro per essiccamento	$\varepsilon_c$		0.00021
deformazione finale per ritiro autogeno	$\varepsilon_{ca}$		0.00006
<b>deformazione totale finale per ritiro</b>	<b><math>\varepsilon_{CS}</math></b>		<b>0.00027</b>

### Impalcato centrale ed impalcato sinistro

<b>Ritiro del calcestruzzo (<math>\varepsilon 2</math>)</b>	<b>var</b>	<b>unità</b>	
Modulo elastico calcestruzzo	Ec	MPa	34077
spessore dei getti in opera	hc	m	0.24
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	Ac	m <sup>2</sup>	2.700
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	11.83
coefficiente $h_0 = 2 \times Ac / u$	h0	mm	456
umidità relativa atmosfera	RH	%	75%
deformazione finale da ritiro per essiccamento	$\varepsilon_c$		0.00021
deformazione finale per ritiro autogeno	$\varepsilon_{ca}$		0.00006
<b>deformazione totale finale per ritiro</b>	<b><math>\varepsilon_{CS}</math></b>		<b>0.00027</b>

Gli effetti dovuti al ritiro iperstatico sono stati schematizzati attraverso le seguenti azioni equivalenti applicate alle estremità:

$$N_r = - \varepsilon_{CS} \times Ac \times E_a / n_r$$

$$M_r = N_r \times z$$

Essendo:

$\varepsilon_{CS}$  la deformazione totale finale per ritiro;

Ac l'area del calcestruzzo soggetta a ritiro;

Ea modulo elastico dell'acciaio;

$n_r$  coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clt relativo alle azioni del ritiro.

z distanza tra baricentro della soletta e baricentro della sezione composta relativo alle azioni di lungo termine dovute al ritiro.

Di seguito il dettaglio dei valori relativo al caso in esame:

S.S. 130 "Iglesiente"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

### Impalcato destro

<b>Effetti dovuti al ritiro del calcestruzzo (<math>\epsilon_2</math>)</b>	<b>var</b>	<b>unità</b>	
distanza tra il baricentro della soletta in cls e il baricentro della sezione composta a tinf estremità sx	z	m	0.492
baricentro della sezione composta a tinf estremità dx	z	m	0.492
Forza assiale d'estremità	Ncr	kN	-9007.8
Momento flettente d'estremità sx	Mcrsx	kNm	4432.9
Momento flettente d'estremità dx	Mcrdx	kNm	4432.9
Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Forza assiale d'estremità sx	kN	-4503.9	-4503.9
Momento flettente d'estremità sx	kNm	2216.5	2216.5
Forza assiale d'estremità dx	kN	-4503.9	-4503.9
Momento flettente d'estremità dx	kNm	2216.5	2216.5

### Impalcato centrale ed impalcato sinistro

<b>Effetti dovuti al ritiro del calcestruzzo (<math>\epsilon_2</math>)</b>	<b>var</b>	<b>unità</b>	
distanza tra il baricentro della soletta in cls e il baricentro della sezione composta a tinf estremità sx	z	m	0.492
baricentro della sezione composta a tinf estremità dx	z	m	0.492
Forza assiale d'estremità	Ncr	kN	-9648.7
Momento flettente d'estremità sx	Mcrsx	kNm	4748.3
Momento flettente d'estremità dx	Mcrdx	kNm	4748.3
Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Forza assiale d'estremità sx	kN	-4824.4	-4824.4
Momento flettente d'estremità sx	kNm	2374.2	2374.2
Forza assiale d'estremità dx	kN	-4824.4	-4824.4
Momento flettente d'estremità dx	kNm	2374.2	2374.2

#### 5.2.4.2 Coefficienti di omogeneizzazione acciaio-cls a lungo termine

Gli effetti del ritiro e della viscosità sono valutati mediante l'adozione di un modulo elastico del calcestruzzo corretto:

$$E_c^* = \frac{E_{c0}}{1 + \psi_L \cdot \phi(t, t_0)}$$

Dove:

$E_{c0}$  è il modulo elastico del cls a 28 giorni;

$\psi_L$  è un coefficiente correttivo dipendente dal tipo di azione che per la valutazione degli effetti isostatici ed iperstatici del ritiro vale 0.55 mentre per la valutazione degli effetti indotti dai carichi permanenti vale 1.10;

S.S. 130 "Iglesiente"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

$\phi(t, t_0)$  è il coefficiente di viscosità definito in accordo alle tabelle 11.2.VI e 11.2.VII delle NTC2018 in funzione di  $t_0$

$t_0$  è assunto pari ad **1** giorno per la valutazione degli effetti dovuti dal ritiro, mentre è assunto pari a **60** giorni per la valutazione degli effetti dovuti ai carichi permanenti.

Le caratteristiche geometriche-inerziali delle sezioni trasversali composte che schematizzano l'impalcato sono state definite omogeneizzando la soletta alla trave metallica. Per le azioni di lunga durata, sono stati definiti i rapporti modulati  $n_L$  in funzione del tipo di azione mediante la:

$$n_L = \frac{E_a}{E_c^*} = \frac{E_a}{E_{c0} / (1 + \psi_L \cdot \phi(t, t_0))} = n_0 (1 + \psi_L \cdot \phi(t, t_0))$$

Avendo indicato con  $n_0 = E_a / E_{c0}$  il rapporto modulare per azioni di breve durata.

In ultima analisi si ottiene:

Condizione di carico		$\Psi_L$	$t_0$ (giorni)	$\phi_c(\text{inf}, t_0)$	$n_L$
Ritiro		0.55	1	2.84	15.79
Carichi permanenti portati		1.10	60	1.32	15.11

#### 5.2.5 Distorsioni e deformazioni impresse - Cedimenti vincolari – $\epsilon_4$

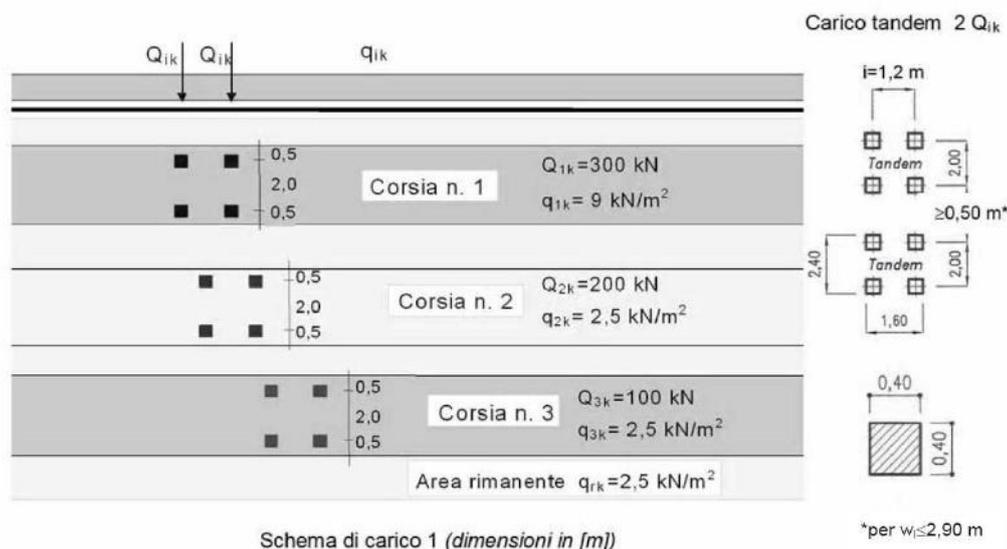
Trattandosi di impalcati a trave poggiate, gli effetti legati ai cedimenti degli appoggi sono nulli.

#### 5.2.6 Azioni variabili da traffico - Carichi verticali comprensivi degli effetti dinamici – $q_1$

I carichi variabili da traffico sono definiti dagli Schemi di Carico descritti nel punto 5.1.3.3.3 delle NTC2018.

Per le analisi globali finalizzate al dimensionamento delle strutture di impalcato e delle sottostrutture si è fatto riferimento allo Schema di Carico 1 costituito da carichi concentrati su due assi tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0.40 m, e da carichi uniformemente distribuiti come mostrato nella seguente figura:

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	



Si considera un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa.

Le intensità dei carichi concentrati e distribuiti considerate sono quelle richiamate nella Tab. 5.1.II delle NTC2018:

Tab. 5.1.II - Intensità dei carichi  $Q_{ik}$  e  $q_{ik}$  per le diverse corsie

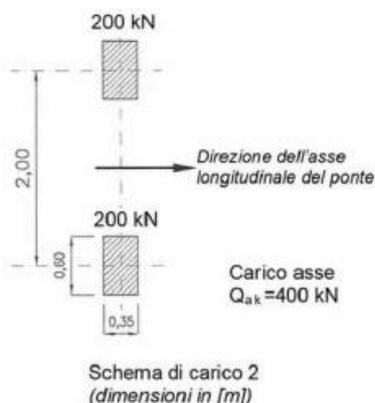
Posizione	Carico asse $Q_{ik}$ [kN]	$q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

I suddetti carichi mobili includono gli effetti dinamici.

Nel caso in esame, non essendo previsti marciapiedi, non è stato considerato lo Schema di carico 5, relativo alla folla, uniformemente distribuito di intensità pari a 5.0 kN/m<sup>2</sup>.

Per le verifiche locali della soletta d'impalcato è stato considerato anche lo Schema di carico 2 costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0.60 m ed altezza 0.35 m, come mostrato nella figura seguente:

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	



Questo schema è stato considerato autonomamente con asse longitudinale nella posizione più gravosa.

Le larghezze  $w_l$  delle corsie convenzionali su una carreggiata ed il massimo numero (intero) possibile di tali corsie su di essa sono indicati nel prospetto seguente (fig. 5.1.1 e Tab. 5.1.I delle NTC2018):

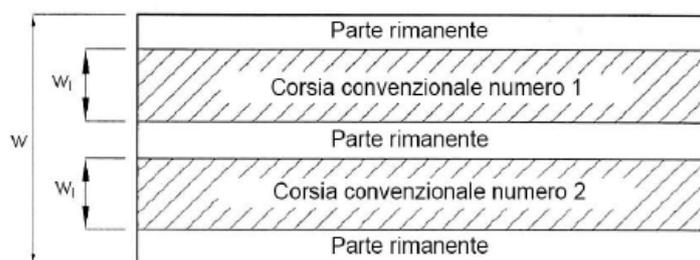


Fig. 5.1.1 - Esempio di numerazione delle corsie

Tab. 5.1.I - Numero e larghezza delle corsie

Larghezza della superficie carrabile "w"	Numero di corsie convenzionali	Larghezza di una corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
$w < 5,40 \text{ m}$	$n_l = 1$	3,00	$(w-3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0 \text{ m}$	$n_l = 2$	$w/2$	0
$6,0 \text{ m} \leq w$	$n_l = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_l)$

Nel caso in esame, di piattaforma carrabile complessivamente larga 9.00 m, si determinano 3 corsie di larghezza pari a 3.0 m.

### 5.2.6.1 Disposizione trasversale delle corsie convenzionali per analisi globali impalcato

La disposizione delle corsie convenzionali nella carreggiata è stata scelta in modo da ottenere la situazione più gravosa sulla singola trave principale esaminata.

Sono state esaminate le seguenti configurazioni:

- C1-sx: 1 colonna di carico (Corsia Numero 1), disposta a partire dal margine sinistro della carreggiata;

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

- C2-sx: 2 colonne di carico (Corsia Numero 1 e n.2), disposte a partire dal margine sinistro della carreggiata;
- C3-sx: 3 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2 e n.3), disposte a partire dal margine sinistro della carreggiata;
- C4-sx: 3 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2 e n.3 e parte rimanente), disposte a partire dal margine sinistro della carreggiata;
- C1-dx: 1 colonna di carico (Corsia Numero 1), disposta a partire dal margine destro della carreggiata;
- C2-dx: 2 colonne di carico (Corsia Numero 1 e n.2), disposte a partire dal margine destro della carreggiata;
- C3-dx: 3 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2 e n.3), disposte a partire dal margine destro della carreggiata;
- C4-dx: 3 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2 e n.3 e parte rimanente), disposte a partire dal margine destro della carreggiata.

La distribuzione dei carichi accidentali sulle due travi è determinata risolvendo il sistema **isostatico** costituito dalla soletta d'impalcato appoggiata in corrispondenza delle due travi e determinando le reazioni di appoggio.

Le tabella seguente sintetizza la ripartizione dei carichi mobili per l'impalcato destro per le combinazioni da C1-sx a C3-sx (carichi mobili in SX):

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
1 colonna di carico (Q1k)	kN/m	312.92	-12.92
2 colonne di carico (Q1k + Q2k)	kN/m	412.94	87.06
3 colonne di carico (Q1k + Q2k + Q3k)	kN/m	408.65	191.35
1 colonna di carico (q1k)	kN/m	28.16	-1.16
2 colonne di carico (q1k + q2k)	kN/m	31.91	2.59
3 colonne di carico (q1k + q2k + q3k)	kN/m	31.59	10.41
3 colonne di carico (q1k + q2k + q3k)+ parte rimanente	kN/m	32.27	5.38
Veicoli LM2 per verifiche a fatica (asse corsia lenta)	kN/m	0.66	0.34

La ripartizione dei carichi mobili sulle due travi per le combinazioni da C1-dx e C3-dx è perfettamente simmetrica.

Le tabella seguente sintetizza la ripartizione dei carichi mobili per l'impalcato centrale ed impalcato sinistro per le combinazioni da C1-sx a C3-sx (carichi mobili in SX):

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
1 colonna di carico (Q1k)	kN/m	333.26	-33.26
2 colonne di carico (Q1k + Q2k)	kN/m	446.83	53.17
3 colonne di carico (Q1k + Q2k + Q3k)	kN/m	449.32	150.68
1 colonna di carico (q1k)	kN/m	29.99	-2.99
2 colonne di carico (q1k + q2k)	kN/m	34.25	0.25
3 colonne di carico (q1k + q2k + q3k)	kN/m	34.44	7.56
3 colonne di carico (q1k + q2k + q3k)+ parte rimanente	kN/m	34.86	3.73
Veicoli LM2 per verifiche a fatica (asse corsia lenta)	kN/m	0.73	0.27

La ripartizione dei carichi mobili sulle due travi per le combinazioni da C1-dx e C3-dx è perfettamente simmetrica.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Come è possibile evincere, gli effetti più gravosi per la singola trave, sono relativi al caso di piattaforma impegnata da tre colonne di carico (vedi Figura 5.1).

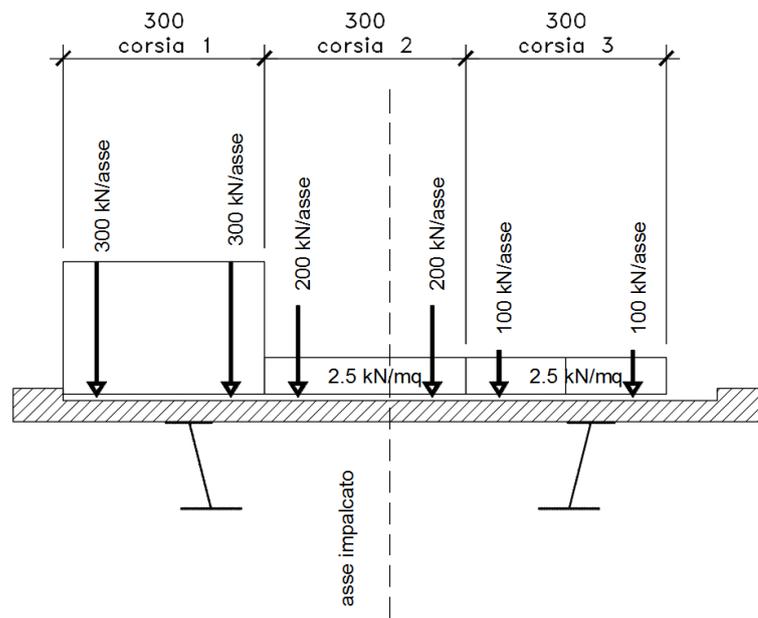


Figura 5.1. Disposizione trasversale carichi mobili per analisi globale travi principali impalcato

### 5.2.6.2 Disposizione trasversale delle corsie convenzionali per analisi globali sottostrutture

Per la determinazioni dei massimi effetti generati dai carichi mobili sulle sottostrutture, sono state esaminate le seguenti configurazioni (con riferimento all'impalcato sinistro, le cui caratteristiche sono riportate nei paragrafi successivi):

- $N_{max-sx}$ : impalcato sx impegnato da 3 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2 e n.3), disposte a partire dal margine sinistro della carreggiata, e carico distribuito  $q_{ik}$  sulla rimanente larghezza e sull'impalcato dx; questa configurazione massimizza lo sforzo normale sulle sottostrutture;
- $M_{tmax-sx}$ : impalcato sx impegnato da 2 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2), disposte a partire dal margine sinistro della carreggiata; questa configurazione massimizza la coppia trasversale sulle sottostrutture;
- $N_{max-dx}$ : impalcato dx impegnato da 3 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2 e n.3), disposte a partire dal margine destro della carreggiata, e carico distribuito  $q_{ik}$  sulla rimanente larghezza e sull'impalcato sx; questa configurazione massimizza lo sforzo normale sulle sottostrutture;
- $M_{tmax-dx}$ : impalcato impegnato da 2 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2), disposte a partire dal margine destro della carreggiata; questa configurazione massimizza la coppia trasversale sulle sottostrutture.

### 5.2.6.3 Disposizione longitudinale dei carichi mobili

In direzione longitudinale, i carichi sono stati applicati come suggerito dalle linee d'influenza in modo da ottenere gli effetti più sfavorevoli.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

### 5.2.7 Azioni variabili da traffico – Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione – q3

L'azione longitudinale di frenamento o di accelerazione q3 è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1:

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0.6 (2Q_{ik}) + 0.10 q_{ik} w_1 L \leq 900 \text{ kN}$$

La forza, applicata a livello della pavimentazione ed agente lungo l'asse della corsia, è assunta uniformemente distribuita sulla lunghezza caricata e include gli effetti di interazione.

Nel caso in esame si ha:

$$q_3 = 418 \text{ kN}$$

### 5.2.8 Azioni variabili da traffico – Azione centrifuga – q4

Nei ponti con asse curvo di raggio R (in metri), l'azione centrifuga corrispondente ad ogni colonna di carico si valuta convenzionalmente come indicato nella Tab. 5.1.III delle NTC2018, essendo  $Q_v = \sum_i 2Q_{ik}$  il carico totale dovuto agli assi tandem dello schema di carico 1 agenti sul ponte.

Il carico concentrato q4, applicato a livello della pavimentazione, agisce in direzione normale all'asse del ponte.

Tab. 5.1.III - Valori caratteristici delle forze centrifughe

Raggio di curvatura [m]	q <sub>4</sub> [kN]
R < 200	0,2 Q <sub>v</sub>
200 ≤ R ≤ 1500	40 Q <sub>v</sub> /R
1500 ≤ R	0

Nel caso in esame, il ponte ha una configurazione in rettilineo, per cui si trascurano gli effetti delle forze centrifughe.

### 5.2.9 Azioni di Neve e di Vento – q5

Il carico di neve, non concomitante con i carichi da traffico, non risulta in alcun modo dimensionante nel caso in esame e non viene preso in considerazione.

Le azioni da vento sono state valutate secondo quanto specificato nel par. 3.3 delle NTC2018.

L'azione del vento è stata assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte. Tale azione è stata considerata agente sulla proiezione nel piano verticale delle superfici direttamente investite.

La superficie dei carichi transitanti sul ponte esposte al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3 m a partire dal piano stradale.

Per il calcolo dei coefficienti di forma si è fatto riferimento alla UNI-ENV 1991-2-4/1997:

$$C_{f,x} = C_{f,x,0} \cdot \psi_{\lambda,x}$$

Dove:

$c_{fx,0}$  è il coefficiente di forma per snellezza infinita da determinarsi in base alle caratteristiche geometriche dell'impalcato ed al rapporto  $d/b$  in base alle figure sotto riportate:

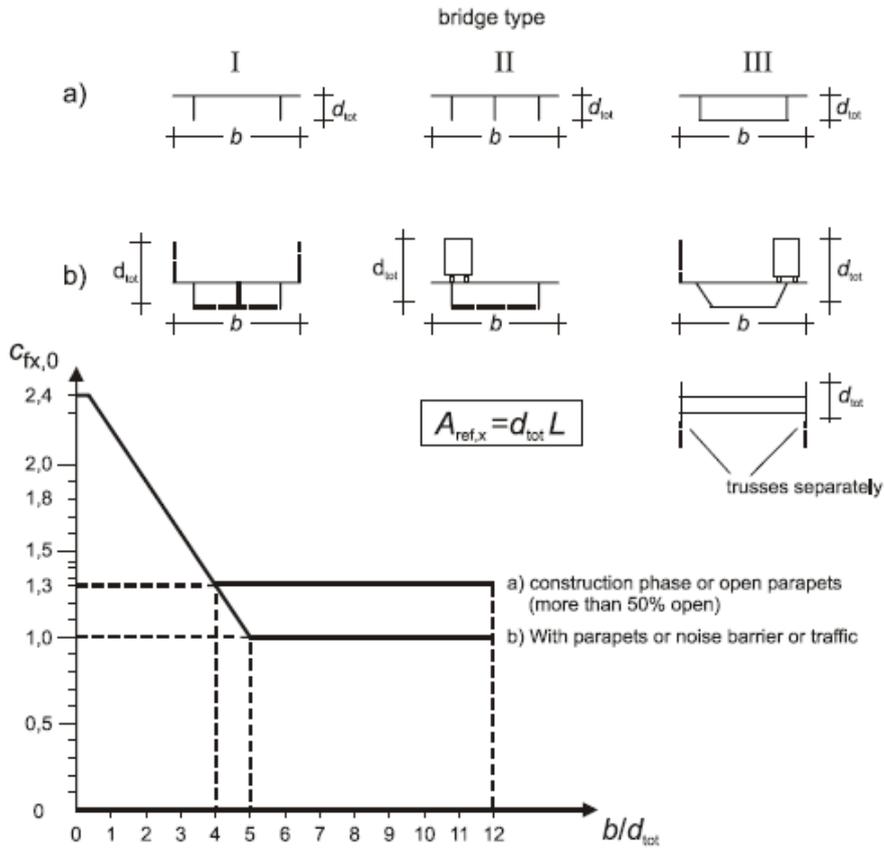


Figure 8.3 — Force coefficient for bridges,  $c_{fx,0}$

Il valore del fattore di riduzione  $\psi_{\lambda,x}$  si ricava in funzione della snellezza effettiva  $\lambda$  e del rapporto di solidità  $\phi$  dal grafico sottostante:

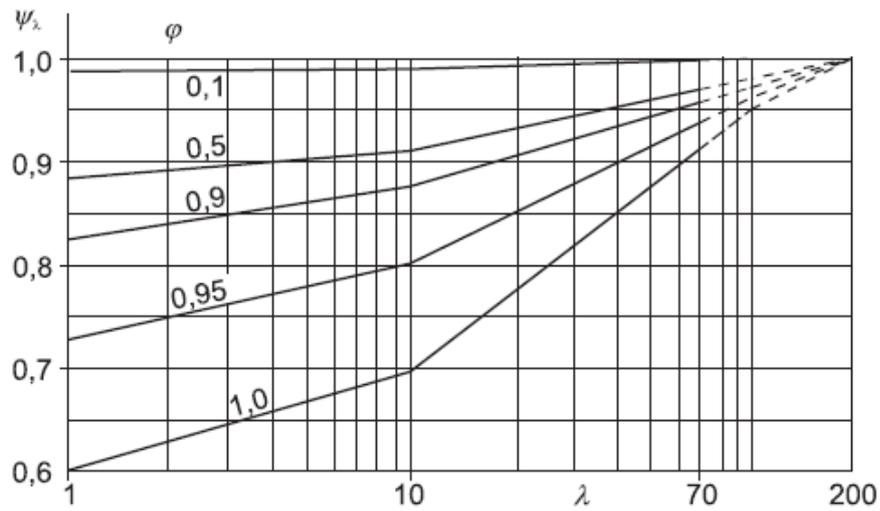


Figure 7.36 — Indicative values of the end-effect factor  $\psi_\lambda$  as a function of solidity ratio  $\phi$  versus slenderness  $\lambda$

Di seguito si riporta il calcolo delle azioni esercitate dal vento sulle strutture d'impalcato:

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

<b>Effetti dovuti al Vento (q5)</b>	<b>var</b>	<b>unità</b>	
parametro vb,0	vb0	m/sec	28
parametro a0	a0	m	750
parametro ka	ka	l/sec)	0.4
altitudine del viadotto s.l.m.	as	m	20
velocità di riferimento vb	vb	m/sec	28.0
pressione cinetica del vento	qb	kN/m2	0.49
Classe di rugosità del terreno			D
Categoria di esposizione del sito			II
coefficiente kr	kr		0.19
altezza di riferimento z0	z0	m	0.05
altezza di riferimento zmin	zmin	m	4.00
altezza dal suolo z	z	m	10.0
coefficiente di topografia	ct		1.0
coefficiente di esposizione ce(z)	ce		2.35
coefficiente dinamico cd	cd		1.00
coefficiente di forma cp impalcato scarico	cp1		1.78
coefficiente di forma cp impalcato carico	cp2		1.78
coefficiente di forma cp pile	cp3		1.20
pressione del vento impalcato scarico		kN/m2	2.05
pressione del vento impalcato carico		kN/m2	2.05
pressione del vento pile		kN/m2	1.38
Lunghezza complessiva impalcato	Ltot	m	36.2
altezza impalcato scarico	Hp1	m	5.81
Altezza impalcato carico	Hp2	m	5.81
Altezza centro di taglio	zg	m	1.46
Carichi dovuti al vento	qt (kN/m)	b (m)	Mt (kNm/m)
Impalcato scarico (braccio al baricentro impalcato)	11.9	1.45	17.2
Impalcato carico (braccio rispetto al baricentro impalcato)	11.9	1.45	17.3
Impalcato scarico (braccio rispetto agli appoggi)	11.9	2.91	34.6
Impalcato carico (braccio rispetto agli appoggi)	11.9	2.91	34.6

I momenti Mt determinano i seguenti carichi verticali sulle tre travi:

Carichi verticali agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Vento ad impalcato scarico - rispetto al baricentro impalcato	kN/m	-3.12	3.12
Vento ad impalcato carico - rispetto al baricentro impalcato	kN/m	-3.12	3.12
Vento ad impalcato scarico - rispetto al piano appoggi	kN/m	-6.25	6.25
Vento ad impalcato carico - rispetto al piano appoggi	kN/m	-6.26	6.26

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

### 5.2.10 Azioni della temperatura – q7

Le variazioni termiche agenti sulle strutture d'impalcato sono state adottate in accordo alla norma EN 1991-1-5.

Nell'analisi globale delle strutture d'impalcato e delle sottostrutture sono state considerate:

- una variazione termica positiva tra soletta e travi metalliche pari a  $+10^{\circ}$ ;
- una variazione termica negativa tra soletta e travi metalliche pari a  $-10^{\circ}$ .

La differenza di temperatura uniforme agente sulle strutture d'impalcato, considerata ai fini del dimensionamento dell'escursione longitudinale di dispositivi di appoggio e giunti di dilatazione, è stata valutata in base ai seguenti parametri:

Dati	Var	unità	SP
Distanza tra punto fisso e giunto di dilatazione	DL	m	21.50
Tipologia di impalcato	Type		2
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha$		1.00E-05
Temperatura iniziale	T0		15
Temperatura massima dell'aria all'ombra al livello del mare	Tmax	[°]	41.43
Temperatura minima dell'aria all'ombra al livello del mare	Tmin	[°]	-7.59
altitudine del sito sul livello del mare	as	m	25
Zona climatica	Z		II
deformazione totale finale per ritiro	εcs		0.00015

La tipologia d'impalcato fa riferimento alla classificazione della EN 1991-1-5 (tipo 2 per impalcato a struttura mista acciaio-calcestruzzo).

La zona climatica fa riferimento alla zonizzazione del territorio nazionale di seguito illustrata:

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Al fine della valutazione della temperatura dell'aria all'ombra a quote diverse da quella del mare, il territorio italiano è suddiviso in 4 zone climatiche:

- zona I (Valle d'Aosta, Piemonte Lombardia, Emilia Romagna, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Trentino Alto Adige);
- zona II (Liguria, Toscana, Umbria, Lazio, Sardegna, Campania, Basilicata);
- zona III (Marche, Abruzzo, Molise, Puglia);
- zona IV (Calabria, Sicilia).



*Figura 5.2: Zonizzazione del territorio nazionale per valutazioni azioni climatiche*

I valori delle temperature massime e minime all'ombra al livello del mare, sono state desunte dalle seguenti mappe:

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	



Figura 5.3: Temperature dell'aria massime  $T_{max}$  (sx) e minime  $T_{min}$  (dx) dell'aria all'ombra al livello del mare

Gli effetti dovuti alle variazioni termiche differenziali sono stati schematizzati attraverso le seguenti azioni equivalenti applicate alle estremità:

**Variazioni termiche positive:**

$$N\Delta T+ = \alpha \Delta T \times A_c \times E_a / n_0$$

$$M\Delta T+ = - N\Delta T+ \times z$$

**Variazioni termiche negative:**

$$N\Delta T- = - \alpha \Delta T \times A_c \times E_a / n_0$$

$$M\Delta T- = N\Delta T+ \times z$$

Essendo:

- $\alpha$  il coefficiente di dilatazione termica;
- $A_c$  l'area della soletta gettata in opera;
- $E_a$  modulo elastico dell'acciaio;
- $n_0$  coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clt relativo alle azioni di breve termine.
- $z$  distanza tra baricentro della soletta e baricentro della sezione composta relativo alle azioni di breve termine.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

Di seguito il dettaglio dei valori relativo al caso in esame:

### Impalcato destro

Effetti dovuti alle Variazioni termiche (q7)	var	unità	
variazione termica positiva	$\Delta T+$	°	10.0
variazione termica negativa	$\Delta T-$	°	-10.0
coefficiente di dilatazione termica	$\alpha$		1.00E-05
coefficiente di omogeneizzazione a t0	n0		6.16
distanza tra il baricentro della soletta in cls e il baricentro della sezione composta a t0 estremità sx	z	m	0.298
baricentro della sezione composta a t0 estremità dx	z	m	0.298
Forza assiale d'estremità DT+	NcdT+	kN	8587.4
Momento flettente d'estremità sx	McdT+sx	kNm	-2554.8
Momento flettente d'estremità sx	McdT+dx	kNm	-2554.8
Forza assiale d'estremità DT-	NcdT-	kN	-8587.4
Momento flettente d'estremità sx	McdT-sx	kNm	2554.8
Momento flettente d'estremità sx	McdT-dx	kNm	2554.8
Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Forza assiale d'estremità - DT+	kN	4293.7	4293.7
Momento flettente d'estremità sx	kNm	-1277.4	-1277.4
Momento flettente d'estremità dx	kNm	-1277.4	-1277.4
Forza assiale d'estremità - DT-	kN	-4293.7	-4293.7
Momento flettente d'estremità sx	kNm	1277.4	1277.4
Momento flettente d'estremità dx	kNm	1277.4	1277.4

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

### Impalcato centrale ed impalcato sinistro

Effetti dovuti alle Variazioni termiche (q7)	var	unità	
variazione termica positiva	$\Delta T+$	°	10.0
variazione termica negativa	$\Delta T-$	°	-10.0
coefficiente di dilatazione termica	$\alpha$		1.00E-05
coefficiente di omogeneizzazione a t0	n0		6.16
distanza tra il baricentro della soletta in cls e il baricentro della sezione composta a t0 estremità sx	z	m	0.298
baricentro della sezione composta a t0 estremità dx	z	m	0.298
Forza assiale d'estremità DT+	NcdT+	kN	9200.8
Momento flettente d'estremità sx	McdT+sx	kNm	-2737.3
Momento flettente d'estremità sx	McdT+dx	kNm	-2737.3
Forza assiale d'estremità DT-	NcdT-	kN	-9200.8
Momento flettente d'estremità sx	McdT-sx	kNm	2737.3
Momento flettente d'estremità sx	McdT-dx	kNm	2737.3

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Forza assiale d'estremità - DT+	kN	4600.4	4600.4
Momento flettente d'estremità sx	kNm	-1368.7	-1368.7
Momento flettente d'estremità dx	kNm	-1368.7	-1368.7
Forza assiale d'estremità - DT-	kN	-4600.4	-4600.4
Momento flettente d'estremità sx	kNm	1368.7	1368.7
Momento flettente d'estremità dx	kNm	1368.7	1368.7

#### **5.2.11 Azioni sui parapetti e urto veicolo in svio – q8**

Il sistema di forze orizzontali equivalenti all'effetto dell'azione d'urto sulla barriera di sicurezza stradale, secondo il paragrafo §5.1.3.10 delle NTC2018, può essere valutato alternativamente sulla base:

- delle risultanze sperimentali ottenute nel corso di prove d'urto al vero, su barriere della stessa tipologia e della classe di contenimento previste in progetto, mediante l'utilizzo di strumentazione idonea a registrare l'evoluzione degli effetti dinamici;
- del riconoscimento di equivalenza tra il sistema di forze e le azioni trasmesse alla struttura, a causa di urti su barriere della stessa tipologia e della classe di contenimento previste in progetto, laddove tale equivalenza risulti da valutazioni teoriche e/o modellazioni numerico-sperimentali;

In assenza delle suddette valutazioni, il sistema di forze orizzontali può essere determinato con riferimento alla resistenza caratteristica degli elementi strutturali principali coinvolti nel meccanismo d'insieme della barriera e deve essere applicato ad una quota h, misurata dal piano viario, pari alla minore delle dimensioni h1 e h2, dove h1 = (altezza della barriera - 0,10m) e h2 = 1,00 m.

La norma specifica altresì che nel dimensionamento degli elementi strutturali ai quali è collegata la barriera si deve tener conto della eventuale sovrapposizione delle zone di diffusione di tale sistema di forze, in funzione della geometria della barriera e delle sue condizioni di vincolo.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

Per il dimensionamento dell'impalcato, le forze orizzontali così determinate devono essere amplificate di un fattore pari a 1.50, fermo restando che trattandosi di azione eccezionale, il coefficiente parziale di sicurezza per la combinazione di carico agli SLU per l'urto del veicolo in svio deve essere assunto unitario.

Nel caso in esame, è previsto l'impiego di barriere di fornitura Anas con classe di contenimento H3-BP.

La tabella seguente riporta il calcolo del momento trasmesso dal singolo montante delle barriere di sicurezza alle strutture di sostegno in funzione della classe di contenimento:

Azioni da urto di veicolo in svio	Var	unità	H2BP	H3BP	H4BP
Profilo montante	Prof		C160x120x40x5	C160x120x40x5	C160x120x40x5
Interasse montanti	im	m	2.25	1.50	1.50
Altezza barriera	hb	m	1.355	1.51	1.56
Altezza piastre di rinforzo alla base	hpr	m	0.20	0.20	0.20
Spessore piastra di base	spb	m	0.015	0.015	0.015
Sovralzo cordolo su piano viario	hc	m	0.05	0.05	0.05
Altezza punto di applicazione dal piano viario	hq8	m	1.00	1.00	1.00
distanza tra punto di applicazione e cerniera plastica	bp	m	0.735	0.735	0.735
Modulo plastico di resistenza	Wp	mm <sup>3</sup>	144480	144480	144480
tensione di snervamento acciaio	fyk	MPa	275	275	275
Momento plastico	Mp	kNm	51.7	51.7	51.7
<b>Forza orizzontale associata a Mp: Hp = Mp/bp</b>	<b>Hp</b>	<b>kN</b>	<b>70.3</b>	<b>70.3</b>	<b>70.3</b>
<b>Mtot = Mp + Hp x (hc + spb + hpr)</b>	<b>Mtot</b>	<b>kNm</b>	<b>70.3</b>	<b>70.3</b>	<b>70.3</b>

Il valore della forze è sempre lo stesso atteso che il profilo previsto per i montanti delle barriere Anas ha sempre le stesse caratteristiche.

Trattandosi di opere di nuova realizzazione è apparso conveniente riferirsi alle forze e schemi di applicazione delle forze d'urto previste nel "Quaderno Anas n.1", per condizioni "ordinarie", che prevede l'applicazione di forze trasversali più elevate rispetto a quelle corrispondenti alla plasticizzazione dei montanti delle barriere Anas:

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

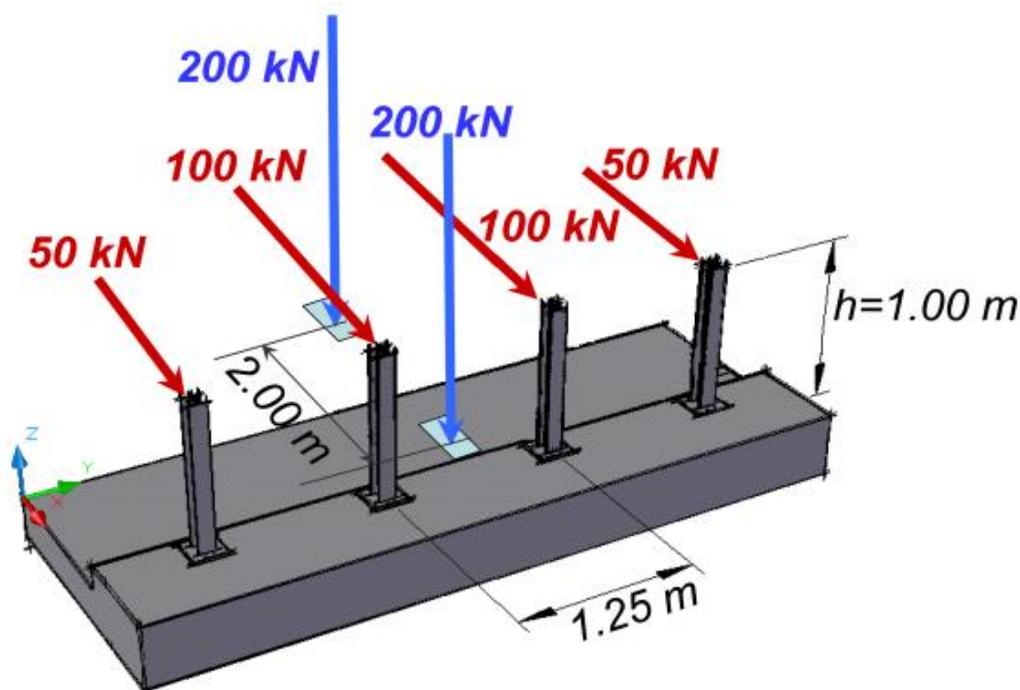


Figura 5.4: Schema di carico globale da considerare nel caso di condizioni di progettazione "ordinarie"

La condizione di progettazione "ordinaria" è raggiunta se sono verificati i seguenti aspetti:

- **connessioni tra barriere e strutture:** si ipotizza l'installazione di barriere metalliche vincolate alla struttura per mezzo di connessioni pseudo-duttile, ossia in particolare mediante l'utilizzo di 3 o 4 tirafondi in acciaio per ciascuna piastra alla base dei montanti della barriera, ancorati chimicamente al calcestruzzo e meccanicamente alla piastra con bulloni serrati (alla coppia di serraggio stabilita dal manuale di installazione della barriera);
- **traffico stradale:** l'aliquota relativa ai veicoli pesanti è contenuta entro il 30% del flusso totale di traffico; le velocità praticate sono coerenti con la velocità di progetto della strada, per quanto riguarda i veicoli leggeri, e con i limiti legali di velocità per i veicoli pesanti;
- **configurazione geometrica della strada:** si fa riferimento a tratti stradali in rettilineo ed in orizzontale ovvero caratterizzati da andamento planimetrico e altimetrico della strada poco differente da tali condizioni.

**Il sistema di forze equivalenti** alle azioni causate da collisioni sugli elementi di sicurezza in condizioni di progettazione ordinarie prevede:

- **forze trasversali:** si assumono quattro forze orizzontali in corrispondenza dei montanti della barriera, il cui interasse è stabilito in 1.25 m; le due forze applicate ai paletti di estremità della zona considerata sono pari a 50kN e le altre due, applicate ai montanti interni, sono pari a 100kN. Tutte le forze agiscono trasversalmente ad un'altezza di 1.00 m dal piano viabile e sono dirette verso l'esterno dell'impalcato.
- **carichi verticali:** oltre al peso proprio della struttura, si considera lo Schema di Carico 2 previsto nelle NTC, costituito da due impronte di carico di dimensioni 0.35 x 0.60 m su ciascuna delle quali è applicata una forza di 200 kN; le impronte sono collocate longitudinalmente in mezz'era della zona di impalcato interessata dall'applicazione del

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

suindicato carico orizzontale e trasversalmente una è posta all'estremità della piattaforma stradale mentre l'altra è distante 2.00 m da essa.

### 5.2.12 Resistenze parassite dei vincoli – q9

Le resistenze parassite dei vincoli sono state valutate assumendo per gli apparecchi di appoggio un coefficiente di attito pari al 3% dell'intensità dei carichi verticali dovuti al peso proprio ed ai permanenti portati. Sull'allineamento fisso per il rispetto delle condizioni di equilibrio, si esercita una reazione pari alla somma delle azioni parassite che si sviluppano in corrispondenza dei mobili, ma di segno opposto.

### 5.2.13 Azioni sismiche – E

#### 5.2.13.1 Coordinate di riferimento e parametri sismici fondamentali

I parametri sismici fondamentali sono stati determinati per la regione Sardegna utilizzando la Tabella 2, in allegato alle NTC. Si ottengono i seguenti valori:

Vita Nominale	$V_N =$	<b>100</b>	anni
Classe d'uso	$CI =$	<b>IV</b>	
Coefficiente d'uso	$C.u. =$	<b>2.0</b>	
<b>Periodo di riferimento</b>	<b><math>V_R =</math></b>	<b>200</b>	<b>anni</b>

#### PARAMETRI SISMICI

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T^*_c$ [s]
SLO	120	0.035	2.743	0.313
SLD	201	0.040	2.837	0.320
<b>SLV</b>	1898	<b>0.073</b>	<b>3.076</b>	<b>0.404</b>
<b>SLC</b>	<b>3899</b>	<b>0.085</b>	<b>3.145</b>	<b>0.416</b>

L'azione sismica viene considerata mediante spettri di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali e verticale, definiti in base al §3.2 delle NTC 2018.

#### 5.2.13.2 Spettri di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali

Gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontali sono definiti dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \frac{T_C}{T} \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \frac{T_C T_D}{T^2}
 \end{aligned}$$

In cui:

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

- T è il periodo di vibrazione;
- $S_e(T)$  è l'accelerazione spettrale orizzontale;
- $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima al sito su suolo rigido, determinata in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ ;
- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente  $S = S_S \times S_T$ , essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica (Tabella 5.1) e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica (Tabella 5.2);
- $\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione  $\eta = 10/(5+\xi) \geq 0,55$ , dove  $\xi$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;
- $F_0$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;
- $T_C$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da  $T_C = C_C \times T_C^*$  dove  $T_C^*$  è definito al § 3.2 e  $C_C$  è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tabella 5.1);
- $T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante e vale:  
 $T_B = T_C/3$
- $T_D$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:  $T_D = 4.0 \times (a_g/g) + 1.6$

Categoria sottosuolo	$S_S$	$C_C$
<b>A</b>	1,00	1,00
<b>B</b>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
<b>C</b>	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
<b>D</b>	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
<b>E</b>	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

*Tabella 5.1 – Espressioni per  $S_S$  e  $C_C$*

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 5.2 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Nel caso in esame si ha:

- Categoria di sottosuolo:       **B**
- Categoria stratigrafica:       **T1**

La figura seguente illustra gli spettri di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali di progetto:

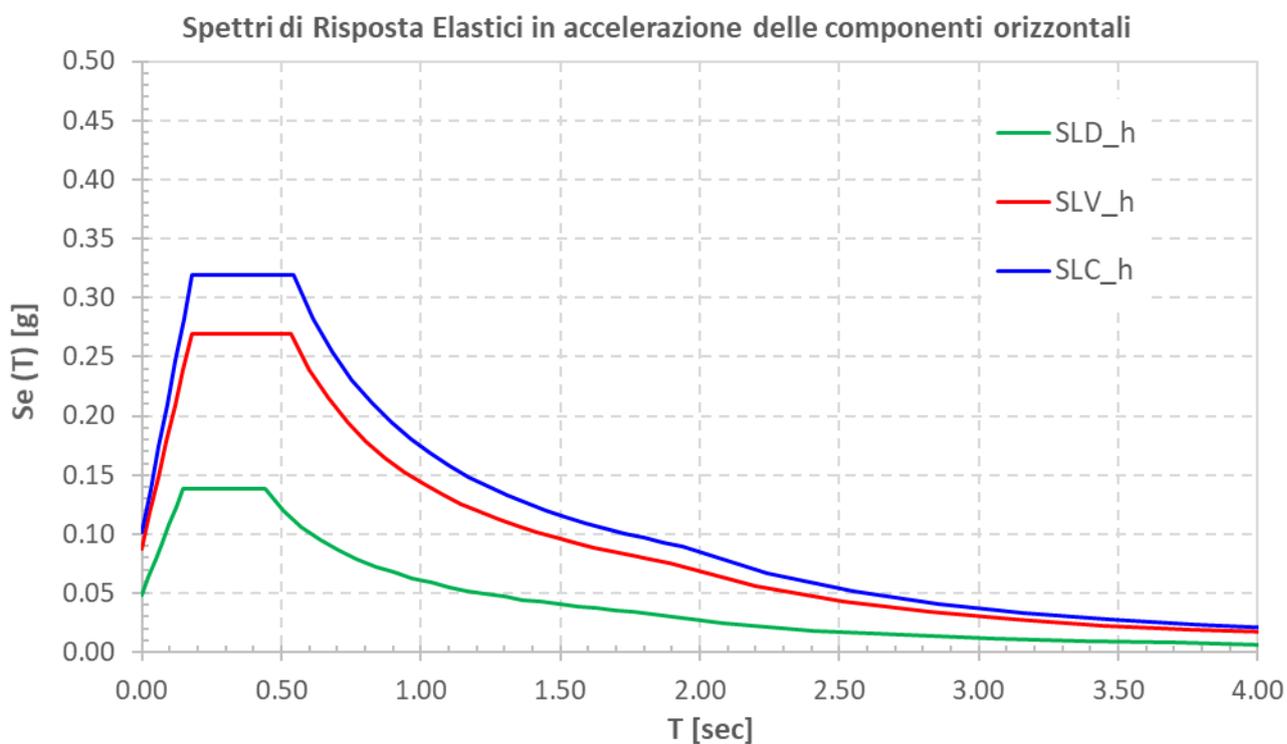


Figura 5.5 – Spettri elastici di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali

La tabella seguente illustra i parametri caratteristici degli spettri di risposta.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

STATO LIMITE	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [sec]	$T_B$ [sec]	$T_C$ [sec]	$T_D$ [sec]	$S_S$ [-]	$S_T$ [-]	$S$ [-]	$C_C$ [-]	$d_g$ [m]	$v_g$ [m/s]
SLD	0.040	2.837	0.320	0.147	0.442	1.762	1.20	1.00	1.20	1.38	0.009	0.034
SLV	0.073	3.076	0.404	0.178	0.533	1.892	1.20	1.00	1.20	1.32	0.022	0.073
SLC	0.085	3.145	0.416	0.182	0.545	1.938	1.20	1.00	1.20	1.31	0.026	0.087

*Tabella 5.3 – Parametri caratteristici degli spettri di risposta*

### 5.2.13.3 Spettri di risposta in accelerazione della componente verticale

Gli spettri di risposta elastici della componente verticale sono definiti dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

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

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

$F_v$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad [3.2.9]$$

In cui:

$T$  è il periodo di vibrazione;

$S_{ve}(T)$  è l'accelerazione spettrale verticale;

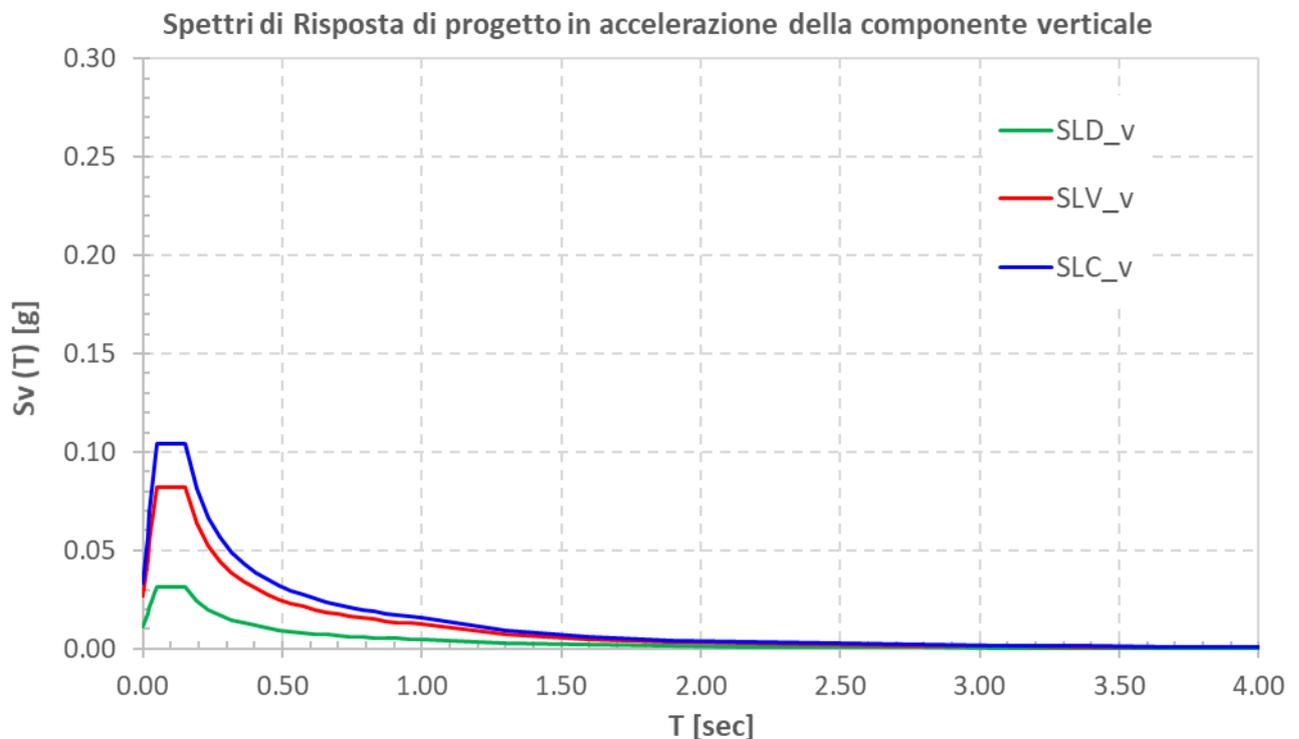
$F_v$  Il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione  $F_v = 1.35 \times F_0 \times (a_g/g)^{0.5}$ ;

I valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $S$ ,  $\eta$  sono quelli precedentemente definiti per le componenti orizzontali del moto sismico; i valori di  $S_S$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ , sono quelli riportati nella Tab. 3.2.VI delle NTC2018:

**Tab. 3.2.VI - Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale**

Categoria di sottosuolo	$S_S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

La figura seguente illustra gli spettri di risposta in accelerazione della componente verticale di progetto:



*Figura 5.6 – Spettri elastici di risposta in accelerazione della componente verticale*

La tabella seguente illustra i parametri caratteristici degli spettri di risposta.

**Parametri caratteristici degli spettri di risposta**

STATO LIMITE	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$F_V$ [-]	$T_B$ [sec]	$T_C$ [sec]	$T_D$ [sec]	$S_s$ [-]	$S_T$ [-]	$S$ [-]
SLD	0.040	2.837	0.771	0.050	0.150	1.000	1.00	1.00	1.00
SLV	0.073	3.076	1.123	0.050	0.150	1.000	1.00	1.00	1.00
SLC	0.085	3.145	1.234	0.050	0.150	1.000	1.00	1.00	1.00

*Tabella 5.4 – Parametri caratteristici degli spettri di risposta*

**5.2.13.4 Masse sismiche**

In accordo al punto §5.1.3.12 delle NTC2018, Per determinare gli effetti delle azioni sismiche sulle strutture si è fatto riferimento alle sole masse corrispondenti ai pesi propri ed ai sovraccarichi permanenti portati, considerando nullo il valore quasi permanente delle masse corrispondenti ai carichi da traffico.

**5.3 Combinazioni di Carico**

**5.3.1 Combinazioni di carico in esercizio**

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, sono state considerate le combinazioni di cui ai gruppi di azioni 1, 2a e 2b della tabella 5.1.IV delle NTC2018:

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Tab. 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Gruppo di azioni	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5kN/m <sup>2</sup>
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m <sup>2</sup>
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m <sup>2</sup>			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m <sup>2</sup>
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(\*) Ponti pedonali  
(\*\*) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)  
(\*\*\*) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

La tabella 5.1.V fornisce i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche SLU:

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

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90 1,10	1,00 1,35	1,00 1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_Q$	0,00 1,35	0,00 1,35	0,00 1,15
Azioni variabili	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90 1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 1,00 <sup>(4)</sup>	1,00 1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}$ , $\gamma_{\epsilon 3}$ , $\gamma_{\epsilon 4}$	0,00 1,20	0,00 1,20	0,00 1,00

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

<sup>①</sup>Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

<sup>②</sup>Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota 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

Nel caso in esame, essendo i carichi permanenti non strutturali compitamente definiti sono stati adottati gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

I valori dei coefficienti  $\psi_{0j}$ ,  $\psi_{1j}$  e  $\psi_{2j}$  per le diverse categorie di azioni sono riportati nella tabella 5.1.VI delle NTC2018:

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

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combi- nazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequent)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanent)
Azioni da traffico (Tab. 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	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

### 5.3.1.1 Combinazioni per verifiche strutture d'impalcato

Le combinazioni di carico adottate per le verifiche di resistenza agli SLU sono le seguenti:

- $F_d = 1.35 \times G_1 + 1.35 \times G_2 + 1.2 \times \varepsilon_2 + 1.2 \times \varepsilon_4 + 1.35 Q_1 + 1.50 \times 0.60 \times q_{7b} + 1.50 \times 0.6 \times q_5;$
- $F_d = 1.35 \times G_1 + 1.35 \times G_2 + 1.2 \times \varepsilon_4 + 1.35 Q_1 + 1.50 \times 0.60 \times q_{7a} + 1.50 \times 0.6 \times q_5;$

Le combinazioni di carico adottate per le verifiche di resistenza agli SLE-Rara sono le seguenti:

- $F_d = G_1 + G_2 + \varepsilon_2 + \varepsilon_4 + Q_1 + 0.60 \times q_{7b} + 0.6 \times q_5;$
- $F_d = G_1 + G_2 + \varepsilon_4 + Q_1 + 0.60 \times q_{7a} + 0.6 \times q_5;$

Le combinazioni di carico adottate per le verifiche di resistenza agli SLE-FRequente sono le seguenti:

- $F_d = G_1 + G_2 + \varepsilon_2 + \varepsilon_4 + \varepsilon_4 + 0.75 \times Q_{1C} + 0.40 \times Q_{1D} + 0.50 \times q_{7b};$

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

$$6. Fd = G_1 + G_2 + \varepsilon_4 + 0.75 \times Q_{1C} + 0.40 \times Q_{1D} + 0.50 \times q_{7a}$$

Dove:

- $G_1$  sono le caratteristiche della sollecitazione dovute ai pesi propri;
- $G_2$  sono le caratteristiche della sollecitazione dovute ai permanenti portati;
- $\varepsilon_2$  sono le caratteristiche della sollecitazione dovute al ritiro;
- $\varepsilon_4$  sono le caratteristiche della sollecitazione dovute ai cedimenti dei vincoli (ove previsti);
- $q_{7a}$  sono le caratteristiche della sollecitazione dovute alla variazione termica positiva;
- $q_{7b}$  sono le caratteristiche della sollecitazione dovute alla variazione termica negativa;
- $Q_1$  sono le caratteristiche della sollecitazione dovute alle azioni variabili da traffico (C carichi concentrati – D carichi distribuiti – F folla);
- $Q_5$  sono le caratteristiche della sollecitazione dovute al vento.

### 5.3.1.2 Combinazioni per sottostrutture

Si rimanda ai capitoli relativi ai dimensionamento delle spalle.

### 5.3.2 Combinazioni di carico in fase sismica

La risposta della struttura è stata calcolata per sisma agente in direzione orizzontale trasversale e longitudinale ed in direzione verticale.

Sono state considerate le seguenti combinazioni:

$$E_I = E_{EI} \pm 0.30 E_{Et} \pm 0.30 E_{Ev}$$

$$E_t = 0.30 E_{EI} \pm E_{Et} \pm 0.30 E_{Ev}$$

$$E_v = 0.30 E_{EI} \pm 0.30 E_{Et} \pm E_{Ev}$$

Essendo:

$E_{EI}$  Azione sismica in direzione orizzontale longitudinale;

$E_{Et}$  Azione sismica in direzione orizzontale trasversale;

$E_{Ev}$  Azione sismica in direzione verticale.

Le azioni sismiche sono state combinate con i carichi permanenti secondo la seguente espressione:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Nelle verifiche di resistenza delle strutture d'impalcato è omessa la combinazione sismica in quanto non dimensionante.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

## 6 ANALISI E VERIFICHE DELLE STRUTTURE D'IMPALCATO CARREGGIATA SINISTRA

### 6.1 Criteri di calcolo

#### 6.1.1 Analisi globale

##### 6.1.1.1 Definizione del modello di calcolo

L'impalcato ha uno [schema statico di trave appoggiata](#) con luci pari agli interassi delle spalle misurati sull'asse stradale.

L'analisi strutturale è condotta [su una singola trave principale](#), sottoposta al peso proprio, ai sovraccarichi permanenti, alle distorsioni, all'aliquota dei carichi mobili che discende dalla ripartizione trasversale dei carichi ed alle azioni del vento.

La trave è discretizzata in conci di sezione costante, in modo da tener conto delle variazioni geometriche e della fessurazione della soletta.

La trave è stata vincolata rigidamente in corrispondenza degli allineamenti delle spalle.

##### 6.1.1.2 Caratteristiche geometrico-inerziali in fase di analisi

L'analisi è stata condotta per fasi distinte per tenere conto dell'evoluzione dello schema statico e dell'evoluzione delle caratteristiche geometrico-inerziali della struttura nel tempo. In particolare, sono stati analizzati i seguenti modelli:

1. *Modello 1*: In cui le caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni sono ottenute considerando la sola struttura metallica. Con questo modello si valutano gli effetti dovuti ai pesi propri. Per quanto attiene l'impalcato il peso proprio è quello complessivo relativo alla carpenteria metallica, al peso delle predalles ed al peso del getto di completamento della soletta in c.a.;
2. *Modello 2*: In cui sono considerate le caratteristiche geometrico-inerziali della sezione composta costituita dalle travi metalliche e dalla soletta in c.a. omogeneizzata all'acciaio mediante il rapporto modulare  $n_L = n_{inf}$ . Con questo modello si valutano gli effetti dovuti alle azioni di lunga durata: i carichi permanenti.
3. *Modello 3*: In cui sono considerate le caratteristiche geometrico-inerziali della sezione composta costituita dalle travi metalliche e dalla soletta in c.a. omogeneizzata all'acciaio mediante il rapporto modulare  $n_L = n_0$ . Con questo modello si valutano gli effetti dovuti alle azioni di breve durata o impulsive: Azioni variabili da traffico, Vento.

Nei modelli 2 e 3 si è tenuto conto della riduzione di rigidità della sezione composta in prossimità degli appoggi interni per la fessurazione della soletta, trascurando il contributo inerziale del calcestruzzo su un tratto di lunghezza pari al 15% delle luci delle campate adiacenti e considerando comunque il contributo inerziale delle armature presenti entro la soletta collaborante.

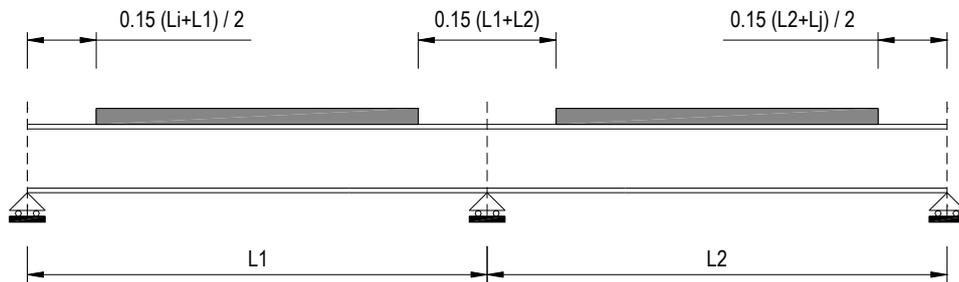


Figura 6.1. Modellazione degli effetti dovuti alla fessurazione

### 6.1.1.3 Larghezze collaboranti in fase di analisi e di verifica

Le larghezze collaboranti della soletta da considerare in fase di verifica delle sezioni composte sono state determinate come precisato nel par. §4.3.2.3 delle NTC2018.

La larghezza efficace  $b_{eff}$  della soletta è stata determinata con l'espressione:

$$b_{eff} = b_0 + b_{e1} + b_{e2}$$

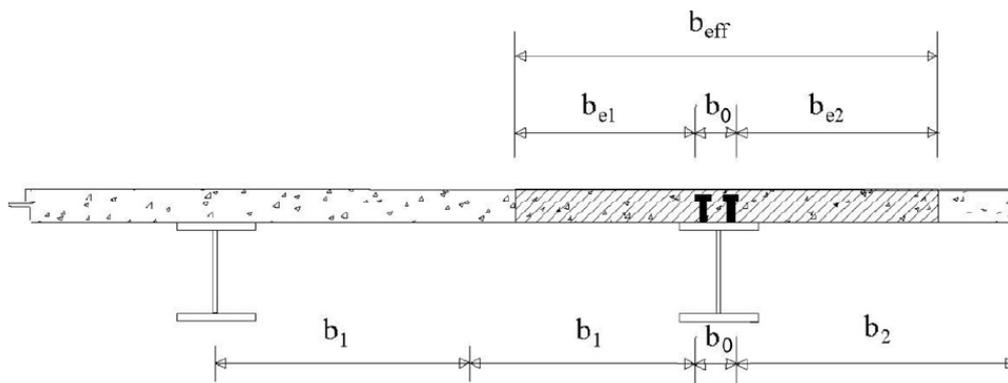


Fig. 4.3.1. - Definizione della larghezza efficace  $b_{eff}$  e delle aliquote  $b_{ei}$

dove:

$b_0$  è la distanza tra gli assi dei connettori;

$b_{ei}$  è il valore della larghezza collaborante da ciascun lato della sezione composta pari al minimo tra  $b_i$  e  $L_e/8$ ;

$L_e$  nelle travi poggiate è la luce della trave, nelle travi continue è la distanza indicata nella fig. 4.3.2. delle NTC2018:

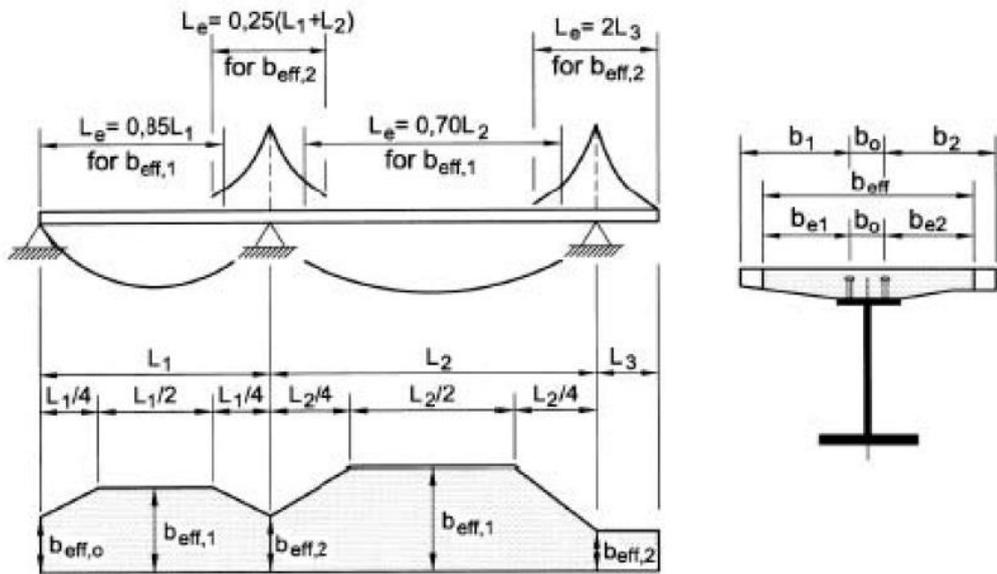


Fig. 4.3.2 - Larghezza efficace,  $b_{eff}$ , e luci equivalenti,  $L_e$ , per le travi continue

Per gli appoggi di estremità la formula diviene:

$$b_{eff} = \beta_1 b_{e1} + \beta_2 b_{e2}$$

dove:

$$\beta_i = (0.55 + 0.25 L_e/b_{ei}) \leq 1.0$$

In fase di analisi è stata considerata una larghezza efficace costante sull'intera lunghezza di ogni campata e pari al valore ottenuto in mezzzeria ( $b_{eff1}$ ) così come esposto in precedenza.

### 6.1.2 Analisi locali

Il calcolo della soletta è stato effettuato mediante un modello agli elementi finiti che la schematizza attraverso elementi tipo SHELL, vincolate in semplice appoggio in corrispondenza delle travi principali.

## 6.2 Analisi statica globale

L'analisi statica globale della trave continua è stata condotta con l'ausilio del noto programma agli elementi finiti SAP2000®.

La figura seguente illustra la geometria del modello di calcolo:



Figura 6.2. Geometria del modello di calcolo

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

### 6.2.1 Caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni in fase di analisi

In allegato si riepilogano le caratteristiche geometriche-inerziali delle sezioni che compongono le sezioni d'impalcato considerate in fase di analisi.

I simboli corrispondono allo schema seguente:

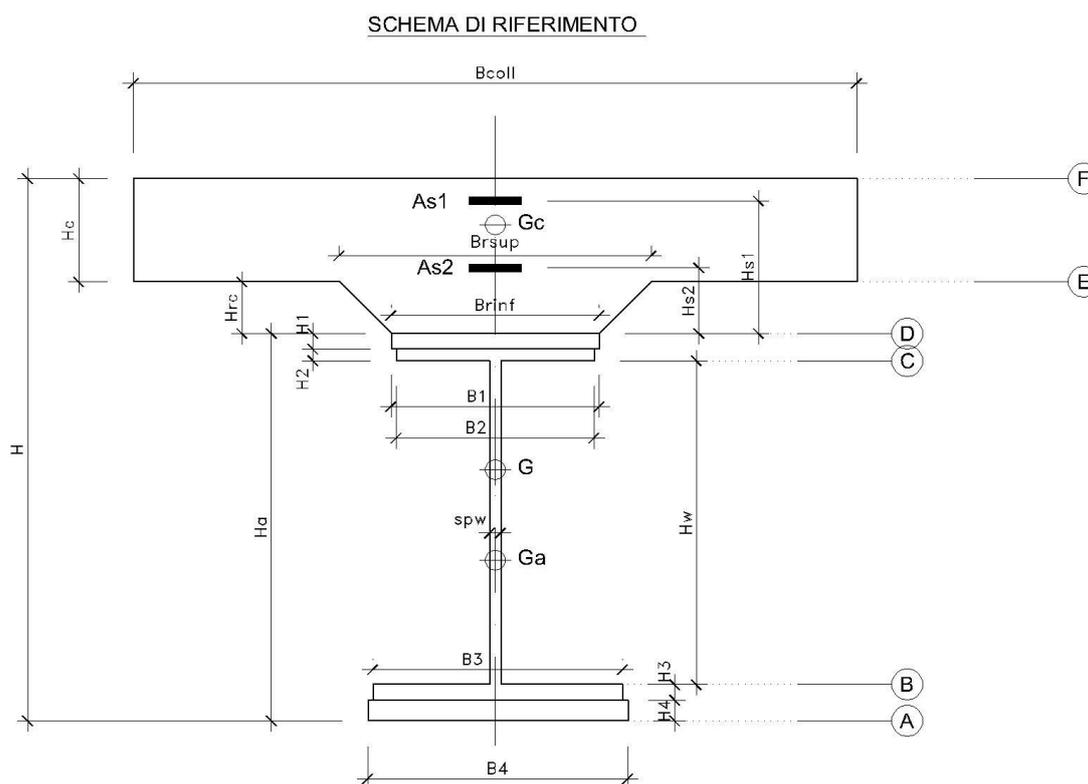


Figura 6.3. Schema di riferimento per la valutazione delle caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni delle travi d'impalcato

### 6.2.2 Applicazione dei carichi al modello

#### 6.2.2.1 Peso proprio della struttura (Load G1) – fase 1

Il peso proprio della carpenteria metallica dell'impalcato è stato computato in automatico dal codice di calcolo utilizzato a partire dalle aree degli elementi che rappresentano le travi principali, considerando il coefficiente maggiorativo specificato al par. 5.2.1 che tiene conto dell'incidenza delle strutture secondarie (traversi, controventi, saldature, bullonature etc.).

Il peso proprio della soletta, specificato al par. 5.2.1, è stato applicato quale carico uniformemente distribuito agli elementi che schematizzano la trave.

#### 6.2.2.2 Carichi permanenti portati (Load G2) – fase 2

I carichi permanenti portati, specificato al par. 5.2.2, sono stati applicati quali carichi uniformemente distribuiti sugli elementi che schematizzano la trave.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

### 6.2.2.3 Cedimenti vincolari (Load CED1, CED2, CED3 – Involuppi Comb: CED) – fase 2

Trattandosi di impalcati a trave poggiata, gli effetti legati ai cedimenti degli appoggi sono nulli.

### 6.2.2.4 Ritiro (LOAD RIT) - fase 2

Gli effetti dovuti alle azioni isostatiche non sono applicati al modello ma sono conteggiati direttamente in fase di verifica delle sezioni. Gli effetti del ritiro iperstatico, trattandosi di impalcati a trave poggiata, sono nulli.

### 6.2.2.5 Carichi mobili verticali (MOVE MVDX, MVSX) – fase 3

L'applicazione dei treni di carico nel modello avviene attraverso un apposito modulo del programma di calcolo che permette di valutare gli effetti in termini di sollecitazioni e deformazioni dovuti a uno o più treni di carico viaggianti lungo linee di carico (lanes) prefissate, che nel caso in esame corrispondono [all'asse della trave](#).

In particolare, è stato utilizzato l'apposito modulo del programma di calcolo che permette di valutare gli effetti in termini di sollecitazioni e deformazioni dovuti ad un treno di carico viaggiante lungo la struttura.

Sono stati considerati i seguenti treni di carico viaggiante relativi alla trave complessivamente più sollecitata:

- V2018-C: Carichi concentrati dello Schema di carico 1
- V2018-D: Carichi distribuiti dello Schema di carico 1

### 6.2.2.6 Variazioni termiche (LOAD DT+, DT-) - fase 3

Gli effetti dovuti alle azioni isostatiche non sono applicati al modello ma sono conteggiati direttamente in fase di verifica delle sezioni. Gli effetti iperstatici dalle variazioni termiche tra soletta e struttura metallica, trattandosi di impalcati a trave poggiata, sono nulli.

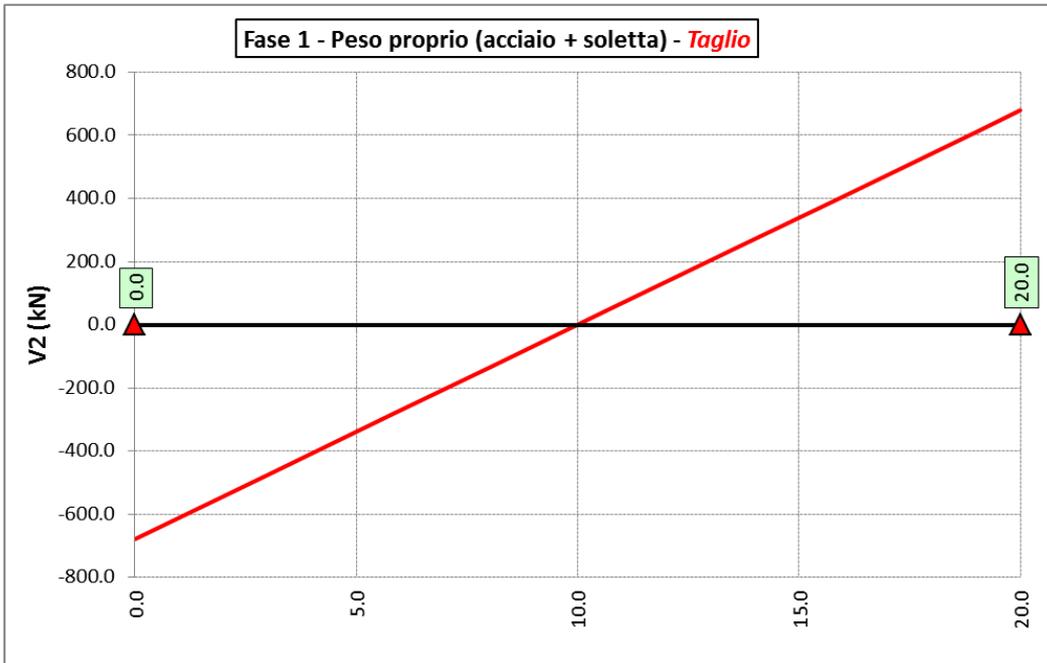
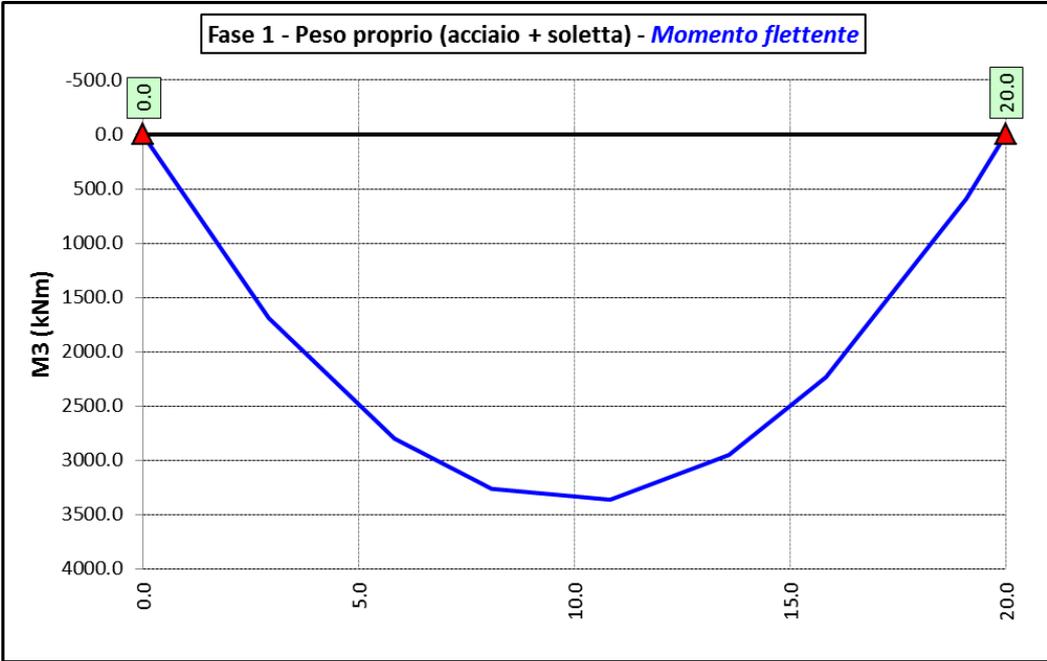
### 6.2.2.7 Vento trasversale (LOAD Q5-TR, Q5-APP) - fase 3

Le azioni dovute al vento, specificate al par. 5.2.9, sono state applicate quali carichi verticali uniformemente distribuiti sugli elementi che schematizzano la trave.

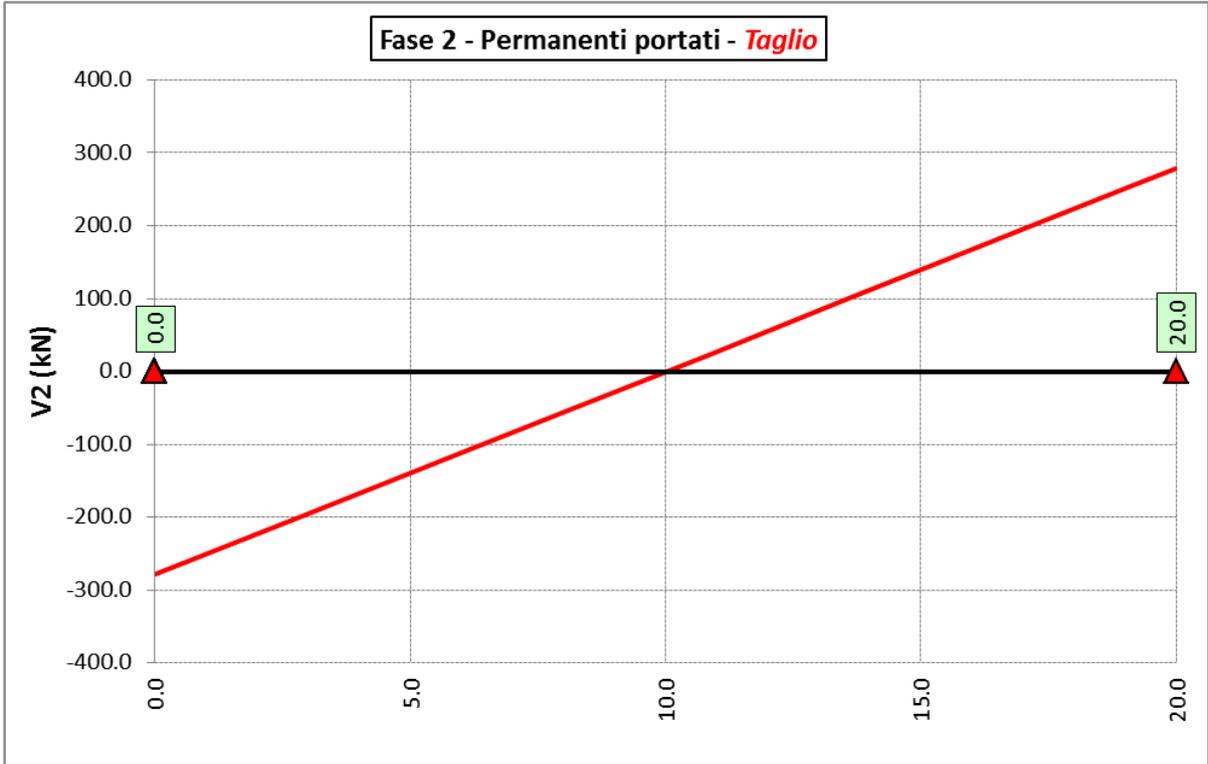
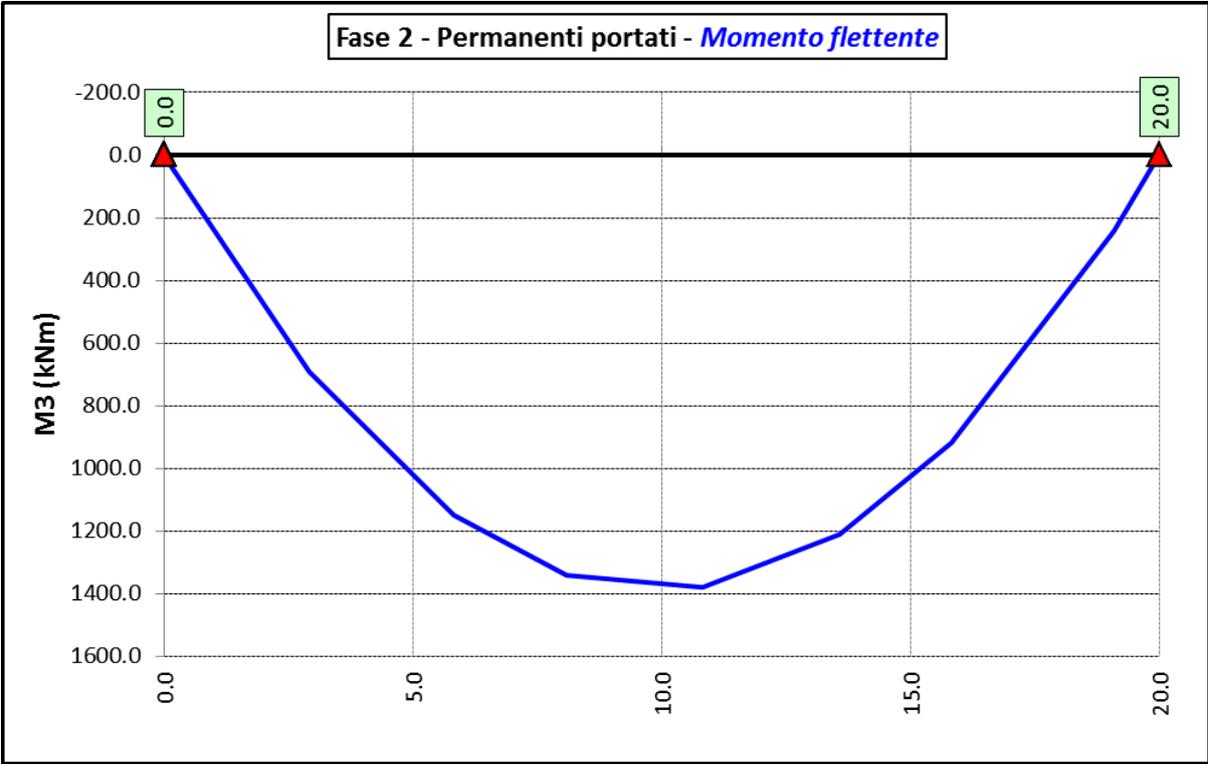
## 6.2.3 Sollecitazioni di progetto

Le figure seguenti rappresentano le sollecitazioni agenti sulla trave principale maggiormente sollecitata, in termini di Momento flettente M3 e sforzo di taglio V2 per ciascuna condizione di carico esaminata.

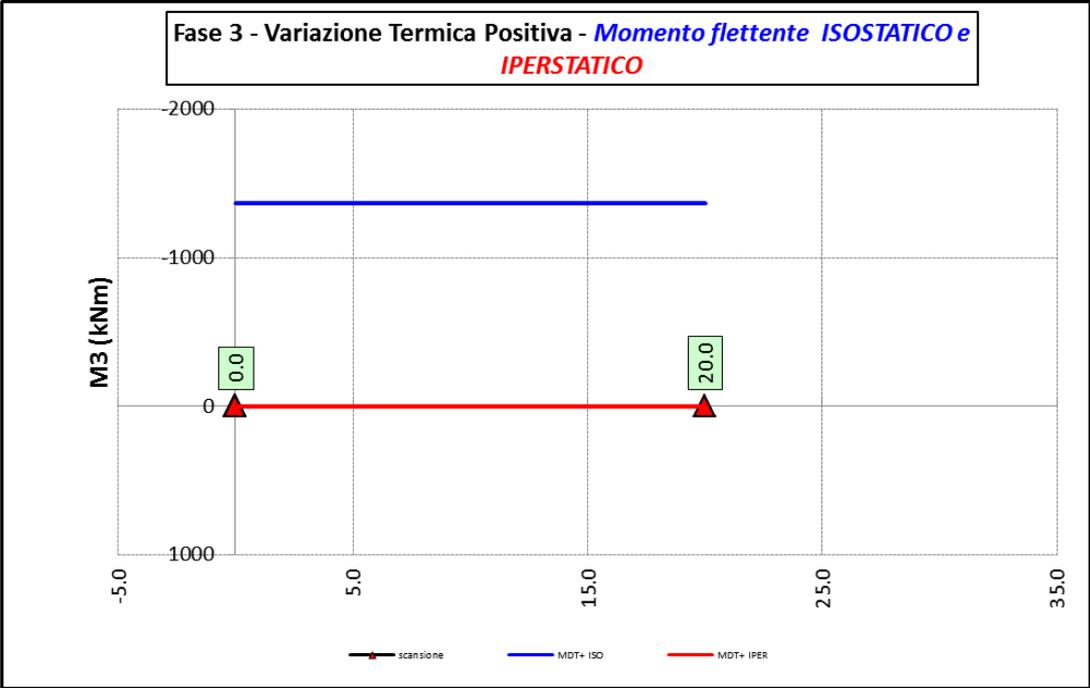
6.2.3.1 Peso proprio (acciaio + soletta) – Modello 1



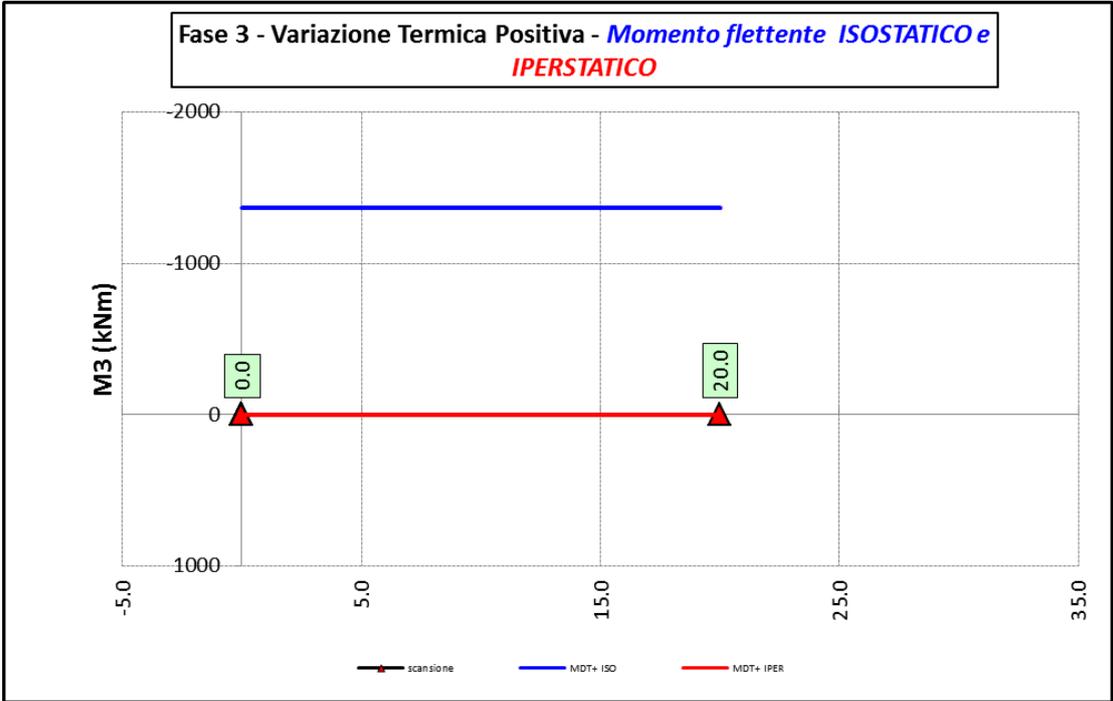
6.2.3.2 Permanenti portati – Modello 2



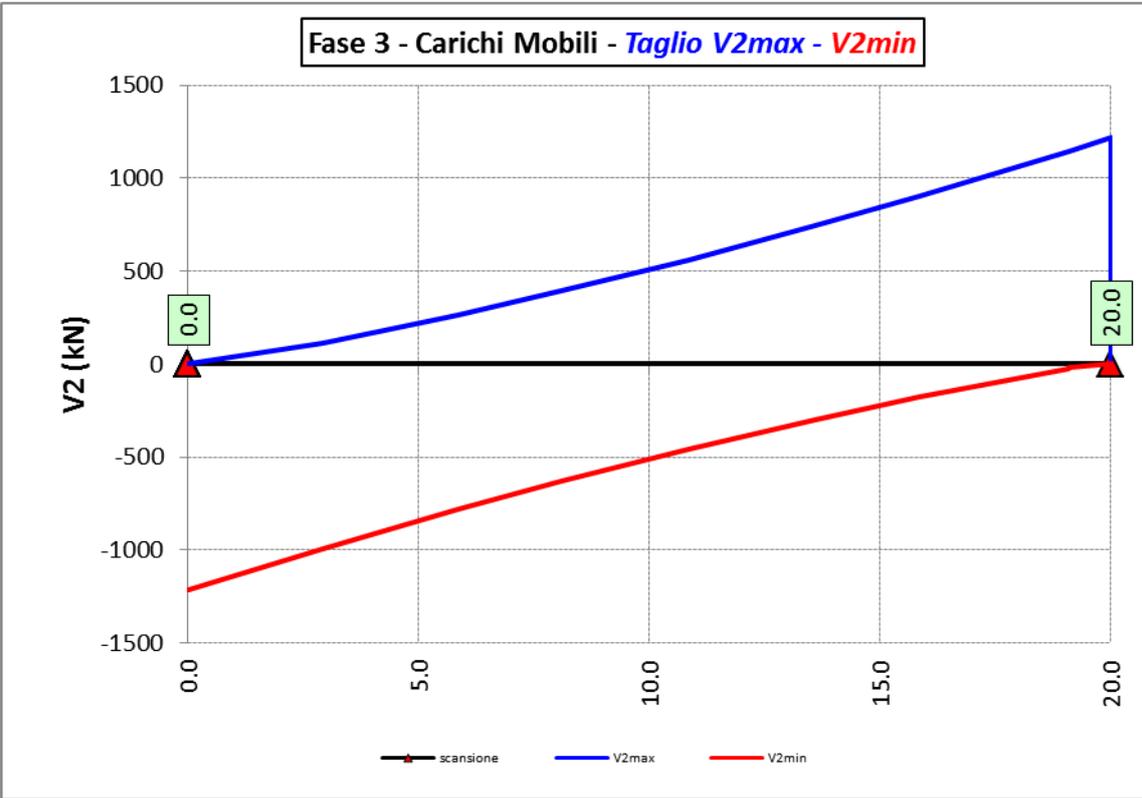
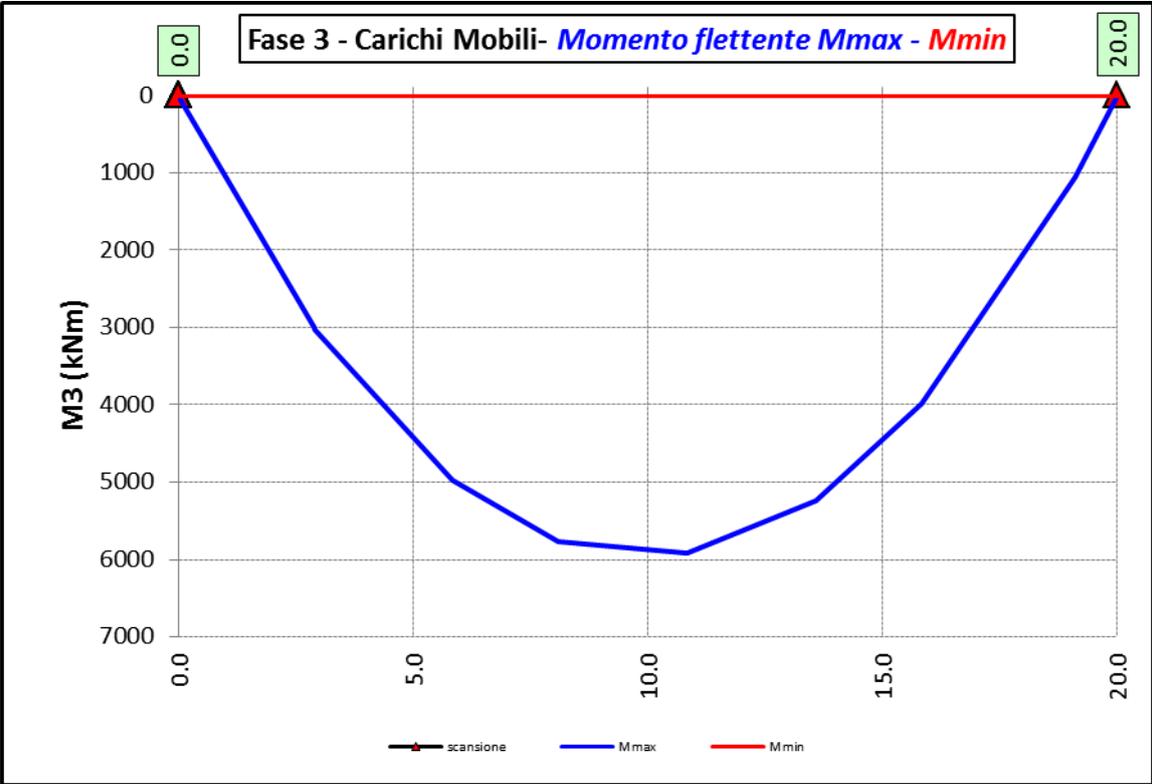
6.2.3.3 Variazioni termiche positive ( $\Delta T+$ ) - Modello 3



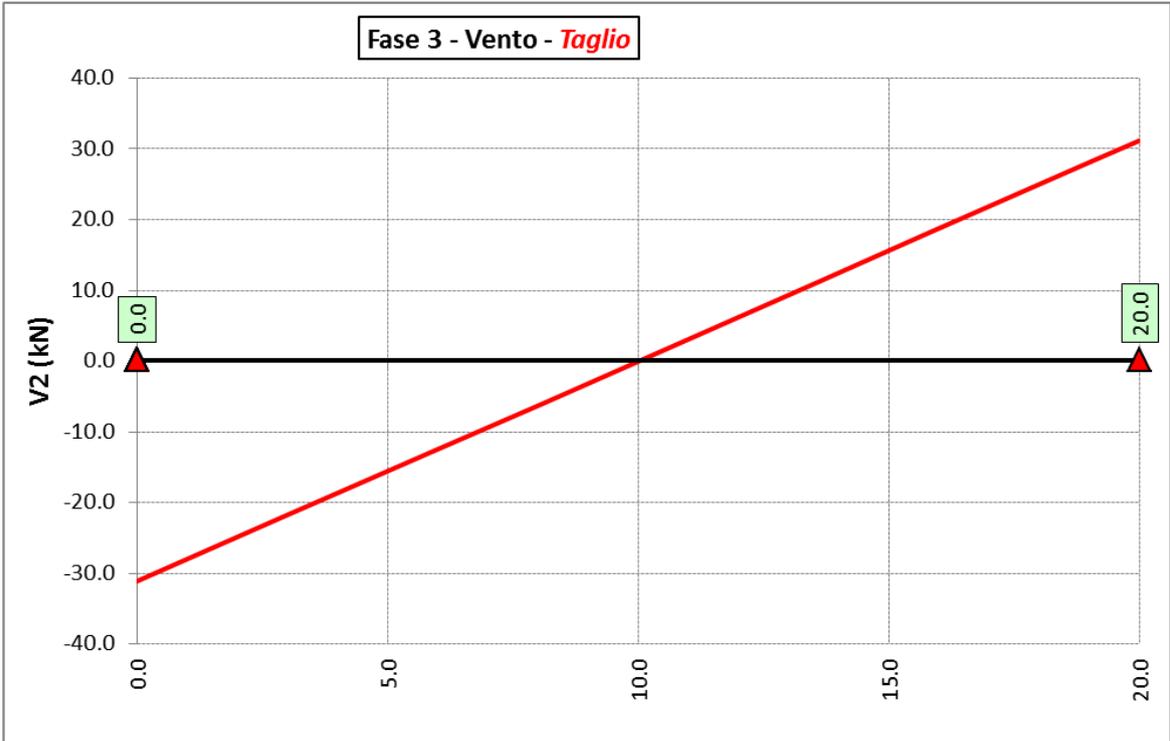
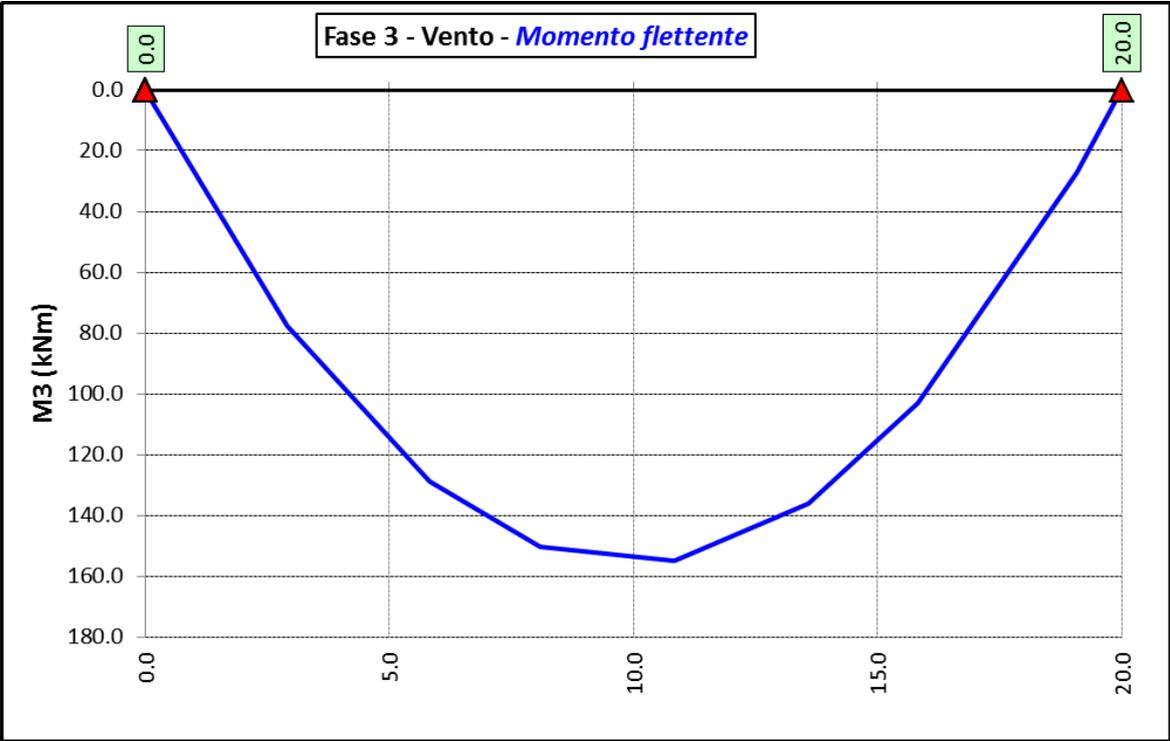
6.2.3.4 Variazioni termiche negative ( $\Delta T-$ ) - Modello 3



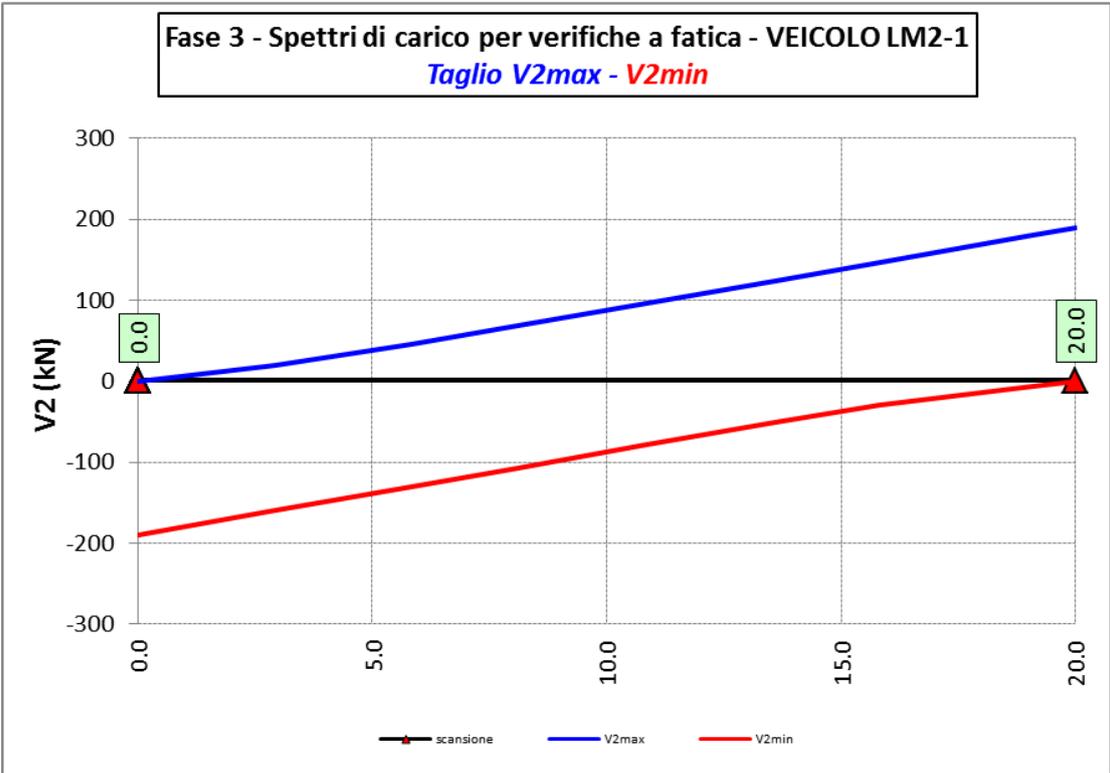
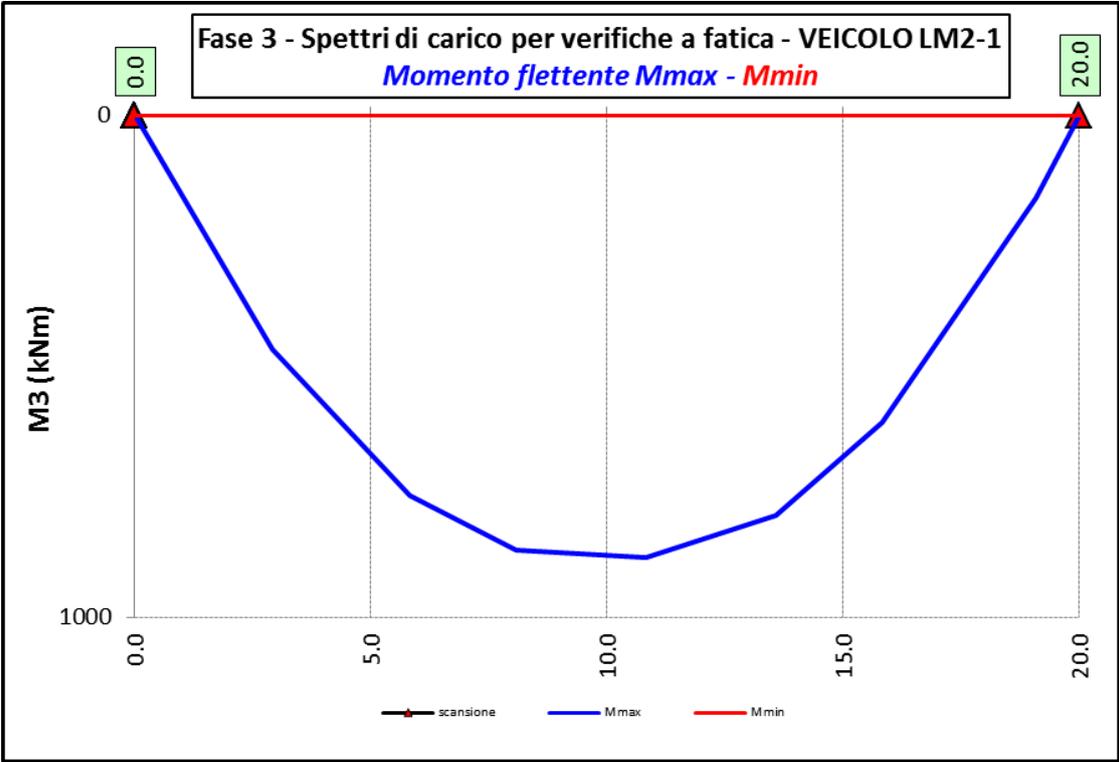
6.2.3.5 Azioni variabili da traffico (Inviluppi) – Modello 3

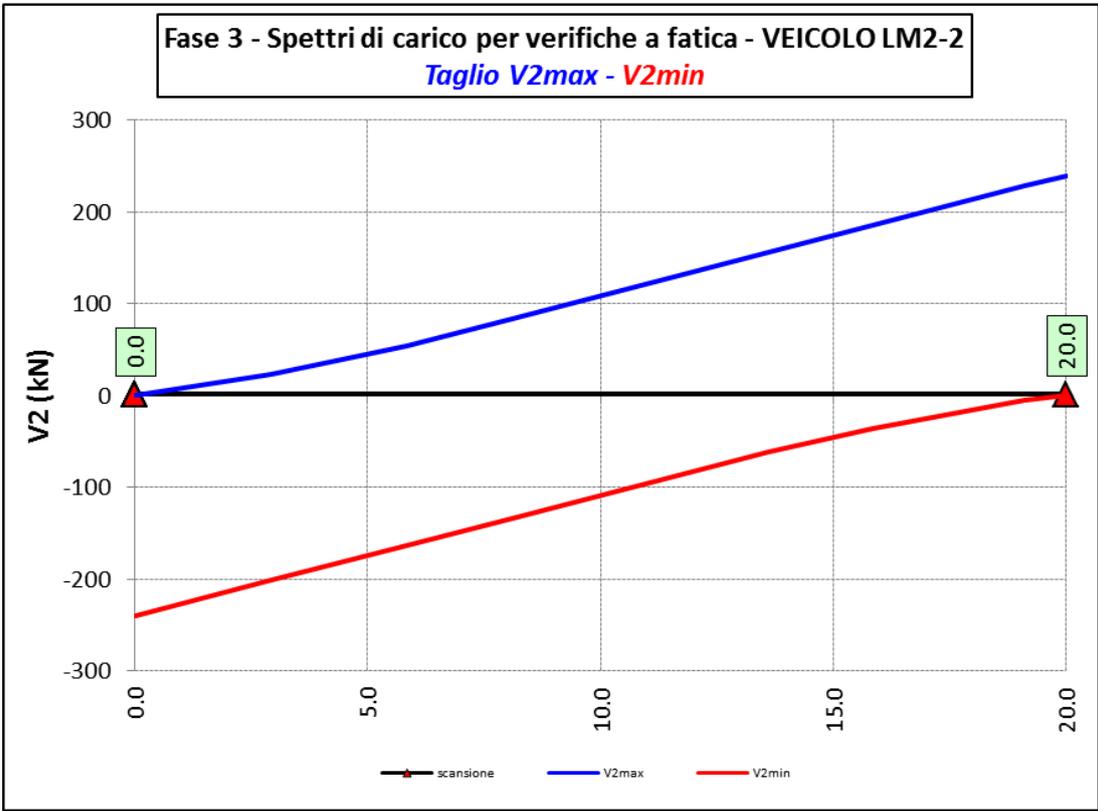
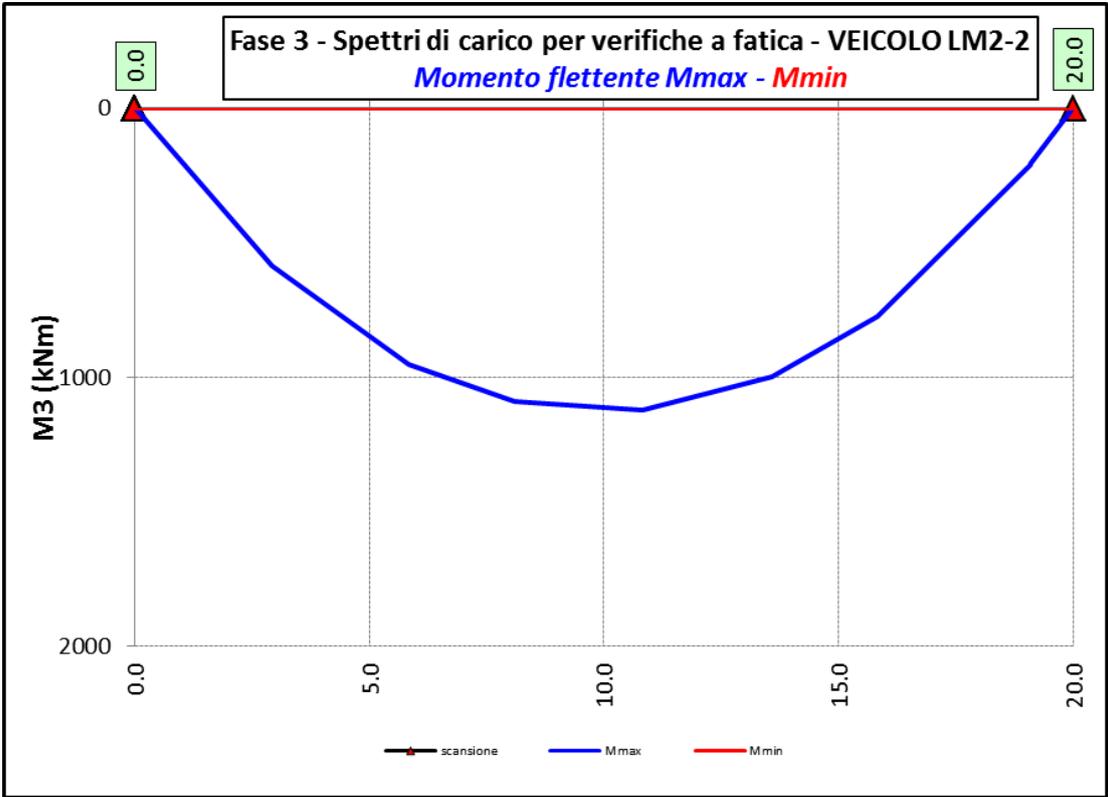


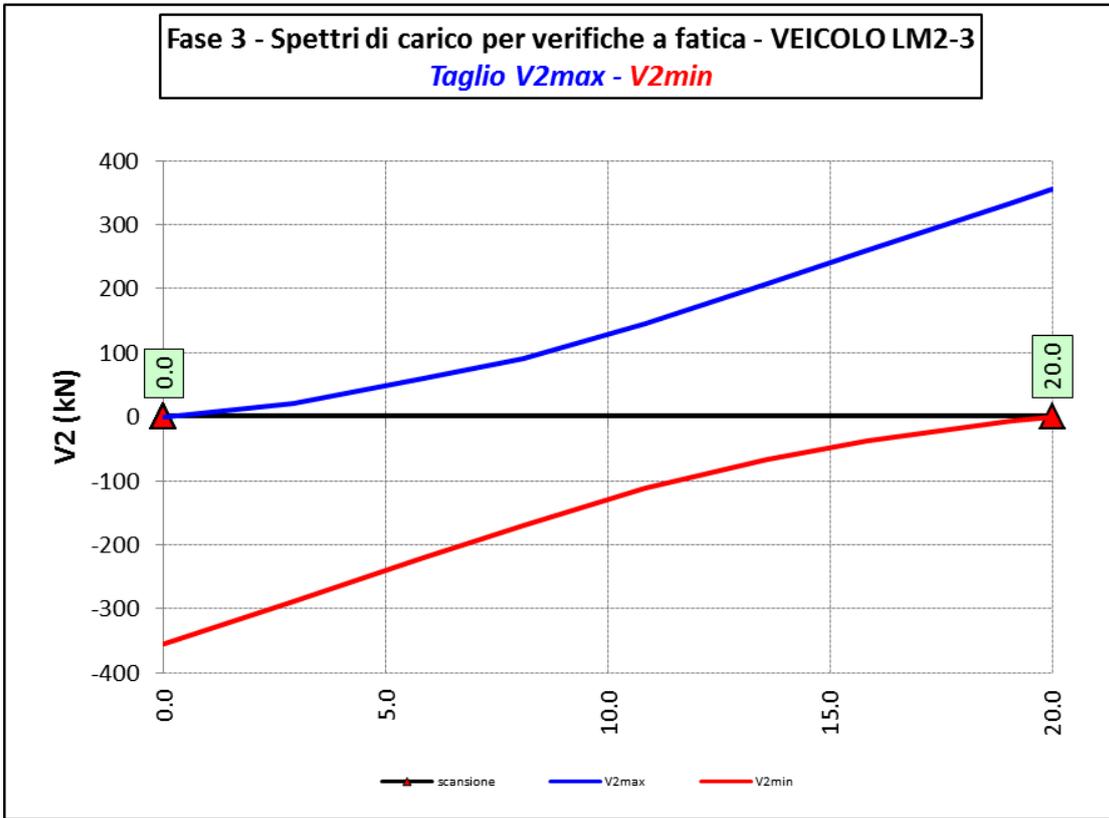
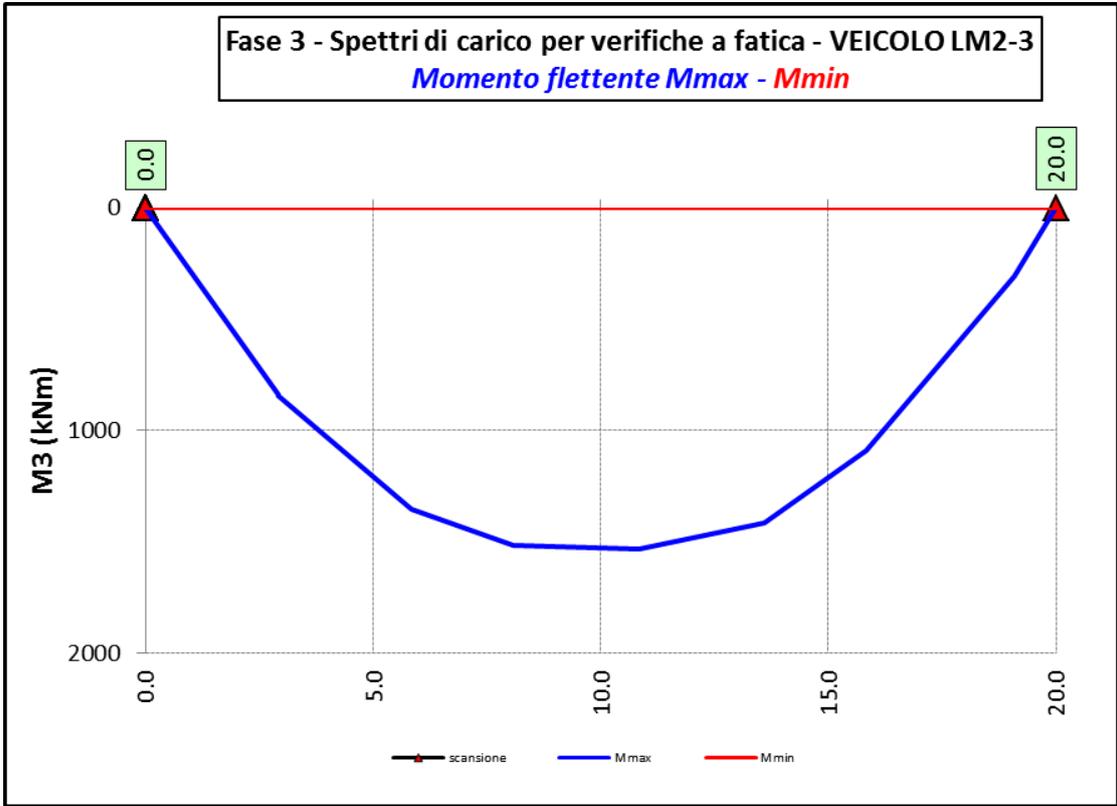
6.2.3.6 Vento – Modello 3

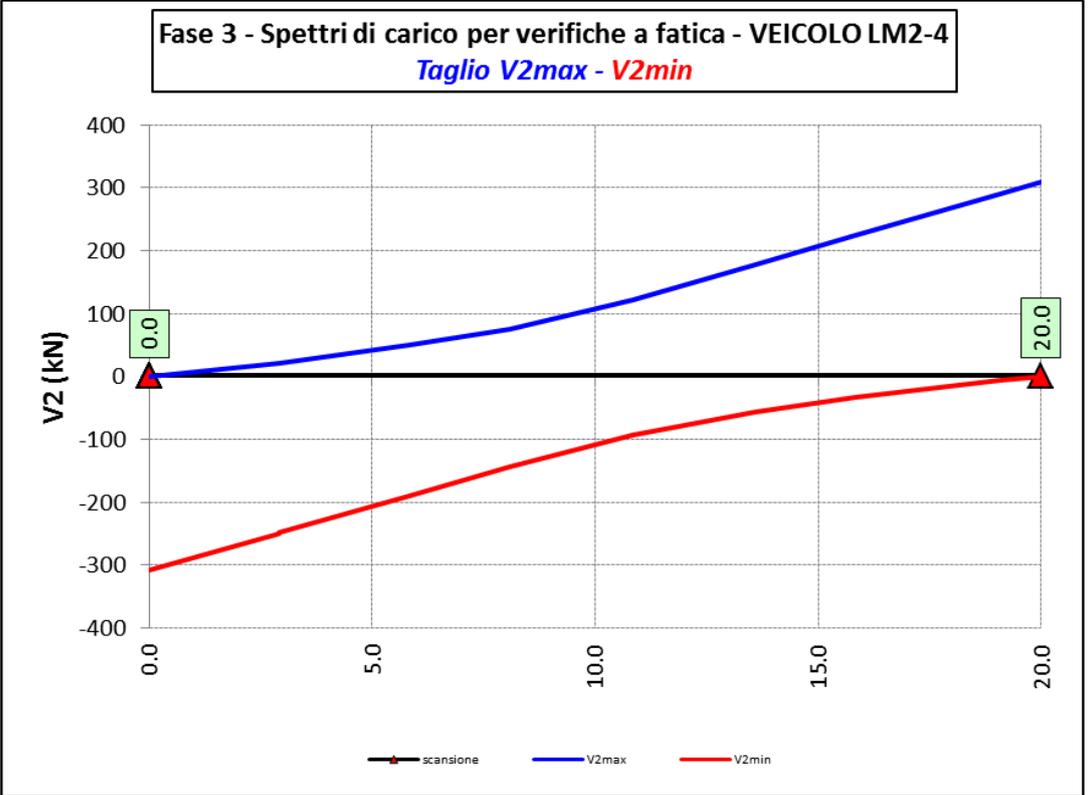
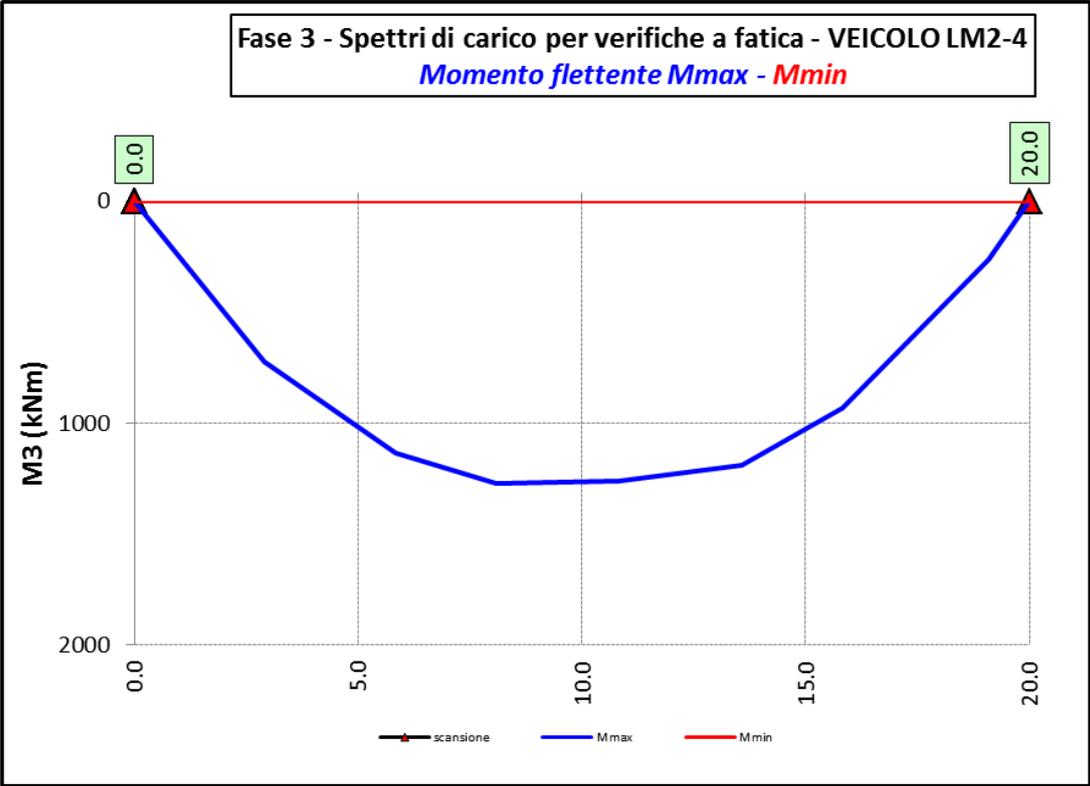


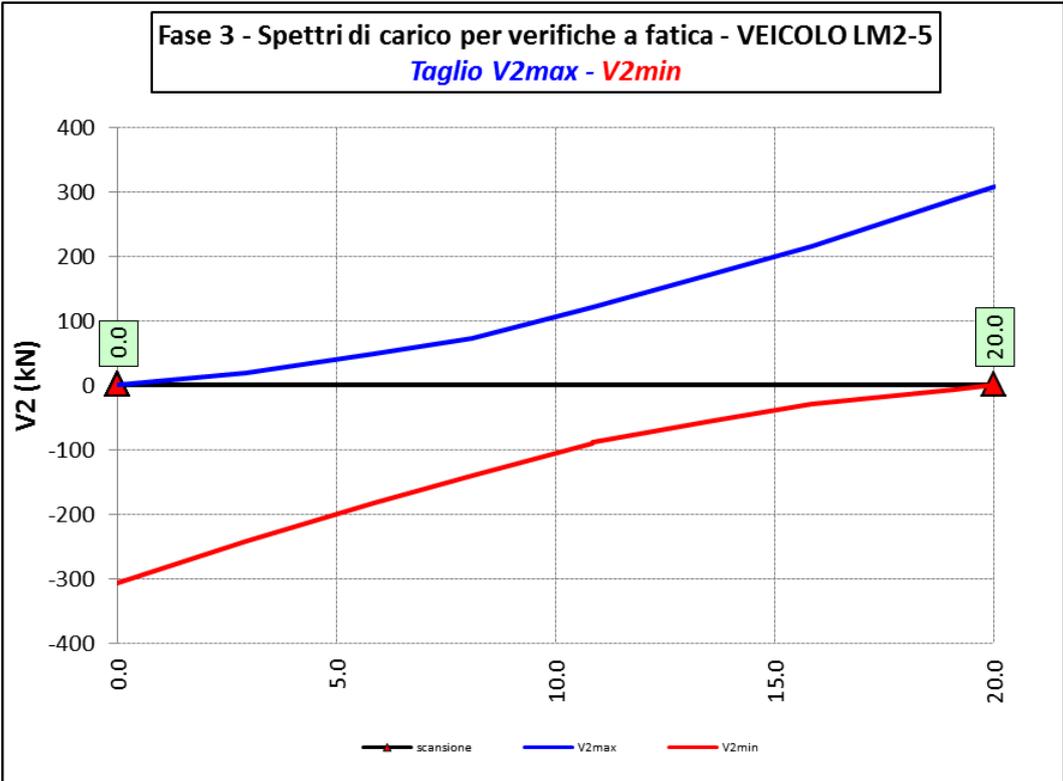
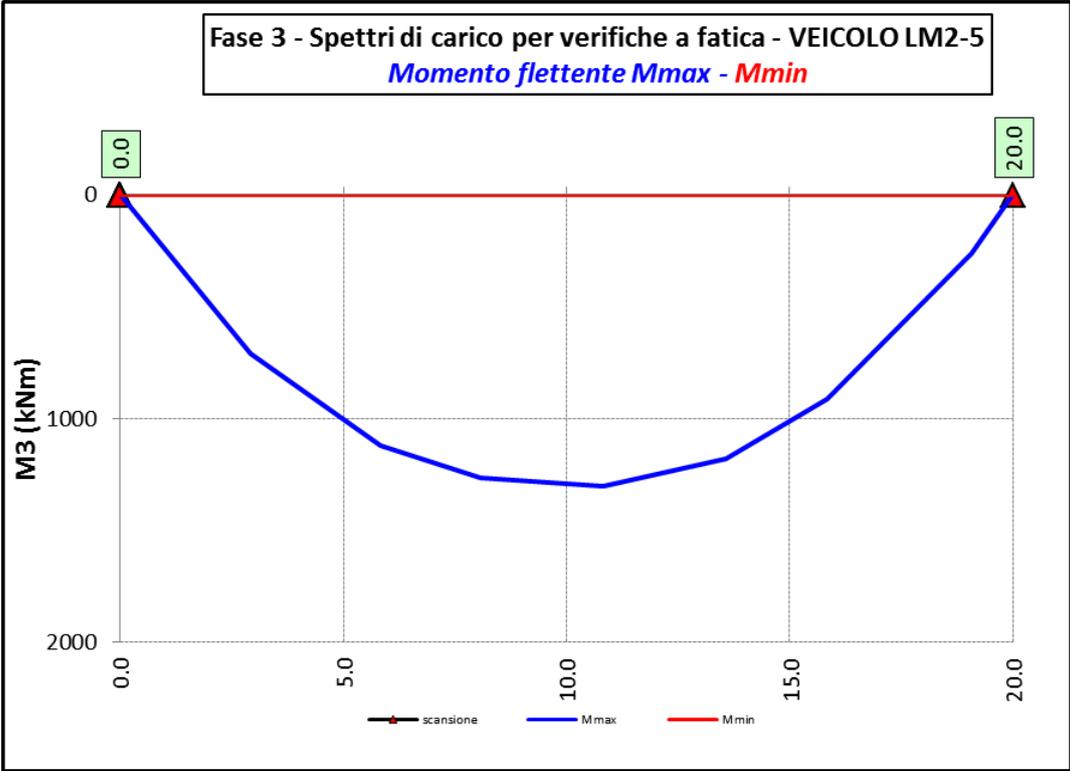
6.2.3.7 Spettri di carico per verifiche a fatica – Modello 3

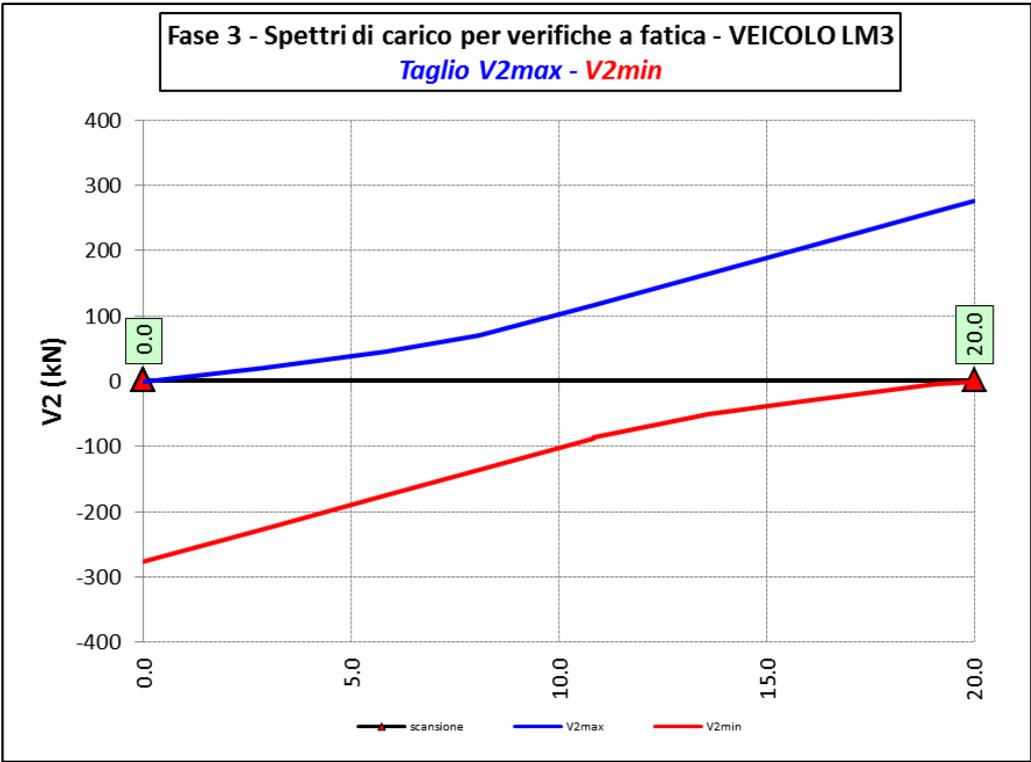
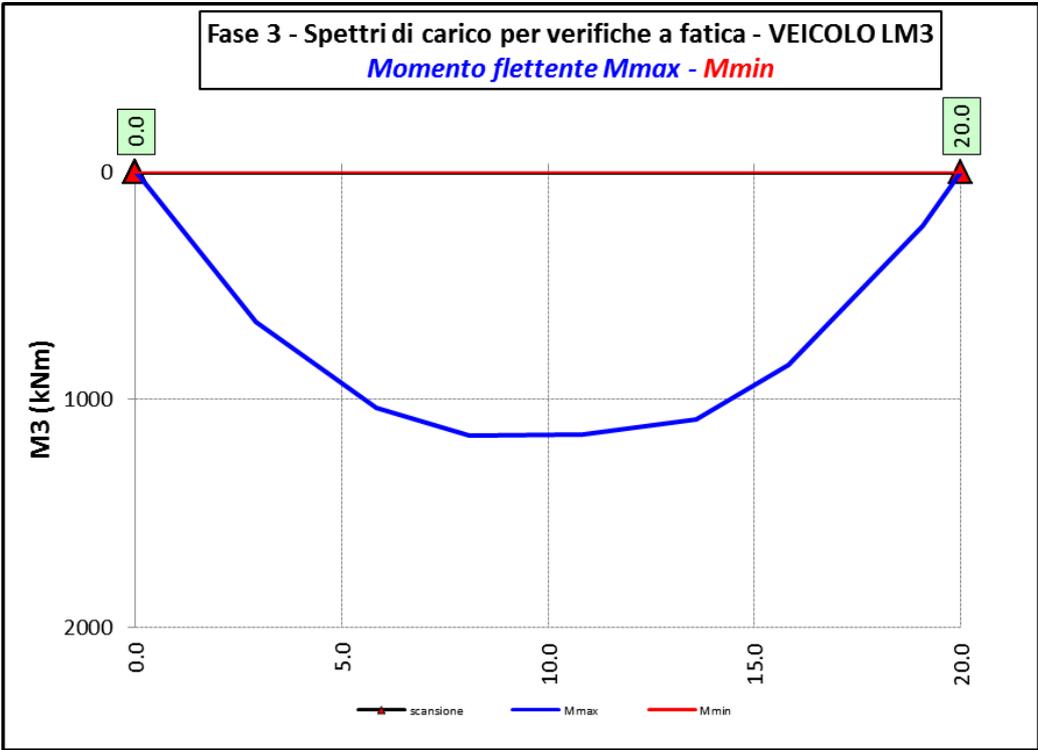












Ai fini delle verifiche statiche delle travi principali agli SLU sono state considerate le combinazioni di carico illustrate al paragrafo 0.

In allegato si riporta il riepilogo delle caratteristiche della sollecitazione per verifiche SLU.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

### 6.3 Verifiche delle travi principali

#### 6.3.1 Verifiche di resistenza SLU

##### 6.3.1.1 Classificazione delle sezioni resistenti

In base al par. 4.2.3.1 delle NTC2018 le sezioni trasversali degli elementi strutturali in acciaio si classificano in funzione della loro capacità rotazionale  $C_\theta$  definita come:

$$C_\theta = \vartheta_r / \vartheta_y - 1$$

Essendo  $\vartheta_r$  e  $\vartheta_y$  le curvature corrispondenti rispettivamente al raggiungimento della deformazione ultima ed allo snervamento. Si distinguono le seguenti classi di sezioni:

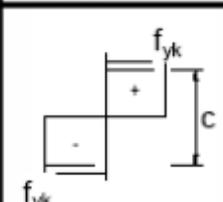
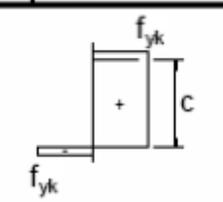
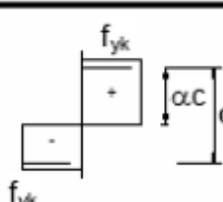
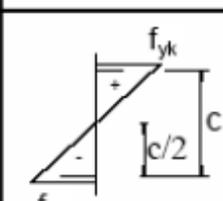
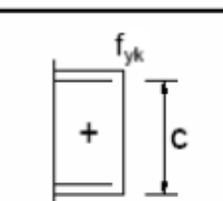
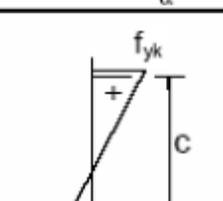
- Classe 1: quando la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta per l'analisi strutturale condotta con il metodo plastico di cui al §4.2.3.2 senza subire riduzioni della resistenza. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale  $C_\theta \geq 3$ ;
- Classe 2: quando la sezione è in grado di sviluppare il proprio momento resistente plastico, ma con capacità rotazionale limitata. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale  $C_\theta \geq 1,5$ ;
- Classe 3: quando nella sezione le tensioni calcolate nelle fibre estreme compresse possono raggiungere la tensione di snervamento, ma l'instabilità locale impedisce lo sviluppo del momento resistente plastico;
- Classe 4: quando, per determinarne la resistenza flettente, tagliante o normale, è necessario tener conto degli effetti dell'instabilità locale in fase elastica nelle parti compresse che compongono la sezione. In tal caso nel calcolo della resistenza la sezione geometrica effettiva può sostituirsi con una sezione efficace.

Le sezioni di classe 1 e 2 si definiscono compatte, quelle di classe 3 moderatamente snelle e quelle di classe 4 snelle. Per i casi più comuni delle forme delle sezioni e delle modalità di sollecitazione, le Tab. 4.2.III, 4.2.IV e 4.2.IV delle NTC2018, di seguito riportate, forniscono indicazioni per la classificazione delle sezioni:

CA352

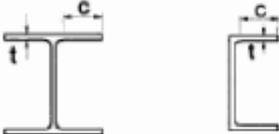
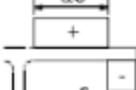
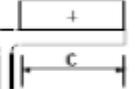
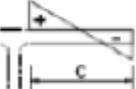
Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini

Tab. 4.2.III - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

		Parti interne compresse				
		Inflessione intorno all'asse		Inflessione intorno all'asse		
Classe	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e a compressione			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$	quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$	quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$	quando $\psi > -1: c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ quando $\psi \leq -1: c/t \leq 62\epsilon(1 - \psi)\sqrt{-\psi}$			
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275	355	420	460
	$\epsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

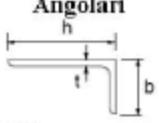
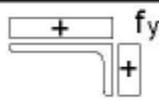
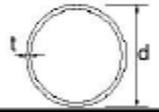
\*)  $\psi \leq -1$  si applica se la tensione di compressione  $\sigma \leq f_{yk}$  o la deformazione a trazione  $\epsilon_y > f_{yk}/E$

Tab. 4.2.IV - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

Piattabande esterne						
 Profilati laminati a caldo			 Sezioni saldate			
Classe	Piattabande esterne soggette a compressione	Piattabande esterne soggette a flessione e a compressione				
		Con estremità in compressione		Con estremità in trazione		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 9\varepsilon$	$c/t \leq \frac{9e}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9e}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
2	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq \frac{10e}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{10e}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione negativa)						
3	$c/t \leq 14\varepsilon$	$c/t \leq 21\varepsilon\sqrt{k_e}$ Per $k_e$ vedere EN 1993-1-5				
$\varepsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275	355	420	460
	$e$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

**Tab. 4.2.V - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse**

<b>Angolari</b> 																			
Riferirsi anche alle piattabande esterne (v. Tab 4.2.II) Non si applica agli angoli in contatto continuo con altri componenti																			
<b>Classe</b>	<b>Sezione in compressione</b>																		
Distribuzione delle tensioni sulla sezione (compressione positiva)																			
<b>3</b>	$h/t \leq 15\varepsilon$ $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\varepsilon$																		
<b>Sezioni Tubolari</b> 																			
<b>Classe</b>	<b>Sezione inflessa e/o compressa</b>																		
<b>1</b>	$d/t \leq 50\varepsilon^2$																		
<b>2</b>	$d/t \leq 70\varepsilon^2$																		
<b>3</b>	$d/t \leq 90\varepsilon^2$ (Per $d/t > 90 \varepsilon^2$ vedere EN 1993-1-6)																		
$\varepsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;"><math>f_{yk}</math></td> <td style="text-align: center;">235</td> <td style="text-align: center;">275</td> <td style="text-align: center;">355</td> <td style="text-align: center;">420</td> <td style="text-align: center;">460</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\varepsilon</math></td> <td style="text-align: center;">1,00</td> <td style="text-align: center;">0,92</td> <td style="text-align: center;">0,81</td> <td style="text-align: center;">0,75</td> <td style="text-align: center;">0,71</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\varepsilon^2</math></td> <td style="text-align: center;">1,00</td> <td style="text-align: center;">0,85</td> <td style="text-align: center;">0,66</td> <td style="text-align: center;">0,56</td> <td style="text-align: center;">0,51</td> </tr> </table>	$f_{yk}$	235	275	355	420	460	$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71	$\varepsilon^2$	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51
$f_{yk}$	235	275	355	420	460														
$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71														
$\varepsilon^2$	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51														

La classe di una sezione composta corrisponde al valore di classe più alto tra quelli degli elementi componenti.

Il sistema di classificazione utilizzato per le travi in acciaio vale anche per le sezioni composte. La classe di una sezione composta è la più alta classe tra quella degli elementi in acciaio compressi che la compongono.

È possibile che una sezione trasversale con anima in classe 3 e flange in classe 1 o 2, venga riclassificata in classe 2 equivalente come definito in EN 1993-2.

### 6.3.1.2 Resistenza alla flessione

Le sezioni in classe 1 o 2 possono essere verificate utilizzando sia la loro resistenza a flessione plastica che elastica. Le sezioni di classe 3 possono attingere alla sola resistenza elastica, o eventualmente essere riclassificate in classe 2 equivalente e poi verificate con la resistenza a flessione plastica. Le sezioni in classe 4 attingono alla sola resistenza elastica, ma utilizzando la sola sezione trasversale efficace, ridotta per tener conto dell'instabilità. Tutti i metodi di verifica sono basati sulle ipotesi di:

- conservazione delle sezioni piane (connessione rigida)
- perfetta aderenza acciaio-calcestruzzo;
- resistenza a trazione del calcestruzzo trascurabile.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Per le sezioni di classe 1 e 2 le verifiche a pressoflessione agli SLU sono state condotte controllando che il momento di progetto  $M_{Ed}$  sia minore del momento resistente plastico di progetto, ridotto per effetto dello sforzo normale di progetto  $M_{NR,d}$ , ovvero in termini adimensionali verificando che:

$$\eta_{1,plast} = \frac{M_{Ed}}{M_{NR,d}} \leq 1,0$$

Per le sezioni di classe 3 e 4 la verifica a pressoflessione è condotta in campo elastico verificando che le tensioni normali nelle fibre estreme della sezione risultino non superiori alle resistenze tensionali di progetto. Per le sezioni di classe 4 si tiene conto degli effetti dell'instabilità locale nella definizione delle proprietà efficaci della sezione trasversale, secondo le indicazioni dell'EN 1993-1-5. Anche in questo caso i risultati delle verifiche sono presentati in forma adimensionale, controllando che risulti:

$$\eta_{1,elast} \leq 1,0$$

### 6.3.1.3 Resistenza al taglio

La resistenza di progetto a taglio è definita considerando il solo contributo fornito dall'anima  $V_{bw,Rd}$ , e trascurando a favore di sicurezza il contributo fornito dalle flange  $V_{bf,Rd}$  di entità estremamente ridotta:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} \leq \frac{\eta \cdot f_{yk} \cdot h_w \cdot t_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

Tenuto conto del rapporto  $h_w/t_w$  che caratterizza le travi di ponte, si ricade nella seguente fattispecie, relativa ad anime dotate di irrigidimenti verticali:

$$\frac{h_w}{t_w} \geq \frac{31\varepsilon}{\eta} \cdot \sqrt{k_\tau}$$

Pertanto, la resistenza al taglio dell'anima deve essere valutata in termini di resistenza all'instabilità:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw}}{\gamma_{M1} \cdot \sqrt{3}} h_w \cdot t_w$$

dove:

$\eta = 1,20$  per gradi di acciaio inferiori a S460;

$h_w$  e  $t_w$  sono rispettivamente l'altezza e lo spessore dell'anima;

$\gamma_{M1}$  è il fattore parziale di sicurezza assunto pari a 1.10;

$\chi_w$  è un fattore di resistenza all'instabilità dell'anima a taglio fornito dalla seguente tabella in funzione del parametro di snellezza adimensionale  $\bar{\lambda}_w$ :

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

	Rigid end post	Non-rigid end post
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	$\eta$	$\eta$
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

Tabella 6.1 – Fattore  $\chi_w$  di resistenza all'instabilità dell'anima a taglio

$$\bar{\lambda}_w = 0.76 \cdot \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}}$$

Dove:

$$\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E$$

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t_w^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot h_w^2}$$

Per anime dotate di irrigidimenti trasversali e senza irrigidimenti longitudinali, il fattore di  $k_\tau$  è fornito dalle seguenti espressioni in funzione del rapporto tra l'interasse degli irrigidimenti trasversali a e l'altezza dell'anima  $h_w$ :

per  $a/h_w \geq 1$ :

$$k_\tau = 5.34 + 4.0 \cdot \left(\frac{h_w}{a}\right)^2$$

per  $a/h_w < 1$ :

$$k_\tau = 4.0 + 5.34 \cdot \left(\frac{h_w}{a}\right)^2$$

La verifica è posta in forma adimensionale come rapporto tra le azioni sollecitanti e la capacità resistente:

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0$$

dove  $V_{Ed}$  è la sollecitazione tagliante di progetto.

#### 6.3.1.4 Interazione taglio-momento flettente

Per valori di  $\bar{\eta}_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} \leq 0.50$  non è necessario controllare l'interazione tra le sollecitazioni normali e tangenziali.

Per valori di  $\bar{\eta}_3 > 0.50$  superiori:

- per sezioni di classe 1 e 2 la tensione di snervamento dell'anima, considerata nel calcolo del momento resistente plastico della sezione, viene ridotta in accordo alla norma EN 1994-2;

- Per sezioni di classe 3 e 4 si adotta la seguente espressione del dominio di resistenza:

$$\bar{\eta}_1 + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{Pl,Rd}}\right) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2 \leq 1,0$$

in cui:

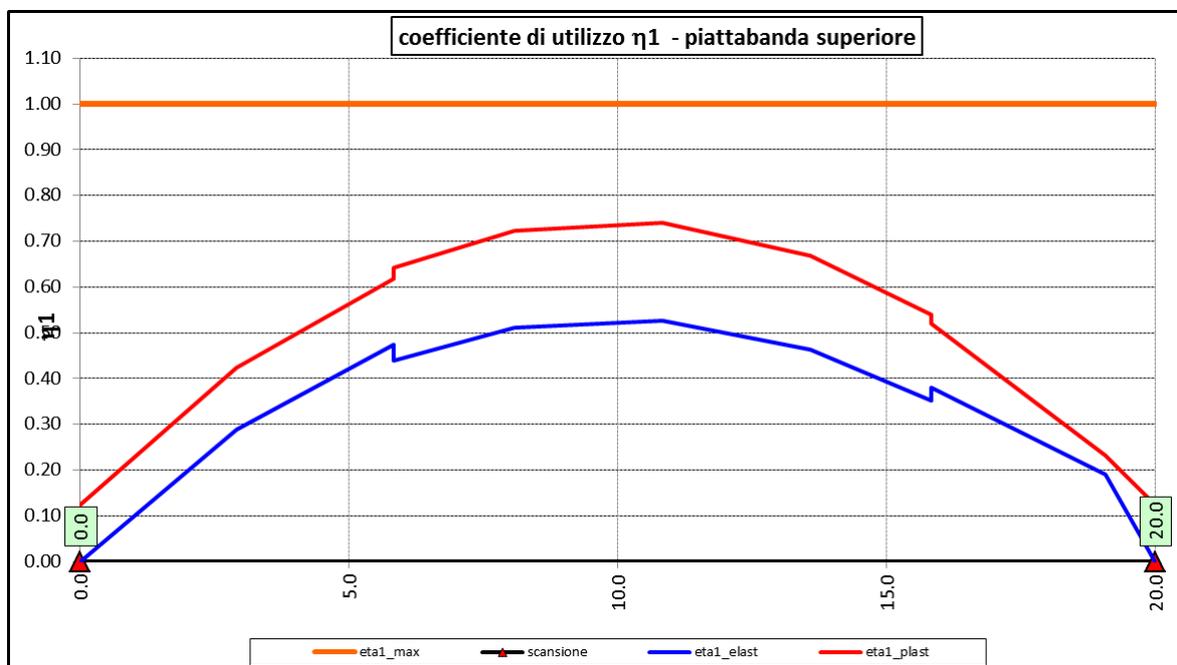
$M_{f,Rd}$  è il momento resistente di progetto delle sole flange efficaci;

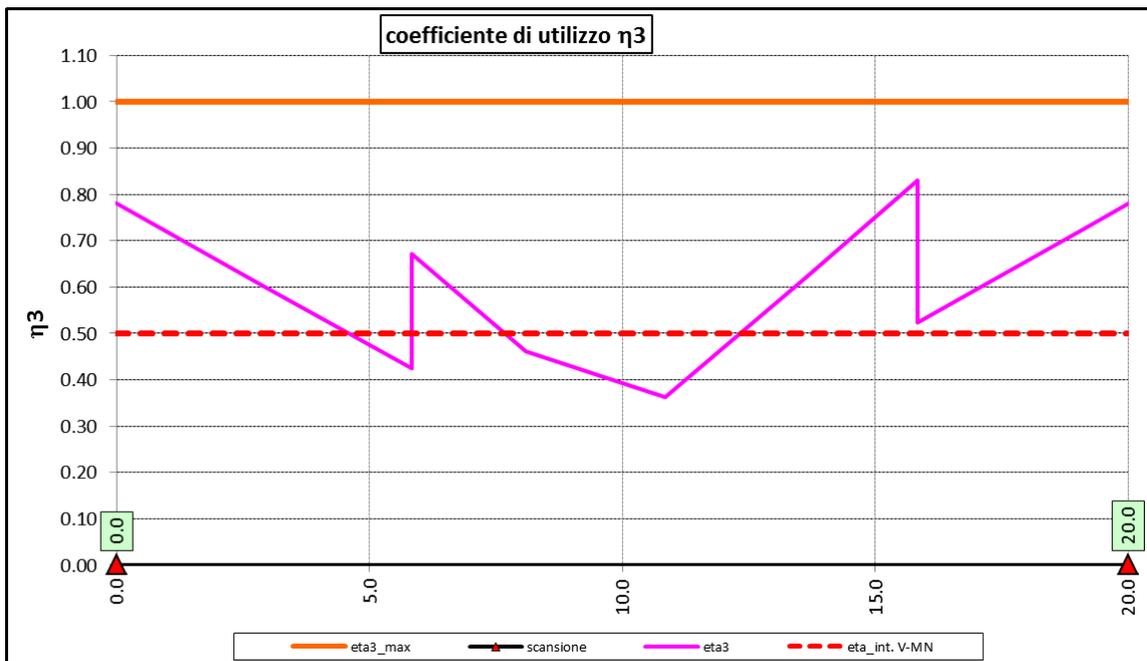
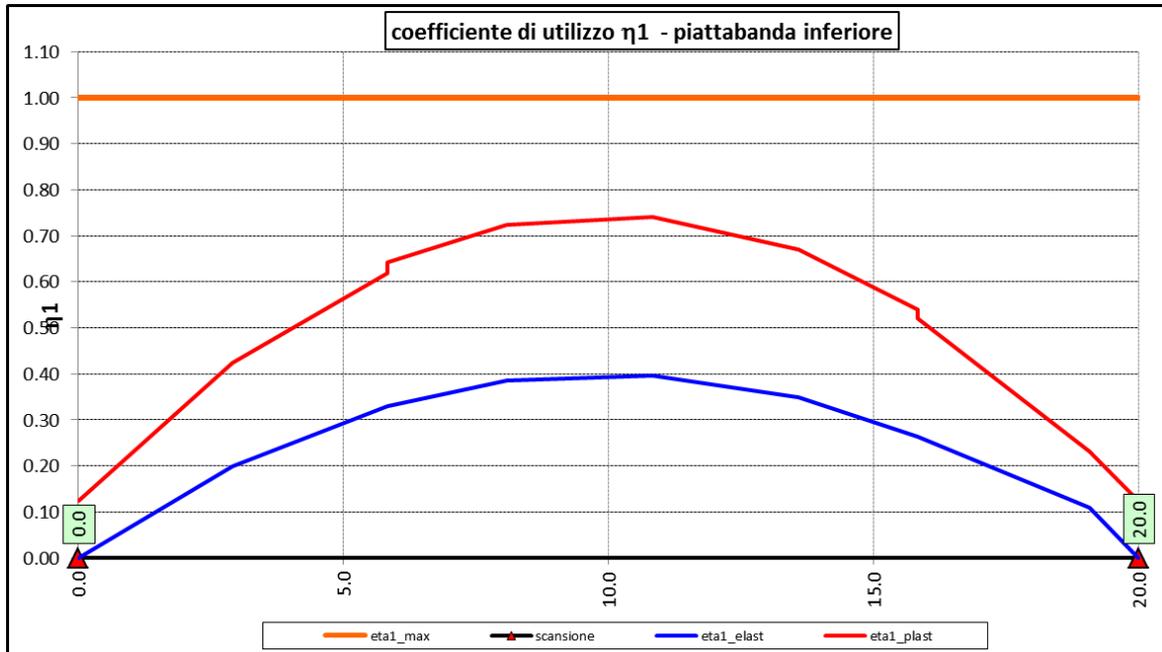
$M_{Pl,Rd}$  è la resistenza plastica della sezione trasversale composta dall'area effettiva delle flange e dall'intera anima senza tener conto della classe di quest'ultima;

$$\bar{\eta}_1 = \frac{M_{Ed}}{M_{Pl,Rd}}$$

### 6.3.1.5 Risultati verifiche travi principali agli SLU per pressoflessione, taglio e interazione taglio-momento

Si riportano nel seguito le rappresentazioni grafiche delle verifiche per l'involuppo delle combinazioni di carico precedentemente individuate, che come è possibile evincere sono tutte soddisfatte.





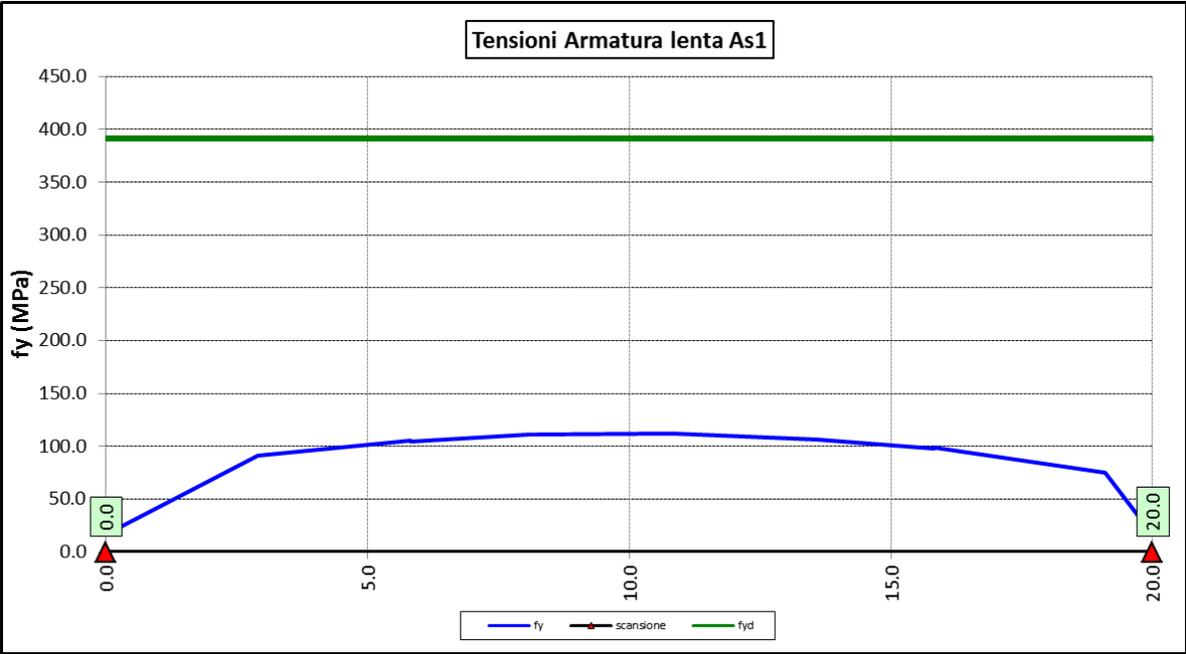
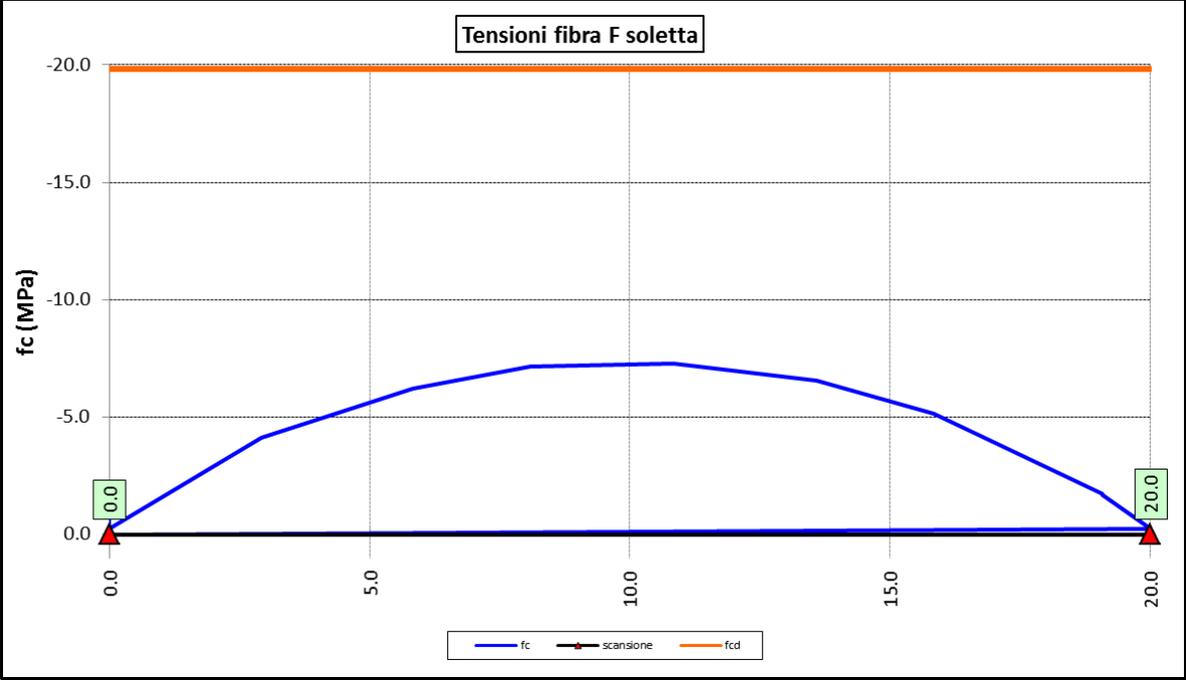
Per quanto attiene la soletta (fibra F) è stato verificato che:

$$f_{Ed} \leq f_{ck} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c$$

Per le armature longitudinali della soletta (fibra As1) è stato verificato che:

$$f_{Ed} \leq f_{sd} = f_{sk} / \gamma_s$$

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche svolte in forma grafica. Per ciascuna fibra si riportano i valori delle tensioni di calcolo di progetto ed i valori delle resistenze di progetto.



Come è possibile evincere le verifiche sono sempre soddisfatte.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

### 6.3.2 Verifiche SLE "a respiro" delle anime

La verifica è condotta con riferimento alla norma prEN 1993-2: 2006 relativa al progetto dei ponti in acciaio.

La snellezza dell'anima deve essere limitata per evitare fenomeni di "respiro" ovvero deformazioni laterali fuori dal piano che possono arrecare danneggiamenti per fatica, nella zona di collegamento fra anima e piattabande.

La verifica a respiro può essere trascurata per i pannelli d'anima senza irrigidimenti longitudinali o per pannelli secondari di anime irrigidite, dove è soddisfatto il seguente criterio:

$$b/t \leq 30 + 4,0 L \leq 300 \quad (\text{per ponti stradali})$$

dove L è la lunghezza della campata in m, ma non inferiore a 20 m.

Se la disposizione precedente non è soddisfatta la verifica "a respiro" risulta soddisfatta se:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma} \cdot \sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1 \cdot \tau_{x,Ed,ser}}{k_{\tau} \cdot \sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

dove:

$\sigma_{x,Ed,ser}$  e  $\tau_{x,Ed,ser}$  sono le tensioni calcolate per la combinazione di carico frequente;

$k_{\sigma}$  e  $k_{\tau}$  sono i coefficienti di imbozzamento in campo elastico;

$$\sigma_E = 190000 \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad [\text{MPa}];$$

b è l'altezza del pannello d'anima.

Nel caso in esame la verifica può essere trascurata essendo sempre soddisfatta la seguente relazione:

$$b/t \leq 30 + 4,0 L \leq 300$$

### 6.3.3 Verifiche agli SLE-RARA delle travi principali

Le verifiche agli SLE sono effettuate per la combinazione caratteristica (rara), controllando siano soddisfatte le seguenti relazioni:

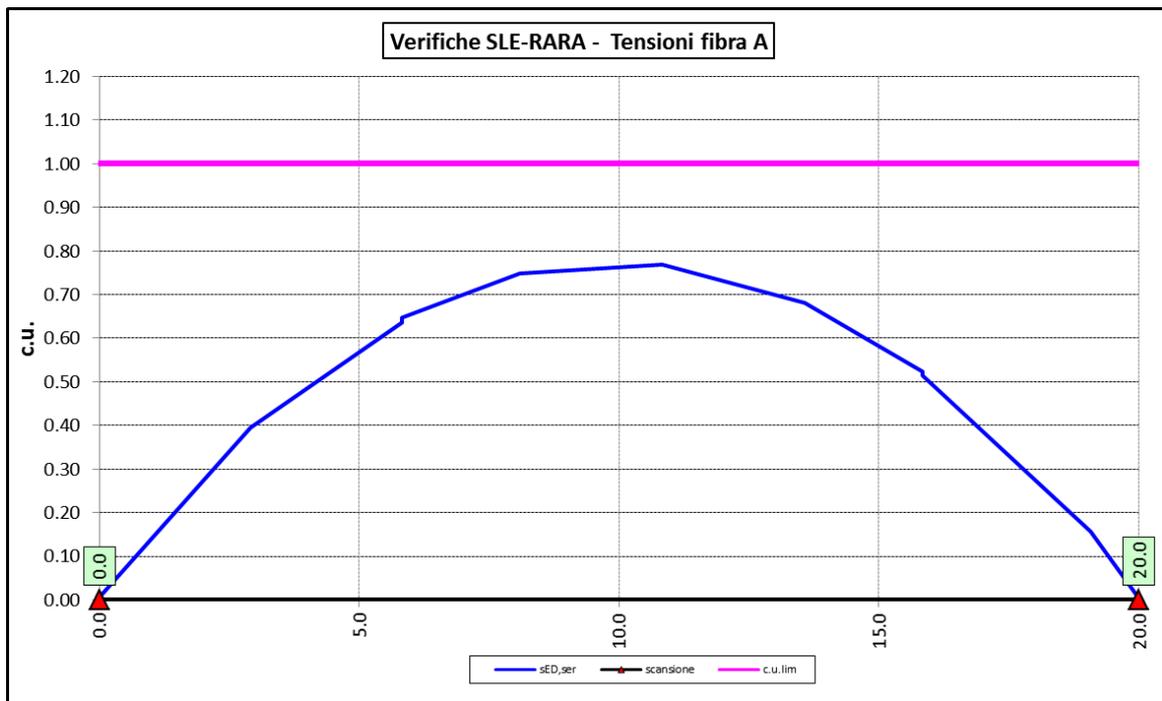
$$\frac{\sigma_{Ed,ser}}{f_{yk} / \gamma_{M,ser}} \leq 1$$

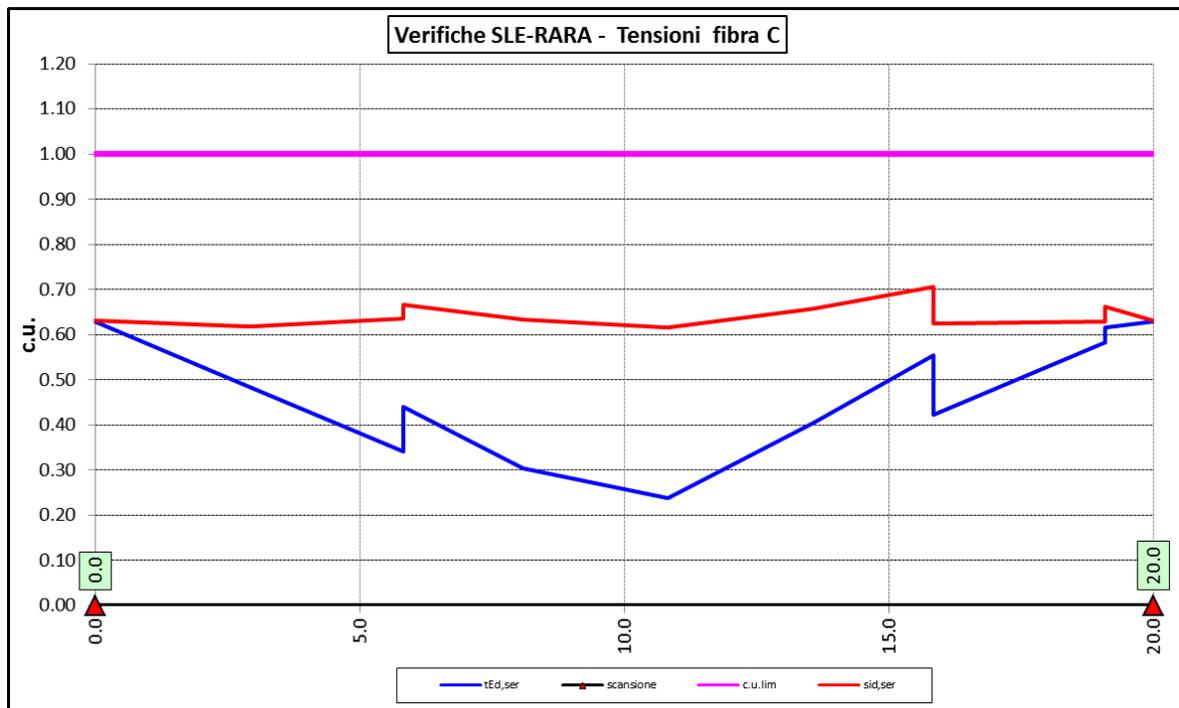
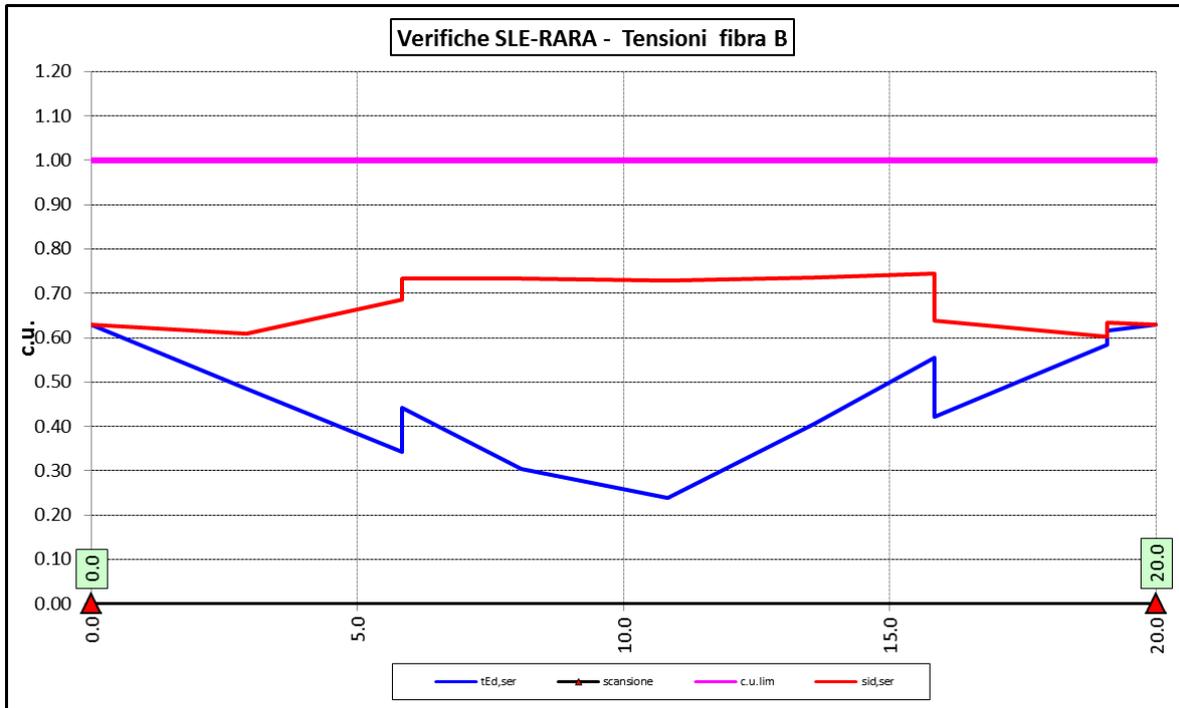
$$\frac{\tau_{Ed,ser}}{f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,ser})} \leq 1$$

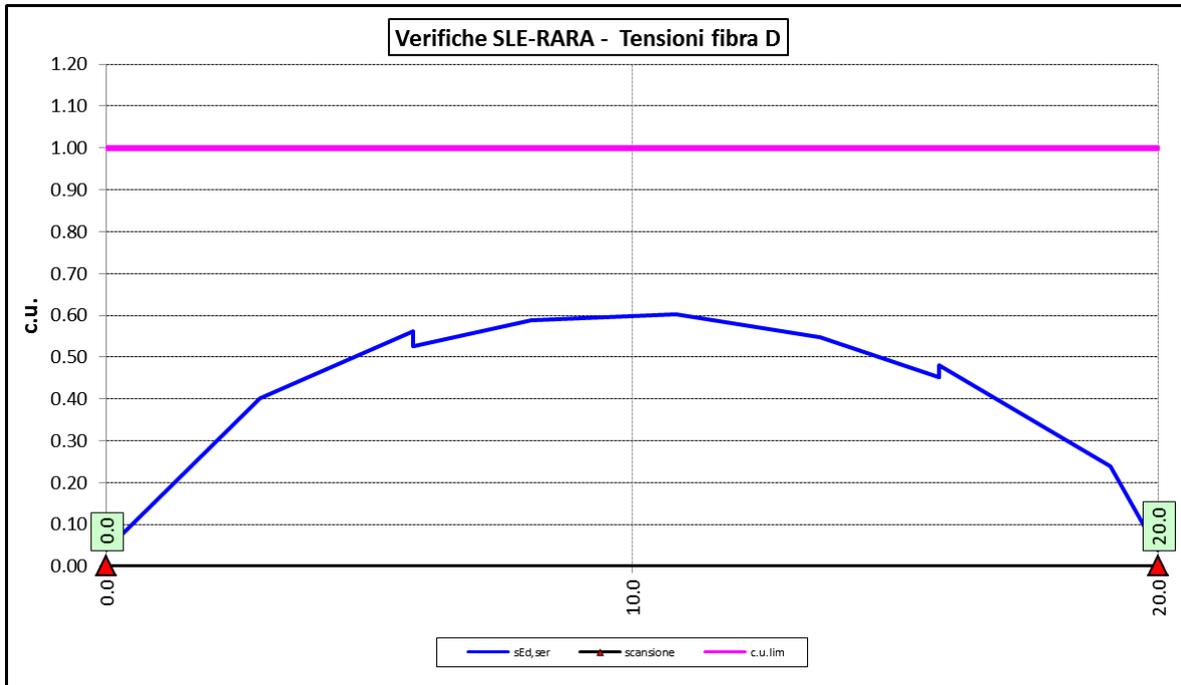
$$\frac{\sqrt{\sigma_{Ed,ser}^2 + 3\tau_{Ed,ser}^2}}{f_{yk} / \gamma_{M,ser}} \leq 1$$

Il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_{M,ser}$  è stato assunto come raccomandato in EN 1993-2:2006 (EC3-2) pari a 1.

Le tensioni sono state valutate nelle fibre esterne delle piattabande e dell'anima. Di seguito si presentano i risultati delle verifiche svolte in forma grafica:







### 6.3.4 Verifiche a fatica

I ponti a sezione composta sono soggetti ad azioni dinamiche variabili nel tempo, e possono manifestare, in tempi più o meno lunghi, problemi legati alla fatica, con conseguente limitazione della funzionalità in esercizio e, nelle situazioni più critiche, il collasso della struttura.

L'esecuzione delle verifiche di resistenza a fatica dei componenti degli impalcati metallici o a sezione composta prevede l'individuazione dei dettagli maggiormente sensibili e la loro classificazione in base alle curve S-N, nonché alla scelta del relativo coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_{Mf}$ . Il coefficiente  $\gamma_{Mf}$  dipende sia dalla accessibilità per l'ispezione, sia dall'entità delle conseguenze delle crisi per fatica dell'elemento o della struttura. Si possono utilizzare due diversi approcci progettuali:

- *criterio del danneggiamento accettabile per strutture poco sensibili alla rottura per fatica.*
- *criterio della vita utile a fatica per strutture sensibili alla rottura per fatica.*

Criteri di valutazione	Conseguenze moderate ( $\gamma_{Mf}$ )	Conseguenze significative ( $\gamma_{Mf}$ )
Danneggiamento accettabile	1,00	1,15
Vita utile a fatica (Safe Life)	1,15	1,35

Tabella 6.2. Coefficienti parziali  $\gamma_{Mf}$

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

La verifica a fatica può essere condotta controllando che i valori massimi dei delta di tensione sulla struttura siano inferiori ai limiti di fatica per i diversi dettagli costruttivi (verifica per "Vita Illimitata") oppure controllando che, per un definito numero di cicli di tensione, la struttura possa subire delta di tensione in grado di creare danneggiamento ma con effetto complessivo non significativo nella vita di progetto dell'opera (verifica a "Danneggiamento").

I modelli di carico da utilizzarsi per la verifica a fatica degli impalcati stradali sono:

- il modello di carico LM1 costituito da dallo schema di carico 1, ma con valori dei carichi concentrati ridotti del 30 % e carichi distribuiti ridotti del 70 % (utilizzabile per verifiche a vita illimitata)

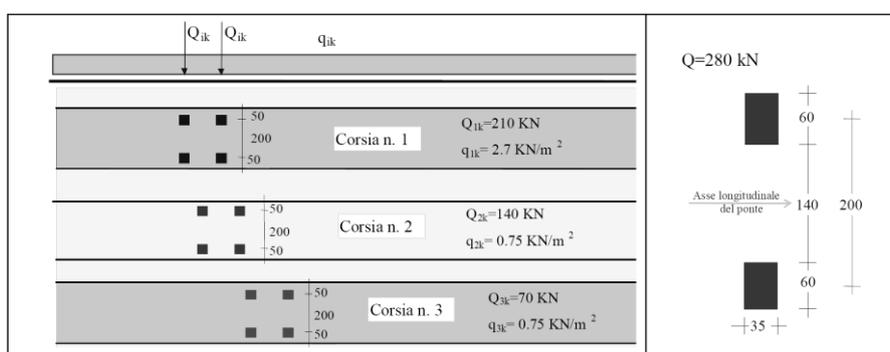


Figura 6.4. Modello di carico a fatica LM1

- il modello di carico LM2 costituito da un set di veicoli con ingombro geometrico e peso definiti (utilizzabile per verifiche a vita illimitata)

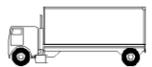
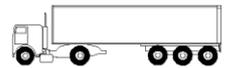
SAGOMA del VEICOLO		Distanza tra gli assi (m)	Carico frequente per asse (kN)	Tipo di ruota (Tab. 5.1.IX)
		4,5	90	A
			190	B
		4,20	80	A
		1,30	140	B
			140	B
		3,20	90	A
		5,20	180	B
		1,30	120	C
		1,30	120	C
		1,30	120	C
		3,40	90	A
		6,00	190	B
		1,80	140	B
			140	B
		4,80	90	A
		3,60	180	B
		4,40	120	C
		1,30	110	C
			110	C

Figura 6.5. Modello di carico a fatica LM2

- il modello di carico LM3, che si compone di un veicolo convenzionale dal peso complessivo di 480 kN (utilizzabile per verifiche a danneggiamento)

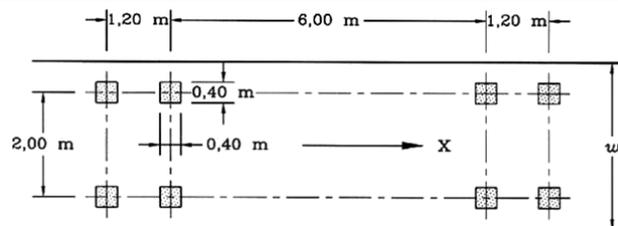


Figura 6.6. Modello di carico a fatica LM3 (4 assi da 120 kN)

- il modello di carico LM4 costituito da un set di veicoli con ingombro geometrico e peso definiti (utilizzabile per verifiche a danneggiamento)

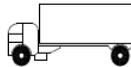
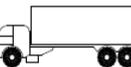
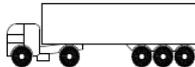
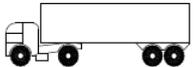
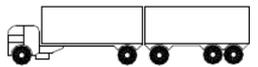
Sagoma del veicolo	Tipo di pneumatico (Tab.5.1-IX)	Interassi [m]	Valori equivalenti dei carichi asse [kN]	Composizione del traffico		
				Lunga percorrenza	Media percorrenza	Traffico locale
	A B	4,50	70 130	20,0	40,0	80,0
	A B B	4,20 1,30	70 120 120	5,0	10,0	5,0
	A B C C	3,20 5,20 1,30 1,30	70 150 90 90	50,0	30,0	5,0
	A B B	3,40 6,00 1,80	70 140 90 90	15,0	15,0	5,0
	A B C C C	4,80 3,60 4,40 1,30	70 130 90 80 80	10,0	5,0	5,0

Figura 6.7. Modello di carico a fatica LM4

Le verifiche a fatica per vita illimitata sono condotte, per dettagli caratterizzati da limite di fatica ad ampiezza costante ( $\Delta\sigma_D$ ), controllando che il massimo delta di tensione  $\Delta\sigma_{max} = (\sigma_{max} - \sigma_{min})$  indotto nel dettaglio stesso dallo spettro di carico significativo risulti minore del limite di fatica del dettaglio stesso. Ai fini del calcolo del  $\Delta\sigma_{max}$  si possono impiegare, in alternativa, i modelli di carico di fatica 1 e 2, disposti sul ponte nelle due configurazioni che determinano la tensione massima e minima, rispettivamente, nel dettaglio considerato.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

$$\gamma_F \cdot \Delta\sigma_{\max} \leq \frac{\Delta\sigma_D}{\gamma_{Mf}}$$

Le Circolari applicative delle NTC2018 (§[D\_2]), definiscono le diverse categorie di dettaglio ed i valori dei delta di tensione resistenti ( $\Delta\sigma_D$ ) per  $5 \cdot 10^6$  cicli di carico.

Le verifiche a danneggiamento consistono nel verificare che nel dettaglio considerato lo spettro di carico produca un danneggiamento  $D \leq 1$ . Il danneggiamento  $D$  è valutato mediante la legge di Palmgren-Miner, considerando la curva S-N caratteristica del dettaglio e la vita nominale dell'opera.

$$D = \sum_{i=1}^p D_i = \sum_{i=1}^p \frac{n_i}{N_i} \leq 1$$

Tali verifiche sono condotte considerando lo spettro di tensione indotto nel dettaglio dal modello di fatica semplificato n. 3, o, in alternativa, dallo spettro di carico equivalente costituente il modello di fatica n. 4.

In alcuni casi è possibile ricondurre la verifica a danneggiamento alla determinazione del delta di tensione equivalente  $\Delta\sigma_E$  mediante una serie di coefficienti  $\lambda$ , opportunamente calibrati, funzione della luce della campata, del volume di traffico atteso, della vita di progetto dell'opera e della simultaneità di più veicoli lenti nella carreggiata:

$$\Delta\sigma_E = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \cdot \varphi_{fat} \cdot [\sigma_{FLM, \max} - \sigma_{FLM, \min}] = \lambda \cdot \varphi_{fat} \cdot \Delta\sigma_{\max}$$

con  $\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \leq \lambda_{\max}$ . Per l'applicazione del metodo si può far riferimento a EN 1994-2.

Il coefficiente dinamico equivalente  $\varphi_{fat}$  per ponti stradali è assunto diverso dall'unità solo nelle prossimità dei giunti di dilatazione. In definitiva, si conduce la verifica a danneggiamento controllando che risulti:

$$\gamma_F \cdot \Delta\sigma_E(\lambda) \leq \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

Le Circolari applicative delle NTC2018 (§[D\_2]), definiscono le diverse categorie di dettaglio ed i valori dei delta di tensione resistenti ( $\Delta\sigma_C$ ) per  $2 \cdot 10^6$  cicli di carico ad ampiezza costante.

#### 6.3.4.1 Verifica a vita illimitata

Le verifiche a fatica sono state eseguite con il **metodo a vita illimitata** utilizzando il **carico LM2** in conformità al D.M. 14/01/2018 (carichi di progetto e coefficienti di sicurezza), ed alle indicazioni riportate della Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 2 Febbraio 2009, n. 617, relative alle metodologie ed i particolari costruttivi (par. C.4.2.4.1.4.).

La verifica è poi condotta con il **criterio della vita utile** (Safe Life) assumendo  $\gamma_{Mf} = 1.35$ .

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Il carico LM2 è stato applicato secondo le indicazioni contenute al p.to 4.6.3 dell' Eurocodice ENV 1991-2 il quale precisa che i singoli veicoli che compongono l'LM2 devono essere fatti transitare separatamente lungo il ponte.

Il massimo delta di tensione  $\Delta\sigma_{max}$  in ogni sezione sarà pari al valore massimo dei cinque  $\Delta\sigma$  dovuti a ciascuno dei veicoli che formano l'LM2.

Ciascun veicolo percorre il ponte da spalla a spalla posizionato trasversalmente in asse alla corsia di marcia lenta della sezione stradale.

Sono stati considerati i particolari da fatica riportati nella tabella seguente:

	Descrizione del Particolare	$\Delta\sigma_c$ (Mpa)		$\Delta\sigma_D$ (Mpa)		Size Effect
		2·10 <sup>6</sup> cicli		5·10 <sup>6</sup> cicli (1)		
1	Irrigidimento verticale o montante del traverso in semplice piatto saldato sulle piattabande	80		59		NO
2	Contropiastra saldata alla piattabanda inferiore in corrispondenza degli appoggi per compensazione pendenza longitudinale e collegamento apparecchi di appoggio	56		41,3		NO
3	Terminazione impilaggio con taglio della piattabanda impilata a 90°	56		41,3		NO
4	Arco di scarico sull' anima per consentire l' esecuzione della giunzione saldata di testa delle piattabande	71		52,3		NO
5	Saldatura di testa delle piattabande con <u>Tmin ≤ 25 mm</u> e particolare della saldatura conforme a quello indicato nelle tavole di progetto (2).  Tmin = spessore minimo delle piattabande da unire	90		66,3		NO (3)
6	Saldatura di testa delle piattabande con <u>Tmin &gt; 25 mm</u> e particolare della saldatura conforme a quello indicato nelle tavole di progetto (4).  Tmin = spessore minimo delle piattabande da unire	Tmin	$\Delta\sigma_c$	Tmin	$\Delta\sigma_D$	SI (5)
		25	112	25	83	
		30	108	30	80	
		35	105	35	77	
		40	102	40	75	
		45	100	45	73	
		50	98	50	72	
		55	96	55	71	
		60	94	60	69	
65	93	65	68			

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

		70	91	70	67	
		75	90	75	66	
		80	89	80	65	
		85	88	85	65	
		90	87	90	64	
		95	86	95	63	
		100	85	100	63	
7	Saldatura di testa delle anime a piena penetrazione tra elementi di spessore differente con assi allineati con $T_{min} \leq 25 \text{ mm}$	71		52,3		NO (3)
	$T_{min}$ = spessore minimo delle anime da unire					

1.  $\Delta\sigma_D = 0,737 \times \Delta\sigma_C$
2. Sovrasspessore di saldatura non superiore al 10% della larghezza del cordone
3. Per spessori inferiori a 25 mm non è necessario tener conto dell' effetto dello spessore su  $\Delta\sigma_C$
4. Saldatura molata a raso
5. Per spessori superiori a 25 mm è necessario tener conto dell' effetto dello spessore su  $\Delta\sigma_C$  secondo la relazione  $\Delta\sigma_{C,rid}(T_{min}) = \Delta\sigma_C(25 \text{ mm}) \times K_S$ ;  $K_S = (25 / T_{min})^{0,2}$

Dall'esame della tabella precedente risulta che, con i particolari costruttivi previsti in progetto, la saldatura di testa delle piattabande (anche per spessori considerevoli) presenta un  $\Delta\sigma_C$  sempre superiore al particolare n° 7 (Saldatura di testa delle anime a piena penetrazione).

Analogamente, il particolare n°4 (Arco di scarico sull' anima per consentire l'esecuzione della giunzione saldata di testa delle piattabande), presenta un  $\Delta\sigma$  uguale al particolare n° 7 (Saldatura di testa delle anime a piena penetrazione).

Pertanto per la verifica a fatica nelle sezioni in cui è prevista la giunzione di testa dei conchi sono stati utilizzati i particolari n° 4-7.

Per quanto riguarda i coefficienti  $\gamma$  sono stati utilizzati i seguenti valori:

- $\gamma_F = 1$
- $\gamma_{Mf} = 1,35$  (Coeff. di sicurezza per la verifica a fatica)

Nel seguito sono rappresentati in forma grafica i risultati ottenuti e le verifiche effettuate.

Nelle due figure seguenti sono rappresentate le verifiche a fatica.

Su ciascun grafico sono riportate due curve che rappresentano:

- Il diagramma dell' involucro dei  $\Delta\sigma$  (in Mpa) dovuti ai cinque veicoli che formano il carico LM2 ( $\Delta\sigma_E$ ).
- Il diagramma dei  $\Delta\sigma$  "Resistenti ridotti" ( $\Delta\sigma_{R,rid}$ ) pari al valore dei  $\Delta\sigma_D$  riportati nella tabella divisi per il coeff.  $\gamma_{Mf} = 1,35$ .

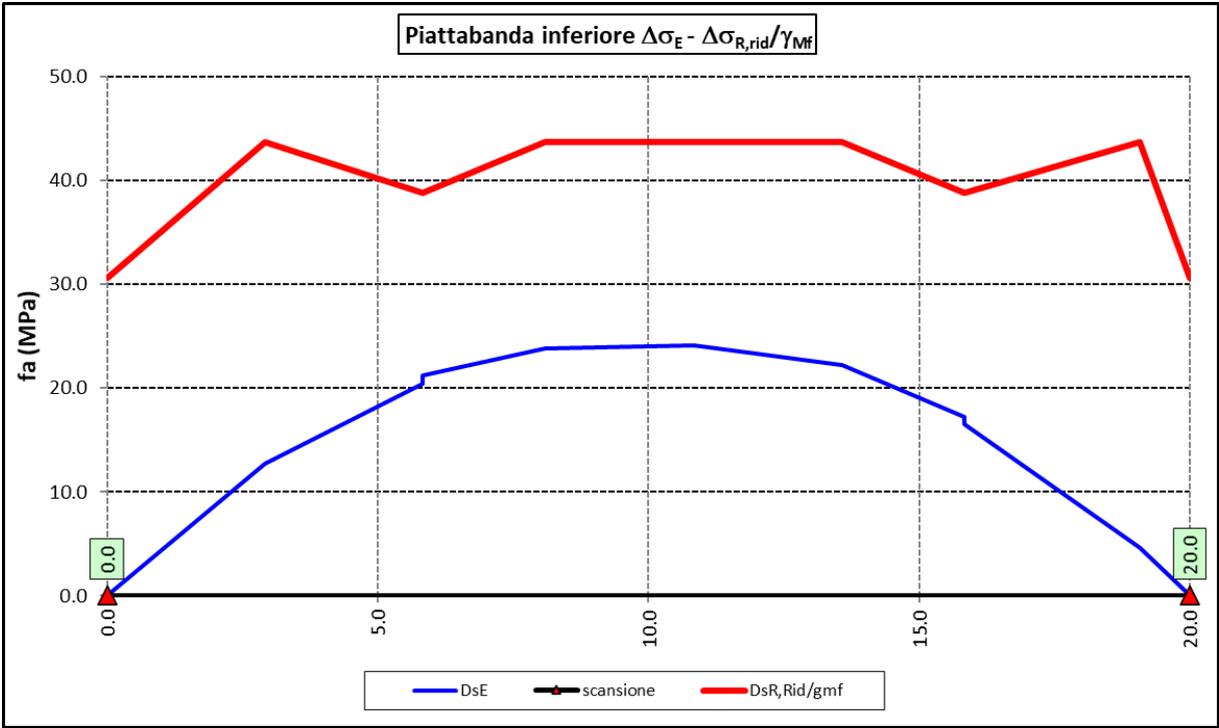
Tale grafico è stato costruito usando come retta di riferimento il valore del particolare n° 1 (presente ad interasse di circa 7 m lungo tutto lo sviluppo della struttura) per il quale si ha:

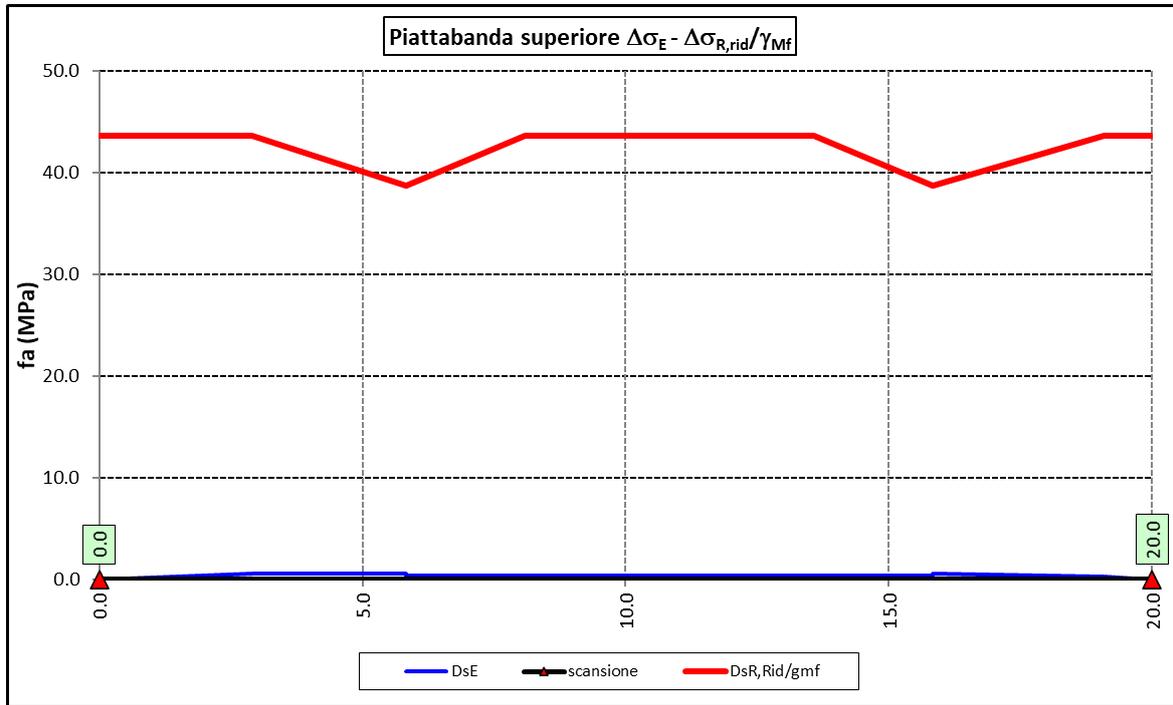
$$\Delta\sigma_{R,rid} = \Delta\sigma_D / 1,35 = 59/1,35 = 43,7 \text{ Mpa.}$$

I "picchi" verso il basso, rispetto a questa retta di riferimento, rappresentano i seguenti particolari:

- Particolare 2 (contropiastra) .....  $\Delta\sigma_{R,rid} / \gamma_{MF} = 41,3/1,35 = 30,6 \text{ Mpa}$
- Particolare 3 (terminazione impilaggio) .....  $\Delta\sigma_{R,rid} / \gamma_{MF} = 41,3/1,35 = 30,6 \text{ Mpa}$
- Particolare 7 (saldatura di testa delle anime di spessore non superiore a 25 mm)  $\Delta\sigma_{R,rid} / \gamma_{MF} = 52,3/1,35 = 38,7 \text{ Mpa}$

Come è possibile evincere tutte le verifiche sono soddisfatte.





### 6.3.5 Verifiche SLU delle saldature longitudinali

I cordoni d'angolo delle saldature flangia superiore – anima (fibra C) ed anima – flangia inferiore (fibra B) sono stati verificati agli SLU ed allo stato limite di fatica.

Per quanto attiene le verifiche di resistenza SLU, devono essere rispettate simultaneamente le seguenti condizioni (par. 4.2.8.4):

$$\sqrt{\tau_{//}^2 + n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2} \leq \beta_1 f_{yk}$$

$$|n_{\perp}| + |t_{\perp}| \leq \beta_2 f_{yk}$$

Con  $\beta_1$  e  $\beta_2$  forniti dalla seguente tabella in funzione del grado di acciaio:

**Tabella 4.2.XIV** Valori dei coefficienti  $\beta_1$  e  $\beta_2$

	S235	S275 - S355	S420 - S460
$\beta_1$	0,85	0,70	0,62
$\beta_2$	1,0	0,85	0,75

Essendo:

$\tau_{//}$

la tensione tangenziale agente nella sezione di gola parallela all'asse del cordole di saldatura.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

$n_{\perp}$  la tensione normale agente nella sezione di gola perpendicolare all'asse del cordone di saldatura;

Nel calcolo della  $n_{\perp}$  per il cordone a livello della flangia superiore si tiene conto del peso della soletta, del carico permanente e dell'azione di una ruota dell'asse di carico tandem di schema 1 (Q=150 kN - lunghezza dell'impronta 40 cm), diffusa a 45° nello spessore della pavimentazione e della soletta.

Per quanto riguarda la verifica a fatica, è stata condotta una verifica a **vita illimitata** secondo il criterio **della vita utile a fatica**, ipotizzando **conseguenze significative** della rottura; ciò conduce ad un coefficiente parziale di sicurezza pari a  $\gamma_{Mf} = 1,35$ .

Il valore del delta di tensione tangenziale resistente è definito, tramite l'applicazione del coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_{Mf}$ , a partire dal delta di tensione resistente per  $2 \times 10^6$  cicli (classe del dettaglio  $\Delta \tau_C = 80$  MPa), secondo la seguente relazione:

$$\Delta \tau_R = \frac{\Delta \tau_L}{\gamma_{Mf}} = \frac{0,457 \cdot \Delta \tau_C}{\gamma_{Mf}} = \frac{0,457 \cdot 80}{1,35} = 27 \text{ MPa}$$

In allegato si riportano gli esiti delle verifiche effettuate.

La dimensione dei cordoni d'angolo delle saldature è riportata nelle tabelle allegate e negli elaborati grafici.

### 6.3.6 Verifiche delle connessioni a pioli

Si adottano pioli tipo Nelson di altezza 220 mm e diametro 22 mm.

La resistenza di calcolo a taglio SLU del singolo connettore, valutata secondo le espressioni di cui al punto 4.3.4.3.1.2 delle NTC2018 è:

Resistenza dei connettori	Var	unità	
resistenza a rottura dell'acciaio del piolo	ft	Mpa	450
coefficiente di resistenza parziale	$\gamma_V$		1.25
Diametro del piolo	d	mm	22
altezza del piolo	hsc	mm	220
resistenza a compressione cilindrica cls soletta	fck	Mpa	35
Modulo elastico cls soletta	Ec	Mpa	34077
coefficiente alpha	$\alpha$		1.0
Resistenza del piolo (componente acciaio)	$P_{RD,a}$	kN	109.5
Resistenza del piolo (componente cls)	$P_{RD,c}$	kN	122.6
<b>Resistenza del piolo SLU (min (<math>P_{RD,a}; P_{RD,c}</math>))</b>	$P_{RD,SLU}$	kN	<b>109.5</b>

Agli SLE si considera la seguente resistenza dei connettori:

Coefficiente Ks	Ks		0.75
<b>Resistenza del piolo SLE (ks x Prd)</b>	$P_{RD,SLE}$	kN	<b>82.1</b>

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Le verifiche nei confronti dello Stato Limite Ultimo di fatica sono effettuate "a danneggiamento" controllando che sia:

- nelle zone in cui la piattabanda superiore risulta compressa:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\tau_{E,2} \leq \Delta\tau_C / \gamma_{Mf,s} \quad \text{controllo sul delta di tensione tangenziale } \Delta\tau$$

Con:

$\Delta\tau_{E,2}$  delta di tensione equivalente sul piolo;

$\Delta\tau_C$  valore di riferimento della resistenza a fatica del piolo pari a 90 MPa;

$\gamma_{Ff}$  fattore di sicurezza parziale sui carichi pari ad 1.0;

$\gamma_{Mf,s}$  fattore di sicurezza parziale sul materiale costituente il piolo posto pari a 1.15.

- nelle zone in cui la piattabanda superiore risulta tesa:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\tau_{E,2} \leq \Delta\tau_C / \gamma_{Mf,s} \quad \text{controllo sul delta di tensione tangenziale } \Delta\tau$$

$$\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_C \cdot \gamma_{Mf}} + \frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_C \cdot \gamma_{Mf,s}} \leq 1,3 \quad \text{controllo sull'interazione fra } \Delta\tau \text{ e } \Delta\sigma$$

Con:

$\Delta\sigma_{E,2}$  intervallo di tensioni agenti sulla piattabanda superiore;

$\Delta\sigma_C$  valore di riferimento della resistenza a fatica della piattabanda superiore pari a 80 MPa.

Il delta di tensione equivalente sul piolo è pari a:

$$\Delta\tau_{E,2} = \lambda_v \cdot \Delta\tau$$

con  $\lambda_v$  è il fattore di danneggiamento equivalente per la connessione a pioli e  $\Delta\tau$  intervallo di tensioni tangenziali prodotte dal carico da fatica.

Pertanto si ha:

S.S. 130 "Iglesiente"		 GRUPPO FS ITALIANE
Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Dati per verifiche a fatica - Danneggiamento equivalente	Var		unità
Classe di resistenza a fatica per pioli (scorrimento)	$\Delta\tau_c$	Mpa	90.0
Classe di resistenza a fatica della piat. Sup. per effetto saldatura pioli	$\Delta\sigma_c$	Mpa	80.0
Coefficiente parziale amplificativo dei carichi	$\gamma F_f$		1.00
Coefficiente di resistenza parziale (verifica al danneggiamento)	$\gamma M_f$		1.15
Resistenza di calcolo a fatica pioli Dtr_rid	$\Delta\tau_c/(\gamma M_f \times \gamma F_f)$	Mpa	78.3
Resistenza di calcolo a piattabanda superiore Dse_rid	$\Delta\sigma_c/(\gamma M_f \times \gamma F_f)$	Mpa	69.6

Il calcolo dei fattori lambda e lambda v fornisce i seguenti risultati:

Fattori lambda - Danneggiamento equivalente	Var		unità
tipo di traffico:	percorrenza		lunga
Vita di progetto del ponte	$t_{Ld}$	anni	100
Peso lordo medio degli autocarri sulla corsia lenta	$Q_{m1}$	kN	445
numero di veicoli di massa superiore a 10 ton transitanti sulla	Nobs		5.0E+05
fattore che tiene conto del volume di traffico lambda 2	$\lambda_2$		0.927
fattore che tiene conto della vita di progetto del ponte	$\lambda_3$		1.00
fattore che tiene conto del traffico pesante sulle altre corsie	$\lambda_4$		1.00
fattore lambda v 1	$\lambda_{v1}$		1.55
fattore che tiene conto del volume di traffico lambda v 2	$\lambda_{v2}$		0.927
fattore che tiene conto della vita di progetto del ponte	$\lambda_{v3}$		1.00
fattore che tiene conto del traffico pesante sulle altre corsie	$\lambda_{v4}$		1.00
fattore lambda v	$\lambda_v$		1.437

Infine, si è tenuto conto delle azioni concentrate alle estremità dovute a ritiro e variazioni termiche.

I connettori sono stati disposti ad interasse costante pari a 200 mm lungo l'asse delle travi principali.

I risultati delle verifiche svolte sono riportati in allegato.

#### 6.4 Verifiche SLE di deformabilità della struttura

E' stato verificato che la somma delle deflessioni dovute ai carichi permanenti fosse inferiore di 1/150 della luce delle campate.

Inoltre, è stato effettuato un controllo delle deflessioni generate in fase di esercizio dai carichi mobili, verificando che queste risultano sempre non maggiori di 1/500 la luce delle campate.

I risultati a delle verifiche svolte sono riepilogati nella seguente tabella:

Nodo	Progr (m)	peso proprio		Ritiro iperstatico fr (m)	Totale permanenti fperm (m)	Luce campate (m) L(m)	1/150 L	Verifica	Carichi mobili - C	Carichi mobili - D	Carichi mobili - F	Carichi mobili fg1 (m)	1/500 L	Verifica	Controfreccia teorica fCf-t (m)
		fg1 (m)	fg2 (m)												
1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	20.000	-0.133	OK!	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.040	OK!	0.000
2	2.92	-0.013	-0.002	0.000	-0.015	20.000	-0.133	OK!	-0.004	-0.002	0.000	-0.006	-0.040	OK!	0.016
3	5.84	-0.023	-0.003	0.000	-0.026	20.000	-0.133	OK!	-0.007	-0.004	0.000	-0.011	-0.040	OK!	0.029
4	8.09	-0.027	-0.004	0.000	-0.031	20.000	-0.133	OK!	-0.009	-0.004	0.000	-0.013	-0.040	OK!	0.035
5	10.84	-0.028	-0.004	0.000	-0.032	20.000	-0.133	OK!	-0.009	-0.004	0.000	-0.013	-0.040	OK!	0.036
6	13.59	-0.024	-0.004	0.000	-0.028	20.000	-0.133	OK!	-0.008	-0.004	0.000	-0.011	-0.040	OK!	0.031
7	15.84	-0.018	-0.003	0.000	-0.020	20.000	-0.133	OK!	-0.005	-0.003	0.000	-0.008	-0.040	OK!	0.022
8	19.09	-0.004	-0.001	0.000	-0.005	20.000	-0.133	OK!	-0.001	-0.001	0.000	-0.002	-0.040	OK!	0.005
9	20.00	0.000	0.000	0.000	0.000	20.000	-0.133	OK!	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.040	OK!	0.000

La figura seguente fornisce evidenza dei risultati ottenuti:

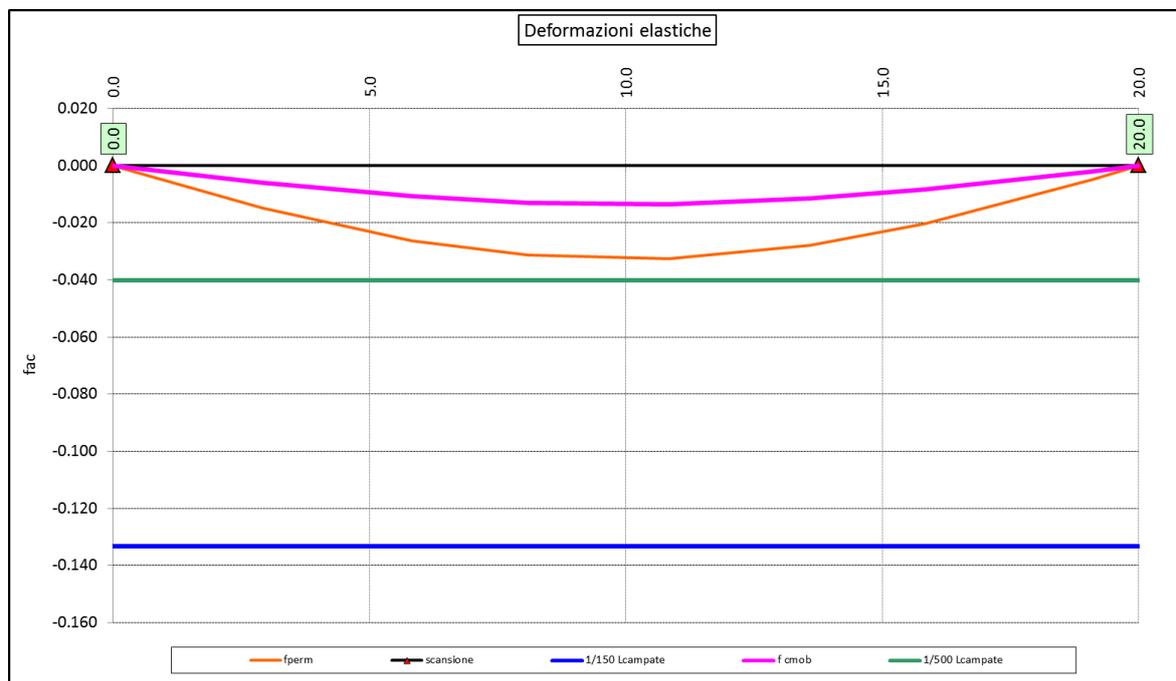


Figura 6.8. Travi principali – Verifiche di deformabilità

Le deflessioni delle travi dovute ai carichi permanenti saranno recuperate mediante opportune controfreccie di montaggio. La contro freccia teorica  $f_{cf}$  è stabilita pari a:

$$f_{cf} = f_{G1} + f_{G2} + f_{rit} + 25\% f_{Cmob}$$

essendo:

- $f_{G1}$ : la deflessione dovuta ai pesi propri;
- $f_{G2}$ : la deflessione dovuta ai permanenti portati;
- $f_{rit}$ : la deflessione dovuta al ritiro iperstatico;
- $f_{Cmob}$ : la deflessione dovuta ai carichi mobili.

La figura seguente riporta l'andamento della contro freccia teorica in base alla quale sarà costruita la controfreccia di montaggio:

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

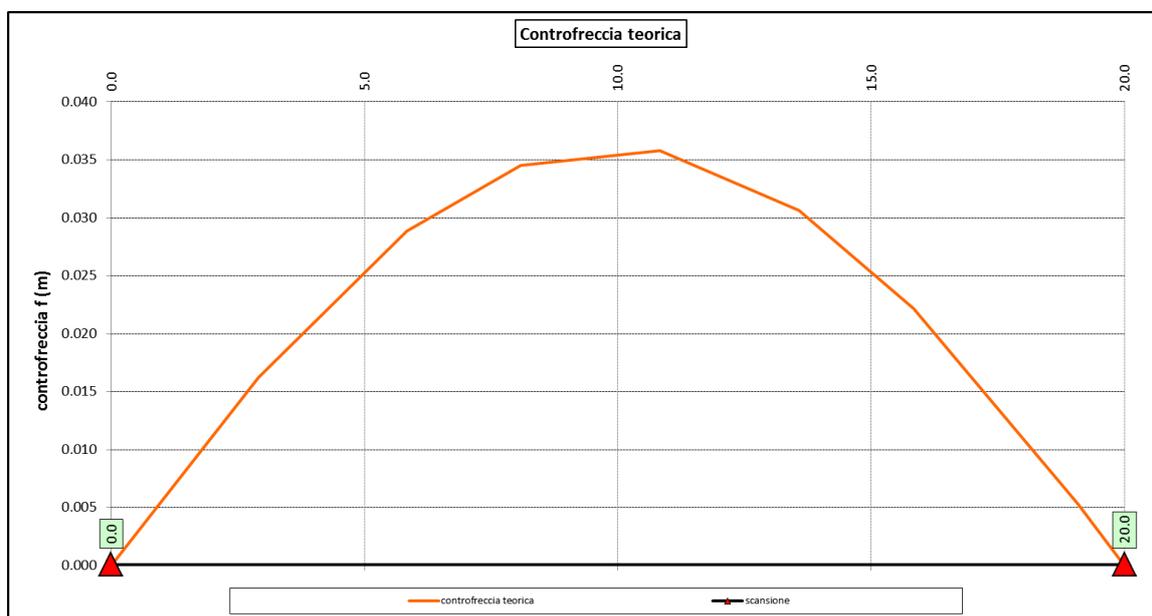


Figura 6.9. Travi principali – controfreccia teorica

## 6.5 Verifica della Soletta in c.a.

Si prevede che il getto della soletta avvenga su predalle di altezza pari a 7 cm tessute in direzione trasversale all'asse dell'impalcato ed appoggiate sulle ali superiori delle travi principali.

Il getto della soletta dovrà tassativamente avvenire in due fasi in direzione trasversale:

1. dapprima si eseguirà il getto della soletta nella parte centrale compresa tra le due travi principali, comprendendo il getto degli sbalzi per 1.00 m dall'asse delle travi. I suddetti getti avverranno secondo questa successione:
  - a. getto di due fasce di larghezza pari a 2.00 m a cavallo delle travi principali;
  - b. completamento del getto della campata compresa tra le travi principali.
 N.B. non è richiesta alcuna maturazione dei getti nel passaggio tra la fase 1a e la fase 1b.
2. successivamente avverrà il completamento della soletta con il getto delle zone rimanenti degli sbalzi. Il getto di seconda fase potrà avvenire solo dopo che il getto di prima fase avrà raggiunto la resistenza di 25 Mpa.

Infine si provvederà a realizzare il getto dei cordoli.

In direzione longitudinale i getti andranno effettuati dapprima i getti delle zone di campata e successivamente i getti delle zone a cavallo delle spalle.

Nel prosieguo sono presentate le verifiche delle predalle in fase di autoportanza e quelle dell'intera soletta in esercizio.

### 6.5.1 Verifica delle predalles in fase di autoportanza

Le predalle, di larghezza pari a 2.40 m, saranno armate con tralicci di tipo HD Baustrada 12/16/10 h=195 mm posti ad interasse corrente di 40 cm (n.6 tralicci). Sulla campata interna saranno disposti ulteriori 5 tralicci di rinforzo per ciascuna predalla.

All'interno di ciascuna predalla saranno disposti  $\phi 20/20$  integrativi correnti per l'intera lunghezza delle predalle.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

In fase di calcolo è stato considerato un sovraccarico accidentale dovuto ai mezzi d'opera pari a 0.75 kN/m<sup>2</sup>.

Le predelle sono interrotte in corrispondenza delle piattabande superiori delle travi principali per consentire l'alloggiamento dei connettori.

La verifica delle sezioni viene effettuata in mezzeria per la campata interna ed in corrispondenza dell'incastro dello sbalzo.

In accordo alle fasi di getto, si considerano 3 schemi di carico:

1. Peso proprio predalla + getto in corrispondenza della campata interna + peso dei mezzi d'opera posizionati in corrispondenza della campata interna compresa tra le travi metalliche. In questa fase si verifica il traliccio in corrispondenza della sezione di mezzeria (massimo momento positivo). A favore di sicurezza si trascura il contributo stabilizzante offerto dal peso dei getti di completamento sugli sbalzi eseguiti in fase 1a.
2. Peso proprio predalla + getto dello sbalzo per 1.00 m dall'asse della trave principale + peso dei mezzi d'opera su tutta la lunghezza dello sbalzo. Si verifica il traliccio in corrispondenza dell'incastro dello sbalzo.
3. Peso proprio predalla e della veletta di bordo + peso completamento del getto dello sbalzo + peso dei mezzi d'opera. In questa fase si verifica il traliccio in corrispondenza della sezione a 1.00 m dall'asse della trave di bordo.

Di seguito si illustrano i criteri di calcolo e verifica e successivamente i risultati delle verifiche effettuate per il caso in esame.

#### 6.5.1.1 Criteri di calcolo e verifica

Gli sforzi normali massimi di trazione/compressione  $N_{Ed}$ , agenti sui correnti dei tralicci per verifiche SLU di resistenza a trazione e instabilità a compressione, sono determinati dividendo il momento flettente di calcolo agli SLU per il braccio delle forze interne  $h_u$ , pari alla distanza verticale tra il corrente superiore e inferiore.

Gli sforzi normali massimi di compressione agenti sulle diagonali dei tralicci si ottengono dividendo il massimo taglio di calcolo  $V_{max}$  nella sezione considerata, per il seno dell'angolo  $\alpha$ , formato dalla diagonale con l'asse dei correnti nel piano longitudinale, e per il coseno dell'angolo  $\beta$ , formato dalla diagonale con l'asse verticale nel piano trasversale.

#### Verifica di resistenza dei correnti tesi

Deve essere soddisfatta la seguente espressione:

$$c.m. = \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1.0$$

La resistenza a trazione  $N_{t,Rd}$  dei correnti tesi è pari a:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_s f_{yk}}{\gamma_M}$$

essendo:

$A_s$  l'area totale dei correnti tesi;  
 $f_{yk}$  la tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio dei correnti;

S.S. 130 "Iglesiente"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

$\gamma_M$  è il coefficiente di sicurezza pari a 1.15 per acciaio B450C.

### Verifica all'instabilità dei correnti compressi

Deve essere soddisfatta la seguente espressione:

$$c.u. = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1.0$$

La resistenza all'instabilità  $N_{b,Rd}$  delle aste compresse dei tralicci è stata valutata in accordo al paragrafo §4.2.4.1.3.1 delle NTC2018:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_s f_{yk}}{\gamma_M}$$

Essendo:

$A_s$  l'area totale dei correnti compressi;

$f_{yk}$  la tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio dei correnti;

$\gamma_M$  è il coefficiente di sicurezza pari a 1.15 per acciaio B450C.

$\chi$  il coefficiente di riduzione dello sforzo normale a compressione fornito dalla seguente espressione:

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

dove:

$$\Phi = 0.5 \left[ 1 + \alpha (\bar{\lambda} + 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$\alpha$  è il fattore di imperfezione assunto pari a 0.49 in accordo alla tab. Tab 4.2.VI;

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_{yk}}{N_{cr}}}$$

è la snellezza adimensionale;

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{L_0^2}$$

è il carico critico euleriano, dipendente dalle proprietà della sezione lorda e dalla

lunghezza libera di inflessione dell'asta  $L_0 = \beta L$ ;

$\beta = 1.0$  nel caso dei correnti e  $\beta = 0.9$  nel caso delle diagonali dei tralicci.

$L$  è la lunghezza dell'asta; nel caso dei correnti è pari alla distanza che intercorre tra due successivi nodi dei tralicci in direzione longitudinale, mentre nel caso delle diagonali è pari alla lunghezza effettiva della diagonale.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

### 6.5.1.2 Verifica della predalla in mezzeria della campata tra le travi

A favore di sicurezza, ai fini dell'autoportanza si trascura il contributo offerto dalle armature integrative disposte all'interno delle predalle, e si considerano le sole armature dei tralicci.

#### LAVORO: PREDALLE IN CAMPATA - SOLETTA $s_p=310$ mm VERIFICA SOLETTA IN C.A. SU LASTRE AUTOPORTANTI

DATI GEOMETRICI SOLETTA IN C.A.		Var	unità				
Interasse tra le travi	it		mm			5850	
Lunghezza dello sbalzo sx rispetto ad asse trave	Ls_sx		mm			2700	
Larghezza asola sulla piattabanda superiore sx	Bas_sx		mm			540	
Distanza tra asse trave sx e asse appoggio predalla	Dap_sx		mm			310	
Lunghezza dello sbalzo dx rispetto ad asse trave	Ls_dx		mm			2700	
Larghezza asola sulla piattabanda superiore dx	Bas_dx		mm			540	
Distanza tra asse trave dx e asse appoggio predalla	Dap_dx		mm			310	
Altezza complessiva soletta in campata - per carichi	hs1c		mm			310	
Altezza complessiva soletta in campata - per verifiche	hs2		mm			310	
Luce di calcolo della predalla in campata	ls		mm			5230	
DATI PERMANENTI PORTATI		Var	unità				
DATI GEOMETRICI PREDALLE		Var	unità				
n. tralicci per dalla	nt					11	
altezza traliccio	ht		mm			195	
<b>Sezione corrente</b>		n	$\phi$	A	At	di	l
			mm	mmq	mmq	mm	mm4
Armatura superiore tralicci	1	16	201	2212	227	35387	
Armatura inferiore tralicci	2	12	226	2488	46	22393	
Armatura inferiore nella dalla	2	20		628	40	15708	
spessore predalla in agli sbalzi per carichi			mm			70	
spessore predalla in campata per carichi			mm			70	
spessore predalla in campata per verifiche			mm			70	
larghezza predalla			mm			2400	

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

**CALCOLI STATICI**

FASE 1 - POSA IN OPERA DALLE, GETTO DI COMPLETAMENTO						
ANALISI DEI CARICHI		B	H	$\gamma$	$p$	$p$
		m	m	kN/mc	kN/mq	kN/ml
peso proprio predalla agli sbalzi	g1a	2.40	0.07	25.0		4.20
peso proprio predalla in campata	g1b	2.40	0.070	25.0		4.20
peso proprio getto di completamento	g1c	2.40	0.240	25.0		14.40
peso mezzi d'opera	q	2.40			0.75	1.80
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE		Var	unità			
Reazione all'appoggio sx - permanenti	RA-p	kN	58.85			
ascissa taglio nullo	$x_V(0)$	m	2.62			
Momento massimo in campata - permanenti	Mmax_p	kNm	45.28			
Momento massimo in campata - accidentali	Mmax_q	kNm	6.15			
Taglio massimo all'appoggio - permanenti	Vmax_p	kN	48.64			
Taglio massimo all'appoggio - accidentali	Vmax_q	kN	4.71			
Coefficiente parziale per verifiche SLU - permanenti	$\gamma_g$		1.30			
Coefficiente parziale per verifiche SLU - accidentali	$\gamma_q$		1.50			
Verifiche SLU - Momento flettente in mezzera	Mmax	kNm	68.1			
Verifiche SLU - Taglio massimo all'appoggio	Vmax	kNm	70.3			
VERIFICA DI STABILITA' CORRENTI		Var	unità			
altezza del traliccio	ht	m	0.177			
Momento flettente	Mmax	kNm	68.09			
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	60.5			
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	12.7			
Sforzo massimo nei correnti	Nmax1	kN	384.7			
Verifica dei correnti compressi		Var	unità	cor traliccio		
n. correnti	nc		11			
Diametro corrente compresso	$\phi$	mm	16			
Area corrente compresso	A	mmq	201			
Momento d'inerzia corrente compresso	ix	mm4	3217			
raggio d'inerzia corrente	isup	m	0.0040			
Lunghezza libera d'inflexione	L0	m	0.20			
coefficiente beta	$\beta$		1.00			
snellezza	$\lambda$		50.0			
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	166690			
snellezza adimensionale	$\lambda_{-}$		0.74			
fattore di imperfezione alpha	$\alpha$		0.49			
coefficiente $\Phi$	$\Phi$		0.90			
coefficiente $\chi$	$\chi$		0.70			
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	607			
coefficiente di utilizzo	c.u		0.63		< 1.0	
Verifica dei correnti tesi		Var	unità	inferiori		
A correnti	A	mmq	3116			
Resistenza a trazione dell'armatura tesa	Nt,Rd	kN	1219			
coefficiente di utilizzo	c.u		0.32		< 1.0	
VERIFICA DIAGONALI		Var	unità			
altezza del traliccio	ht	m	0.177			
n. diagonali	nd		22			
Taglio massimo	Vmax	kN	70.29			
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	60.5			
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	12.7			
Sforzo massimo nelle diagonali	Nmax	kN	82.8			
Diametro diagonale	$\phi$	mm	10.0			
Area diagonale	A	mmq	79			
Momento d'inerzia diagonale	ix	mm4	491			
raggio d'inerzia diagonale	isup	m	0.0025			
Lunghezza libera d'inflexione	L0	m	0.21			
coefficiente beta	$\beta$		0.90			
snellezza	$\lambda$		75.0			
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	28915			
snellezza adimensionale	$\lambda_{-}$		1.11			
fattore di imperfezione alpha	$\alpha$		0.49			
coefficiente $\Phi$	$\Phi$		1.33			
coefficiente $\chi$	$\chi$		0.48			
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	325			
coefficiente di utilizzo	c.u		0.25		< 1.0	

Come è possibile evincere tutte le verifiche di resistenza ed instabilità delle aste dei trallici sono soddisfatte.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

### 6.5.1.3 Verifica della predalle tralicciate in corrispondenza degli sbalzi

Il calcolo viene svolto in due fasi, la prima corrisponde al getto della prima parte dello sbalzo, la seconda al getto di completamento. A favore di sicurezza, ai fini dell'autoportanza si trascura il contributo offerto dalle armature integrative disposte all'interno delle predalle, e si considerano le sole armature dei tralici. La verifica è relativa allo sbalzo di luce maggiore:

#### LAVORO: SBALZI - SOLETTA sp=310 mm

#### VERIFICA SOLETTA IN C.A. SU LASTRE AUTOPORTANTI

DATI GEOMETRICI SOLETTA IN C.A.		Var	unità				
Altezza complessiva soletta alla estremità inc. sbalzo	hss1	mm	310				
Altezza complessiva soletta alla estremità libera sbalzo	hss2	mm	310				
Luce dello sbalzo rispetto all'asse della trave	ls	mm	2700				
Inclinazione del getto in opera - intradosso	incl		0.000				
Larghezza asola sulla piattabanda superiore	Lasol	mm	540				
Distanza tra asse trave e asse appoggio predalla	Dap	mm	310				
Estensione del getto di prima fase dall'asse della trave	Lg1	mm	1000				
DATI GEOMETRICI PREDALLE		Var	unità				
n. tralici per dalla	nt		6				
altezza traliccio all'incastro	ht	mm	195				
<b>Sezione corrente</b>		n	φ	A	At	di	I
			mm	mmq	mmq	mm	mm4
Armatura superiore tralici	1	16	201	1206	227	19302	
Armatura inferiore tralici	2	12	226	1357	46	12215	
Armatura di rinforzo nella dalla	0	0		0	40	0	
Altezza complessiva predalla alla estremità libera		mm	70				
Altezza complessiva predalla alla estremità inc. sbalzo		mm	70				
larghezza lastra		mm	2400				
coefficiente di omogeneizzazione			10				
Area lastra		mm2	16800				
<b>Caratteristiche geometrico-inerziali</b>		Var	unità				
Area totale	At	mm2	19364				
Momento statico rispetto al lembo inferiore	Mstat	mm3	924276				
Y baricentro rispetto al lembo inferiore	Yg	mm	48				
Momento d'inerzia dalla tralicciata	It	mm4	48388114				
<b>Sezione asolata d'estremità</b>		n	φ	A	At	di	I
			mm	mmq	mmq	mm	mm4
Armatura superiore tralici	1	16	201	1206	227	19302	
Armatura inferiore tralici	2	12	226	1357	46	12215	
<b>Caratteristiche geometrico-inerziali</b>		Var	unità				
Area totale	At	mm2	2564				
Momento statico rispetto al lembo inferiore	Mstat	mm3	336276				
Y baricentro rispetto al lembo inferiore	Yg	mm	131				
Momento d'inerzia	It	mm4	20954896				

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

**CALCOLI STATICI**

FASE 1 - POSA IN OPERA DALLE, GETTO DI PRIMA FASE						
ANALISI DEI CARICHI		B	H	$\gamma$	p	p
		m	m	kN/mc	kN/mq	kN/ml
peso proprio dalla (costante)	<b>g1a</b>	2.40	0.07	<b>25.0</b>		4.20
peso proprio predalla (variabile)	<b>g1b</b>	2.40	0.00	<b>25.0</b>		0.00
peso proprio getto di completamento (costante)	<b>g1c</b>	2.40	0.24	<b>25.0</b>		14.40
peso proprio getto di completamento (variabile)	<b>g1d</b>	2.40	0.00	<b>25.0</b>		0.00
peso mezzi d'opera	<b>p3</b>	2.40			<b>0.75</b>	1.80
		B (m)	H (m)	L (m)	p (kN/ml)	P (kN)
peso della veletta	<b>P4</b>	2.40			<b>2.00</b>	4.80
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE		Var	unità			
Momento massimo all'incastro - permanenti	Mmax-p	kNm	<b>26.90</b>			
Momento massimo all'incastro - accidentali	Mmax-q	kNm	<b>5.14</b>			
Taglio massimo - permanenti	Vmax-p	kN	<b>24.77</b>			
Taglio massimo - accidentali	Vmax-q	kN	<b>4.30</b>			
Coefficiente parziale per verifiche SLU - permanenti	$\gamma_g$		<b>1.30</b>			
Coefficiente parziale per verifiche SLU - accidentali	$\gamma_q$		<b>1.50</b>			
Verifiche SLU - Momento flettente all'incastro	Mmax	kNm	<b>42.7</b>			
Verifiche SLU - Taglio massimo all'incastro	Vmax	kNm	<b>38.7</b>			
VERIFICA DI STABILITA' CORRENTI		Var	unità			
altezza del traliccio all'incastro	ht	m	0.177			
Momento flettente	Mmax	kNm	<b>42.68</b>			
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	<b>60.5</b>			
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	<b>9.6</b>			
Sforzo massimo nei correnti del traliccio	Nmax	kN	241.1			
<b>Verifica dei correnti compressi in corrispondenza asola</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	<b>cor traliccio</b>	<b>i</b>		
Sforzo normale nei correnti inferiori	Nmax_i	kN	241			
n. correnti	nc		12			
Diametro corrente compresso	$\phi$	mm	12			
Area corrente compresso	A	mmq	113			
Momento d'inerzia corrente compresso	I	mm4	1018			
raggio d'inerzia corrente	isup	m	0.0030			
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	<b>0.20</b>			
coefficiente beta	$\beta$		<b>1.00</b>			
snellezza	$\lambda$		67			
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	52742			
snellezza adimensionale	$\lambda_{cr}$		0.98			
fattore di imperfezione alpha	$\alpha$		<b>0.49</b>			
coefficiente $\Phi$	$\Phi$		1.17			
coefficiente $\chi$	$\chi$		0.55			
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	292			
coefficiente di utilizzo	c.u		<b>0.83</b>	<b>&lt; 1.0</b>		
<b>Verifica dei correnti compressi (sezione corrente)</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	<b>inferiori</b>			
A correnti	A	mmq	1357			
Resistenza a compressione dell'armatura compressa	Nc,Rd	kN	531			
coefficiente di utilizzo	c.u		<b>0.45</b>	<b>&lt; 1.0</b>		
<b>Verifica dei correnti tesi</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	<b>superiori</b>			
A correnti	A	mmq	1206			
Resistenza a trazione dell'armatura tesa	Nt,Rd	kN	472			
coefficiente di utilizzo	c.u		<b>0.51</b>	<b>&lt; 1.0</b>		

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

**VERIFICA DIAGONALI**

altezza del traliccio	ht	m	0.181	
n. diagonali	nd		12	
Taglio massimo	Vmax	kN	38.66	
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	60.5	
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	9.6	
Sforzo massimo nelle diagonali	Nmax	kN	45.0	
Diametro diagonale	$\phi$	mm	10	
Area diagonale	A	mmq	79	
Momento d'inerzia diagonale	I	mm4	491	
raggio d'inerzia diagonale	isup	m	0.0025	
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	0.21	
coefficiente beta	$\beta$		0.90	
snellezza	$\lambda$		76	
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	28251	
snellezza adimensionale	$\lambda_{-}$		1.12	
fattore di imperfezione alpha	$\alpha$		0.49	
coefficiente $\Phi$	$\Phi$		1.35	
coefficiente $\chi$	$\chi$		0.47	
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	175	
coefficiente di utilizzo	c.u		0.26	< 1.0

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

FASE 1 - GETTO DI SECONDA FASE						
ANALISI DEI CARICHI		B	H	$\gamma$	p	p
		m	m	kN/mc	kN/mq	kN/ml
peso proprio dalla (costante)	p1a	2.40	0.07	25.0		4.20
peso proprio predalla (variabile)	p1b	2.40	0.0	25.0		0.00
peso proprio getto di completamento (costante)	p2a	2.40	0.24	25.0		14.40
peso proprio getto di completamento (variabile)	p2b	2.40	0.00	25.0		0.00
peso mezzi d'opera	p3	2.40			0.75	1.80
		B (m)	H (m)	L (m)	p (kN/ml)	P (kN)
peso della veletta	P4	2.40			2.00	4.80
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE		Var	unità			
Momento massimo all'estremità del getto di 2° fase - permanenti	Mmax-p	kNm	35.04			
Momento massimo all'estremità del getto di 2° fase - accidentali	Mmax-q	kNm	2.60			
Taglio massimo all'estremità del getto di 2° fase - permanenti	Vmax-p	kN	36.42			
Taglio massimo all'estremità del getto di 2° fase - accidentali	Vmax-q	kN	3.06			
Coefficiente parziale per verifiche SLU - permanenti	$\gamma_g$		1.30			
Coefficiente parziale per verifiche SLU - accidentali	$\gamma_q$		1.50			
Verifiche SLU - Momento massimo all'estremità del getto di 2° fase	Mmax1	kNm	49.45			
Verifiche SLU - Taglio massimo all'estremità del getto di 2° fase	Vmax1	kN	51.94			
VERIFICA DI STABILITA' CORRENTI ALL'ESTREMITA' DEL GETTO		Var	unità			
altezza del traliccio	ht	m	0.191			
Momento flettente	Mmax	kNm	49.45			
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	62.4			
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	8.9			
Sforzo massimo nei correnti del traliccio	Nmax	kN	258.9			
Verifica dei correnti tesi		Var	unità superiori			
A correnti	A	mmq	1206			
Resistenza a trazione dell'armatura tesa	Nt,Rd	kN	472			
coefficiente di utilizzo	c.u		0.55	< 1.0		
VERIFICA DIAGONALI						
altezza del traliccio	ht	m	0.191			
n. diagonali	nd		12			
Taglio massimo	Vmax	kN	51.94			
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	62.4			
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	8.9			
Sforzo massimo nelle diagonali	Nmax	kN	59.3			
Diametro diagonale	$\phi$	mm	10			
Area diagonale	A	mmq	79			
Momento d'inerzia diagonale	I	mm4	491			
raggio d'inerzia diagonale	isup	m	0.0025			
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	0.22			
coefficiente beta	$\beta$		0.90			
snellezza	$\lambda$		78.6			
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	26372			
snellezza adimensionale	$\lambda_*$		1.16			
fattore di imperfezione alpha	$\alpha$		0.49			
coefficiente $\phi$	$\phi$		1.40			
coefficiente $\chi$	$\chi$		0.45			
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	168			
coefficiente di utilizzo	c.u		0.35	< 1.0		

Come è possibile evincere tutte le verifiche di resistenza ed instabilità delle aste dei trallicci sono soddisfatte.

### 6.5.2 Verifiche della soletta in esercizio (2° fase)

Le sollecitazioni agenti sulla soletta in esercizio sono state determinate attraverso un calcolo agli elementi finiti (SAP2000P), in cui la soletta è schematizzata con elementi SHELL.

L'altezza degli elementi shell è pari a 31 cm.

Per tenere conto della altezza effettivamente collaborante in direzione longitudinale, pari a 24 cm, sono state opportunamente ridotte le rigidzze flessionali e taglianti in questa direzione secondo i seguenti rapporti:

$$\text{fac\_r\_llong} = t_l^3 / t_t^3 = 0.24^3 / 0.31^3 = 0.464$$

$$\text{fac\_r\_Along} = t_l / t_t = 0.24 / 0.31 = 0.77$$

La soletta è semplicemente appoggiata in corrispondenza delle travi principali.

La figura seguente illustra il modello utilizzato per il calcolo della soletta:

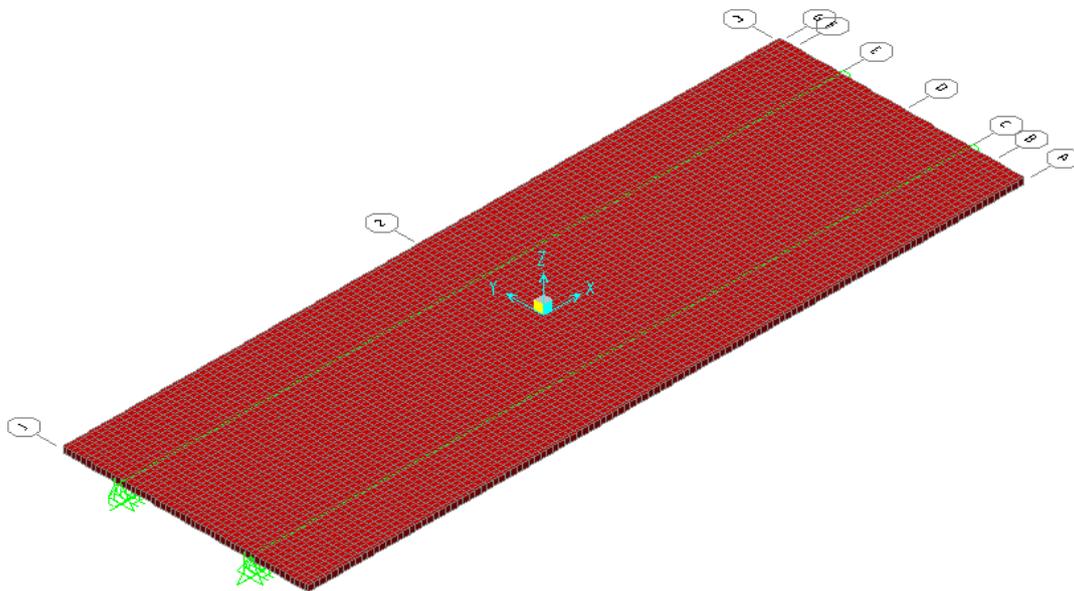


Figura 6.10. Modello di calcolo soletta – vista estrusa del modello agli elementi finiti

### 6.5.2.1 Analisi dei carichi agenti sulla soletta

I carichi di progetto considerati sono i seguenti:

- peso proprio della soletta ..... 25.0 × 0.31 = 7.75 kNm<sup>-2</sup>
- peso proprio di ciascuno dei cordoli ..... 25.0 × 0.20 = 5.00 kNm<sup>-2</sup>
- peso della pavimentazione stradale ..... = 3.00 kNm<sup>-2</sup>
- peso di ciascuna barriera di sicurezza integrata ..... = 3.00 kNm<sup>-1</sup>
- peso tubazioni smaltimento acque di piattaforma ..... = 1.50 kNm<sup>-1</sup>
- peso di ciascuna veletta di bordo e carter metallico ..... = 2.90 kNm<sup>-1</sup>

I carichi mobili  $Q_{1k}$  e  $q_{1k}$  (schema di carico 1 di cui al paragrafo 5.1.3.3.5 delle NTC2018) sono disposti come da schemi successivi in modo da massimizzare le sollecitazioni.

Le sollecitazioni sono state determinate per le seguenti disposizioni longitudinali dei carichi tandem:

- carichi disposti nella generica sezione corrente dell'impalcato;
- carichi disposti in prossimità della testata dell'impalcato.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

Per ognuna di tali disposizioni i carichi sono stati disposti trasversalmente sull'impalcato nelle configurazioni di carico illustrate nelle figure seguenti:

### Configurazione di carico A

- Condizione Q1CA: Carichi concentrati
- Condizione Q1DA: Carichi distribuiti

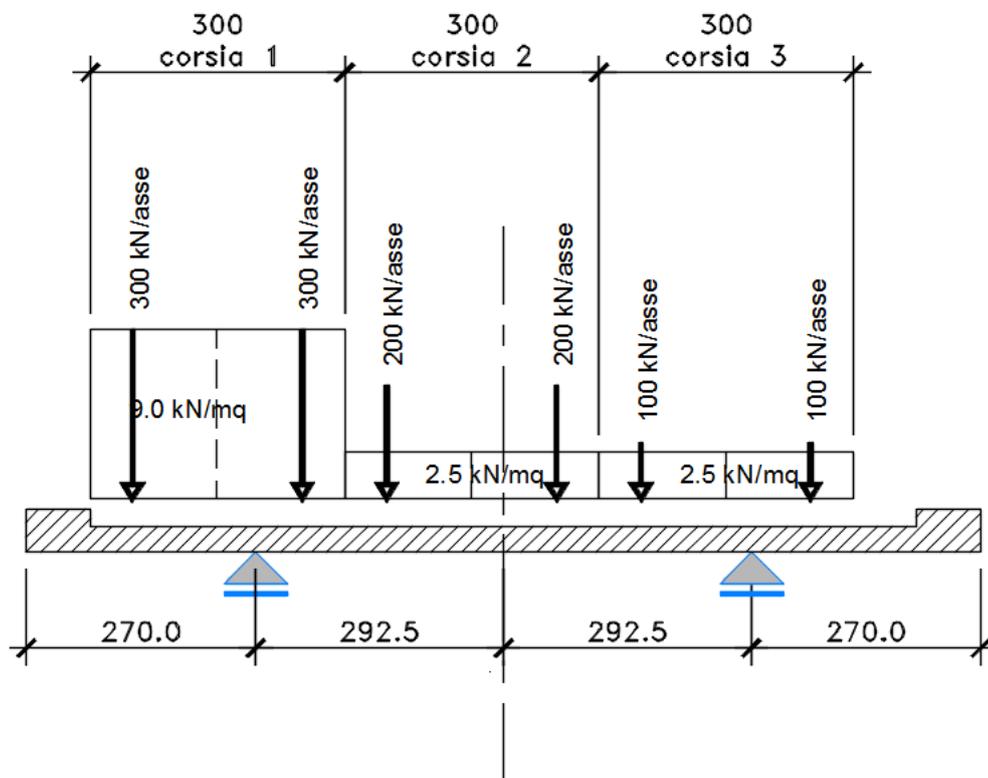


Figura 6.11. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione A

### Configurazione di carico B

- Condizione Q1CB: Carichi concentrati
- Condizione Q1DB: Carichi distribuiti

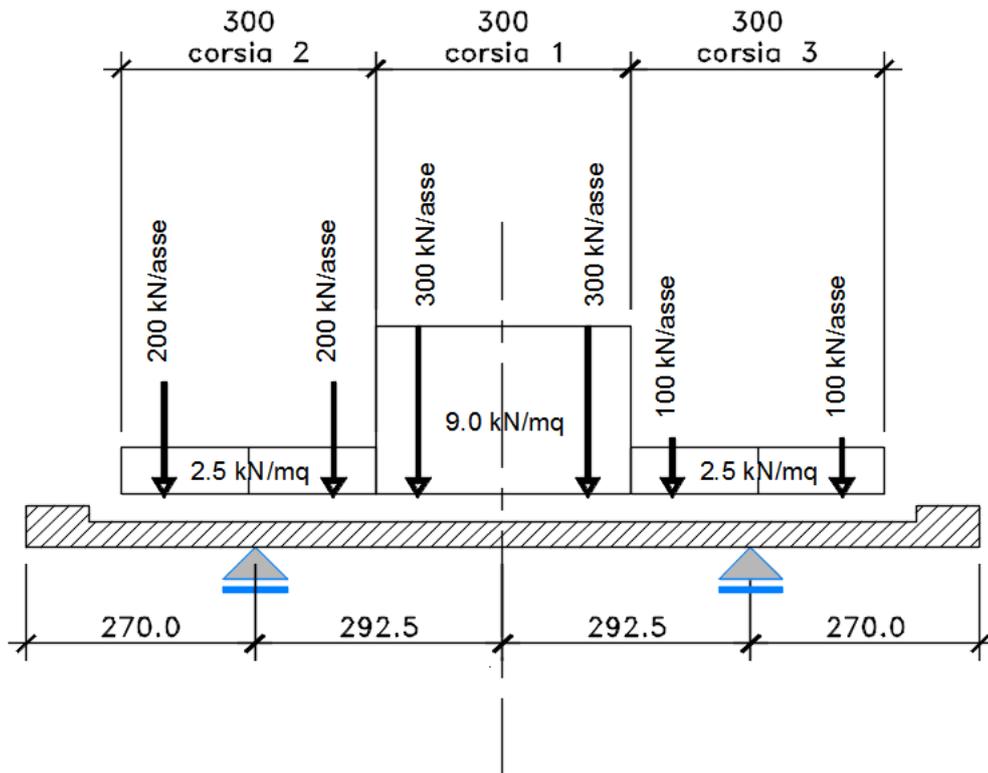
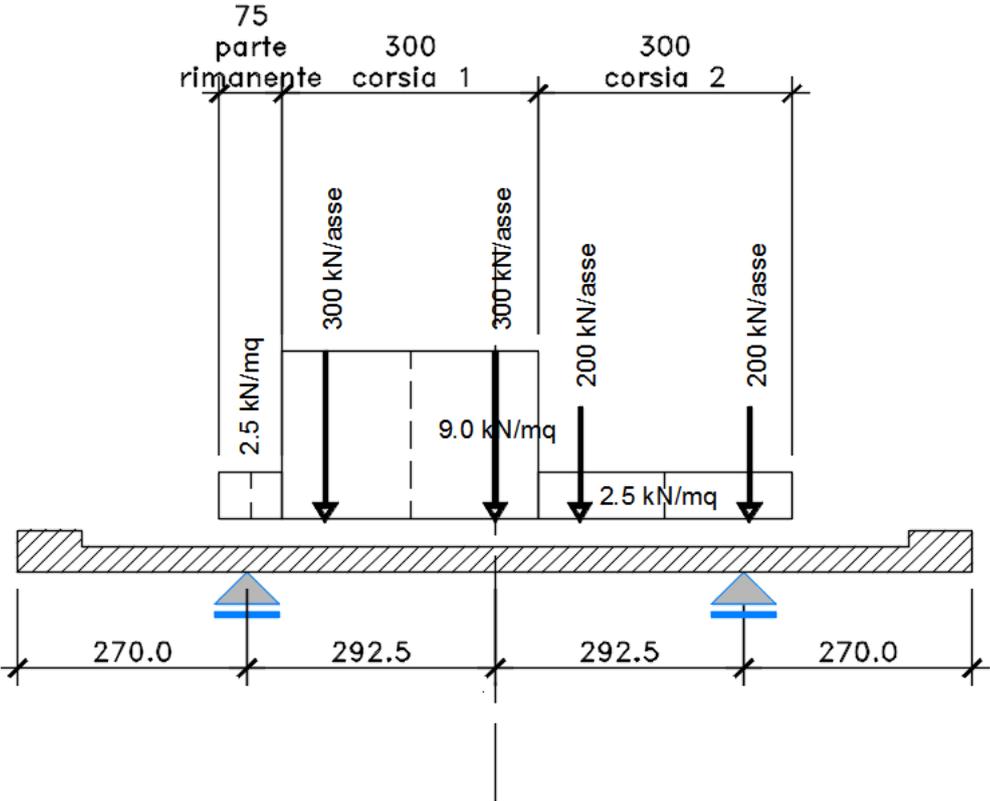


Figura 6.12. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione B

Configurazione di carico C

- Condizione Q1CC: Carichi concentrati
- Condizione Q1DC: Carichi distribuiti



S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

### Configurazione di carico C

- Condizione Q1CC: Carichi concentrati
- Condizione Q1DC: Carichi distribuiti

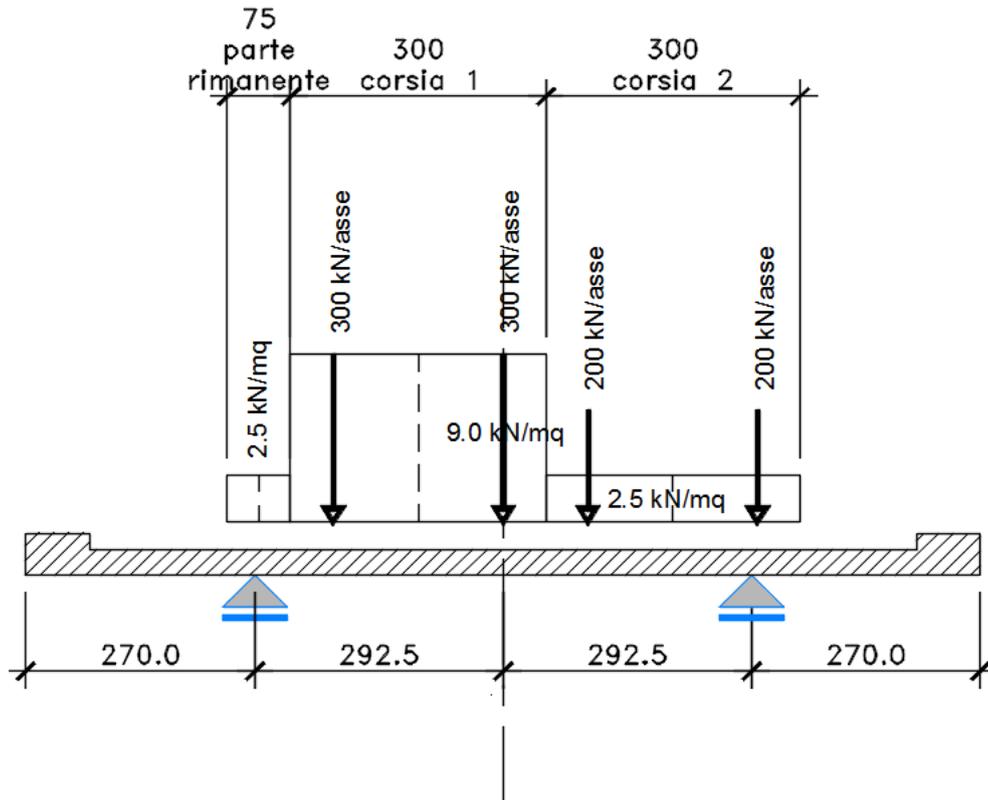
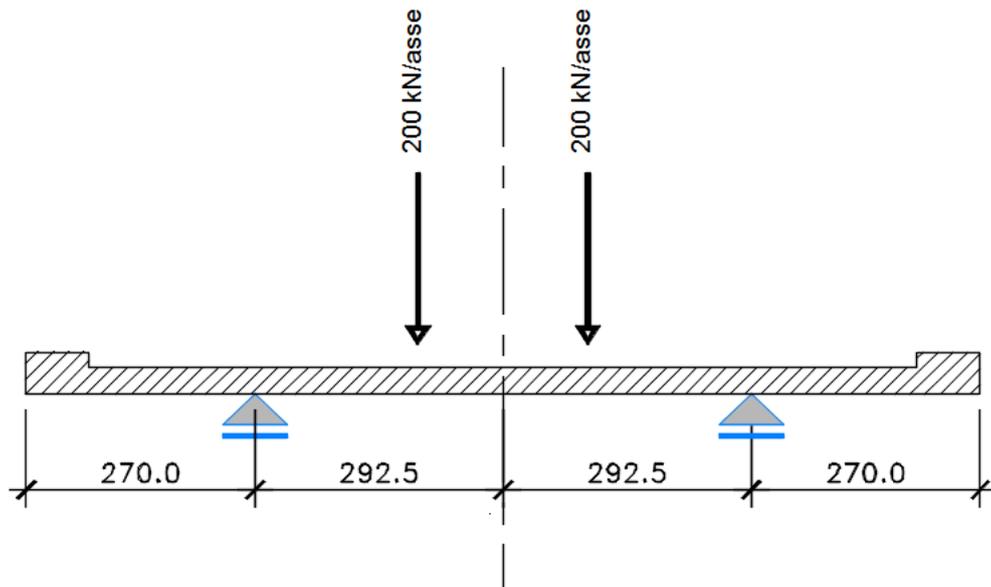


Figura 6.13. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione C

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

### Configurazione di carico D

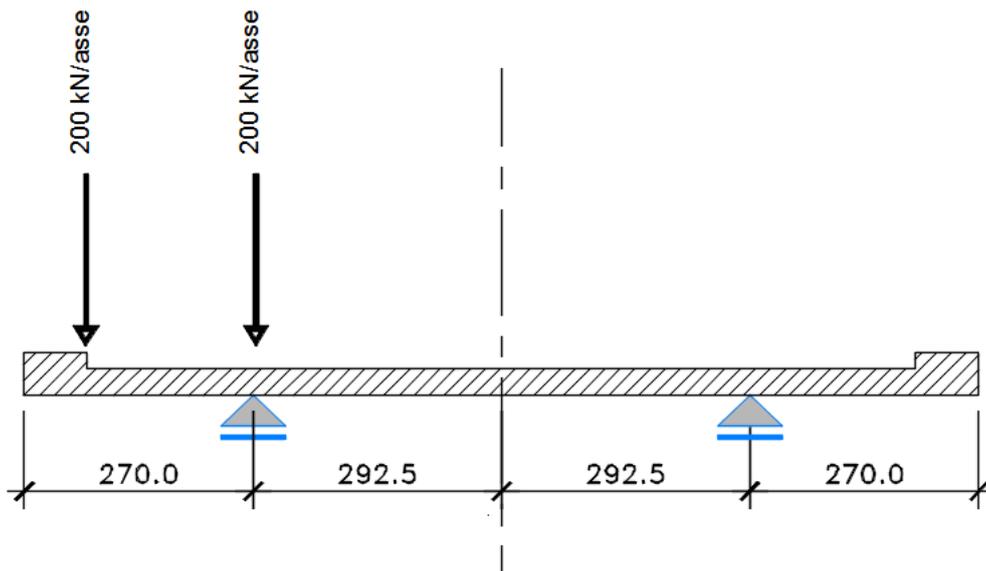
- Condizione Q2D: Carichi concentrati



*Figura 6.14. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione D*

### Configurazione di carico E

- Condizione Q2E: Carichi concentrati



*Figura 6.15. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione E*

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

In accordo a quanto prescritto al paragrafo 5.1.3.4 delle NTC 2018 i carichi mobili applicati in corrispondenza della testata sono stati amplificati attraverso un coefficiente dinamico addizionale per tener conto delle discontinuità strutturali rappresentate dai giunti di dilatazione. Detto coefficiente è pari a 1.3 secondo quanto indicato al 4.3.3 degli Eurocodici (EC1 – Parte 2).

E' stata inoltre considerata una condizione di carico eccezionale nella quale alle forze orizzontali d'urto esercitate dal veicolo in svio, esplicitate al par. 5.2.11, agenti alla quota di 1 m sopra il piano stradale (LOAD Q8), è associato un carico verticale isolato costituito dallo Schema di Carico 2, posizionato in adiacenza al sicurvia come prescritto ai paragrafi 5.1.3.10 e 3.6.3.3.2 delle NTC 2018.

### 6.5.2.2 Combinazioni di carico

Sono state considerate le seguenti combinazioni di carico:

#### Inviluppo delle condizioni di carico relative alle Azioni variabili da traffico:

- |          |                                                                                                                                                                                                                          |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ENVEMOB1 | che fornisce l'inviluppo di tutte le condizioni di carico relative ai carichi mobili precedentemente definite, prese con coefficienti parziali unitari;                                                                  |
| ENVEMOB2 | che fornisce l'inviluppo di tutte le condizioni di carico relative ai carichi mobili precedentemente definite, prese con coefficienti parziali pari a 0.75 per i carichi concentrati e a 0.40 per i carichi distribuiti. |

#### Combinazioni per verifiche SLU:

- $SLU1 = 1.35 \times G1 + 1.35 \times G2 + 1.35 \times ENVEMOB1$ ;
- $SLU2 = 1.0 \times G1 + 1.0 \times G2 + 1.0 \times Q2E + 1.0 \times Q8$ ;

L'inviluppo delle suddette combinazioni è determinato con la combinazione:

- ENVESLU;

#### Combinazioni per verifiche SLE-RARA:

$$ENVSLE-R = 1.0 \times G1 + 1.0 \times G2 + 1.0 \times ENVEMOB1$$

#### Combinazioni per verifiche SLE-FREQUENTE:

$$ENVSLE-F = 1.0 \times G1 + 1.0 \times G2 + 1.0 \times ENVEMOB2$$

#### Combinazioni per verifiche SLE-QUASI PERMANENTE:

$$SLE-QP = 1.0 \times G1 + 1.0 \times G2$$

### 6.5.2.3 Caratteristiche della sollecitazione per verifiche di resistenza e fessurazione

Le figure seguenti illustrano le mappe delle caratteristiche della sollecitazioni per verifiche SLU ed SLE:

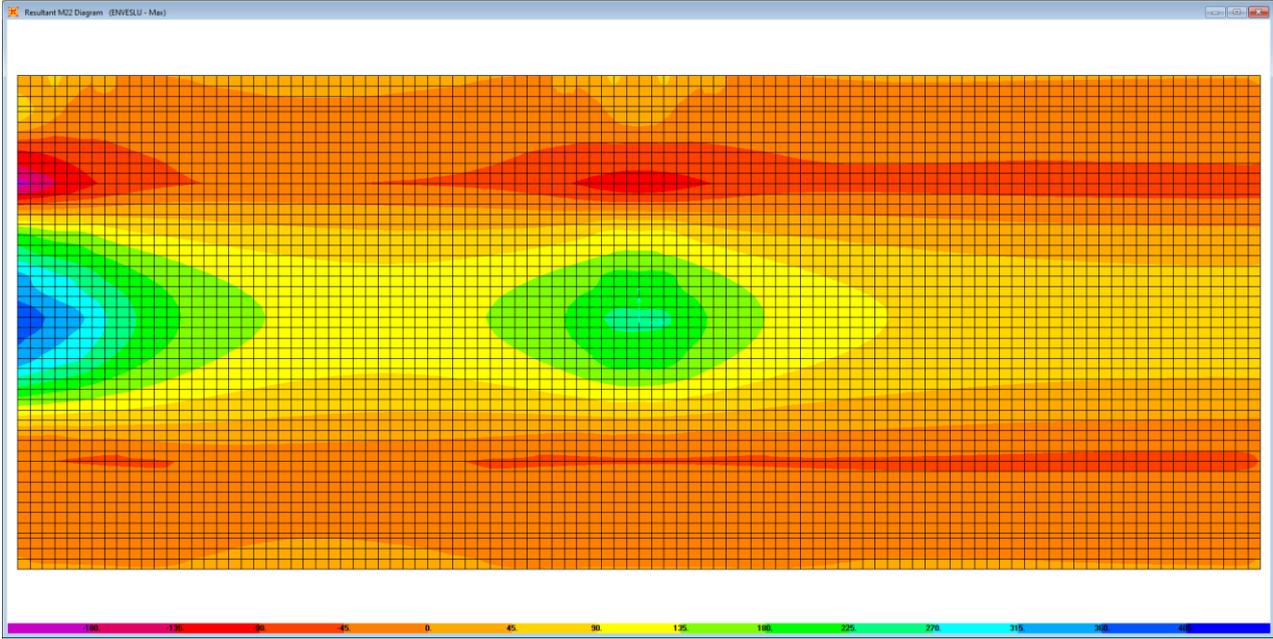


Figura 6.16. Combinazione ENVESLU – M22 max

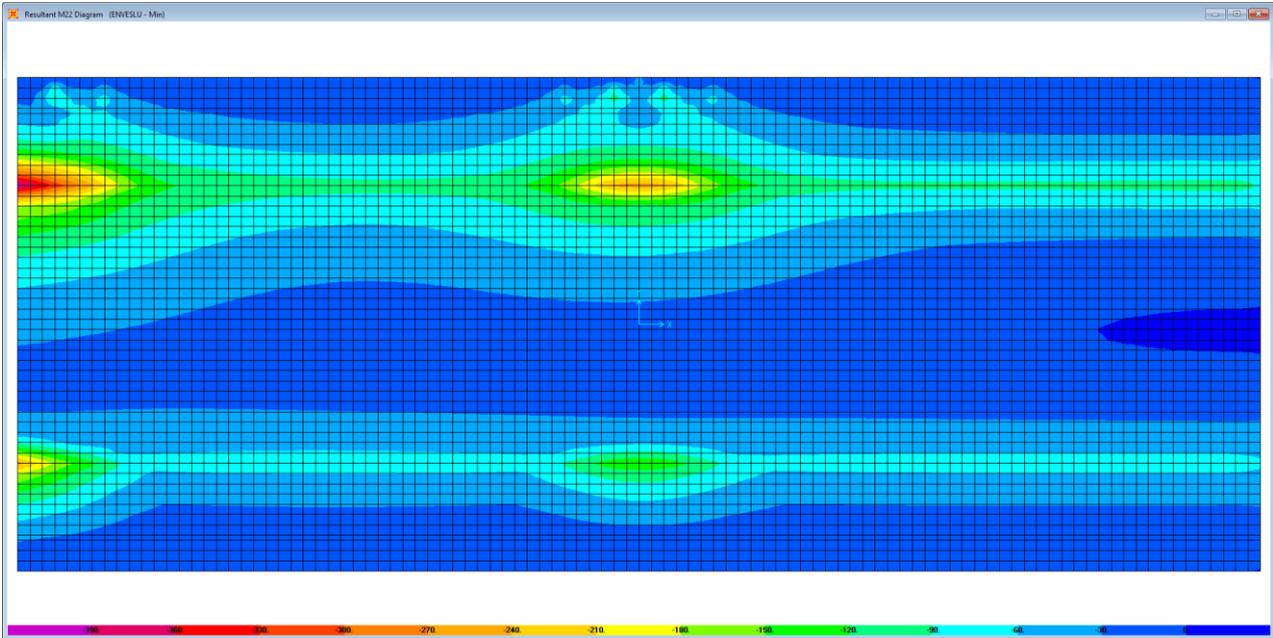


Figura 6.17. Combinazione ENVESLU – M22 min

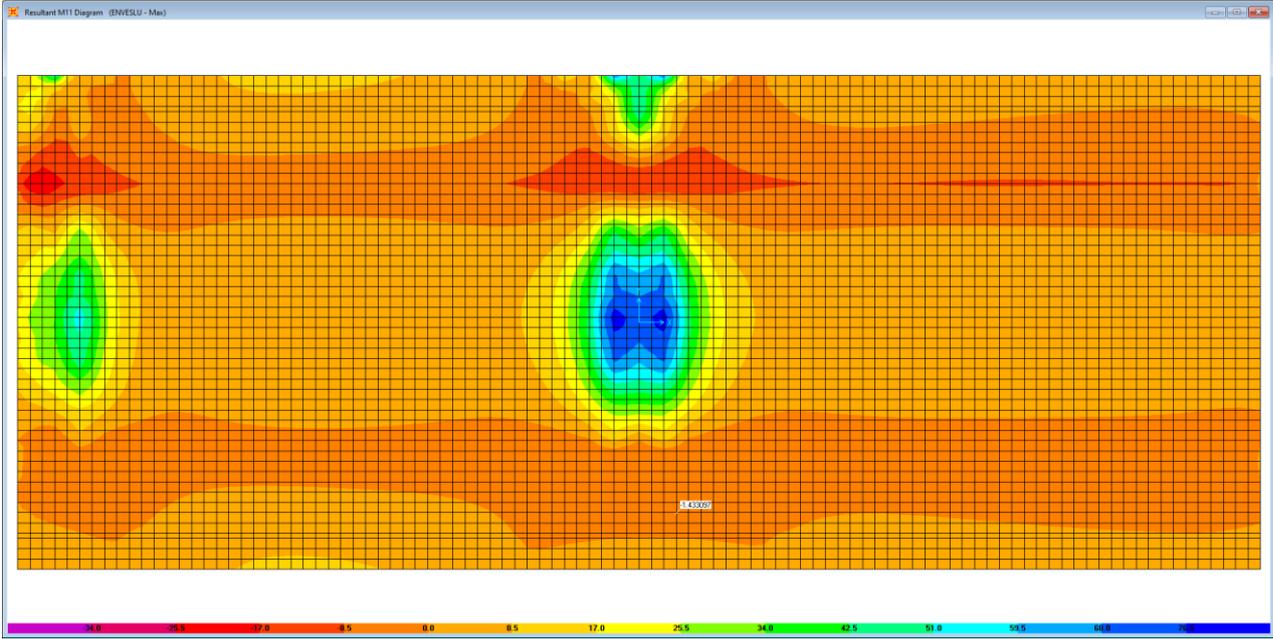


Figura 6.18. Combinazione ENVESLU – M11 max

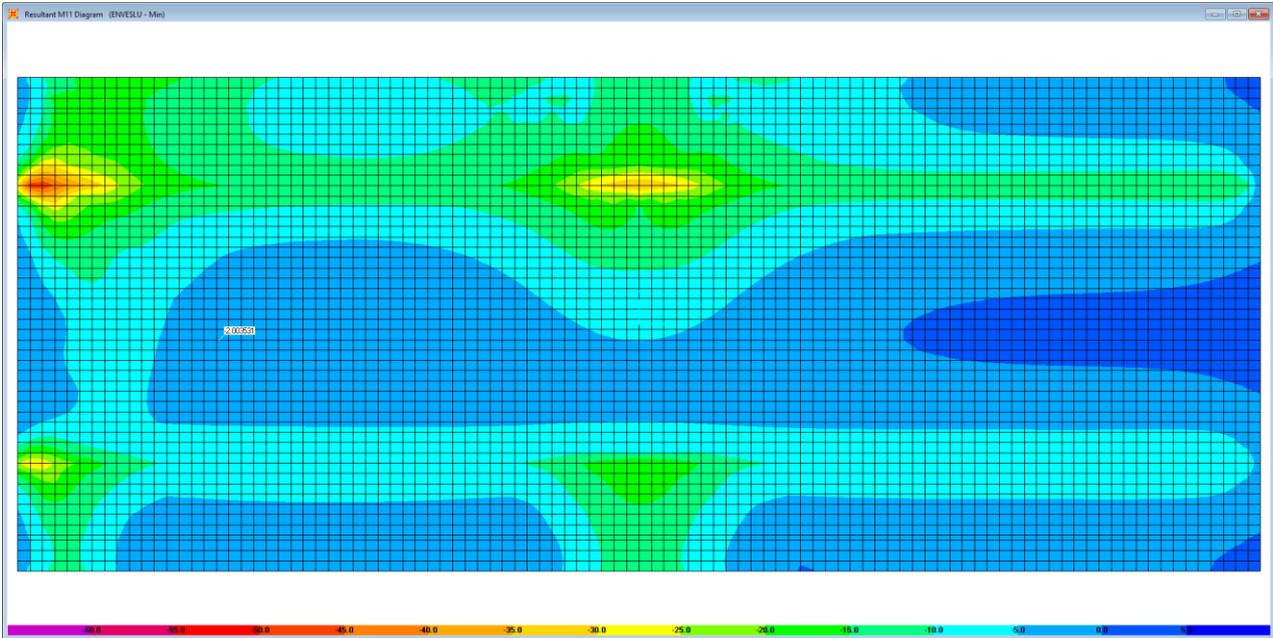


Figura 6.19. Combinazione ENVESLU – M11 min

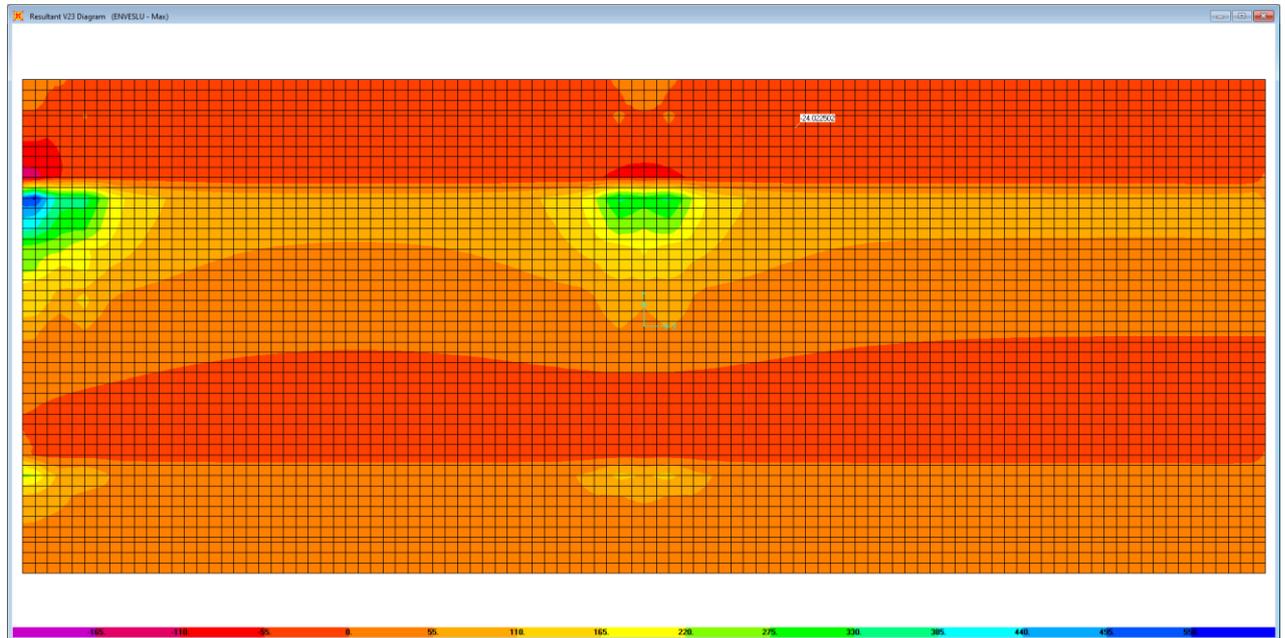


Figura 6.20. Combinazione ENVELSU – V23 max

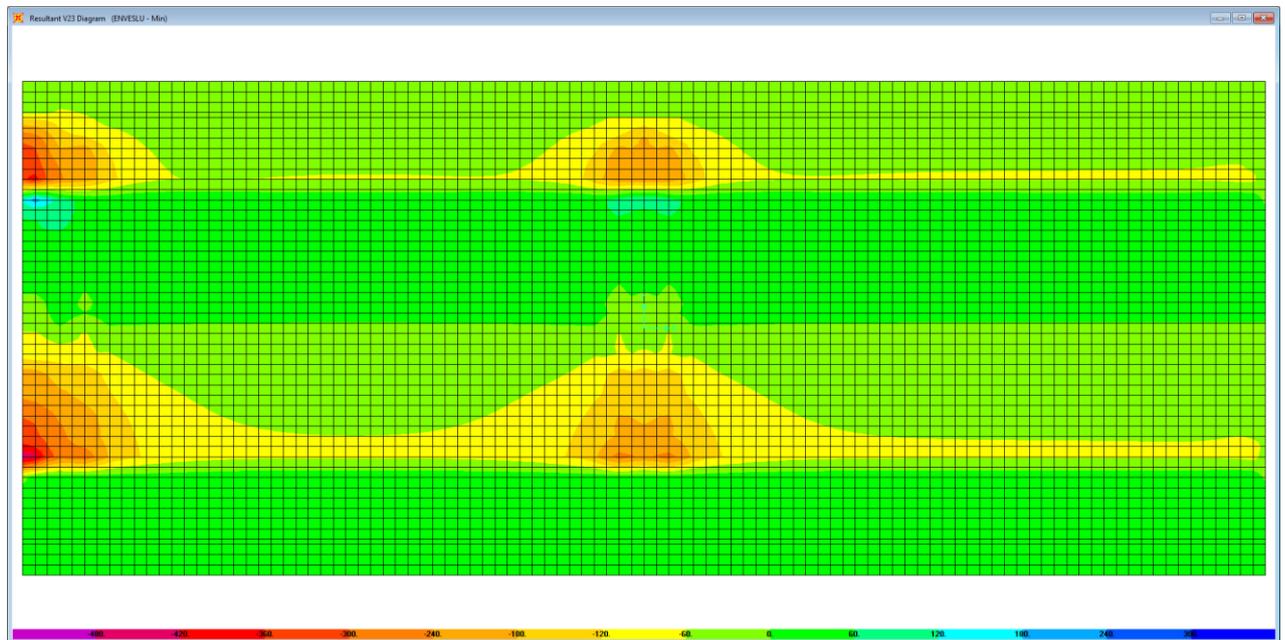


Figura 6.21. Combinazione ENVELSU – V23 min

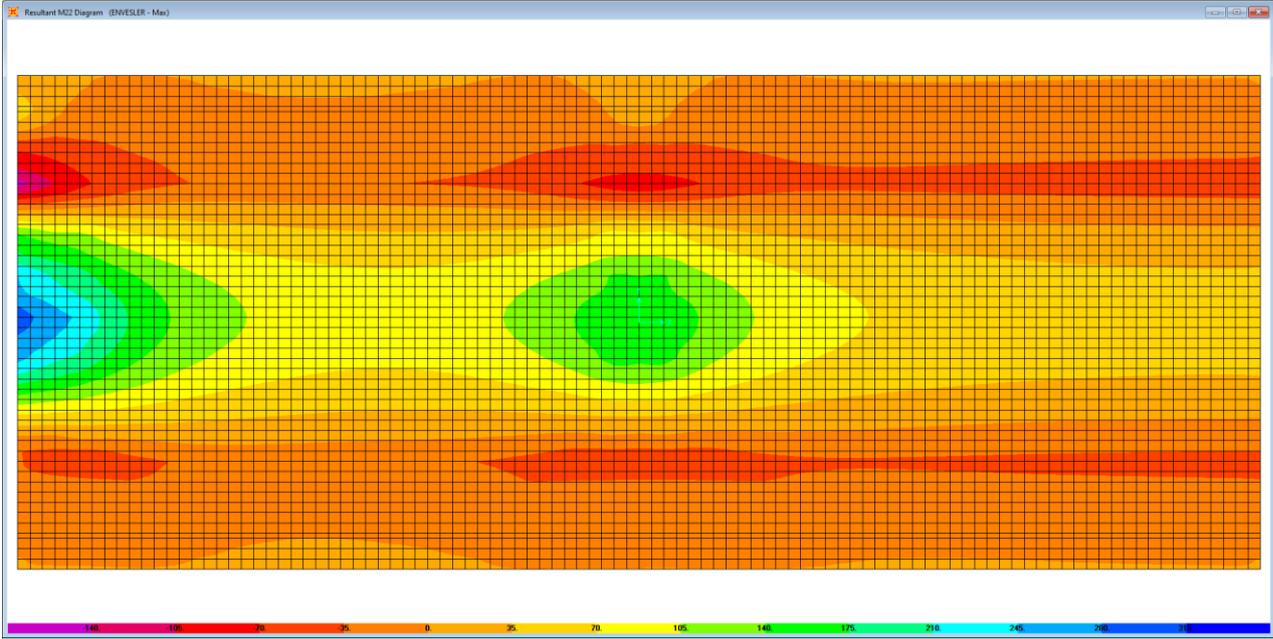


Figura 6.22. Combinazione ENVESLER – M22 max

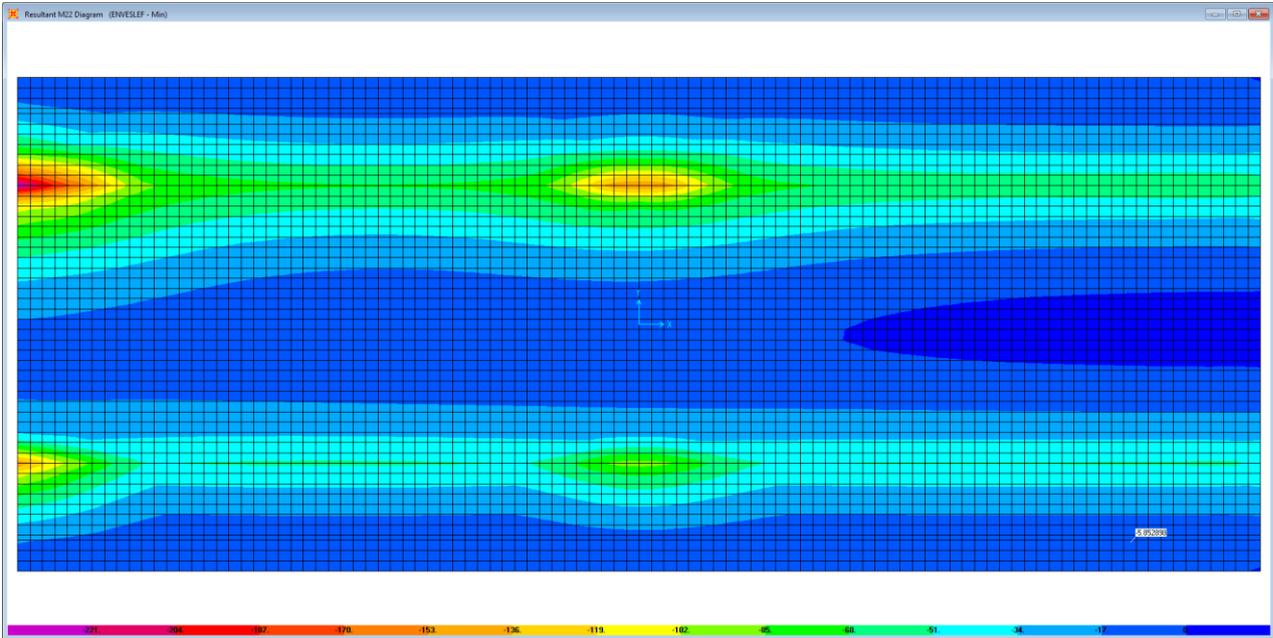


Figura 6.23. Combinazione ENVESLER – M22 min

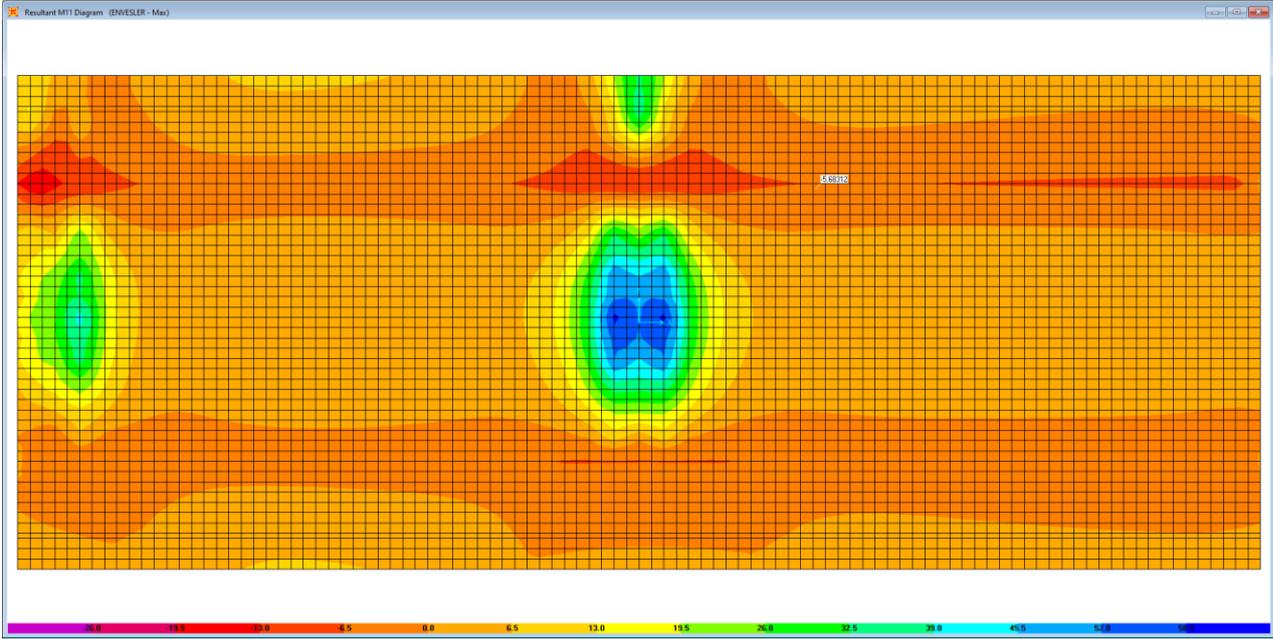


Figura 6.24. Combinazione ENVESLER – M11 max

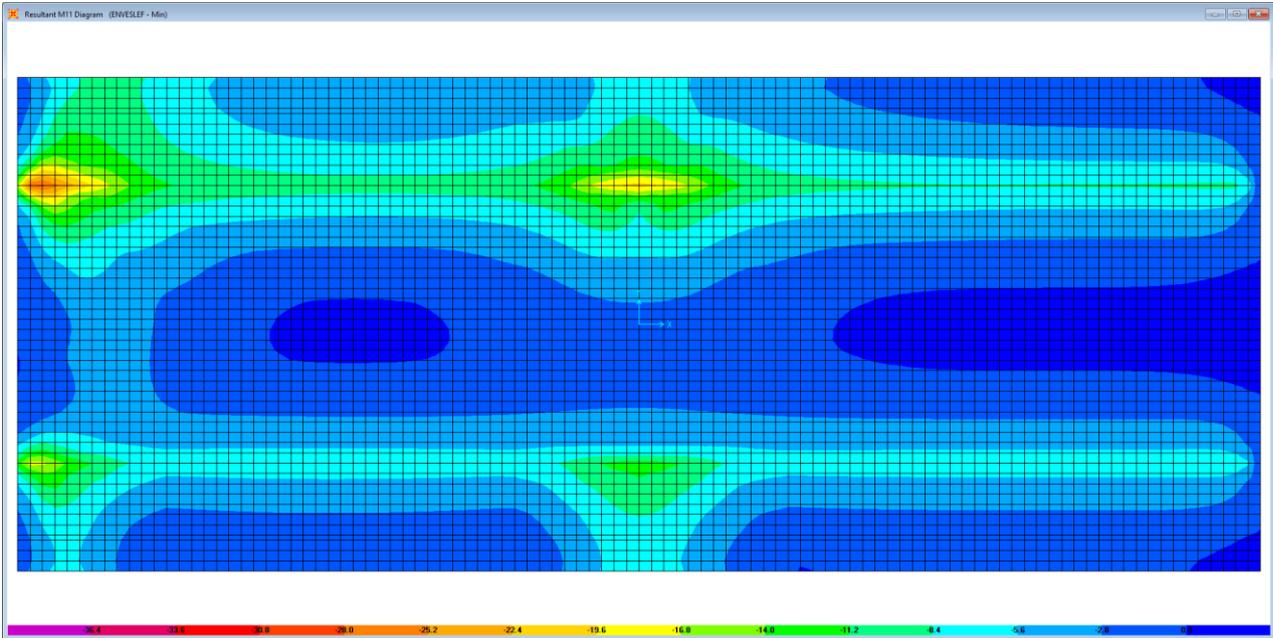


Figura 6.256. Combinazione ENVESLER – M11 min

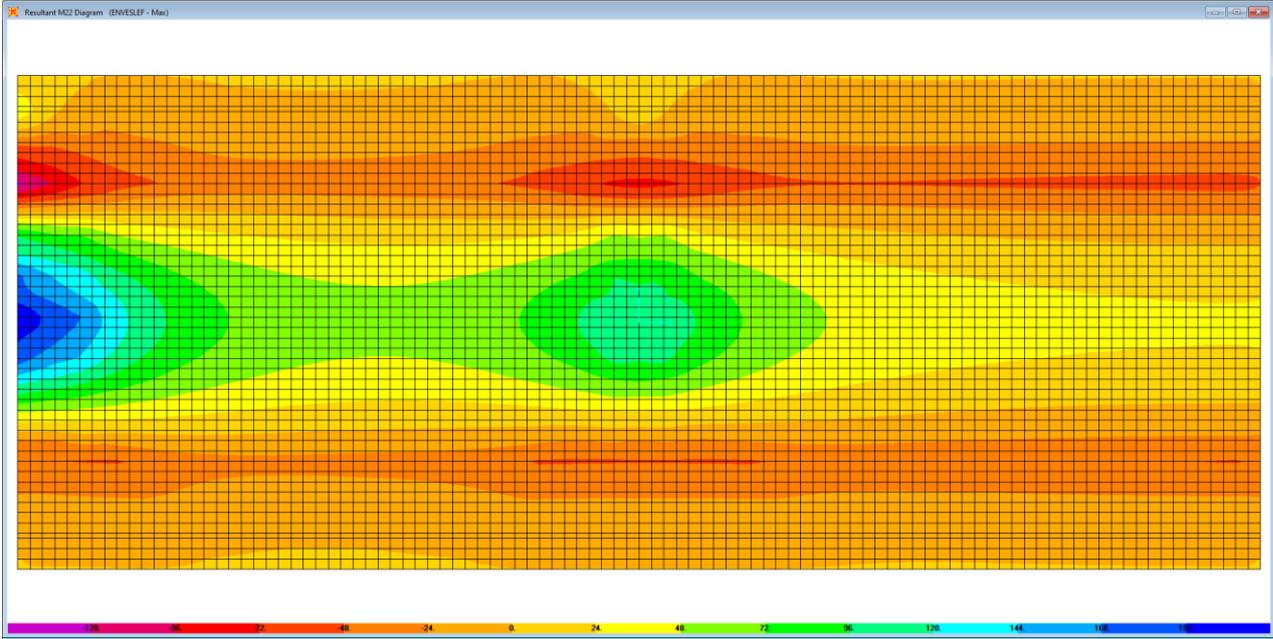


Figura 6.26. Combinazione ENVSLEF – M22 max

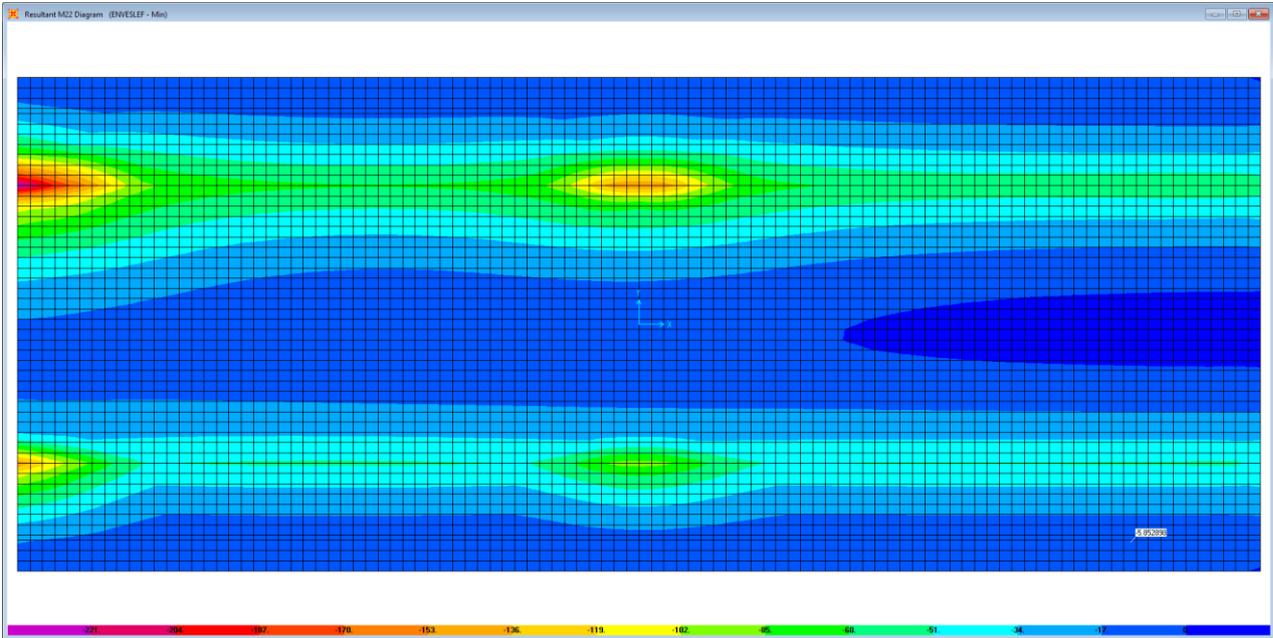


Figura 6.27. Combinazione ENVSLEF – M22 min

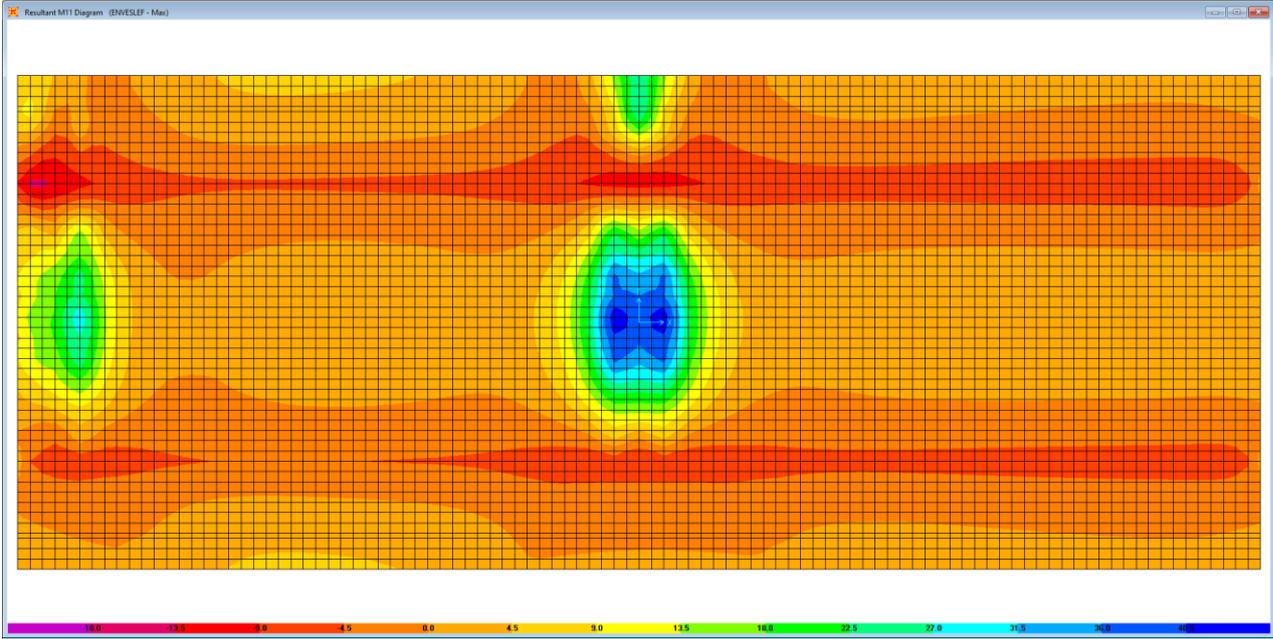


Figura 6.28. Combinazione ENVSLEF – M11 max

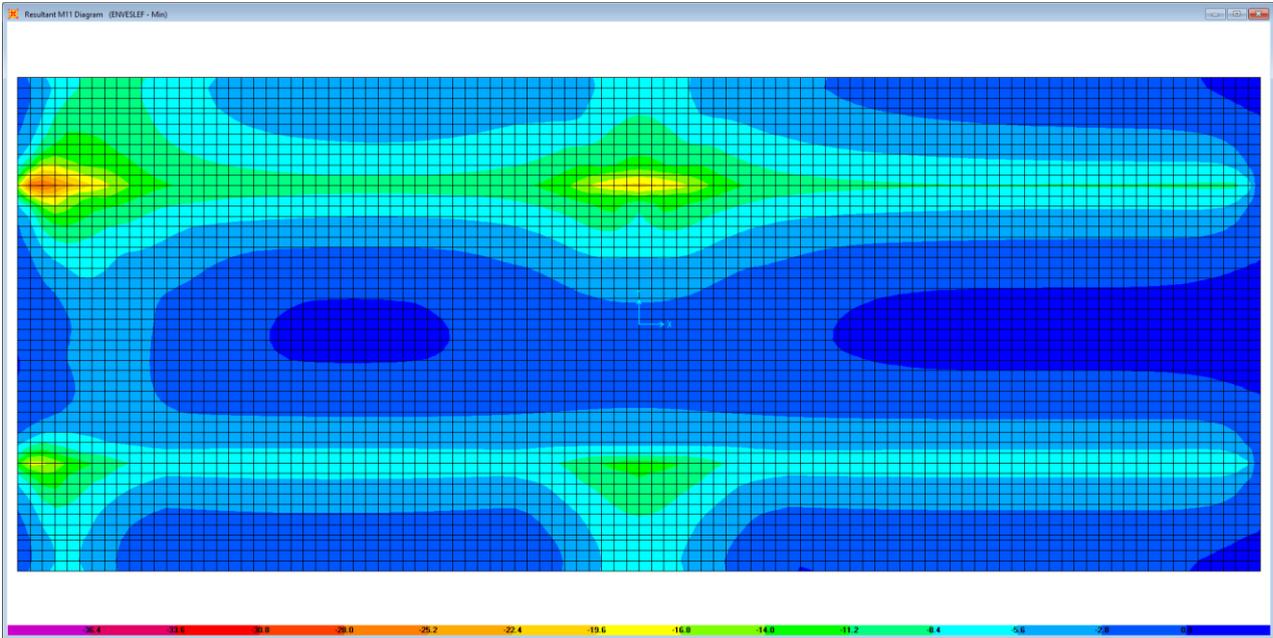


Figura 6.29. Combinazione ENVSLEF – M11 min

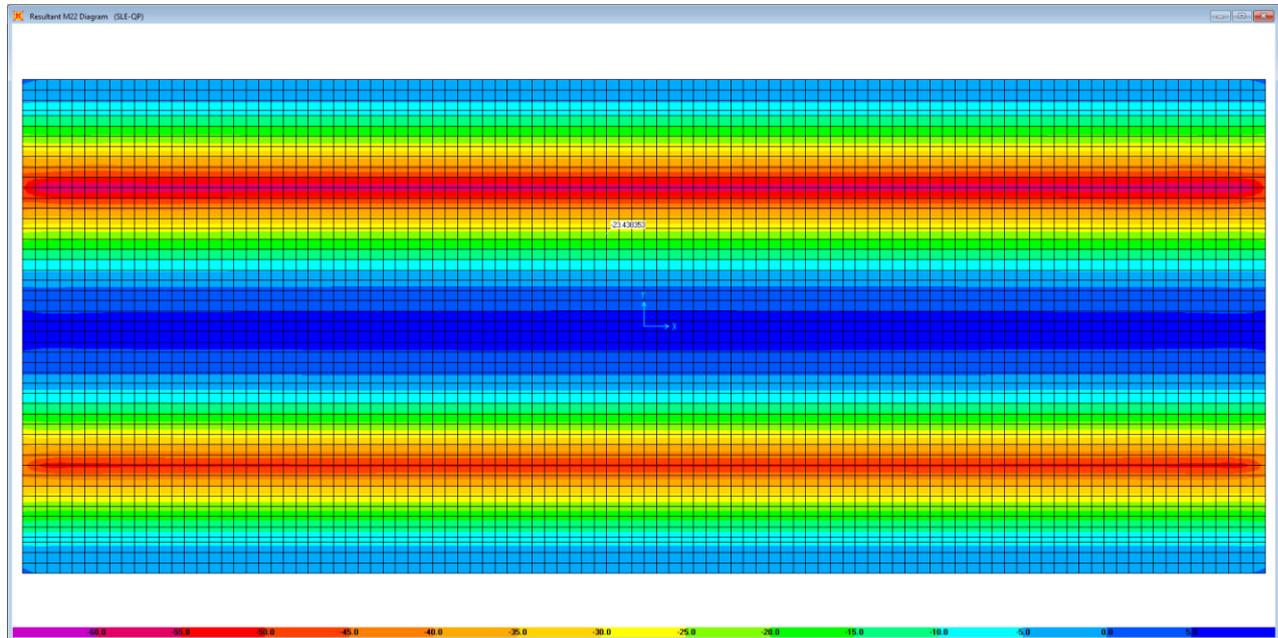


Figura 6.30. Combinazione SLE-QP – M22

Le tabelle seguenti riepilogano le caratteristiche della sollecitazione per verifiche SLU ed SLE:

**RIEPILOGO CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER VERIFICHE SOLETTA IN C.A.**

**Caratteristiche della sollecitazione per sezione di larghezza unitaria**

	Sezione corrente					Sezione di testata				
	M22+ [kNm]	M22- [kNm]	M11+ [kNm]	M11- [kNm]	V23 [kN]	M22+ [kNm]	M22- [kNm]	M11+ [kNm]	M11- [kNm]	V23 [kN]
Verifiche SLU	231	-245	82	-35	330	405.0	-411	55	-64	603
Verifiche SLE-RARA	171	-190	61	-25		300.0	-305	40	-48	
Verifiche SLE-FR	118	-150	45	-20		214.0	-236	30	-37	
Verifiche SLE-QP	-	-60	-	-		-	-60	-	-	

**Caratteristiche della sollecitazione per sezione di larghezza predalla B (m) = 2.40**

	Sezione corrente					Sezione di testata				
	M22+ [kNm]	M22- [kNm]	M11+ [kNm]	M11- [kNm]	V23 [kN]	M22+ [kNm]	M22- [kNm]	M11+ [kNm]	M11- [kNm]	V23 [kN]
Verifiche SLU	554.4	-588.0			792.0	972.0	-986.4			1447.2
Verifiche SLE-RARA	410.4	-456.0				720.0	-732.0			
Verifiche SLE-FR	283.2	-360.0				513.6	-566.4			
Verifiche SLE-QP	-	-144.0				-	-144.0			

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

#### 6.5.2.4 Verifiche di resistenza e fessurazione

Le verifiche a flessione semplice delle sezioni in c.a. sono state effettuate con il software RCSEC® prodotto da Geostru.

Le verifiche agli SLU ed SLE sono state effettuate trascurando il contributo offerto dai tralicci.

#### Sezione corrente – Campata – Verifiche in direzione trasversale (M22+)

Si considera una sezione di larghezza pari a quella delle predalle (B = 2.40 m).

L'altezza della sezione è pari a 31 cm.

L'armatura in zona tesa è costituita da 23 $\phi$ 20 (nella predalla).

L'armatura in zona compressa è costituita da  $\phi$ 20/20.

#### DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

##### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C35/45	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-120.0	0.0
2	-120.0	31.0
3	120.0	31.0
4	120.0	0.0

##### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-110.0	5.5	20
2	110.0	5.5	20
3	-110.0	23.0	20
4	110.0	23.0	20

##### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			
N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	21	20
2	3	4	10	20

##### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	554.40	0.00	0.00	0.00

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	410.40	0.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	283.20 (158.87)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.0 cm

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	554.40	0.00	0.00	636.80	0.00	1.149	72.3(12.0)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)									
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00257	-120.0	31.0	-0.00016	-110.0	23.0	-0.00815	-110.0	5.5

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.				
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)				
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				
N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000456939	-0.010665098	0.300	0.815

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata										
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]										
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)										
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]										
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)										
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre										
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure										
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure										
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$										
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	13.16	-120.0	31.0	-265.1	100.0	5.5	2400	72.3	10.0	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	9.08	-120.0	31.0	-183.0	100.0	5.5	2400	72.3	10.0	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$												
S1	Esito della verifica												
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata												
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata												
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata												
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2) / (2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica												
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff												
Psi	Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa												
e sm	= $1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]												
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi												
wk	Distanza media tra le fessure [mm]												
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$ . Valore limite tra parentesi												
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]												
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]												
Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-5.7	0	0.125	20	45.0	0.685	0.00060 (0.00035)	143	0.145 (0.30)	158.87	0.00	

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

### Sezione corrente – Sbalzo – Verifiche in direzione trasversale (M22-)

Si considera una sezione di larghezza pari a quella delle predalle (B = 2.40 m).

L'altezza della sezione di verifica è pari a 31 cm.

L'armatura in zona tesa è costituita da  $\phi 20/20 + \phi 24/20$

L'armatura in zona compressa è costituita da 11 $\phi 20$  (nella predalla).

#### DATI GENERALI SEZIONE IN C.A. CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C35/45	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-120.0	0.0
2	-120.0	31.0
3	120.0	31.0
4	120.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-110.0	5.5	20
2	110.0	5.5	20
3	-115.0	23.0	20
4	105.0	23.0	20
5	-105.0	23.0	24
6	115.0	23.0	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	9	20
2	3	4	10	20
3	5	6	10	24

#### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

1                    0.00                    -588.00                    0.00                    0.00                    0.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N                    Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx                    Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My                    Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-456.00	0.00

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N                    Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx                    Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My                    Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-360.00 (-161.66)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N                    Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx                    Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My                    Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-144.00 (-161.66)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:                    3.8    cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali:                    7.8    cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver                    S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N                    Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx                    Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My                    Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N ult                    Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx ult                    Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My ult                    Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic.                    Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa                    Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-588.00	0.00	0.00	-701.35	0.49	1.193	92.0(12.7)

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

	ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione								
	ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace								
	Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)								
	Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)								
	es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)								
	Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)								
	Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)								
	es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)								
	Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)								
	Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)								
N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00264	120.0	0.0	0.00098	110.0	5.5	-0.00716	-115.0	23.0

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

	a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.				
	x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)				
	C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				
N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.	
1	0.000000509	-0.000458080	0.003438866	0.328	0.851	

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

	Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata									
	Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]									
	Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)									
	Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]									
	Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)									
	Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre									
	As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure									
	D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure									
	Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$									
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	15.50	120.0	0.0	-261.5	-115.0	23.0	2400	92.0	10.0	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	12.24	120.0	0.0	-206.5	-115.0	23.0	2400	92.0	10.0	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

	Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$									
	S1	Esito della verifica									
	S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata									
	k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata									
	k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata									
	Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica									
	Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff									
	Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa									
	e sm	= $1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]									
	srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi									
	wk	Distanza media tra le fessure [mm]									
	MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$ . Valore limite tra parentesi									
		Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]									

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

MY fess.		Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]										Mx fess	My fess
Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk			
1	S	-7.5	0	0.125	22	40.0	0.798	0.00078 (0.00039)	129	0.172 (0.30)		-161.66	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.90	120.0	0.0	-82.6	-115.0	23.0	2400	92.0	10.0	0.50

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.0	0	0.125	22	40.0	0.370	0.00016 (0.00016)	129	0.034 (0.20)	-161.66	0.00

### Sezione corrente – Verifiche in direzione longitudinale (M11+)

Si considera una sezione di larghezza unitaria.

L'altezza della sezione di verifica è pari a 28 cm, ovvero ci si riferisce al giunto tra due predelle successive in cui ha senso investigare i fenomeni di fessurazione in direzione longitudinale.

L'armatura in zona tesa e compressa è costituita da  $\phi 20/20$ .

#### DATI GENERALI SEZIONE IN C.A. CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C35/45

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	28.0
3	50.0	28.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	6.0	20
2	40.0	6.0	20
3	-40.0	22.0	20
4	40.0	22.0	20

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen. N°Barra Ini. N°Barra Fin. N°Barre Ø

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

1	1	2	3	20
2	3	4	3	20

#### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	82.00	0.00	0.00	0.00

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	61.00	0.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	45.00 (50.99)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	14.0 cm

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	82.00	0.00	0.00	130.08	0.00	1.586	15.7(4.6)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00474	-50.0	28.0	-0.00062	-40.0	22.0	-0.01161	-40.0	6.0

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000686605	-0.015724948	0.232	0.730

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1*Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	7.33	-50.0	28.0	-204.1	20.0	6.0	1000	15.7	16.0	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.41	-50.0	28.0	-150.6	20.0	6.0	1000	15.7	16.0	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$ Esito della verifica
S1	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	$= 1 - Beta12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 * (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite =  $0.4 \cdot S_s / E_s$  è tra parentesi  
 srm Distanza media tra le fessure [mm]  
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure =  $1.7 \cdot e \text{ sm} \cdot \text{srm}$ . Valore limite tra parentesi  
 MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.0	0	0.125	20	50.0	-0.284	0.00029 (0.00029)	196	0.095 (0.30)	50.99	0.00

### Sezione di testata – Campata – Verifiche in direzione trasversale (M22+)

Si considera una sezione di larghezza pari a quella delle predalle (B = 2.40 m).

L'altezza della sezione è pari a 31 cm.

L'armatura in zona tesa è costituita da 23 $\phi$ 20 (nella predalla) +  $\phi$ 20/10 (nel getto in opera).

L'armatura in zona compressa è costituita da  $\phi$ 20/20.

#### DATI GENERALI SEZIONE IN C.A. CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C35/45	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-120.0	0.0
2	-120.0	31.0
3	120.0	31.0
4	120.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-110.0	5.5	20
2	110.0	5.5	20
3	-110.0	23.0	20
4	110.0	23.0	20
5	-110.0	8.2	20
6	110.0	8.2	20

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	21	20
2	3	4	10	20
3	5	6	21	20

#### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	972.00	0.00	0.00	0.00

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	720.00	0.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	513.60 (184.02)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	0.7 cm

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	972.00	0.00	0.00	1050.72	0.00	1.081	144.5(12.5)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00031	-120.0	31.0	0.00121	-110.0	23.0	-0.00381	-110.0	5.5

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000286796	-0.005390676	0.479	1.000

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	20.49	-120.0	31.0	-287.3	-70.0	5.5	2160	144.5	2.7	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	14.62	-120.0	31.0	-204.9	100.0	5.5	2160	144.5	2.7	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	= $1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
srn	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srn$ . Valore limite tra parentesi
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-9.4	0	0.125	20	45.0	0.872	0.00085 (0.00039)	110	0.160 (0.30)	184.02	0.00

### Sezione di testata – Sbalzo – Verifiche in direzione trasversale (M22-)

Si considera una sezione di larghezza pari a quella delle predalle (B = 2.40 m).

L'altezza della sezione di verifica è pari a 31 cm.

L'armatura in zona tesa è costituita da  $\phi 20/20 + 2\phi 24/20$  accoppiati

L'armatura in zona compressa è costituita da 11 $\phi 20$  (nella predalla).

#### DATI GENERALI SEZIONE IN C.A. CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C35/45

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-120.0	0.0
2	-120.0	31.0
3	120.0	31.0
4	120.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-110.0	5.5	20
2	110.0	5.5	20
3	-115.0	23.0	20
4	105.0	23.0	20
5	-105.0	23.0	34
6	115.0	23.0	34

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N° Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N° Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N° Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N° Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N° Gen.	N° Barra Ini.	N° Barra Fin.	N° Barre	Ø
1	1	2	9	20
2	3	4	10	20
3	5	6	10	34

#### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-986.40	0.00	0.00	0.00

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-732.00	0.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-566.40 (-175.66)	0.00 (0.00)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-144.00 (-175.66)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.3 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature [cm<sup>2</sup>] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-986.40	0.00	0.00	-1046.24		0.35	1.061 146.6(12.7)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00066	120.0	0.0	0.00181	110.0	5.5	-0.00376	-115.0	23.0

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000001120	-0.000304331	0.003365550	0.482	1.000

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure  
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure  
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1\*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	22.21	120.0	0.0	-274.7	-115.0	23.0	2175	146.6	10.0	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	17.19	120.0	0.0	-212.6	-115.0	23.0	2175	146.6	10.0	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
 Esito della verifica

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

S1	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	$= 1 - \text{Beta}12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (fctm/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (Mfess/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
srm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$ . Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-10.8	0	0.125	29	40.0	0.904	0.00091 (0.00040)	121	0.189 (0.30)	-175.66	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.37	120.0	0.0	-54.0	-115.0	23.0	2175	146.6	10.0	0.50

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.7	0	0.125	29	40.0	0.256	0.00010 (0.00010)	121	0.021 (0.20)	-175.66	0.00

### Sezione di testata – Verifiche in direzione longitudinale (M11-)

Si considera una sezione di larghezza unitaria.

L'altezza della sezione di verifica è pari a 24 cm.

L'armatura in zona tesa è costituita da  $\phi 20/20$ .

L'armatura in zona compressa è costituita da  $\phi 20/20$ .

#### DATI GENERALI SEZIONE IN C.A. CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C35/45

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	24.0
3	50.0	24.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	2.0	20
2	40.0	2.0	20
3	-40.0	18.0	20
4	40.0	18.0	20

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	20
2	3	4	3	20

#### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-64.00	0.00	0.00	0.00

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-48.00	0.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-37.00 (-39.93)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 1.0 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.0 cm

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature [cm<sup>2</sup>] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-64.00	0.00	0.00	-102.15	0.00	1.596	15.7(3.9)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01113	-50.0	0.0	0.00066	-40.0	2.0	-0.02209	40.0	18.0

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.001421929	0.003500000	0.137	0.700

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure  
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure  
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre  $Beta1*Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	6.50	-50.0	0.0	-191.2	20.0	18.0	900	15.7	16.0	1.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.01	-50.0	0.0	-147.4	20.0	18.0	900	15.7	16.0	1.00

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

		La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$										
Ver.		Esito della verifica										
S1		Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata										
S2		Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata										
k2		= 0.4 per barre ad aderenza migliorata										
k3		= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica										
Ø		Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace $A_c$ eff										
Cf		Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa										
Psi		= $1 - \beta_1 \cdot 12 \cdot (S_{sr}/S_s)^2 = 1 - \beta_1 \cdot 12 \cdot (f_{ctm}/S_2)^2 = 1 - \beta_1 \cdot 12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]										
e sm		Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot S_s/E_s$ è tra parentesi										
srm		Distanza media tra le fessure [mm]										
wk		Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot s_m$ . Valore limite tra parentesi										
MX fess.		Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]										
MY fess.		Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]										

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.1	0	0.125	20	50.0	-0.164	0.00028 (0.00028)	189	0.090 (0.30)	-39.93	0.00

### Verifiche a taglio in direzione trasversale (V23)

Si considera una sezione di larghezza pari a quella delle predalle  $B = 2.40$  m.

L'armatura a taglio è costituita dalle diagonali dei tralicci  $\phi 10/10$ , posizionati sugli sbalzi a passo 40 cm.

La resistenza a taglio risulta pari a:

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

### VERIFICHE SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI

Dati	Var	unità	
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	45
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	35
Coefficiente parziale $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50
Coefficiente parziale $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	19.8
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3
<b>Caratteristiche geometriche sezione</b>			
Altezza	H	m	0.31
Larghezza	B	m	2.40
Area calcestruzzo	Ac	m <sup>2</sup>	0.74
Larghezza anima copriferro	bw	m	2.40
altezza utile della sezione	c	m	0.082
	d	m	0.23
<b>Compressione agente nella sezione</b>			
Sforzo normale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	kN	0.0
<b>Elementi con armature trasversali resistenti al taglio</b>			
<i>Verifica del conglomerato</i>			
Resistenza a taglio del conglomerato	V <sub>Rcd</sub>	kN	3255.8
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>			
diametro staffe	fsw	mm	10
passo staffe	scp	m	0.10
numero di bracci	nb		12
Armatura a taglio (staffe)	Asw	mmq	942
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	deg	60
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	$\theta$	deg	20.8
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	kPa	0
coefficiente alpha	$\alpha_c$		1.00
Resistenza a "taglio trazione"	V <sub>Rs</sub>	kN	2103.7
Resistenza a "taglio compressione"	V <sub>Rcd</sub>	kN	1976.8
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>1976.8</b>

La verifica è soddisfatta essendo VRdu >> VEdu.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

## 7 ANALISI E VERIFICA DELLE SPALLE

Le analisi e verifiche delle spalle sono state effettuate attraverso l'implementazione di specifici fogli di calcolo di excel e del software di calcolo ParatiePlus.

I tabulati di calcolo sono riportati in allegato.

La Spalla A risulta maggiormente sollecitata perchè allineamento fisso per azioni orizzontali longitudinali.

Di seguito si riporta la sezione longitudinale della struttura con l'individuazione della sistemazione idraulica di progetto:

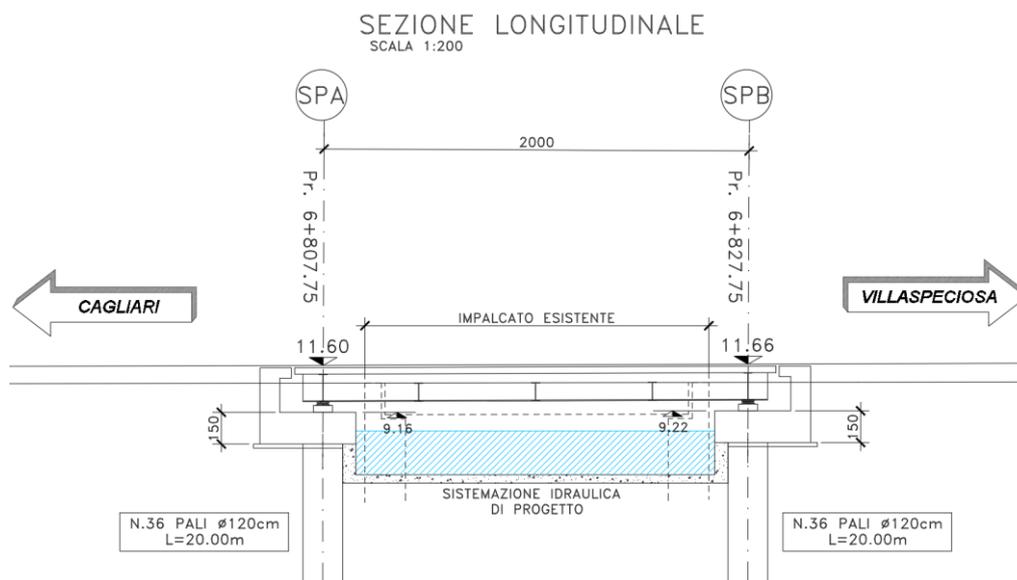


Figura 7.1. Sezione longitudinale PO02

Le spalle passanti di cui trattasi, sono costituite dal plinto di fondazione su una fila di pali accostati, paraghiaia e baggioli sui quali poggia l'impalcato. Per ripartire sui pali le sollecitazioni provenienti dagli appoggi dell'impalcato e per tenere conto delle spinte esercitate dal terreno a tergo a seguito dello scavo per la realizzazione della sistemazione idraulica di progetto, è stato implementato un modello mediante il software ParatiePlus, di seguito illustrato.

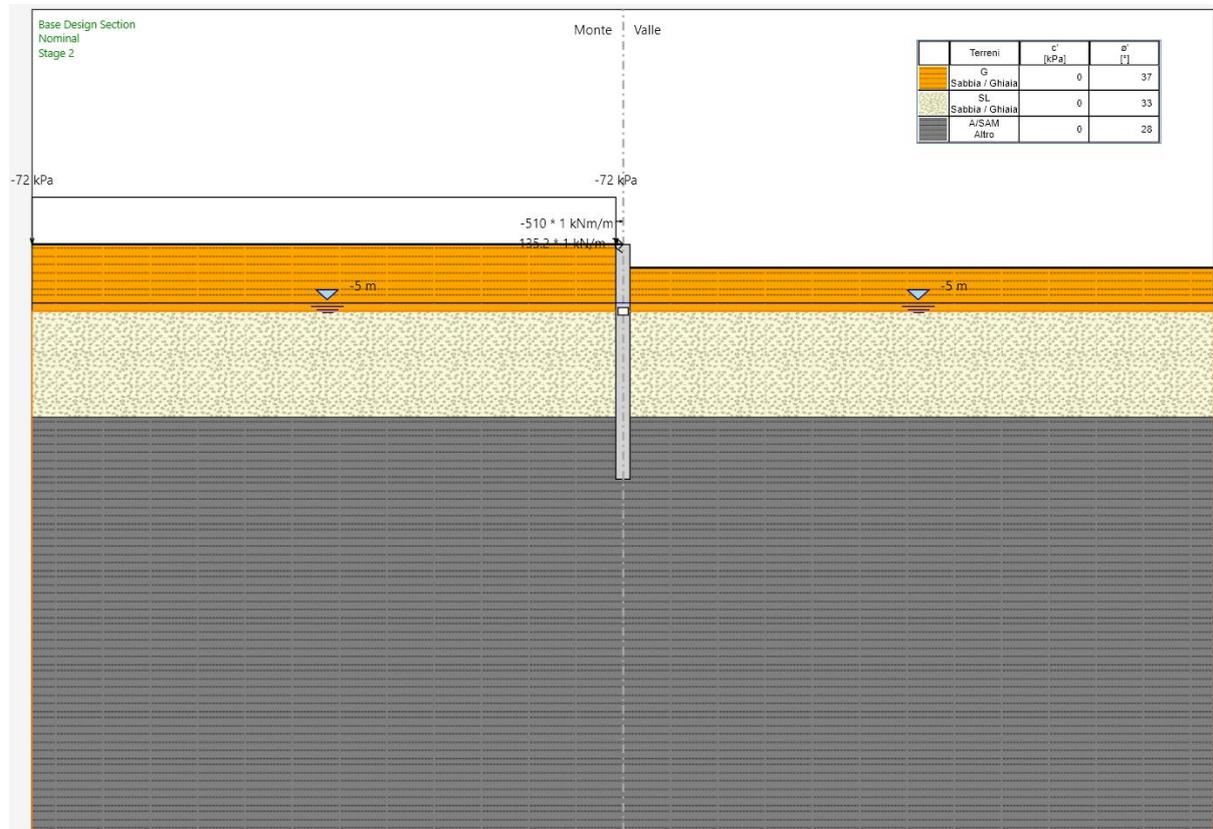


Figura 7.2. Schema di calcolo

## 7.1 Analisi della palificata

Il calcolo delle sollecitazioni in fondazione delle spalle è stato effettuato facendo riferimento ad un sistema di coordinate ortogonali destrogiro, avente origine in corrispondenza del filo di monte del plinto di fondazione (a metà del lato posto lungo la direzione trasversale al ponte), a livello dell'intradosso del plinto stesso, asse x parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato ed asse z diretto verso il basso.

Le azioni orizzontali ( $F_x$  ed  $F_y$ ) e verticali ( $F_z$ ) si assumono positive se di verso concorde con quello degli assi. Si indicheranno inoltre con  $M_x$  i momenti aventi asse-momento parallelo all'asse x (momenti trasversali) e con  $M_y$  (momenti longitudinali) i momenti aventi asse-momento parallelo all'asse y. I momenti si assumono positivi se di senso antiorario rispetto all'asse-momento cui si riferiscono.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

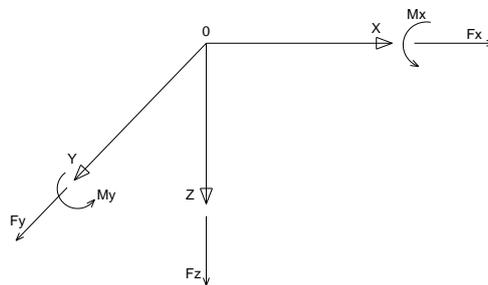


Figura 7.3. Sistema di riferimento

Le azioni trasmesse al baricentro della palificata, sono state determinate con riferimento alle singole condizioni di carico elementari e successivamente combinate.

Le azioni trasmesse dall'impalcato sono valutate in asse appoggi, alla quota di intradosso delle travi; successivamente vengono calcolate le azioni elementari al baricentro della palificata considerando i contributi dovuti al trasporto.

In particolare, le azioni  $F_x$  e  $M_y$  dell'intera palificata sono state applicate in testa alla paratia costituita dai pali accostati:

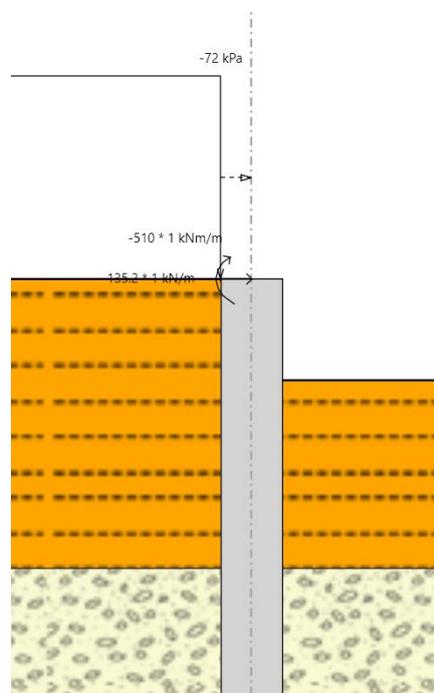


Figura 7.4. Dettaglio modello ParatiePlus con applicazione dei carichi in testa alla paratia

Le restanti sollecitazioni provenienti dall'impalcato sono state adeguatamente ripartite su ogni palo della palificata direttamente sul foglio di calcolo.

I coefficienti moltiplicativi delle singole condizioni elementari, relativi alle combinazioni di carico SLU ed SLE considerate sono chiaramente illustrati nei tabulati.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Le forze d'inerzia agenti sulla massa della spalla e del terreno presenti sulla zattera di fondazione sono state determinate considerando un'accelerazione pari ad  $a_g \times S$ , in virtù dell'elevata rigidità della spalla.

I criteri seguiti per la risoluzione della palificata e per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione massime agenti sui pali di fondazione sono stati precedentemente illustrati.

Di seguito si riepilogano gli inviluppi delle azioni massime e minime agenti in testa ai pali di fondazione:

RIEPILOGO AZIONI IN TESTA AI PALI		ENV	SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Azione assiale massima (compressione)	Nmax	1424	1424	758	1054	962	707
Azione assiale minima	Nmin	656	1074	656	797	704	707
Azione trasversale massima	Vmax	261	261	176	196	162	121
Azione trasversale massima	Mmax	1023	1023	976	752	883	883
<b>Risultati ParatiePlus</b>							
	M long (kNm/m)		1268.2	1001.3	975.5	975.5	975.5
	V long (kN/m)		279.9	220.3	215.3	215.3	215.3
	M long (kNm)		1839	1452	1414	1414	1414
	V long (kN)		406	319	312	312	312

## 7.2 Caratteristiche della sollecitazione per verifiche pali di fondazione

Le caratteristiche della sollecitazione prese in conto per le verifiche dei pali di fondazione sono le seguenti:

RIEPILOGO CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONI MASSIME SUI I		SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP	
Sforzo normale massimo	Nmax	kN	1424	758	1054	962	707
Sforzo normale minimo	Nmin	kN	1074	656	797	704	707
Momento flettente massimo - 1° gabbia	Mmax_1a	kNm	2104	1750	1602	1668	1668
Sforzo di taglio massimo - 1° gabbia	Vmax_1a	kN	483	365	369	352	335

## 7.3 Verifiche di resistenza dei pali di fondazione

I pali di fondazione delle spalle saranno armati come segue:

1° gabbia:

- Armature longitudinali:  $24\phi 26 + 24\phi 26$  accoppiati (rinforzo solo per i primi 6.0 m);
- Armature trasversali: spirale  $\phi 12/10$ .

Di seguito si riportano le verifiche a pressoflessione e taglio relative alle prima gabbia. Nelle verifiche si considerano 24 barre di diametro equivalente pari a  $d_{eq} = 26 \times 2^{0.5} = 36.77$  mm:

### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare  
Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 60.0 cm  
X centro circ.: 0.0 cm  
Y centro circ.: 0.0 cm

### DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N° Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre  
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

N°Barre  
Ø

Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza  
Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	49.5	24	36.8

#### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm  
 Passo staffe: 10.0 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1424.00	2104.00	0.00	483.00	0.00
2	1074.00	2104.00	0.00	483.00	0.00
3	1328.00	2104.00	0.00	483.00	0.00
4	758.00	1750.00	0.00	365.00	0.00
5	656.00	1750.00	0.00	365.00	0.00
6	720.00	1750.00	0.00	365.00	0.00

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1054.00	1602.00	0.00
2	797.00	1602.00	0.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	962.00	1668.00 (700.20)	0.00 (0.00)
2	704.00	1668.00 (681.16)	0.00 (0.00)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	707.00	1668.00 (681.38)	0.00 (0.00)

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

2                      707.00                      1668.00 (681.38)                      0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:                      8.7 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali:                      9.2 cm  
 Copriferro netto minimo staffe:                      7.5 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver                      S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N                      Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls (positivo se di compressione)  
 Mx                      Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My                      Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res                      Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls (positivo se di compress.)  
 Mx Res                      Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res                      Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic.                      Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
                                          Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
 As Totale                      Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	1424.00	2104.00	0.00	1423.77	4284.63	0.00	2.04	255.3(33.9)
2	S	1074.00	2104.00	0.00	1074.19	4218.35	0.00	2.00	255.3(33.9)
3	S	1328.00	2104.00	0.00	1327.86	4266.55	0.00	2.03	255.3(33.9)
4	S	758.00	1750.00	0.00	758.11	4157.60	0.00	2.38	255.3(33.9)
5	S	656.00	1750.00	0.00	656.01	4137.83	0.00	2.36	255.3(33.9)
6	S	720.00	1750.00	0.00	719.85	4150.20	0.00	2.37	255.3(33.9)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max                      Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 Xc max                      Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 Xc max                      Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max                      Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min                      Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min                      Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys min                      Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max                      Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max                      Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max                      Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	60.0	0.00263	0.0	49.5	-0.00551	0.0	-49.5
2	0.00350	0.0	60.0	0.00261	0.0	49.5	-0.00578	0.0	-49.5
3	0.00350	0.0	60.0	0.00263	0.0	49.5	-0.00558	0.0	-49.5
4	0.00350	0.0	60.0	0.00258	0.0	49.5	-0.00604	0.0	-49.5
5	0.00350	0.0	60.0	0.00257	0.0	49.5	-0.00613	0.0	-49.5
6	0.00350	0.0	60.0	0.00258	0.0	49.5	-0.00608	0.0	-49.5

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c                      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d                      Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
 C.Rid.                      Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000082275	-0.001436497	----	----
2	0.000000000	0.000084822	-0.001589342	----	----
3	0.000000000	0.000082965	-0.001477898	----	----
4	0.000000000	0.000087200	-0.001731978	----	----
5	0.000000000	0.000087979	-0.001778768	----	----
6	0.000000000	0.000087493	-0.001749560	----	----

#### VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:                      12 mm

<b>S.S. 130 "Iglesiente"</b> Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezi. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
 Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) NTC]  
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
 ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	483.00	2356.54	1809.01	95.3  81.8	108.4	2.500	1.089	6.0	22.6(0.0)
2	S	483.00	2324.42	1819.74	95.3  82.2	108.5	2.500	1.067	6.0	22.6(0.0)
3	S	483.00	2347.83	1811.98	95.3  81.9	108.4	2.500	1.083	6.0	22.6(0.0)
4	S	365.00	2294.55	1829.20	95.3  82.7	108.6	2.500	1.047	4.5	22.6(0.0)
5	S	365.00	2268.02	1840.33	95.8  83.2	107.3	2.500	1.041	4.5	22.6(0.0)
6	S	365.00	2290.92	1830.33	95.3  82.7	108.6	2.500	1.045	4.5	22.6(0.0)

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	9.59	0.0	0.0	-171.2	0.0	-49.5	1563	53.2
2	S	9.53	0.0	0.0	-181.7	0.0	-49.5	1611	53.2

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	9.95	0.0	0.0	-183.7	0.0	-49.5	1563	53.2
2	S	9.88	0.0	0.0	-194.3	0.0	-49.5	1611	53.2

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta come fessurata solo se la trazione nel calcestruzzo supera fctm in almeno una combinazione  
 Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2\*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max\*(e\_sm - e\_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00103	0	0.500	36.8	57	0.00061 (0.00052)	378	0.231 (0.40)	700.20	0.00
2	S	-0.00108	0	0.500	36.8	57	0.00066 (0.00056)	383	0.251 (0.40)	681.16	0.00

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	9.88	0.0	0.0	-194.2	0.0	-49.5	1611	53.2
2	S	9.88	0.0	0.0	-194.2	0.0	-49.5	1611	53.2

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	∅	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00108	0	0.500	36.8	57	0.00074 (0.00055)	383	0.285 (0.30)	681.38	0.00
2	S	-0.00108	0	0.500	36.8	57	0.00074 (0.00055)	383	0.285 (0.30)	681.38	0.00

**Come è possibile evincere tutte le verifiche agli SLU ed SLE sono soddisfatte.**

### 7.4 Dimensionamento delle singole membrature delle spalle

Il dimensionamento delle singole membrature è stato effettuato attraverso la risoluzione di schemi locali appresso dettagliati.

In tutti i casi, le verifiche a fessurazione sono state effettuate per via indiretta confrontando le tensioni agenti sull'acciaio con le tensioni ammissibili funzione dell'aggressività dell'ambiente e del diametro delle barre adottate.

I risultati delle verifiche sono riportate tra gli allegati.

**Come è possibile evincere tutte le verifiche sono soddisfatte.**

#### 7.4.1 Paraghiaia

La verifica del Paraghiaia è stata effettuata considerando le sollecitazioni derivanti dal peso proprio, dalla spinta delle terre, dalle spinte esercitate dal sovraccarico accidentale sul terrapieno, da un asse di carico  $Q_{1k}$  da 300 kN supposto agente in testa al paraghiaia e da una forza di frenatura convenzionale pari a 180 kN (60% di  $Q_{1k}$ ) sempre applicata in testa al paraghiaia (vedi figura seguente).

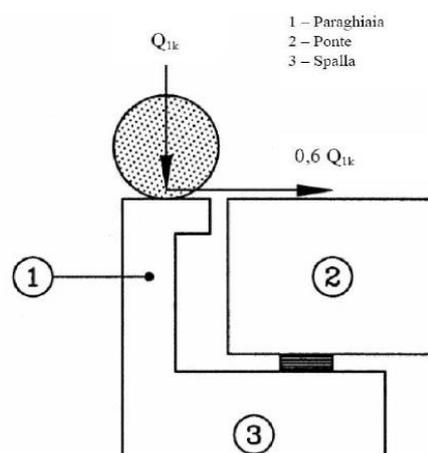


Figura 7.5. Carichi da traffico su muri paraghiaia

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

Inoltre, sono state valutate le sollecitazioni relative alla fase sismica, generate dalle forze inerziali, dall'incremento di spinta delle terre e dalle azioni direttamente trasmesse dal ritegno longitudinale.

La spinta delle terre in condizioni di esercizio, è stata valutata con riferimento al coefficiente di spinta a riposo  $K_0$ .

Conformemente alle circolari alle NTC2018 (§C.5.1.3.3.5.1), il sovraccarico accidentale da traffico è costituito dal carico  $Q_{ik}$  supposto distribuito su un impronta di  $3.0 \times 2.20$ .

Questo carico è stato supposto diffuso a  $30^\circ$  lungo il terrapieno fino alla base del paraghiaia.

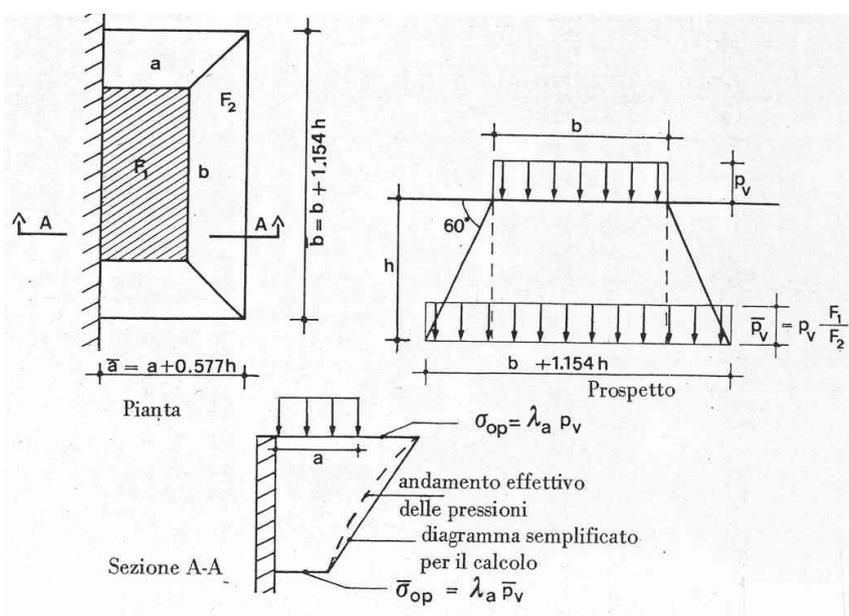


Figura 7.6. Schema di diffusione del sovraccarico accidentale.

La pressione dovuta al sovraccarico quindi decresce come indicato nella sezione A-A di Figura 7.6, interessando però una larghezza sempre maggiore di paraghiaia. Considerando il contributo di una sola colonna di carico, la larghezza collaborante di muro è pari a  $(b + 1.154h + 2.00)$ .

#### 7.4.2 Muri di risvolto

Il calcolo è relativo al muro di maggiore altezza. Lo schema di calcolo adottato è quello di piastre rettangolari incastrate alla base in corrispondenza della zattera di fondazione e su un lato in corrispondenza del muro frontale. I muri sono soggetti alla spinta delle terre, alle spinte dovute ai sovraccarichi accidentali sul terrapieno in esercizio, ed alle forze inerziali ed all'incremento di spinta delle terre in fase sismica.

Il calcolo delle sollecitazioni generate dalla spinta delle terre, dal sovraccarico accidentale, ipotizzato presente a livello del piano viario, e dal sisma, è stato effettuato utilizzando le tabelle proposte da R.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

Bares nel testo "Calcolo di Lastre e Piastre con la teoria elastica lineare" (vedi Tab. 1.41 – 1.97). Il calcolo della spinta delle terre è stato condotto con riferimento al coefficiente di spinta a riposo  $k_0$ .

Nel caso in cui è presente una bandiera all'estremità verticale libera del muro si considerano i momenti orizzontali trasmessi al muro di risvolto, valutati con schema di trave a mensola:

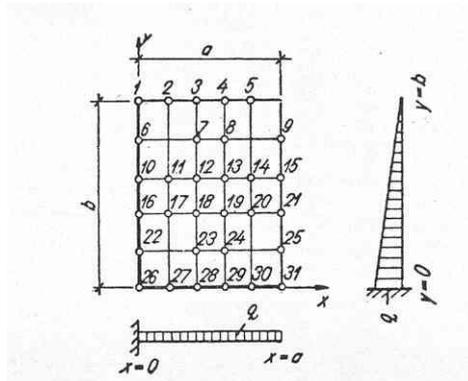


Figura 7.7. Schema di calcolo piastra e punti notevoli (Carico variabile linearmente con la profondità).

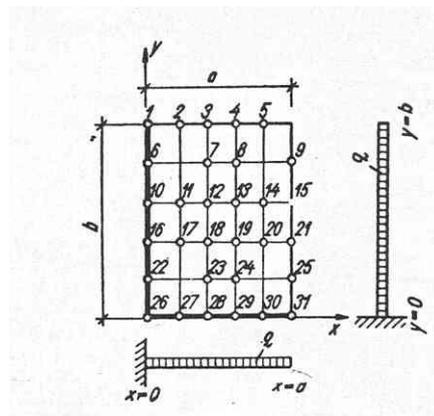


Figura 7.8. Schema di calcolo piastra e punti notevoli (Carico uniformemente ripartito).

### 7.4.3 Verifiche di resistenza a taglio

Le verifiche a taglio sono state condotte per tutte le membrature, ad eccezione delle mensole anteriori delle spalle, caratterizzate da comportamento a mensola tozza.

I tagli di calcolo sono stati confrontati con le resistenze delle singole membrature, valutate in assenza di specifiche armature trasversali; laddove la verifica fornisce esito negativo, sono state dimensionate le armature trasversali in grado di garantire la soddisfazione delle verifiche.

Come possibile evincere dai tabulati in allegato, le verifiche in assenza di armature trasversali del paraghiaia sono positive.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b><i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i></b>	

S.S. 130 "Iglesiente"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

## 8 VERIFICHE DISPOSITIVI DI APPOGGIO E GIUNTI DI DILATAZIONE

### 8.1 Apparecchi di appoggio

#### 8.1.1 Carichi verticali trasmessi dall'impalcato

I carichi verticali sono stati valutati con i specifici modelli di calcolo utilizzati per il dimensionamento dell'impalcato.

Di seguito si riepilogano i carichi verticali trasmessi agli appoggi per ciascuna azione elementare, e la successiva combinazione secondo quanto precedentemente illustrato:

#### CARICHI VERTICALI TRASMESSI AGLI APPARECCHI DI APPOGGIO

##### Carichi trasmessi agli appoggi - Condizioni di carico elementari

Condizione n.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili Max	Carichi mobili Min
SPA	678.1	278.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.6	1216.0	
SPB	677.9	278.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.6	1216.0	

##### Carichi trasmessi agli appoggi - Combinazioni

Fattori moltiplicativi

Combinazione n.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PERMANENTI	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLE-RARA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60	0.60	1.00	1.00
SLU-STR	1.35	1.35	1.20	1.20	1.20	0.72	0.90	0.90	1.35	1.35
SLU-SIS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Carichi trasmessi agli appoggi

Combinazione SLE-PERMANENTI												MAX	MIN	
Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili	Carichi mobili	Sommano	Sommano	Sommano	Sommano
SPA	678.1	278.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	956.4	956.4	956.4	956.4
SPB	677.9	278.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	956.2	956.2	956.2	956.2

##### Combinazione SLE-RARA

Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili	Carichi mobili	Sommano	Sommano	Sommano	Sommano
SPA	678.1	278.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.6	1216.0	0.0	2210.0	918.9	2210.0	918.9
SPB	677.9	278.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.6	1216.0	0.0	2209.8	918.7	2209.8	918.7

##### Combinazione SLU-STR

Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili	Carichi mobili	Sommano	Sommano	Sommano	Sommano
SPA	915.5	375.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	56.3	1641.6	0.0	2989.1	1234.8	2989.1	1234.8
SPB	915.2	375.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	56.3	1641.6	0.0	2988.8	1234.6	2988.8	1234.6

##### Combinazione SLU-SIS

Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili (max)	Carichi mobili (max)	Sommano	Sommano	Sommano	Sommano
SPA	678.1	278.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	956.4	956.4	956.4	956.4
SPB	677.9	278.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	956.2	956.2	956.2	956.2

I carichi verticali sono ampiamente compatibili con le resistenze Fzd dei dispositivi di appoggio previsti.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

### 8.1.2 Carichi orizzontali trasmessi dall'impalcato

I carichi orizzontali sono stati valutati con lo specifico foglio di calcolo utilizzato per il dimensionamento delle sottostrutture.

I carichi massimi SLU sugli appoggi reagenti alle azioni orizzontali, sono relativi alla combinazione sismica.

Di seguito si riepilogano i carichi orizzontali longitudinali e trasversali trasmessi agli appoggi per ciascuna azione elementare significativa, e la successiva combinazione secondo quanto precedentemente illustrato:

<b>CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI TRASMESSI AGLI APPARECCHI DI APPOGGIO</b>						
<b>Carichi trasmessi agli appoggi - Condizioni di carico elementari</b>						
		1	2	3		
		Sisma trasversale	Sisma longitudinale	Forze Parassite		
VL	Alineamenti					
trave ext	500	SPA	153.0	149.9		
	600	SPB		149.9		
trave int	500	SPA	153.0	149.9		
	600	SPB		149.9		
<b>Carichi trasmessi agli appoggi - Combinazioni</b>						
Fattori moltiplicativi						
Combinazione n.						
	SLU-SIS X	0.30	1.00	1.00		
Carichi trasmessi agli appoggi						
<b>Combinazione SLU-SIS X</b>						
		Sisma trasversale	Sisma longitudinale	Forze Parassite	Sommano	
VL	Alineamenti					
trave ext	500	SPA	0.0	153.0	149.9	<b>302.9</b>
	600	SPB	0.0	0.0	149.9	<b>149.9</b>
trave int	500	SPA	0.0	153.0	149.9	<b>302.9</b>
	600	SPB	0.0	0.0	149.9	<b>149.9</b>

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

<b>CARICHI ORIZZONTALI <span style="color: red;">TRASVERSALI</span> TRASMESSI AGLI APPARECCHI DI APPOGGIO</b>							
<b>Carichi trasmessi agli appoggi - Condizioni di carico elementari</b>							
		1		2		3	
		Sisma		Sisma		Forze	
<b>VT</b>		Allineamenti		trasversale		longitudinale	
				Parassite			
trave trave ext	500	SPA					
	600	SPB					
trave int	500	SPA	76.5				
	600	SPB	76.5				
<b>Carichi trasmessi agli appoggi - Combinazioni</b>							
Fattori moltiplicativi							
		Combinazione n.					
		SLU-SIS Y		1.00	0.30	1.00	
Carichi trasmessi agli appoggi							
<b>Combinazione SLU-SIS Y</b>							
		Sisma		Sisma		Forze	
		Allineamenti		trasversale		longitudinale	
				Parassite		Sommano	
trave trave ext	500	SPA	0.0	0.0	0.0		<b>0.0</b>
	600	SPB	0.0	0.0	0.0		<b>0.0</b>
trave int	500	SPA	76.5	0.0		0.0	
	600	SPB	76.5	0.0		0.0	

## 8.2 Escursioni degli apparecchi di appoggio e dei giunti di dilatazione

Le escursioni longitudinali dell'impalcato considerate per il dimensionamento di apparecchi di appoggio e giunti di dilatazione fanno riferimento alla norma EN 1991-1-5. In particolare, si considera un variazione termica aggiuntiva di  $\pm 20^\circ$ :

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Dati	Var	unità	SP
Distanza tra punto fisso e giunto di dilatazione	DL	m	21.50
Tipologia di impalcato	Type		2
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha$		1.00E-05
Temperatura iniziale	T0		15
Temperatura massima dell'aria all'ombra al livello del mare	Tmax	[°]	41.43
Temperatura minima dell'aria all'ombra al livello del mare	Tmin	[°]	-7.59
altitudine del sito sul livello del mare	as	m	25
Zona climatica	Z		II
deformazione totale finale per ritiro	$\epsilon_{CS}$		0.00015

Risultati	Var	unità	
Temperatura massima dell'aria all'ombra alla quota as	Tmax	[°]	41.4
Temperatura minima dell'aria all'ombra alla quota as	Tmin	[°]	-7.7
Temperatura massima del ponte	Te,max	[°]	45.4
Temperatura minima del ponte	Te,min	[°]	-3.7
Massima variazione termica in contrazione: $DTN,con = T0 - Te,min$	$\Delta TN,con$	[°]	18.7
Massima variazione termica in espansione: $DTN,exp = Te,max - T0$	$\Delta TN,exp$	[°]	30.4
Variazione termica complessiva: $DTn = Te,max - Te,min$	$\Delta TN$	[°]	49.1
Massima variazione termica in contrazione per scorrimenti appoggi e giunti:	$\Delta TN,con_g$	[°]	38.7
Massima variazione termica in espansione per scorrimenti appoggi e giunti:	$\Delta TN,exp_g$	[°]	50.4

Massima contrazione longitudinale per ritiro	$\Delta l_{rit,con}$	mm	-3
Massimo contrazione longitudinale per var. termica uniforme	$\Delta l_{max,con}$	mm	-8
escursione complessiva di contrazione	$\Delta l_{max,con}$	mm	-12
Massima espansione longitudinale per var. termica uniforme	$\Delta l_{max,exp}$	mm	11
escursione complessiva longitudinale	$\Delta l_{tot}$	mm	22
escursione complessiva longitudinale di progetto	$\Delta l_{tot}$	mm	50

In accordo alla normativa EN 1337 si adotta per gli apparecchi di appoggio una corsa minima di 100 mm in direzione longitudinale.

### 8.3 Riepilogo caratteristiche di progetto dispositivi di vincolo e giunti

Di seguito si riepilogano le caratteristiche di progetto prescritte per gli apparecchi di appoggio e per i giunti di dilatazione:

#### LEGENDA

##### APPARECCHI DI APPOGGIO IN ACCIAIO-TEFLON A DISCO ELASTOMERICO CONFINATO

VF	APPARECCHIO FISSO
VUT	APPARECCHIO UNI TRASVERSALE
VUL	APPARECCHIO UNI LONGITUDINALE
VM	APPARECCHIO MOBILE

##### CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI APPARECCHI DI APPOGGIO

$N_{sd}$ SLU	MASSIMO CARICO VERTICALE SLU
$V_l$ SLU	MASSIMO CARICO ORIZZONTALE LONGITUDINALE SLU
$V_t$ SLU	MASSIMO CARICO ORIZZONTALE TRASVERSALE SLU
$S_{long}$	SCORRIMENTO IN DIREZIONE LONGITUDINALE
$S_{trasv}$	SCORRIMENTO IN DIREZIONE TRASVERSALE

##### CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI GIUNTI DI DILATAZIONE

$S_{long,tot}$	SCORRIMENTO COMPLESSIVO IN DIREZIONE LONGITUDINALE
$S_{trasv,tot}$	SCORRIMENTO COMPLESSIVO IN DIREZIONE TRASVERSALE
$B_{cord,sx}$ O $B_{cord,sx}$	LARGHEZZA DEL GIUNTO DI DILATAZIONE DI CORDOLO O MARCIAPIEDE IN CORRISPONDENZA ELEMENTO MARGINALE SX O INTERNO
$B_{piat}$	LARGHEZZA DEL GIUNTO DI DILATAZIONE IN ELASTOMERO ARMATO DA DISPORRE IN CORRISPONDENZA PIATTAFORMA STRADALE
$B_{cord,dx}$ O $B_{cord,est}$	LARGHEZZA DEL GIUNTO DI DILATAZIONE DI CORDOLO O MARCIAPIEDE IN CORRISPONDENZA ELEMENTO MARGINALE DX O ESTERNO

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

**PO02 - PONTE RIU SA NUXEDDA - ASSEMINI - CARREGGIATA DESTRA (DIR. VILLASPECIOSA)**

APPARECCHI DI APPOGGIO IN ACCIAIO-TEFLON A DISCO ELASTOMERICO CONFINATO

Allineamento	TRAVI INTERNE							TRAVI ESTERNE						
	Tip	N <sub>s</sub> sl <sub>u</sub> [kN]	VI SL <sub>U</sub> [kN]	Vt SL <sub>U</sub> [kN]	S <sub>long</sub> ± [mm]	S <sub>trasv</sub> ± [mm]	rot [rad]	Tip	N <sub>s</sub> sl <sub>u</sub> [kN]	VI SL <sub>U</sub> [kN]	Vt SL <sub>U</sub> [kN]	S <sub>long</sub> ± [mm]	S <sub>trasv</sub> ± [mm]	rot [rad]
SPA	VF	3500	500	500			0.010	VUT	3500	500			25	0.010
SPB	VUL	3500		500	50		0.010	VM	3500			50	25	0.010

GIUNTI DI DILATAZIONE

Allineamento	S <sub>long</sub> tot [mm]	S <sub>trasv</sub> tot [mm]	B <sub>cord</sub> int [m]	B <sub>plat</sub> [m]	B <sub>cord</sub> est [m]
SPA	50	50	1.17	13.00	1.17
SPB	50	50	1.17	13.00	1.17

**PO02 - PONTE RIU SA NUXEDDA - ASSEMINI - CARREGGIATA CENTRALE (DIR. VILLASPECIOSA)**

APPARECCHI DI APPOGGIO IN ACCIAIO-TEFLON A DISCO ELASTOMERICO CONFINATO

Allineamento	TRAVE SINISTRA							TRAVE DESTRA						
	Tip	N <sub>s</sub> sl <sub>u</sub> [kN]	VI SL <sub>U</sub> [kN]	Vt SL <sub>U</sub> [kN]	S <sub>long</sub> ± [mm]	S <sub>trasv</sub> ± [mm]	rot [rad]	Tip	N <sub>s</sub> sl <sub>u</sub> [kN]	VI SL <sub>U</sub> [kN]	Vt SL <sub>U</sub> [kN]	S <sub>long</sub> ± [mm]	S <sub>trasv</sub> ± [mm]	rot [rad]
SPA	VF	3500	500	500			0.010	VUT	3500	500			25	0.010
SPB	VUL	3500		500	50		0.010	VM	3500			50	25	0.010

GIUNTI DI DILATAZIONE

Allineamento	S <sub>long</sub> tot [mm]	S <sub>trasv</sub> tot [mm]	B <sub>cord</sub> int [m]	B <sub>plat</sub> [m]	B <sub>cord</sub> est [m]
SPA	50	50	1.17	15.20	1.17
SPB	50	50	1.17	15.20	1.17

**PO02 - PONTE RIU SA NUXEDDA - ASSEMINI - CARREGGIATA SINISTRA (DIR. CAGLIARI)**

APPARECCHI DI APPOGGIO IN ACCIAIO-TEFLON A DISCO ELASTOMERICO CONFINATO

Allineamento	TRAVI INTERNE							TRAVI ESTERNE						
	Tip	N <sub>s</sub> sl <sub>u</sub> [kN]	VI SL <sub>U</sub> [kN]	Vt SL <sub>U</sub> [kN]	S <sub>long</sub> ± [mm]	S <sub>trasv</sub> ± [mm]	rot [rad]	Tip	N <sub>s</sub> sl <sub>u</sub> [kN]	VI SL <sub>U</sub> [kN]	Vt SL <sub>U</sub> [kN]	S <sub>long</sub> ± [mm]	S <sub>trasv</sub> ± [mm]	rot [rad]
SPA	VF	3500	500	500			0.010	VUT	3500	500			25	0.010
SPB	VUL	3500		500	50		0.010	VM	3500			50	25	0.010

GIUNTI DI DILATAZIONE

Allineamento	S <sub>long</sub> tot [mm]	S <sub>trasv</sub> tot [mm]	B <sub>cord</sub> int [m]	B <sub>plat</sub> [m]	B <sub>cord</sub> est [m]
SPA	50	50	1.17	15.20	1.17
SPB	50	50	1.17	15.20	1.17

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

## 9 VERIFICHE GEOTECNICHE SLU ED SLE DELLE FONDAZIONI SU PALI

In accordo alle NTC2018 le verifiche SLU di tipo geotecnico (GEO) delle fondazioni su pali sono state effettuate con riferimento ai seguenti stati limite, accertando che la condizione  $E_d \leq R_d$  sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- Collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi dei carichi assiali;
- Collasso per carico limite di sfilamento del palo singolo nei riguardi dei carichi assiali di trazione;
- Collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi dei carichi trasversali;
- Stabilità globale.

Le verifiche di stabilità globale vengono effettuate esclusivamente nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali, mentre vengono omesse per fondazioni che ricadono su aree in piano o a pendenza estremamente modesta.

Le verifiche SLU di tipo strutturale (STR) sono illustrate nei capitoli relativi alle sottostrutture.

### 9.1 Criteri di Calcolo

Le verifiche di stabilità globale vengono effettuate seguendo l'Approccio 1 con la combinazione dei coefficienti parziali (A2, M2, R2) definiti dalle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I delle NTC2018:

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$ .

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	$\gamma_r$	1,0	1,0

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
$\gamma_R$	1,1

Le altre verifiche agli stati limite ultimi finalizzate al dimensionamento geotecnico (carico limite della palificatanei riguardi dei carichi assiali, trasversali e di sfilamento), sono state effettuate riferendosi

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

all'Approccio 2 con i gruppi parziali A1, M1, R3 definiti dalle tabelle 6.2.I, 6.2.II, precedentemente illustrate, 6.4.II e 6.4.VI:

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
	$\gamma_R$			
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15
Totale $\gamma$	$\gamma$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,25	1,25	1,25

<sup>1)</sup> da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Tab. 6.4.VI - Coefficiente parziale  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

Coefficiente parziale (R3)
$\gamma_T = 1,3$

### 9.1.1 Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico assiale di compressione

Deve essere:

$$Fcd \leq Rcd$$

Dove:

$Fcd$  è il carico assiale di compressione assunto in progetto nelle verifiche allo SLU agente sul palo singolo;

$Rcd$  la Resistenza di progetto allo SLU per il palo singolo fornita dalla seguente espressione:

$$Rcd = Rbd + Rsd - Wp$$

Essendo:

$Rbd = Rbk / \gamma_b$  la resistenza alla base di progetto;

$Rsd = Rsk / \gamma_s$  la resistenza laterale di progetto;

$Wp$  il peso del palo alleggerito;

$\gamma_b, \gamma_s$  coefficienti di sicurezza parziali da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali, forniti dalla Tab. 6.4.II delle NTC2018 precedentemente illustrata;

$Rbk = \text{Min} [ (Rbc, cal)_{media} / \xi_3; (Rbc, cal)_{min} / \xi_4 ]$  la resistenza alla punta caratteristica;

$Rsk = \text{Min} [ (Rsc, cal)_{media} / \xi_3; (Rsc, cal)_{min} / \xi_4 ]$  la resistenza laterale caratteristica;

$\xi_3, \xi_4$  coefficienti di riduzione che dipendono dal numero di verticali indagate, determinati in base alla Tab. 6.4.IV delle NTC2018:

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

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

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

R<sub>b,cal</sub> ed R<sub>s,cal</sub> rappresentano le resistenze alla base e laterale di calcolo del palo valutate con la seguenti espressioni:

$$R_{b,cal} = qb Ap \quad \text{la resistenza alla punta e:}$$

$$R_{s,cal} = \sum^n_i q_{s_i} A_{l_i} \quad \text{la resistenza laterale}$$

i è lo strato iesimo attraversato dal palo ed n il numero totale degli strati.

### 9.1.1.1 Unità a comportamento coesivo (Argille e limi)

La verifica è effettuata in termini di tensioni totali.

La resistenza unitaria alla base viene determinata attraverso la seguente espressione:

$$qb = \sigma_v + 9 cu$$

essendo  $\sigma_v$  la tensione verticale totale alla quota della base del palo e  $cu$  la coesione non drenata del terreno di fondazione alla base.

Relativamente alla resistenza laterale, Il valore di  $q_{s_i}$  viene determinato come:

$$q_{s_i} = \alpha_i c_{ui}$$

Essendo:

$\alpha$  un coefficiente riduttivo della coesione non drenata  $c_u$ , variabile secondo quanto suggerito da AGI (1984) per pali trivellati:

Tipo di palo	Valori di $c_u$ [kPa]	Valori di $\alpha$
Trivellato	$c_u < 25$	0.9
	$25 \leq c_u < 50$	0.8
	$50 \leq c_u < 75$	0.6
	$c_u \geq 75$	0.4

Tabella 9.1 – Valori di  $\alpha$  (AGI 1984)

### 9.1.1.2 Unità a comportamento incoerente (Sabbie, Sabbie limose e Ghiaie)

La verifica è effettuata in termini di tensioni efficaci.

Per pali trivellati di grande diametro la resistenza unitaria alla base viene determinata attraverso la seguente espressione:

$$qb = Nq^* \times \sigma_v'$$

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

$Nq^*$  è il coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere di un cedimento alla base del palo pari a  $(0.06 - 0.1) D$  valutato secondo Berezantzev (1965), e  $\sigma_v'$  la tensione verticale alla base del palo in termini di tensioni efficaci.

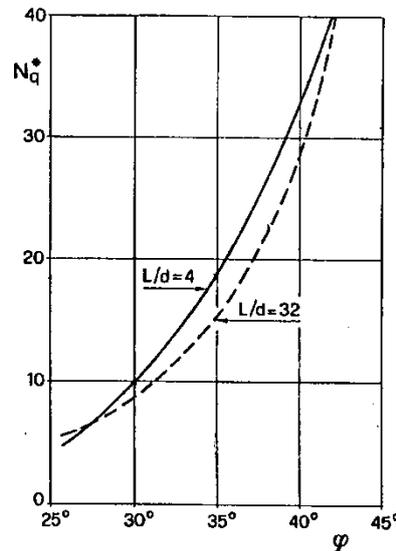


Figura 9.1 – Coefficienti  $Nq^*$  (Berezantzev, 1965), corrispondenti all'insorgere delle deformazioni plastiche alla base

In ogni caso è stato assunto per  $q_b$  un valore limite  $q_{b,max}$  pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione [Gwizdala (1984), Reese&O'Neill (1988) e Matsui (1993)]:

$$q_{b,max1} = (Nspt)_m \times \alpha_N \text{ (kPa)}$$

Essendo:

$\alpha_N$  un coefficiente empirico pari a:

$$\alpha_N = 150 \text{ per ghiaie} \quad \alpha_N = 120 \text{ per sabbie} \quad \alpha_N = 85 \text{ per sabbie limose}$$

$(Nspt)_m$  Il valore di  $Nspt$  medio su un tratto pari a  $1.5 D$  al di sopra e al di sotto della base del palo.

e dalla seguente tabella:

$$q_{b,max2} = 7500 \text{ per ghiaie} \quad q_{b,max2} = 5800 \text{ per sabbie} \quad q_{b,max2} = 4300 \text{ per sabbie limose}$$

La resistenza unitaria laterale  $q_{si}$  viene determinato in accordo a Reese e O'Neill (1988) e O'Neill&Hassan (1994) come:

$$q_{si} = \sigma_v'_m \beta(z) \leq q_{s,max}$$

essendo:

$\sigma_v'_m$  il valore della tensione verticale determinata alla quota media dello strato considerato;

$\beta$  coefficiente empirico;

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

$q_{s,max}$  tensione tangenziale ultima consigliabile.

In accordo a Reese e O'Neill (1988) e O'Neill&Hassan (1994) al coefficiente empirico  $\beta$  possono essere assegnati i seguenti valori:

$1.2 \geq \beta = 1.5 - 0.42 z^{0.34} \geq 0.25$  per i depositi sabbiosi

$1.8 \geq \beta = 2.0 - 0.15 z^{0.75} \geq 0.25$  per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi

In accordo a Reese & Wright (1977) nel caso di pali trivellati a fango, il valore di  $q_{s,max}$  è ricavabile dalle seguenti espressioni:

$q_{s,max} = 3 \times N_{spt}$  (kPa) per  $N_{spt} \leq 53$

$q_{s,max} = 142 + 0,32 \times N_{spt}$  (kPa) per  $N_{spt} > 53$

### 9.1.2 Verifiche SLU di collasso per sfilamento del palo singolo nei riguardi del carico assiale di trazione

Deve essere:

$$F_{td} \leq R_{td}$$

Dove:

$F_{td}$  è il carico assiale di trazione assunto in progetto nelle verifiche allo SLU agente sul palo singolo;

$R_{td}$  la Resistenza di progetto allo SLU per il palo singolo fornita dalla seguente espressione:

$$R_{cd} = 0.7 R_{sd} + W_p$$

Essendo:

$R_{sd} = R_{sk} / \gamma_s$  la resistenza laterale di progetto;

$W_p$  il peso del palo alleggerito;

$\gamma_b, \gamma_s$  coefficienti di sicurezza parziali da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali, forniti dalla Tab. 6.4.II delle NTC2018 precedentemente illustrata;

$R_{sk}$  la resistenza laterale caratteristica, valutata secondo quanto illustrato al paragrafo 9.1.1.

Come è possibile evincere per le verifiche a carichi di trazione si assume una resistenza laterale pari al 70% della corrispondente valutata per pali in compressione.

### 9.1.3 Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico trasversale

Deve essere:

$$F_{tr,d} \leq R_{tr,d}$$

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Dove:

$F_{tr,d}$  è il carico orizzontale di progetto nelle verifiche allo SLU agente sul palo singolo;

$R_{tr,d}$  la Resistenza di progetto ai carichi orizzontali allo SLU per il palo singolo fornita dalla seguente espressione:

$R_{tr,d} = R_{tr,k} / \gamma_T$  la resistenza caratteristica ai carichi orizzontali;

$\gamma_T$  coefficiente di sicurezza parziale per le verifiche agli stati limite ultimi di apli soggetti a carichi trasversali, fornito dalla Tab. 6.4.VI delle NTC2018, precedentemente illustrata;

$R_{tr,k} = \text{Min} [ (R_{tr,cal})_{media} / \xi_3; (R_{tr,cal})_{min} / \xi_4 ]$  la resistenza laterale caratteristica ai carichi orizzontali allo SLU;

$\xi_3, \xi_4$  coefficienti di riduzione che dipendono dal numero di verticali indagate, determinati in base alla Tab. 6.4.IV delle NTC2018:

$R_{tr,cal}$  rappresenta la resistenza di calcolo del palo ai carichi orizzontali  $H_{lim}$  valutata in accordo alla teoria proposta da Broms (1984).

Le ipotesi assunte da Broms sono le seguenti:

- Terreno omogeneo;
- Comportamento dell'interfaccia palo-terreno di tipo rigido-perfettamente plastico;
- la forma del palo è ininfluyente e l'interazione palo-terreno è determinata solo dalla dimensione caratteristica  $D$  della sezione del palo (il diametro per sezioni circolari, il lato per sezioni quadrate, etc.) misurata normalmente alla direzione del movimento;
- il palo ha comportamento rigido-perfettamente plastico, cioè si considerano trascurabili le deformazioni elastiche del palo.

Questa ultima ipotesi comporta che il palo abbia solo moti rigidi finchè non si raggiunge il momento di plasticizzazione  $M_y$  del palo. A questo punto si ha la formazione di una cerniera plastica in cui la rotazione continua indefinitamente con momento costante.

In accordo alla condizione di vincolo dei pali nei plinti di fondazione, il palo è considerato impedito di ruotare in testa.

I meccanismi di rottura del complesso palo-terreno sono condizionati dalla lunghezza del palo, dal momento di plasticizzazione della sezione e dalla resistenza esercitata dal terreno. I possibili meccanismi di rottura sono riportati nella figura seguente e sono solitamente indicati come "palo corto", "intermedio" e "lungo".

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

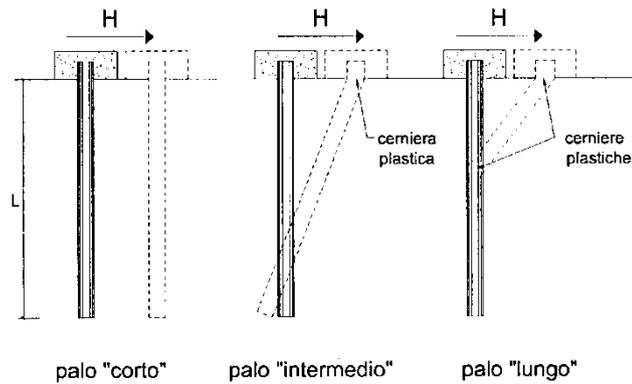


Figura 9.2 – meccanismi di rottura del complesso palo-terreno per pali impediti di ruotare alla testa soggetti a carichi orizzontali (Broms, 1984).

### 9.1.3.1 Unità a comportamento coesivo

Il diagramma di distribuzione della resistenza  $p$  offerta dal terreno lungo il fusto del palo è quello riportato nella figura seguente (a). Broms adotta al fine delle analisi una distribuzione semplificata (b) con reazione nulla fino a  $1.5 D$  e costante con valore  $9 c_u D$  per profondità maggiori.

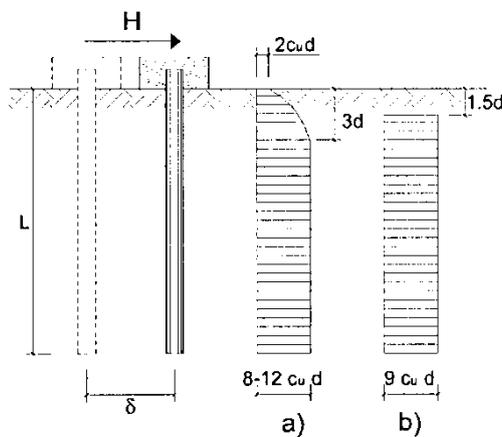
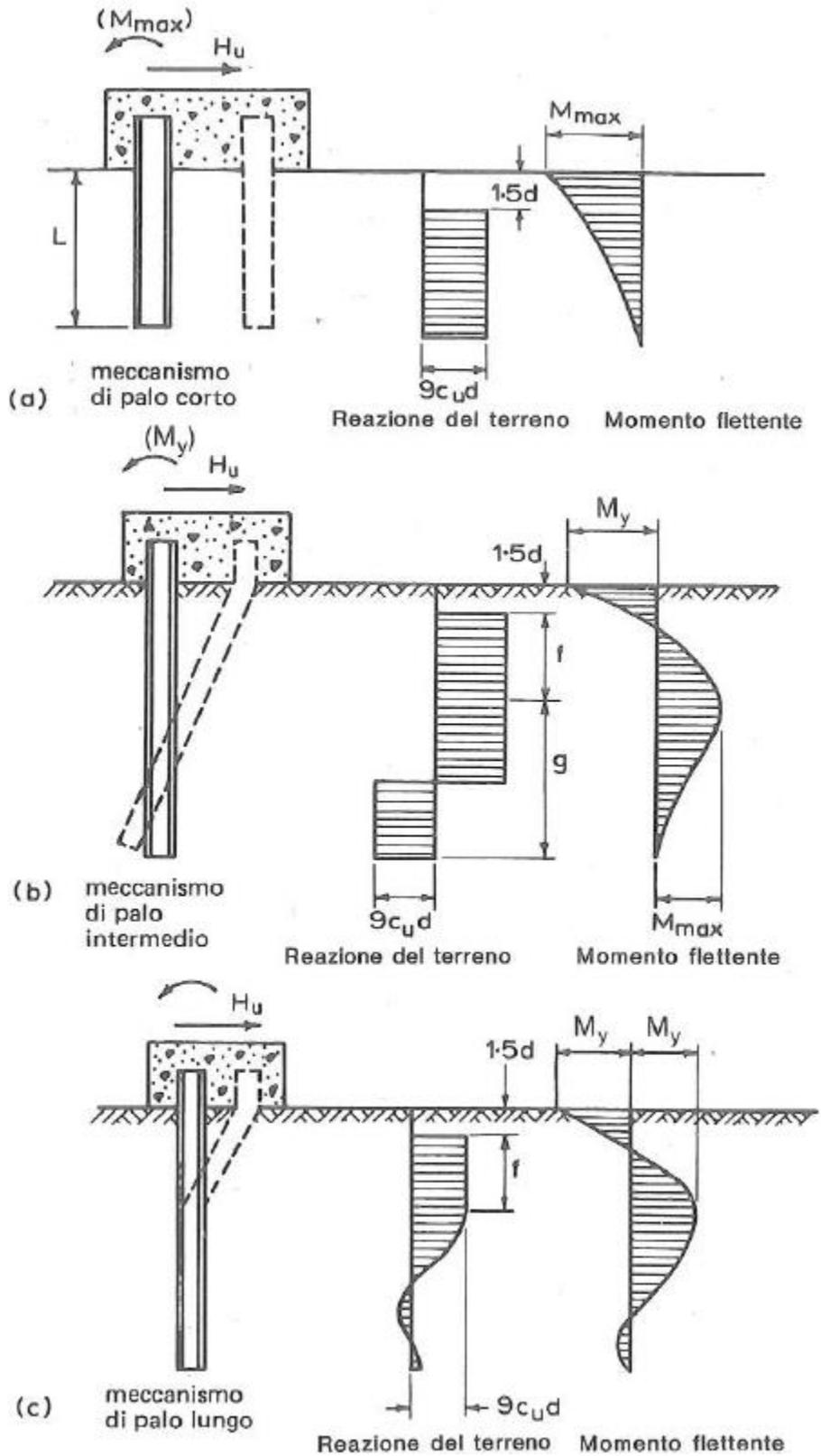


Figura 9.3 – distribuzione della resistenza offerta dal terreno a carichi orizzontali per pali impediti di ruotare alla testa (Broms, 1984).

Nella figura seguente si riportano gli schemi di calcolo per i tre meccanismi di rottura precedentemente illustrati:



S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Figura 9.4 – Schemi di calcolo per pali impediti di ruotare in testa e soggetti ad azioni trasversali in terreni coesivi (Broms, 1984).

Facendo ricorso a semplici equazioni di equilibrio ed imponendo la formazione di una cerniera plastica nelle sezioni che raggiungono un momento pari a  $M_y$ , è possibile calcolare il carico limite orizzontale corrispondente ai tre meccanismi di rottura:

$$H \text{ lim} = 9c_u D^2 \left( \frac{L}{D} - 1.5 \right) \quad \text{palo corto}$$

$$H \text{ lim} = -9c_u D^2 \left( \frac{L}{D} - 1.5 \right) + 9c_u D^2 \sqrt{2 \left( \frac{L}{D} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u D^3} + 4.5} \quad \text{palo intermedio}$$

$$H \text{ lim} = -13.5c_u D^2 + c_u D^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u D^3}} \quad \text{palo lungo}$$

Nel caso di palo scalzato (ove presente) e per il caso di palo lungo, il valore di  $H \text{ lim}$  si ottiene risolvendo le seguenti equazioni:

$$H \text{ lim} = 9c_u D \times (f - 1.5D)$$

$$H \text{ lim} \times (d_s + f) - 4.5c_u D (f - 1.5D)^2 - 2M_y = 0$$

Essendo:

- $f$  la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna
- $d_s$  l'altezza della testa del palo rispetto al piano di campagna

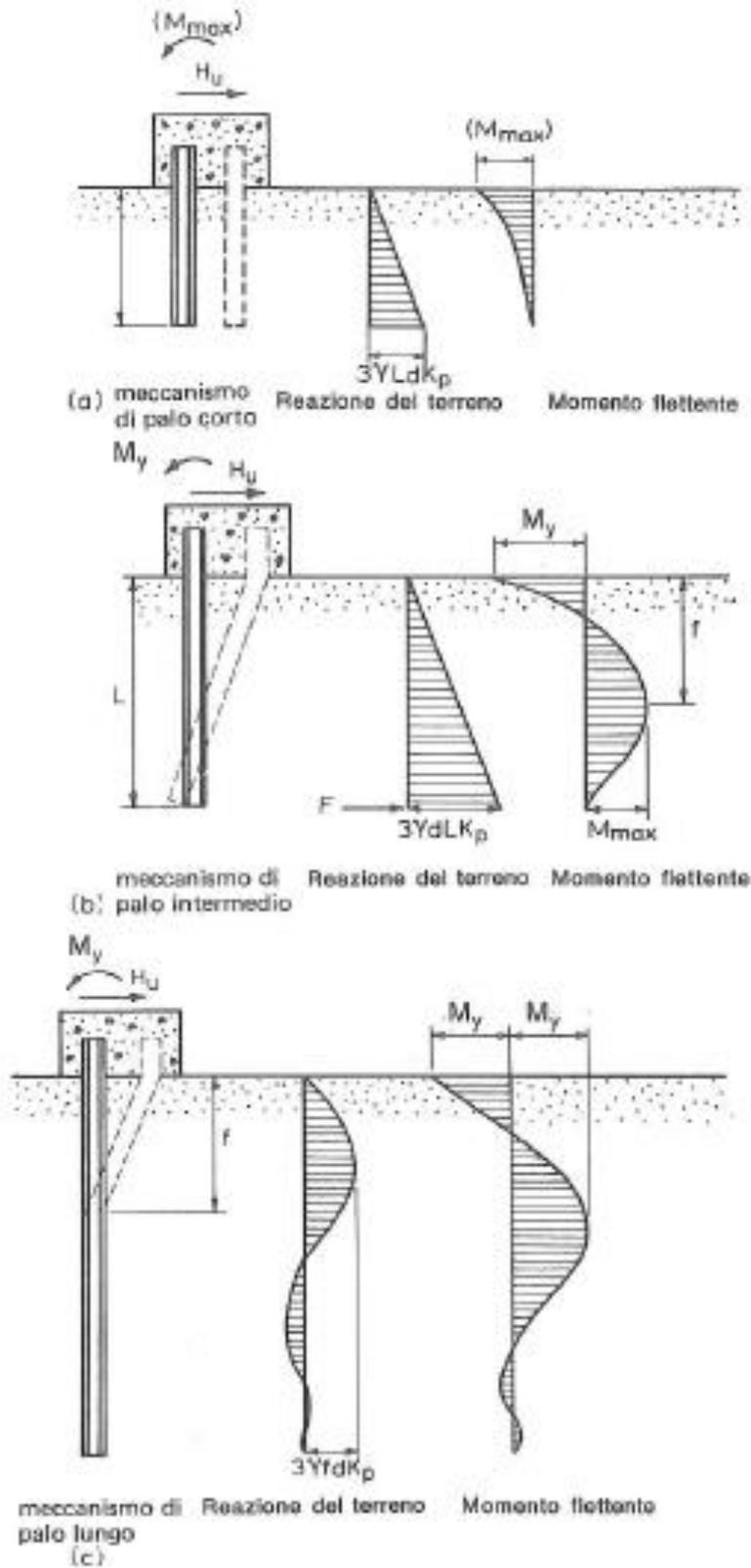
### 9.1.3.2 Unità a comportamento incoerente

Per un terreno incoerente si assume che la resistenza opposta dal terreno alla traslazione del palo vari linearmente con la profondità con legge:

$$p = 3 k_p \gamma z D$$

essendo:

- $k_p$  il coefficiente di spinta passiva;
- $z$  la profondità da piano campagna;
- $\gamma$  il peso di volume del terreno, nel caso in cui il terreno sia sotto falda si assume  $\gamma'$ .



S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Figura 9.5 – Schemi di calcolo per pali impediti di ruotare in testa e soggetti ad azioni trasversali in terreni incoerenti (Broms, 1984).

I valori del carico limite corrispondenti ai diversi meccanismi di rottura sono di seguito riportati:

$$H \text{ lim} = 1.5k_p \gamma D^3 \left( \frac{L}{D} \right)^2 \quad \text{palo corto}$$

$$H \text{ lim} = \frac{1}{2} k_p \gamma D^3 \left( \frac{L}{D} \right)^2 + \frac{My}{L} \quad \text{palo intermedio}$$

$$H \text{ lim} = k_p \gamma D^3 \sqrt[3]{\left( 3.676 \frac{My}{k_p \gamma D^4} \right)^2} \quad \text{palo lungo}$$

Nel caso di palo scalzato (ove presente) e per il caso di palo lungo, il valore di  $H \text{ lim}$  si ottiene risolvendo le seguenti equazioni:

$$H \text{ lim} = 1.5k_p \gamma D f^2$$

$$f^3 + 1.5Df^2 - \left( \frac{2M_y}{\gamma k_p D} \right) = 0$$

Essendo:

$f$  la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna

$d_s$  l'altezza della testa del palo rispetto al piano di campagna

## 9.2 Applicazione al caso in esame

Si omettono le verifiche di stabilità globale delle fondazioni su pali del ponte, che ricadono su aree in piano o a pendenza estremamente modesta.

### 9.2.1 Caratteristiche delle opere di fondazione su pali

Le fondazioni delle spalle sono di tipo indiretto su pali trivellati  $\phi 1200$  accostati, collegati in testa da rigide zattere di fondazione di altezza pari a 1.50 m.

Per le spalle dell'impalcato destro sono previsti pali 11 pali accostati con interasse pari a 1.45 m.

Per le spalle dell'impalcato centrale e sinistro sono previsti pali 12 pali accostati con interasse pari a 1.45 m.

### 9.2.2 Parametri geotecnici e stratigrafie di progetto

Di seguito si riepilogano le stratigrafie ed i parametri geotecnici di progetto impiegati nel dimensionamento delle fondazioni su pali.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

Inoltre, è indicato il numero delle verticali indagate, utile al dimensionamento dei pali.

VIADOTTO: **PO02** Numero delle verticali indagate spinte a profondità utile al dimensionamento dei pali **3**

Allineamento: **SPA - SPB**

Profondità falda da piano di campagna **zw m 5.0**

STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Strato n.	Da [m]	A [m]	Unità	PARAMETRI DI RESISTENZA										PARAMETRI DI DEFORMABILITA'	
				VALORI MEDI					VALORI MINIMI					G0 [MPa]	Eoperativo [MPa]
				$\gamma_{med}$ [kPa]	$c_{Umed}$ [kPa]	$c'_{med}$ [kPa]	$\phi'_{med}$ [°]	NSPT	$\gamma_{min}$ [kPa]	$c_{Umin}$ [kPa]	$c'_{min}$ [kPa]	$\phi'_{min}$ [°]	NSPT		
1	0.00	8.70	G	18.2		14.0	37.0	34	17.0		10.0	28.0	15	343	86
2	8.70	17.70	SL	19.6		21.0	33.0	21	16.4		13.0	27.0	7	347	87
3	17.70	50.00	A-SAM	19.5	144.0	35.0	28.0	25.0	17.1	100.0	21.0	23.0	8	497	124

Tabella 9.2 – Stratigrafie e parametri geotecnici per il progetto delle fondazioni

### 9.2.3 Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico assiale di compressione e di trazione (sfilamento)

In allegato si riportano le curve Resistenza di progetto Rcd – Lunghezza del palo (Lp), che consentono il dimensionamento della lunghezza del palo in funzione dei carichi di progetto Fcd.

I valori di Fcd, Ftd e Fcd<sub>gr</sub> considerati nelle verifiche, sono quelli illustrati nei capitoli relativi alle sottostrutture.

La tabelle seguenti illustrano i risultati delle verifiche effettuate in termini di coefficienti di utilizzo, dati dal rapporto tra le azioni agenti e le resistenze di calcolo; affinché le verifiche siano soddisfatte è necessario che il valore del coefficiente di utilizzo sia non maggiore di uno.

RIEPILOGO RISULTATI			PARAMETRI MEDI			PARAMETRI MINIMI			ENV		PALI SOGGETTI A TRAZIONE					
Stratigrafia	Allineamenti	Lp [m]	Rsd [kN]	Rbd [kN]	Rcd [kN]	Rsd [kN]	Rbd [kN]	Rcd [kN]	Rcd [kN]	Edc [kN]	c.u. %	Rtd [kN]	Rtd [kN]	Rtd [kN]	Edt [kN]	c.u. %
STR1	SPALLE	20.0	3118	356	3343	3180	326	3320	3320	1424	43%	2313	2413	2313	0	0%

Tabella 9.3 – Riepilogo risultati verifiche di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi dei carichi assiali di compressione e di trazione (sfilamento)

### 9.2.4 Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico trasversale

In allegato si riportano le curve Resistenza di progetto Rtr,d – Momento di plasticizzazione testa palo (MRd), che consentono il dimensionamento della lunghezza del palo in funzione dei carichi di progetto Ftr,d.

I valori di Ftr,d considerati nelle verifiche sono quelli illustrati nei capitoli relativi alle sottostrutture.

La tabella seguente illustra i risultati delle verifiche effettuate in termini di coefficienti di utilizzo, dati dal rapporto tra le azioni e le resistenze di calcolo; affinché le verifiche siano soddisfatte è necessario che il valore del coefficiente di utilizzo sia non maggiore di uno.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</b>	

RIEPILOGO RISULTATI		PALO SINGOLO			
Stratigrafia	Allineamenti	My (kNm)	Rtr,d (kN)	Ftr,d (kN)	c.u.1
STR1	SPA	4218	1238	483	39%

*Tabella 9.4 – Riepilogo risultati verifiche di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi dei carichi trasversali*

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

## **10 DICHIARAZIONE ACCETTABILITÀ RISULTATI (PAR. 10.2 N.T.C. 2018)**

### **10.1 Tipo di analisi svolte**

Le analisi strutturali e le verifiche per il dimensionamento delle strutture sono state condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico.

Il calcolo delle sollecitazioni è stato effettuato ricorrendo a modelli piani in cui gli elementi strutturali sono stati schematizzati come elementi monodimensionali di tipo "beam".

I vincoli esterni sono costituiti da semplici appoggi.

Le sollecitazioni sismiche sono calcolate attraverso analisi dinamica lineare.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui le opere saranno soggette.

### **10.2 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo**

#### ANALISI STRUTTURALE

Nome del Software: SAP2000 14 Advanced

Produttore CSI Computer & Structures, Inc 1995 University Avenue Berkley, CA

Licenza concessa a VIA INGEGNERIA s.r.l. – Licenza N° S15307

### **10.3 Affidabilità dei codici di calcolo**

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dai produttori del software contiene esaurienti descrizioni delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati con l'individuazione dei campi d'impiego.

### **10.4 Modalità di presentazione dei risultati**

Le relazioni di calcolo strutturale presentano i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. Le relazioni di calcolo illustrano in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

### **10.5 Informazioni generali sull'elaborazione**

Il codice di calcolo SAP2000 consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<b><i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i></b>	

## 10.6 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, il Progettista delle Strutture asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>CA352</b>	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

**11 ALLEGATO 1 – IMPALCATO - ANALISI STATICA GLOBALE –  
 CARATTERISTICHE GEOMETRICO – INERZIALI IN FASE DI ANALISI**

LAVORO: SS130 - PO02 - 20 m

Analisi della struttura - Caratteristiche geometrico-inerziali sezioni

deg 14.04 0.245 rad

Rck = 45 Mpa  
 n0 = 6.16  
 ninf = 15.11  
 nrif = 15.79

eps= 0.81 (c/t)max= 11.39

eps= 0.81 (c/t)max= 11.39

Sez	n.travi impalcato	Larghezza soletta impalcato	Dis.trave-asse impalcato	soletta	Piattabanda superiore				Anima		Piattabanda inferiore				Soletta in c.a. - larghezza collaborante																		
					B1 (m)	H1 (m)	B2 (m)	H2 (m)	Beq (m)	Htot (m)	c/t	Classe	spw (m)	Hw (m)	B3 (m)	H3 (m)	B4 (m)	H4 (m)	Beq (m)	Htot (m)	c/t	Classe	Int tr sx (m)	bconn (m)	Int tr dx (m)	tipo campata	Lcampata (m)	b1 (m)	b2 (m)	bcoll (m)	Hc (m)	Hcr (m)	Brsup (m)
1	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.025	0.000	0.000	0.700	0.025	13.629	4	0.0186	1.235	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.018	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.360	0.240	0.070	0.540
2	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.025	0.000	0.000	0.700	0.025	13.629	4	0.0186	1.235	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.018	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.360	0.240	0.070	0.540
3	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.426	4	0.0144	1.230	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.070	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.360	0.240	0.070	0.540
4	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.426	4	0.0144	1.230	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.070	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.360	0.240	0.070	0.540
5	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.426	4	0.0144	1.230	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.070	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.360	0.240	0.070	0.540
6	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.426	4	0.0144	1.230	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.070	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.360	0.240	0.070	0.540
7	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.025	0.000	0.000	0.700	0.025	13.629	4	0.0186	1.235	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.018	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.360	0.240	0.070	0.540
8	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.025	0.000	0.000	0.700	0.025	13.629	4	0.0186	1.235	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.018	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.360	0.240	0.070	0.540

Analisi della struttura - Caratteristiche geometrico inerziali

Sez	Armatura soletta in c.a.				Trave isolata						Trave composta - n=ninf.					Trave composta - n=nrit.					Trave composta - n=n0											
	Brinf (m)	A (mq)	yGc (m)	Ix (m4)	As1 (mq)	Hs1 (m)	As2 (mq)	Hs2 (m)	As (mq)	yGs (m)	Ixs (m4)	Ha (m)	Aa (mq)	yGa (m)	Ixa (m4)	Iya (m4)	Ja (m4)	Ai (mq)	yG (m)	Ixi (m4)	Iyi (m4)	Ji (m4)	Ar (mq)	yG (m)	Ixr (m4)	Iyr (m4)	Ji (m4)	A0 (mq)	yG (m)	Ix0 (m4)	Iy0 (m4)	Ji (m4)
1	0.540	1.3242	0.186	0.007072377	0.0082	0.250	0.0082	0.080	0.016336	0.165	0.00011803	1.300	0.0764	0.501	0.022634	0.003145	0.000025	0.180413	1.067	0.065608	1.528872	0.000029	0.176622	1.058	0.064909	1.48811	0.000029	0.307631	1.240	0.079367	2.896769	0.000080
2	0.540	1.3242	0.186	0.007072377	0.0082	0.250	0.0082	0.080	0.016336	0.165	0.00011803	1.300	0.0764	0.501	0.022634	0.003145	0.000025	0.180413	1.067	0.065608	1.528872	0.000029	0.176622	1.058	0.064909	1.48811	0.000029	0.307631	1.240	0.079367	2.896769	0.000080
3	0.540	1.3242	0.186	0.007072377	0.0082	0.250	0.0082	0.080	0.016336	0.165	0.00011803	1.300	0.0747	0.526	0.023855	0.003288	0.000027	0.178749	1.082	0.064209	1.516315	0.000030	0.174958	1.074	0.063559	1.475552	0.000030	0.305967	1.250	0.076964	2.884211	0.000081
4	0.540	1.3242	0.186	0.007072377	0.0082	0.250	0.0082	0.080	0.016336	0.165	0.00011803	1.300	0.0747	0.526	0.023855	0.003288	0.000027	0.178749	1.082	0.064209	1.516315	0.000030	0.174958	1.074	0.063559	1.475552	0.000030	0.305967	1.250	0.076964	2.884211	0.000081
5	0.540	1.3242	0.186	0.007072377	0.0082	0.250	0.0082	0.080	0.016336	0.165	0.00011803	1.300	0.0747	0.526	0.023855	0.003288	0.000027	0.178749	1.082	0.064209	1.516315	0.000030	0.174958	1.074	0.063559	1.475552	0.000030	0.305967	1.250	0.076964	2.884211	0.000081
6	0.540	1.3242	0.186	0.007072377	0.0082	0.250	0.0082	0.080	0.016336	0.165	0.00011803	1.300	0.0747	0.526	0.023855	0.003288	0.000027	0.178749	1.082	0.064209	1.516315	0.000030	0.174958	1.074	0.063559	1.475552	0.000030	0.305967	1.250	0.076964	2.884211	0.000081
7	0.540	1.3242	0.186	0.007072377	0.0082	0.250	0.0082	0.080	0.016336	0.165	0.00011803	1.300	0.0764	0.501	0.022634	0.003145	0.000025	0.180413	1.067	0.065608	1.528872	0.000029	0.176622	1.058	0.064909	1.48811	0.000029	0.307631	1.240	0.079367	2.896769	0.000080
8	0.540	1.3242	0.186	0.007072377	0.0082	0.250	0.0082	0.080	0.016336	0.165	0.00011803	1.300	0.0764	0.501	0.022634	0.003145	0.000025	0.180413	1.067	0.065608	1.528872	0.000029	0.176622	1.058	0.064909	1.48811	0.000029	0.307631	1.240	0.079367	2.896769	0.000080

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>CA352</b>	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

**12 ALLEGATO 2 – IMPALCATO ANALISI STATICA GLOBALE –  
 CARATTERISTICHE GEOMETRICO – INERZIALI IN FASE DI VERIFICA**

LAVORO: SS130 - PO02 - 20 m  
Verifica della struttura - Caratteristiche geometrico-inerziali sezioni interamente reagenti

inclinazione anme deg 14.04 0.245 rad

Rck = 45 Mpa  
nD = 6.16  
ninf = 15.11  
nrit = 15.79

eps= 0.814 (c/l)max= 11.39 eps= 0.814 (c/l)max= 11.39

Verifica della struttura - Caratteristiche geometrico inerz

Sez	FRAME				X campata (m)	n.travi impalcato	Larghezza soletta impalcato	Dis.trave-asse impalcato	soletta	Plattabanda superiore				Anima				Plattabanda inferiore				Soletta in c.a. - larghezza collaborante										Armatura soletta in c.a.						Verifica della struttura - Caratteristiche geometrico inerz																
	LOC (m)	Progr (m)	n.campata							B1 (m)	H1 (m)	B2 (m)	H2 (m)	Beq (m)	Htot (m)	c/t	Classe	spw (m)	Hw (m)	B3 (m)	H3 (m)	B4 (m)	H4 (m)	Beq (m)	Htot (m)	c/t	Classe	Int tr sx (m)	bconn (m)	Int tr dx (m)	tipo campata	Lsx (m)	Lcampata	Ldx (m)	b1 (m)	b2 (m)	bcoll (m)	Hc (m)	Hcr (m)	Brsup (m)	Brinf (m)	A (mq)	yGc (m)	Ix (m4)	As1 (mq)	Hs1 (m)	As2 (mq)	Hs2 (m)	As (mq)	yGs (m)	Ixs (m4)	Ha (m)	Aa (mq)	yGa (m)
1	1.000	0.000	0.000	1	0.000	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.025	0.000	0.000	0.700	0.025	14.000	4	0.019	1.235	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.018	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	4.060	0.240	0.070	0.540	0.540	1.0122	0.184	0.005567	0.006283	0.250	0.006283	0.080	0.012566	0.165	9.07922E-05	1.300	0.0764	0.501	0.022634	0.003145
2	1.000	2.918	2.918	1	2.918	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.025	0.000	0.000	0.700	0.025	14.000	4	0.019	1.235	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.018	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	4.819	0.240	0.070	0.540	0.540	1.1943	0.185	0.006446	0.00754	0.250	0.00754	0.080	0.015080	0.165	0.000108951	1.300	0.0764	0.501	0.022634	0.003145
3	2.000	0.000	2.918	1	2.918	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.025	0.000	0.000	0.700	0.025	14.000	4	0.019	1.235	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.018	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	4.819	0.240	0.070	0.540	0.540	1.1943	0.185	0.006446	0.00754	0.250	0.00754	0.080	0.015080	0.165	0.000108951	1.300	0.0764	0.501	0.022634	0.003145
4	2.000	2.918	5.835	1	5.835	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.025	0.000	0.000	0.700	0.025	14.000	4	0.019	1.235	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.018	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.360	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3242	0.186	0.007072	0.008168	0.250	0.008168	0.080	0.016336	0.165	0.0001803	1.300	0.0764	0.501	0.022634	0.003145
5	3.000	0.000	5.835	1	5.835	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.070	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.360	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3242	0.186	0.007072	0.008168	0.250	0.008168	0.080	0.016336	0.165	0.0001803	1.300	0.0747	0.526	0.023855	0.003288
6	3.000	2.250	8.085	1	8.085	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.070	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.360	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3242	0.186	0.007072	0.008168	0.250	0.008168	0.080	0.016336	0.165	0.0001803	1.300	0.0747	0.526	0.023855	0.003288
7	4.000	0.000	8.085	1	8.085	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.070	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.360	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3242	0.186	0.007072	0.008168	0.250	0.008168	0.080	0.016336	0.165	0.0001803	1.300	0.0747	0.526	0.023855	0.003288
8	4.000	2.750	10.835	1	10.835	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.070	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.360	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3242	0.186	0.007072	0.008168	0.250	0.008168	0.080	0.016336	0.165	0.0001803	1.300	0.0747	0.526	0.023855	0.003288
9	5.000	0.000	10.835	1	10.835	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.070	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.360	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3242	0.186	0.007072	0.008168	0.250	0.008168	0.080	0.016336	0.165	0.0001803	1.300	0.0747	0.526	0.023855	0.003288
10	5.000	2.750	13.585	1	13.585	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.070	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.360	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3242	0.186	0.007072	0.008168	0.250	0.008168	0.080	0.016336	0.165	0.0001803	1.300	0.0747	0.526	0.023855	0.003288
11	6.000	0.000	13.585	1	13.585	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.070	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.360	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3242	0.186	0.007072	0.008168	0.250	0.008168	0.080	0.016336	0.165	0.0001803	1.300	0.0747	0.526	0.023855	0.003288
12	6.000	2.250	15.835	1	15.835	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.070	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.143	0.240	0.070	0.540	0.540	1.2721	0.185	0.006821	0.007854	0.250	0.007854	0.080	0.015708	0.165	0.00011349	1.300	0.0747	0.526	0.023855	0.003288
13	7.000	0.000	15.835	1	15.835	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.025	0.000	0.000	0.700	0.025	14.000	4	0.019	1.235	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.018	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	5.143	0.240	0.070	0.540	0.540	1.2721	0.185	0.006821	0.007854	0.250	0.007854	0.080	0.015708	0.165	0.00011349	1.300	0.0764	0.501	0.022634	0.003145
14	7.000	3.250	19.085	1	19.085	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.025	0.000	0.000	0.700	0.025	14.000	4	0.019	1.235	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.018	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	4.298	0.240	0.070	0.540	0.540	1.0693	0.185	0.005843	0.006597	0.250	0.006597	0.080	0.013195	0.165	9.53319E-05	1.300	0.0764	0.501	0.022634	0.003145
15	8.000	0.000	19.085	1	19.085	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.025	0.000	0.000	0.700	0.025	14.000	4	0.019	1.235	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.018	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	4.298	0.240	0.070	0.540	0.540	1.0693	0.185	0.005843	0.006597	0.250	0.006597	0.080	0.013195	0.165	9.53319E-05	1.300	0.0764	0.501	0.022634	0.003145
16	8.000	0.915	20.000	1	20.000	2	11.250	2.763	reagente	0.700	0.025	0.000	0.000	0.700	0.025	14.000	4	0.019	1.235	0.000	0.000	0.900	0.040	0.900	0.040	11.018	<4	5.725	0.360	5.525	ca	20.000	2.683	2.583	4.060	0.240	0.070	0.540	0.540	1.0122	0.184	0.005567	0.006283	0.250	0.006283	0.080	0.012566	0.165	9.07922E-05	1.300	0.0764	0.501	0.022634	0.003145



S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

**13 ALLEGATO 3 – IMPALCATO – TRAVI PRINCIPALI - SOLLECITAZIONI  
PER VERIFICHE SLU**

**LAVORO: SS130 - PO02 - 20 m**  
**RIEPILOGO CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE - VERIFICHE SLU**

Coefficienti parziali verifiche SLU (STR)

FRAME	LOC (m)	Progr. (m)	1.35		1.35		1.20				1.35								0.90		1.20				0.90				0.90						
			peso proprio		perm. Portati		Ced Max		Ced Min		Mmax		Mmin		Vmax		Vmin		Azione del vento		Ritiro: Effetti isostatici		Ritiro: effetti iperstatici		Var.Term.+ Effetti isostatici		V.T.+ Effetti iperstatici		Var.Term.- Effetti isostatici		V.T.- Effetti iperstatici				
			M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	N (kN)	N (kN)	M (kNm)	M (kN)	V (kN)	N (kN)	N (kN)	M (kNm)	M (kN)	V (kN)	N (kN)	N (kN)	M (kNm)	M (kN)	V (kN)
1	0.00	0.00	0.0	-915.5	0.0	-375.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1641.5	0.0	-28.1	4340.6	-4340.6	2136.1	0.0	0.0	-3104.4	3104.4	-923.6	0.0	0.0	3104.4	-3104.4	923.6	0.0	0.0		
1	2.92	2.92	2280.6	-647.9	936.2	-266.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4072.6	-1329.4	0.0	0.0	2567.9	150.3	3903.9	-1339.3	70.0	-19.9	5121.3	-5121.3	2312.5	0.0	0.0	-3662.7	3662.7	-968.9	0.0	0.0	3662.7	-3662.7	968.9	0.0	0.0
2	0.00	2.92	2280.6	-647.9	936.2	-266.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4075.1	-1329.0	0.0	0.0	2567.6	150.3	3906.3	-1338.8	70.0	-19.9	5121.3	-5121.3	2312.5	0.0	0.0	-3662.7	3662.7	-968.9	0.0	0.0	3662.7	-3662.7	968.9	0.0	0.0
2	2.92	5.84	3780.7	-380.4	1552.7	-156.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6721.0	-1016.7	0.0	0.0	5056.9	356.9	6160.8	-1056.3	116.0	-11.7	5678.6	-5678.6	2428.6	0.0	0.0	-4061.2	4061.2	-997.2	0.0	0.0	4061.2	-4061.2	997.2	0.0	0.0
3	0.00	5.84	3780.7	-380.4	1552.7	-156.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6722.0	-410.1	0.0	0.0	5056.3	356.9	6161.4	-1055.9	116.0	-11.7	5678.6	-5678.6	2338.6	0.0	0.0	-4061.2	4061.2	-956.4	0.0	0.0	4061.2	-4061.2	956.4	0.0	0.0
3	2.25	8.09	4405.4	-174.8	1809.6	-71.9	0.0	0.0	0.0	0.0	7788.3	-169.0	0.0	0.0	6313.1	529.8	6882.2	-851.2	135.3	-5.4	5678.6	-5678.6	2338.6	0.0	0.0	-4061.2	4061.2	-956.4	0.0	0.0	4061.2	-4061.2	956.4	0.0	0.0
4	0.00	8.09	4405.4	-174.8	1809.6	-71.9	0.0	0.0	0.0	0.0	7788.3	-169.0	0.0	0.0	6313.1	529.8	6882.2	-851.2	135.3	-5.4	5678.6	-5678.6	2338.6	0.0	0.0	-4061.2	4061.2	-956.4	0.0	0.0	4061.2	-4061.2	956.4	0.0	0.0
4	2.75	10.84	4540.7	76.4	1865.4	31.4	0.0	0.0	0.0	0.0	7998.8	52.8	0.0	0.0	6940.6	757.1	6687.8	-617.4	139.4	2.3	5678.6	-5678.6	2338.6	0.0	0.0	-4061.2	4061.2	-956.4	0.0	0.0	4061.2	-4061.2	956.4	0.0	0.0
5	0.00	10.84	4540.7	76.4	1865.4	31.4	0.0	0.0	0.0	0.0	7998.4	53.2	0.0	0.0	6939.3	757.1	6685.4	-617.0	139.4	2.3	5678.6	-5678.6	2338.6	0.0	0.0	-4061.2	4061.2	-956.4	0.0	0.0	4061.2	-4061.2	956.4	0.0	0.0
5	2.75	13.59	3985.0	327.7	1637.1	134.7	0.0	0.0	0.0	0.0	7080.2	347.5	0.0	0.0	6430.0	1001.9	5443.3	-400.8	122.4	10.1	5678.6	-5678.6	2338.6	0.0	0.0	-4061.2	4061.2	-956.4	0.0	0.0	4061.2	-4061.2	956.4	0.0	0.0
6	0.00	13.59	3985.0	327.7	1637.1	134.7	0.0	0.0	0.0	0.0	7078.2	347.9	0.0	0.0	6428.1	1002.0	5439.4	-400.4	122.4	10.1	5678.6	-5678.6	2338.6	0.0	0.0	-4061.2	4061.2	-956.4	0.0	0.0	4061.2	-4061.2	956.4	0.0	0.0
6	2.25	15.84	3016.4	533.3	1238.9	219.2	0.0	0.0	0.0	0.0	5381.6	1195.3	0.0	0.0	5062.5	1215.4	3740.9	-236.2	92.6	16.4	5455.2	-5455.2	2297.2	0.0	0.0	-3901.4	3901.4	-946.5	0.0	0.0	3901.4	-3901.4	946.5	0.0	0.0
7	0.00	15.84	3016.4	533.3	1238.9	219.2	0.0	0.0	0.0	0.0	5381.6	1195.3	0.0	0.0	5062.5	1215.4	3740.9	-236.2	92.6	16.4	5455.2	-5455.2	2385.2	0.0	0.0	-3901.4	3901.4	-986.7	0.0	0.0	3901.4	-3901.4	986.7	0.0	0.0
7	3.25	19.09	799.0	831.3	328.0	341.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1435.7	936.8	0.0	0.0	1417.0	1544.4	549.7	-28.8	24.5	25.5	4585.5	-4585.5	2196.9	0.0	0.0	-3279.5	3279.5	-939.5	0.0	0.0	3279.5	-3279.5	939.5	0.0	0.0
8	0.00	19.09	799.0	831.3	328.0	341.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1431.8	1543.5	0.0	0.0	1413.3	1544.5	546.7	-28.6	24.5	25.5	4585.5	-4585.5	2196.9	0.0	0.0	-3279.5	3279.5	-939.5	0.0	0.0	3279.5	-3279.5	939.5	0.0	0.0
8	0.92	20.00	0.0	915.2	0.0	375.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1641.5	0.0	0.0	0.0	28.1	0.0	4340.6	-4340.6	2136.1	0.0	0.0	-3104.4	3104.4	-923.6	0.0	0.0	3104.4	-3104.4	923.6	0.0	0.0

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

## **14 ALLEGATO 4 – IMPALCATO - VERIFICHE SLU TRAVI PRINCIPALI**

**LAVORO: SS130 - PO02 - 20 m**  
**Verifica di resistenza sezioni in Classe 4**

**Dati**  
 coefficiente di sicurezza per la resistenza all'instabilità  
 coefficiente eta  
 pannelli irrigiditi (0) - non irrigiditi (1)  
 Resistenza di progetto soletta  
 Tensione di snervamento acciaio armature soletta

Var unità  
 γM1 1.10  
 η 1.20  
 pan 0  
 fcd MPa 19.83  
 fya MPa 450

COMBINAZIONE C1Mmax

Sez	soletta												Armature soletta												piattabanda superiore												anima												piattabanda inferiore												TENSIONI AGENTI SU SEZIONE LORDA												CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI					
	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	Bcoll (m)	Hc (m)	Hcr (m)	Bcr (m)	Assup (m2)	yGs sup (m)	Asinf (m2)	yGs inf (m)	Beq (m)	tf (m)	hw (m)	tw (m)	Beq (m)	tf (m)	Status soletta	σA (Mpa)	σB (Mpa)	σC (Mpa)	σD (Mpa)	σAs_inf (Mpa)	σAs_sup (Mpa)	τ (Mpa)	fyfs (Mpa)	fyw (Mpa)	fyfi (Mpa)	PNA (m)	Classe	Aeff (m2)	yGa_eff (m)	Ixa_eff (m4)	WA_eff (m3)																																												
1	1.000	0.000	0.000	4.060	0.240	0.070	0.540	0.006	0.250	0.006	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-57.6	355.0	355.0	355.0	0.551	3																																																
2	1.000	2.918	2.918	4.819	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	140.5	131.8	-137.3	-142.7	-71.6	-91.5	-98.8	355.0	355.0	355.0	1.401	1																																																
3	2.000	0.000	2.918	4.819	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	140.6	131.8	-137.3	-142.7	-71.6	-91.6	-98.8	355.0	355.0	355.0	1.401	1																																																
4	2.000	2.918	5.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	225.6	212.6	-191.1	-199.2	-78.6	-105.8	-68.3	355.0	355.0	355.0	1.427	1																																																
5	3.000	0.000	5.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	229.9	217.1	-177.4	-187.0	-77.3	-104.9	-54.0	355.0	355.0	355.0	1.432	1																																																
6	3.000	2.250	8.085	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	265.7	251.1	-197.9	-208.9	-80.4	-111.0	-23.7	355.0	355.0	355.0	1.432	1																																																
7	4.000	0.000	8.085	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	265.7	251.1	-197.9	-208.9	-80.4	-111.0	-23.7	355.0	355.0	355.0	1.432	1																																																
8	4.000	2.750	10.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	273.1	258.1	-202.3	-213.6	-81.0	-112.3	9.2	355.0	355.0	355.0	1.432	1																																																
9	5.000	0.000	10.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	273.1	258.1	-202.3	-213.6	-81.0	-112.3	9.2	355.0	355.0	355.0	1.432	1																																																
10	5.000	2.750	13.585	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	241.8	228.4	-184.1	-194.2	-78.4	-107.0	46.2	355.0	355.0	355.0	1.432	1																																																
11	6.000	0.000	13.585	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	241.8	228.4	-184.1	-194.2	-78.4	-107.0	46.2	355.0	355.0	355.0	1.432	1																																																
12	6.000	2.250	15.835	5.143	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	185.8	175.1	-152.7	-160.7	-74.1	-97.9	110.7	355.0	355.0	355.0	1.422	1																																																
13	7.000	0.000	15.835	5.143	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	182.5	171.6	-163.8	-170.6	-75.3	-98.8	85.7	355.0	355.0	355.0	1.417	1																																																
14	7.000	3.250	19.085	4.298	0.240	0.070	0.540	0.007	0.250	0.007	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	55.7	51.3	-82.5	-85.2	-62.8	-75.2	93.2	355.0	355.0	355.0	1.350	1																																																
15	8.000	0.000	19.085	4.298	0.240	0.070	0.540	0.007	0.250	0.007	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	55.6	51.3	-82.5	-85.2	-62.8	-75.2	119.6	355.0	355.0	355.0	1.350	1																																																
16	8.000	0.915	20.000	4.060	0.240	0.070	0.540	0.006	0.250	0.006	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.6	355.0	355.0	355.0	0.551	3																																																

ONI EFFICACI				Analisi elastica														Analisi plastica														Ver. stabilità pannelli d'anima									
Sez	WB_eff (m3)	WC_eff (m3)	WD_eff (m3)	MEd (kNm)	NEd (kN)	eN (m)	σA' C1Mmax (Mpa)	σB' C1Mmax (Mpa)	σC' C1Mmax (Mpa)	σD' C1Mmax (Mpa)	η1,inf	η1,sup	η1,inf grafico	η1,sup grafico	Mf,Rd (kNm)	MPI,Rd (kNm)	NPI,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr. Long	IsI (m4)	κτ	(hw/t) max	lw	Xw	Vbw,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	VEd (kN)	η3	η1_s	η1_inter						
																																				η1,inf	η1,sup	Mf,Rd	MPI,Rd	NPI,Rd	MEd
1							0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	9685.5	17778.1	30753	3059.7	-7445.0	16736.2	0.00	0.00	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1319	0.35	0.58	0.00					
2							140.5	131.8	-137.3	-142.7	0.40	0.41	0.00	0.00	15986.8	25705.2	55422	10640.8	-8784.0	25059.5	0.42	0.42	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2263	0.60	0.00	0.00					
3							140.6	131.8	-137.3	-142.7	0.40	0.41	0.00	0.00	15986.8	25705.2	55422	10643.3	-8784.0	25059.5	0.42	0.42	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2263	0.60	0.00	0.00					
4							225.6	212.6	-191.1	-199.2	0.65	0.58	0.00	0.00	15986.5	25935.0	58491	15596.3	-9739.8	25215.9	0.62	0.62	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1565	0.41	0.00	0.00					
5							229.9	217.1	-177.4	-187.0	0.66	0.54	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	15466.4	-9739.8	24087.0	0.64	0.64	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	959	0.40	0.00	0.00					
6							265.7	251.1	-197.9	-208.9	0.76	0.60	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17433.5	-9739.8	24087.0	0.72	0.72	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	421	0.18	0.00	0.00					
7							265.7	251.1	-197.9	-208.9	0.76	0.60	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17433.5	-9739.8	24087.0	0.72	0.72	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	421	0.18	0.00	0.00					
8							273.1	258.1	-202.3	-213.6	0.79	0.62	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17839.3	-9739.8	24087.0	0.74	0.74	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	163	0.07	0.00	0.00					
9							273.1	258.1	-202.3	-213.6	0.79	0.62	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17838.9	-9739.8	24087.0	0.74	0.74	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	163	0.07	0.00	0.00					
10							241.8	228.4	-184.1	-194.2	0.70	0.56	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	16119.6	-9739.8	24087.0	0.67	0.67	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	820	0.34	0.00	0.00					
11							241.8	228.4	-184.1	-194.2	0.70	0.56	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	16117.6	-9739.8	24087.0	0.67	0.67	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	820	0.34	0.00	0.00					
12							185.8	175.1	-152.7	-160.7	0.53	0.46	0.00	0.00	16224.2	24706.8	56649	12973.3	-9356.6	24032.8	0.54	0.54	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	1964	0.82	0.00	0.00					
13							182.5	171.6	-163.8	-170.6	0.52	0.49	0.00	0.00	15980.6	25848.4	57212	13101.5	-9356.6	25157.1	0.52	0.52	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1964	0.52	0.00	0.00					
14							55.7	51.3	-82.5	-85.2	0.16	0.25	0.00	0.00	15931.3	25382.7	52206	5723.7	-7865.0	24806.6	0.23	0.23	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2135	0.56	0.00	0.00					
15							55.6	51.3	-82.5	-85.2	0.16	0.25	0.00	0.00	15931.3	25382.7	52206	5719.7	-7865.0	24806.6	0.23	0.23	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2742	0.72	0.00	0.00					
16							0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	9685.5	17778.1	30753	3059.7	-7445.0	16736.2	0.00	0.00	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1319	0.35	0.58	0.00					

**LAVORO: SS130 - PO02 - 20 m**  
**Verifica di resistenza sezioni in Classe 4**

**Dati**  
 coefficiente di sicurezza per la resistenza all'instabilità  
 coefficiente eta  
 pannelli irrigiditi (0) - non irrigiditi (1)  
 Resistenza di progetto soletta  
 Tensione di snervamento acciaio armature soletta

**Var**      **unità**  
 γM1            **1.10**  
 η                **1.20**  
 pan             **0**  
 fcd            MPa    **19.83**  
 fya            MPa    **450**

COMBINAZIONE **C1Vmax**

Sez	soletta																TENSIONI AGENTI SU SEZIONE LORDA										CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI							
	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	Bcoll (m)	Hc (m)	Hcr (m)	Bcr (m)	Assup (m2)	yGs sup (m)	Asinf (m2)	yGs inf (m)	Beq (m)	tf (m)	hw (m)	tw (m)	Beq (m)	tf (m)	Status soletta	σA (Mpa)	σB (Mpa)	σC (Mpa)	σD (Mpa)	σAs_inf (Mpa)	σAs_sup (Mpa)	τ (Mpa)	fyfs (Mpa)	fyw (Mpa)	fyfi (Mpa)	PNA (m)	Classe	Aeff (m2)	yGa_eff (m)	Ixa_eff (m4)	WA_eff (m3)
1	1.000	0.000	0.000	4.060	0.240	0.070	0.540	0.006	0.250	0.006	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-57.6	355.0	355.0	355.0	0.551	3				
2	1.000	2.918	2.918	4.819	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	116.9	109.0	-136.2	-141.2	-68.5	-85.2	-34.2	355.0	355.0	355.0	1.401	1				
3	2.000	0.000	2.918	4.819	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	116.9	109.0	-136.2	-141.2	-68.5	-85.2	-34.2	355.0	355.0	355.0	1.401	1				
4	2.000	2.918	5.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	199.6	187.4	-190.3	-198.0	-75.7	-99.3	-8.4	355.0	355.0	355.0	1.427	1				
5	3.000	0.000	5.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	202.9	190.9	-177.0	-185.9	-74.5	-98.4	-10.8	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
6	3.000	2.250	8.085	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	241.7	227.9	-197.5	-207.9	-77.9	-105.3	16.2	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
7	4.000	0.000	8.085	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	241.7	227.9	-197.5	-207.9	-77.9	-105.3	16.2	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
8	4.000	2.750	10.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	255.9	241.5	-202.1	-212.9	-79.2	-108.2	48.9	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
9	5.000	0.000	10.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	255.9	241.5	-202.1	-212.9	-79.2	-108.1	48.9	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
10	5.000	2.750	13.585	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	231.2	218.2	-183.9	-193.7	-77.3	-104.4	83.1	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
11	6.000	0.000	13.585	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	231.2	218.1	-183.9	-193.7	-77.3	-104.4	83.1	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
12	6.000	2.250	15.835	5.143	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	180.6	170.1	-152.6	-160.5	-73.5	-96.6	111.8	355.0	355.0	355.0	1.422	1				
13	7.000	0.000	15.835	5.143	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	177.5	166.8	-163.7	-170.4	-74.7	-97.5	86.6	355.0	355.0	355.0	1.417	1				
14	7.000	3.250	19.085	4.298	0.240	0.070	0.540	0.007	0.250	0.007	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	55.4	51.0	-82.5	-85.2	-62.8	-75.2	119.7	355.0	355.0	355.0	1.350	1				
15	8.000	0.000	19.085	4.298	0.240	0.070	0.540	0.007	0.250	0.007	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	55.3	51.0	-82.4	-85.1	-62.8	-75.1	119.7	355.0	355.0	355.0	1.350	1				
16	8.000	0.915	20.000	4.060	0.240	0.070	0.540	0.006	0.250	0.006	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	129.2	355.0	355.0	355.0	0.551	3				

ONI EFFICACI				Analisi elastica																Analisi plastica																Ver. stabilità pannelli d'anima									
Sez	WB_eff (m3)	WC_eff (m3)	WD_eff (m3)	MEd (kNm)	NEd (kN)	eN (m)	σA' C1Mmax (Mpa)	σB' C1Mmax (Mpa)	σC' C1Mmax (Mpa)	σD' C1Mmax (Mpa)	η1,inf	η1,sup	η1,inf grafico	η1,sup grafico	Mf,Rd (kNm)	MPI,Rd (kNm)	NPI,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr.		κτ	(hw/t) max	l <sub>w</sub>	X <sub>w</sub>	V <sub>bw</sub> ,Rd (kN)	V <sub>b</sub> ,Rd (kN)	VEd (kN)	η3	η1_s	η1_inter										
																								Long	Isl (m4)																				
1							0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	9685.5	17778.1	30753	3059.7	-7445.0	16736.2	0.00	0.00	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1319	0.35	0.58	0.00									
2							116.9	109.0	-136.2	-141.2	0.33	0.41	0.00	0.00	15986.8	25705.2	55422	10640.8	-8784.0	25059.5	0.42	0.42	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	784	0.21	0.00	0.00									
3							116.9	109.0	-136.2	-141.2	0.33	0.41	0.00	0.00	15986.8	25705.2	55422	10643.3	-8784.0	25059.5	0.42	0.42	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	784	0.21	0.00	0.00									
4							199.6	187.4	-190.3	-198.0	0.57	0.57	0.00	0.00	15986.5	25935.0	58491	15596.3	-9739.8	25215.9	0.62	0.62	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	192	0.05	0.00	0.00									
5							202.9	190.9	-177.0	-185.9	0.58	0.54	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	15466.4	-9739.8	24087.0	0.64	0.64	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	192	0.08	0.00	0.00									
6							241.7	227.9	-197.5	-207.9	0.69	0.60	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17433.5	-9739.8	24087.0	0.72	0.72	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	288	0.12	0.00	0.00									
7							241.7	227.9	-197.5	-207.9	0.69	0.60	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17433.5	-9739.8	24087.0	0.72	0.72	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	288	0.12	0.00	0.00									
8							255.9	241.5	-202.1	-212.9	0.74	0.61	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17839.3	-9739.8	24087.0	0.74	0.74	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	867	0.36	0.00	0.00									
9							255.9	241.5	-202.1	-212.9	0.74	0.61	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17838.9	-9739.8	24087.0	0.74	0.74	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	867	0.36	0.00	0.00									
10							231.2	218.2	-183.9	-193.7	0.66	0.56	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	16119.6	-9739.8	24087.0	0.67	0.67	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	1474	0.62	0.00	0.00									
11							231.2	218.1	-183.9	-193.7	0.66	0.56	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	16117.6	-9739.8	24087.0	0.67	0.67	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	1474	0.62	0.00	0.00									
12							180.6	170.1	-152.6	-160.5	0.52	0.46	0.00	0.00	16224.2	24706.8	56649	12973.3	-9356.6	24032.8	0.54	0.54	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	1984	0.83	0.00	0.00									
13							177.5	166.8	-163.7	-170.4	0.51	0.49	0.00	0.00	15980.6	25848.4	57212	13101.5	-9356.6	25157.1	0.52	0.52	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1984	0.52	0.00	0.00									
14							55.4	51.0	-82.5	-85.2	0.16	0.25	0.00	0.00	15931.3	25382.7	52206	5723.7	-7865.0	24806.6	0.23	0.23	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2743	0.72	0.00	0.00									
15							55.3	51.0	-82.4	-85.1	0.16	0.25	0.00	0.00	15931.3	25382.7	52206	5719.7	-7865.0	24806.6	0.23	0.23	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2743	0.72	0.00	0.00									
16							0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	9685.5	17778.1	30753	3059.7	-7445.0	16736.2	0.00	0.00	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2960	0.78	0.58	0.71									

**LAVORO: SS130 - PO02 - 20 m**  
**Verifica di resistenza sezioni in Classe 4**

**Dati**  
 coefficiente di sicurezza per la resistenza all'instabilità  
 coefficiente eta  
 pannelli irrigiditi (0) - non irrigiditi (1)  
 Resistenza di progetto soletta  
 Tensione di snervamento acciaio armature soletta

**Var**      **unità**  
 γM1            **1.10**  
 η                **1.20**  
 pan             **0**  
 fcd            MPa    **19.83**  
 fya            MPa    **450**

COMBINAZIONE    **C1Vmin**

Sez	soletta																TENSIONI AGENTI SU SEZIONE LORDA										CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI							
	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	Bcoll (m)	Hc (m)	Hcr (m)	Bcr (m)	Assup (m2)	yGs sup (m)	Asinf (m2)	yGs inf (m)	Beq (m)	tf (m)	hw (m)	tw (m)	Beq (m)	tf (m)	Status soletta	σA (Mpa)	σB (Mpa)	σC (Mpa)	σD (Mpa)	σAs_inf (Mpa)	σAs_sup (Mpa)	τ (Mpa)	fyfs (Mpa)	fyw (Mpa)	fyfi (Mpa)	PNA (m)	Classe	Aeff (m2)	yGa_eff (m)	Ixa_eff (m4)	WA_eff (m3)
1	1.000	0.000	0.000	4.060	0.240	0.070	0.540	0.006	0.250	0.006	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-129.2	355.0	355.0	355.0	0.551	3				
2	1.000	2.918	2.918	4.819	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	137.9	129.2	-137.2	-142.6	-71.3	-90.8	-99.2	355.0	355.0	355.0	1.401	1				
3	2.000	0.000	2.918	4.819	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	137.9	129.3	-137.2	-142.6	-71.3	-90.8	-99.2	355.0	355.0	355.0	1.401	1				
4	2.000	2.918	5.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	216.9	204.1	-190.8	-198.8	-77.6	-103.6	-70.0	355.0	355.0	355.0	1.427	1				
5	3.000	0.000	5.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	220.8	208.3	-177.2	-186.7	-76.4	-102.7	-90.4	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
6	3.000	2.250	8.085	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	251.0	236.8	-197.7	-208.3	-78.8	-107.5	-62.2	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
7	4.000	0.000	8.085	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	251.0	236.8	-197.7	-208.3	-78.8	-107.5	-62.2	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
8	4.000	2.750	10.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	251.8	237.5	-202.0	-212.7	-78.8	-107.2	-28.8	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
9	5.000	0.000	10.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	251.8	237.5	-202.0	-212.7	-78.8	-107.2	-28.8	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
10	5.000	2.750	13.585	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	215.2	202.6	-183.7	-193.1	-75.6	-100.6	4.0	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
11	6.000	0.000	13.585	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	215.1	202.6	-183.7	-193.1	-75.6	-100.6	4.1	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
12	6.000	2.250	15.835	5.143	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	159.1	149.3	-152.2	-159.5	-71.1	-91.3	30.0	355.0	355.0	355.0	1.422	1				
13	7.000	0.000	15.835	5.143	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	156.8	146.8	-162.9	-169.2	-72.2	-92.2	23.2	355.0	355.0	355.0	1.417	1				
14	7.000	3.250	19.085	4.298	0.240	0.070	0.540	0.007	0.250	0.007	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	fessurata	41.7	32.7	-44.5	-84.0	-20.0	-24.7	51.0	355.0	355.0	355.0	0.570	3				
15	8.000	0.000	19.085	4.298	0.240	0.070	0.540	0.007	0.250	0.007	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	fessurata	41.6	32.6	-44.4	-84.0	-20.0	-24.6	51.0	355.0	355.0	355.0	0.570	3				
16	8.000	0.915	20.000	4.060	0.240	0.070	0.540	0.006	0.250	0.006	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.6	355.0	355.0	355.0	0.551	3				

ONI EFFICACI				Analisi elastica										Analisi plastica										Ver. stabilità pannelli d'anima												
Sez	WB_eff (m3)	WC_eff (m3)	WD_eff (m3)	MEd (kNm)	NEd (kN)	eN (m)	σA'	σB'	σC'	σD'	η1,inf	η1,sup	η1,inf grafico	η1,sup grafico	Mf,Rd	MPl,Rd	NPl,Rd	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr.		κτ	(hw/t) max	l <sub>w</sub>	X <sub>w</sub>	V <sub>bw</sub> ,Rd (kN)	V <sub>b</sub> ,Rd (kN)	V <sub>Ed</sub> (kN)	η3	η1_s	η1_inter	
							C1Mmax (Mpa)	C1Mmax (Mpa)	C1Mmax (Mpa)	C1Mmax (Mpa)					Mf,Rd (kNm)	MPl,Rd (kNm)	NPl,Rd (kN)							Long	Isl (m4)											
1							0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	9685.5	17778.1	30753	3059.7	-7445.0	16736.2	0.00	0.00	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2961	0.78	0.58	0.71
2							137.9	129.2	-137.2	-142.6	0.40	0.41	0.00	0.00	15986.8	25705.2	55422	10640.8	-8784.0	25059.5	0.42	0.42	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2273	0.60		0.00
3							137.9	129.3	-137.2	-142.6	0.40	0.41	0.00	0.00	15986.8	25705.2	55422	10643.3	-8784.0	25059.5	0.42	0.42	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2273	0.60		0.00
4							216.9	204.1	-190.8	-198.8	0.62	0.58	0.00	0.00	15986.5	25935.0	58491	15596.3	-9739.8	25215.9	0.62	0.62	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1605	0.42		0.00
5							220.8	208.3	-177.2	-186.7	0.63	0.54	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	15466.4	-9739.8	24087.0	0.64	0.64	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	1604	0.67		0.00
6							251.0	236.8	-197.7	-208.3	0.72	0.60	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17433.5	-9739.8	24087.0	0.72	0.72	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	1103	0.46		0.00
7							251.0	236.8	-197.7	-208.3	0.72	0.60	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17433.5	-9739.8	24087.0	0.72	0.72	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	1103	0.46		0.00
8							251.8	237.5	-202.0	-212.7	0.72	0.61	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17839.3	-9739.8	24087.0	0.74	0.74	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	512	0.21		0.00
9							251.8	237.5	-202.0	-212.7	0.72	0.61	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17838.9	-9739.8	24087.0	0.74	0.74	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	512	0.21		0.00
10							215.2	202.6	-183.7	-193.1	0.62	0.56	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	16119.6	-9739.8	24087.0	0.67	0.67	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	72	0.03		0.00
11							215.1	202.6	-183.7	-193.1	0.62	0.56	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	16117.6	-9739.8	24087.0	0.67	0.67	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	72	0.03		0.00
12							159.1	149.3	-152.2	-159.5	0.46	0.46	0.00	0.00	16224.2	24706.8	56649	12973.3	-9356.6	24032.8	0.54	0.54	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	533	0.22		0.00
13							156.8	146.8	-162.9	-169.2	0.45	0.49	0.00	0.00	15980.6	25848.4	57212	13101.5	-9356.6	25157.1	0.52	0.52	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	533	0.14		0.00
14							41.7	32.7	-44.5	-84.0	0.11	0.19	0.11	0.19	9687.8	18000.5	30998	5723.7	-7865.0	16841.7	0.00	0.19	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1169	0.31	0.58	0.00
15							41.6	32.6	-44.4	-84.0	0.11	0.19	0.11	0.19	9687.8	18000.5	30998	5719.7	-7865.0	16841.7	0.00	0.19	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1169	0.31	0.58	0.00
16							0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	9685.5	17778.1	30753	3059.7	-7445.0	16736.2	0.00	0.00	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1319	0.35	0.58	0.00

**LAVORO: SS130 - PO02 - 20 m**  
**Verifica di resistenza sezioni in Classe 4**

**Dati**  
 coefficiente di sicurezza per la resistenza all'instabilità  
 coefficiente eta  
 pannelli irrigiditi (0) - non irrigiditi (1)  
 Resistenza di progetto soletta  
 Tensione di snervamento acciaio armature soletta

**Var**      **unità**  
 γM1            **1.10**  
 η                **1.20**  
 pan             **0**  
 fcd            MPa    **19.83**  
 fya            MPa    **450**

COMBINAZIONE    **C2Mmax**

Sez	soletta																TENSIONI AGENTI SU SEZIONE LORDA										CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI							
	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	Bcoll (m)	Hc (m)	Hcr (m)	Bcr (m)	Assup (m2)	yGs sup (m)	Asinf (m2)	yGs inf (m)	Beq (m)	tf (m)	hw (m)	tw (m)	Beq (m)	tf (m)	Status soletta	σA (Mpa)	σB (Mpa)	σC (Mpa)	σD (Mpa)	σAs_inf (Mpa)	σAs_sup (Mpa)	τ (Mpa)	fyfs (Mpa)	fyw (Mpa)	fyfi (Mpa)	PNA (m)	Classe	Aeff (m2)	yGa_eff (m)	Ixa_eff (m4)	WA_eff (m3)
1	1.000	0.000	0.000	4.060	0.240	0.070	0.540	0.006	0.250	0.006	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	-2.4	-1.9	13.3	13.7	14.6	16.7	-57.6	355.0	355.0	355.0	1.298	1				
2	1.000	2.918	2.918	4.819	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	128.5	122.2	-70.7	-74.7	1.7	-8.1	-98.8	355.0	355.0	355.0	1.401	1				
3	2.000	0.000	2.918	4.819	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	128.5	122.3	-70.7	-74.7	1.7	-8.1	-98.8	355.0	355.0	355.0	1.401	1				
4	2.000	2.918	5.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	213.5	202.9	-123.5	-130.1	-4.5	-21.0	-68.3	355.0	355.0	355.0	1.427	1				
5	3.000	0.000	5.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	218.4	208.0	-110.7	-118.4	-3.8	-21.0	-54.0	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
6	3.000	2.250	8.085	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	254.1	242.0	-131.2	-140.3	-6.9	-27.1	-23.7	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
7	4.000	0.000	8.085	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	254.1	242.0	-131.2	-140.3	-6.9	-27.1	-23.7	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
8	4.000	2.750	10.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	261.5	249.0	-135.6	-145.0	-7.5	-28.3	9.2	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
9	5.000	0.000	10.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	261.5	249.0	-135.6	-145.0	-7.5	-28.3	9.2	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
10	5.000	2.750	13.585	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	230.2	219.3	-117.4	-125.6	-4.9	-23.0	46.2	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
11	6.000	0.000	13.585	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	230.2	219.2	-117.4	-125.6	-4.9	-23.0	46.2	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
12	6.000	2.250	15.835	5.143	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	174.3	166.1	-86.4	-92.5	-1.0	-14.4	110.7	355.0	355.0	355.0	1.422	1				
13	7.000	0.000	15.835	5.143	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	170.3	162.0	-96.6	-101.8	-1.5	-14.4	85.7	355.0	355.0	355.0	1.417	1				
14	7.000	3.250	19.085	4.298	0.240	0.070	0.540	0.007	0.250	0.007	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	43.8	41.9	-16.8	-17.9	9.4	7.4	93.2	355.0	355.0	355.0	1.350	1				
15	8.000	0.000	19.085	4.298	0.240	0.070	0.540	0.007	0.250	0.007	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	43.7	41.8	-16.8	-17.9	9.4	7.4	119.6	355.0	355.0	355.0	1.350	1				
16	8.000	0.915	20.000	4.060	0.240	0.070	0.540	0.006	0.250	0.006	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	-2.4	-1.9	13.3	13.7	14.6	16.7	57.6	355.0	355.0	355.0	1.298	1				

ONI EFFICACI				Analisi elastica																		Analisi plastica																		Ver. stabilità pannelli d'anima									
Sez	WB_eff (m3)	WC_eff (m3)	WD_eff (m3)	MEd (kNm)	NEd (kN)	eN (m)	σA' C1Mmax (Mpa)	σB' C1Mmax (Mpa)	σC' C1Mmax (Mpa)	σD' C1Mmax (Mpa)	η1,inf	η1,sup	η1,inf grafico	η1,sup grafico	Mf,Rd (kNm)	MPI,Rd (kNm)	NPI,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr.		κτ	(hw/t) max	l <sub>w</sub>	X <sub>w</sub>	V <sub>bw</sub> ,Rd (kN)	V <sub>b</sub> ,Rd (kN)	V <sub>Ed</sub> (kN)	η3	η1_s	η1_inter														
																								Long	Isl (m4)																								
1							-2.4	-1.9	13.3	13.7	0.01	0.04	0.00	0.00	15912.2	25139.7	50828	3059.7	-7445.0	24600.3	0.12	0.12	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1319	0.35		0.00													
2							128.5	122.2	-70.7	-74.7	0.37	0.22	0.00	0.00	15986.8	25705.2	55422	10640.8	-8784.0	25059.5	0.42	0.42	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2263	0.60		0.00													
3							128.5	122.3	-70.7	-74.7	0.37	0.22	0.00	0.00	15986.8	25705.2	55422	10643.3	-8784.0	25059.5	0.42	0.42	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2263	0.60		0.00													
4							213.5	202.9	-123.5	-130.1	0.62	0.38	0.00	0.00	15986.5	25935.0	58491	15596.3	-9739.8	25215.9	0.62	0.62	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1565	0.41		0.00													
5							218.4	208.0	-110.7	-118.4	0.63	0.34	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	15466.4	-9739.8	24087.0	0.64	0.64	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	959	0.40		0.00													
6							254.1	242.0	-131.2	-140.3	0.73	0.40	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17433.5	-9739.8	24087.0	0.72	0.72	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	421	0.18		0.00													
7							254.1	242.0	-131.2	-140.3	0.73	0.40	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17433.5	-9739.8	24087.0	0.72	0.72	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	421	0.18		0.00													
8							261.5	249.0	-135.6	-145.0	0.76	0.41	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17839.3	-9739.8	24087.0	0.74	0.74	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	163	0.07		0.00													
9							261.5	249.0	-135.6	-145.0	0.76	0.41	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17838.9	-9739.8	24087.0	0.74	0.74	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	163	0.07		0.00													
10							230.2	219.3	-117.4	-125.6	0.66	0.36	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	16119.6	-9739.8	24087.0	0.67	0.67	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	820	0.34		0.00													
11							230.2	219.2	-117.4	-125.6	0.66	0.36	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	16117.6	-9739.8	24087.0	0.67	0.67	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	820	0.34		0.00													
12							174.3	166.1	-86.4	-92.5	0.50	0.26	0.00	0.00	16224.2	24706.8	56649	12973.3	-9356.6	24032.8	0.54	0.54	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	1964	0.82		0.00													
13							170.3	162.0	-96.6	-101.8	0.49	0.29	0.00	0.00	15980.6	25848.4	57212	13101.5	-9356.6	25157.1	0.52	0.52	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1964	0.52		0.00													
14							43.8	41.9	-16.8	-17.9	0.13	0.05	0.00	0.00	15931.3	25382.7	52206	5723.7	-7865.0	24806.6	0.23	0.23	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2135	0.56		0.00													
15							43.7	41.8	-16.8	-17.9	0.13	0.05	0.00	0.00	15931.3	25382.7	52206	5719.7	-7865.0	24806.6	0.23	0.23	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2742	0.72		0.00													
16							-2.4	-1.9	13.3	13.7	0.01	0.04	0.00	0.00	15912.2	25139.7	50828	3059.7	-7445.0	24600.3	0.12	0.12	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1319	0.35		0.00													

**LAVORO: SS130 - PO02 - 20 m**  
**Verifica di resistenza sezioni in Classe 4**

**Dati**  
 coefficiente di sicurezza per la resistenza all'instabilità  
 coefficiente eta  
 pannelli irrigiditi (0) - non irrigiditi (1)  
 Resistenza di progetto soletta  
 Tensione di snervamento acciaio armature soletta

**Var**      **unità**  
 γM1            **1.10**  
 η                **1.20**  
 pan             **0**  
 fcd            MPa    **19.83**  
 fya            MPa    **450**

COMBINAZIONE **C2Vmax**

Sez	soletta																TENSIONI AGENTI SU SEZIONE LORDA										CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI							
	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	Bcoll (m)	Hc (m)	Hcr (m)	Bcr (m)	Assup (m2)	yGs sup (m)	Asinf (m2)	yGs inf (m)	Beq (m)	tf (m)	hw (m)	tw (m)	Beq (m)	tf (m)	Status soletta	σA (Mpa)	σB (Mpa)	σC (Mpa)	σD (Mpa)	σAs_inf (Mpa)	σAs_sup (Mpa)	τ (Mpa)	fyfs (Mpa)	fyw (Mpa)	fyfi (Mpa)	PNA (m)	Classe	Aeff (m2)	yGa_eff (m)	Ixa_eff (m4)	WA_eff (m3)
1	1.000	0.000	0.000	4.060	0.240	0.070	0.540	0.006	0.250	0.006	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	-2.4	-1.9	13.3	13.7	14.6	16.7	-57.6	355.0	355.0	355.0	1.298	1				
2	1.000	2.918	2.918	4.819	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	104.9	99.4	-69.7	-73.1	4.7	-1.7	-34.2	355.0	355.0	355.0	1.401	1				
3	2.000	0.000	2.918	4.819	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	104.9	99.4	-69.7	-73.1	4.7	-1.7	-34.2	355.0	355.0	355.0	1.401	1				
4	2.000	2.918	5.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	187.5	177.7	-122.8	-128.9	-1.6	-14.5	-8.4	355.0	355.0	355.0	1.427	1				
5	3.000	0.000	5.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	191.3	181.8	-110.2	-117.4	-1.0	-14.5	-10.8	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
6	3.000	2.250	8.085	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	230.2	218.8	-130.8	-139.3	-4.4	-21.3	16.2	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
7	4.000	0.000	8.085	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	230.2	218.8	-130.8	-139.3	-4.4	-21.3	16.2	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
8	4.000	2.750	10.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	244.3	232.4	-135.3	-144.3	-5.7	-24.2	48.9	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
9	5.000	0.000	10.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	244.3	232.4	-135.3	-144.3	-5.7	-24.2	48.9	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
10	5.000	2.750	13.585	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	219.7	209.1	-117.2	-125.2	-3.8	-20.5	83.1	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
11	6.000	0.000	13.585	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	219.6	209.0	-117.2	-125.2	-3.8	-20.4	83.1	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
12	6.000	2.250	15.835	5.143	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	169.1	161.0	-86.3	-92.3	-0.4	-13.1	111.8	355.0	355.0	355.0	1.422	1				
13	7.000	0.000	15.835	5.143	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	165.3	157.1	-96.4	-101.6	-0.9	-13.2	86.6	355.0	355.0	355.0	1.417	1				
14	7.000	3.250	19.085	4.298	0.240	0.070	0.540	0.007	0.250	0.007	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	43.5	41.6	-16.7	-17.9	9.4	7.5	119.7	355.0	355.0	355.0	1.350	1				
15	8.000	0.000	19.085	4.298	0.240	0.070	0.540	0.007	0.250	0.007	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	43.4	41.5	-16.7	-17.9	9.4	7.5	119.7	355.0	355.0	355.0	1.350	1				
16	8.000	0.915	20.000	4.060	0.240	0.070	0.540	0.006	0.250	0.006	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	-2.4	-1.9	13.3	13.7	14.6	16.7	129.2	355.0	355.0	355.0	1.298	1				

ONI EFFICACI				Analisi elastica																Analisi plastica																Ver. stabilità pannelli d'anima									
Sez	WB_eff (m3)	WC_eff (m3)	WD_eff (m3)	MEd (kNm)	NEd (kN)	eN (m)	σA' C1Mmax (Mpa)	σB' C1Mmax (Mpa)	σC' C1Mmax (Mpa)	σD' C1Mmax (Mpa)	η1,inf	η1,sup	η1,inf grafico	η1,sup grafico	Mf,Rd (kNm)	MPI,Rd (kNm)	NPI,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr.		κτ	(hw/t) max	Ver. stabilità pannelli d'anima	lw	Xw	Vbw,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	VEd (kN)	η3	η1_s	η1_inter									
																								Long	Isi (m4)																				
1							-2.4	-1.9	13.3	13.7	0.01	0.04	0.00	0.00	15912.2	25139.7	50828	3059.7	-7445.0	24600.3	0.12	0.12	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1319	0.35	0.00										
2							104.9	99.4	-69.7	-73.1	0.30	0.21	0.00	0.00	15986.8	25705.2	55422	10640.8	-8784.0	25059.5	0.42	0.42	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	784	0.21	0.00										
3							104.9	99.4	-69.7	-73.1	0.30	0.21	0.00	0.00	15986.8	25705.2	55422	10643.3	-8784.0	25059.5	0.42	0.42	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	784	0.21	0.00										
4							187.5	177.7	-122.8	-128.9	0.54	0.37	0.00	0.00	15986.5	25935.0	58491	15596.3	-9739.8	25215.9	0.62	0.62	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	192	0.05	0.00										
5							191.3	181.8	-110.2	-117.4	0.55	0.34	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	15466.4	-9739.8	24087.0	0.64	0.64	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	192	0.08	0.00										
6							230.2	218.8	-130.8	-139.3	0.66	0.40	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17433.5	-9739.8	24087.0	0.72	0.72	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	288	0.12	0.00										
7							230.2	218.8	-130.8	-139.3	0.66	0.40	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17433.5	-9739.8	24087.0	0.72	0.72	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	288	0.12	0.00										
8							244.3	232.4	-135.3	-144.3	0.71	0.41	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17839.3	-9739.8	24087.0	0.74	0.74	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	867	0.36	0.00										
9							244.3	232.4	-135.3	-144.3	0.70	0.41	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17838.9	-9739.8	24087.0	0.74	0.74	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	867	0.36	0.00										
10							219.7	209.1	-117.2	-125.2	0.63	0.36	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	16119.6	-9739.8	24087.0	0.67	0.67	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	1474	0.62	0.00										
11							219.6	209.0	-117.2	-125.2	0.63	0.36	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	16117.6	-9739.8	24087.0	0.67	0.67	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	1474	0.62	0.00										
12							169.1	161.0	-86.3	-92.3	0.49	0.26	0.00	0.00	16224.2	24706.8	56649	12973.3	-9356.6	24032.8	0.54	0.54	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	1984	0.83	0.00										
13							165.3	157.1	-96.4	-101.6	0.48	0.29	0.00	0.00	15980.6	25848.4	57212	13101.5	-9356.6	25157.1	0.52	0.52	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1984	0.52	0.00										
14							43.5	41.6	-16.7	-17.9	0.13	0.05	0.00	0.00	15931.3	25382.7	52206	5723.7	-7865.0	24806.6	0.23	0.23	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2743	0.72	0.00										
15							43.4	41.5	-16.7	-17.9	0.13	0.05	0.00	0.00	15931.3	25382.7	52206	5719.7	-7865.0	24806.6	0.23	0.23	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2743	0.72	0.00										
16							-2.4	-1.9	13.3	13.7	0.01	0.04	0.00	0.00	15912.2	25139.7	50828	3059.7	-7445.0	24600.3	0.12	0.12	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2960	0.78	0.00										

**LAVORO: SS130 - PO02 - 20 m**  
**Verifica di resistenza sezioni in Classe 4**

**Dati**  
 coefficiente di sicurezza per la resistenza all'instabilità  
 coefficiente eta  
 pannelli irrigiditi (0) - non irrigiditi (1)  
 Resistenza di progetto soletta  
 Tensione di snervamento acciaio armature soletta

**Var**      **unità**  
 γM1            **1.10**  
 η                **1.20**  
 pan             **0**  
 fcd            MPa    **19.83**  
 fya            MPa    **450**

COMBINAZIONE    **C2Vmin**

Sez	soletta	Armature soletta				piattabanda superiore		anima		piattabanda inferiore		TENSIONI AGENTI SU SEZIONE LORDA										CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI												
	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	Bcoll (m)	Hc (m)	Hcr (m)	Bcr (m)	Assup (m2)	yGs sup (m)	Asinf (m2)	yGs inf (m)	Beq (m)	tf (m)	hw (m)	tw (m)	Beq (m)	tf (m)	Status soletta	σA (Mpa)	σB (Mpa)	σC (Mpa)	σD (Mpa)	σAs_inf (Mpa)	σAs_sup (Mpa)	τ (Mpa)	fyfs (Mpa)	fyw (Mpa)	fyfi (Mpa)	PNA (m)	Classe	Aeff (m2)	yGa_eff (m)	Ixa_eff (m4)	WA_eff (m3)
1	1.000	0.000	0.000	4.060	0.240	0.070	0.540	0.006	0.250	0.006	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	-2.4	-1.9	13.3	13.7	14.6	16.7	-129.2	355.0	355.0	355.0	1.298	1				
2	1.000	2.918	2.918	4.819	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	125.8	119.7	-70.6	-74.5	2.0	-7.3	-99.2	355.0	355.0	355.0	1.401	1				
3	2.000	0.000	2.918	4.819	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	125.9	119.7	-70.6	-74.5	2.0	-7.4	-99.2	355.0	355.0	355.0	1.401	1				
4	2.000	2.918	5.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	204.7	194.4	-123.3	-129.7	-3.5	-18.9	-70.0	355.0	355.0	355.0	1.427	1				
5	3.000	0.000	5.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	209.3	199.2	-110.5	-118.1	-2.9	-18.8	-90.4	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
6	3.000	2.250	8.085	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	239.4	227.7	-130.9	-139.7	-5.3	-23.5	-62.2	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
7	4.000	0.000	8.085	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	239.4	227.7	-130.9	-139.7	-5.3	-23.5	-62.2	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
8	4.000	2.750	10.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	240.2	228.4	-135.3	-144.1	-5.3	-23.2	-28.8	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
9	5.000	0.000	10.835	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	240.2	228.4	-135.3	-144.1	-5.3	-23.2	-28.8	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
10	5.000	2.750	13.585	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	203.6	193.5	-117.0	-124.5	-2.1	-16.6	4.0	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
11	6.000	0.000	13.585	5.360	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	203.6	193.5	-117.0	-124.5	-2.1	-16.6	4.1	355.0	355.0	355.0	1.432	1				
12	6.000	2.250	15.835	5.143	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.230	0.014	0.900	0.040	reagente	147.6	140.2	-85.8	-91.3	2.3	-7.8	30.0	355.0	355.0	355.0	1.422	1				
13	7.000	0.000	15.835	5.143	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	144.6	137.1	-95.7	-100.4	1.9	-7.8	23.2	355.0	355.0	355.0	1.417	1				
14	7.000	3.250	19.085	4.298	0.240	0.070	0.540	0.007	0.250	0.007	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	29.8	28.4	-15.9	-16.8	11.5	11.5	51.0	355.0	355.0	355.0	1.350	1				
15	8.000	0.000	19.085	4.298	0.240	0.070	0.540	0.007	0.250	0.007	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	29.8	28.3	-15.9	-16.8	11.5	11.5	51.0	355.0	355.0	355.0	1.350	1				
16	8.000	0.915	20.000	4.060	0.240	0.070	0.540	0.006	0.250	0.006	0.080	0.700	0.025	1.235	0.019	0.900	0.040	reagente	-2.4	-1.9	13.3	13.7	14.6	16.7	57.6	355.0	355.0	355.0	1.298	1				

ONI EFFICACI				Analisi elastica																		Analisi plastica																		Ver. stabilità pannelli d'anima									
Sez	WB_eff (m3)	WC_eff (m3)	WD_eff (m3)	MEd (kNm)	NEd (kN)	eN (m)	σA'	σB'	σC'	σD'	η1		η1,inf grafico	η1,sup grafico	Mf,Rd (kNm)	MPl,Rd (kNm)	NPl,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr.		κτ	(hw/t) max	l <sub>w</sub>	X <sub>w</sub>	V <sub>bw</sub> ,Rd (kN)	V <sub>b</sub> ,Rd (kN)	VEd (kN)	η3	η1_s	η1_inter														
							C1Mmax (Mpa)	C1Mmax (Mpa)	C1Mmax (Mpa)	C1Mmax (Mpa)	η1,inf	η1,sup	Mf,Rd	MPl,Rd	NPl,Rd	MEd	Ned	MN,Rd	η1,plast	η1	Long	Isl (m4)	κτ	(hw/t) max	l <sub>w</sub>	X <sub>w</sub>	V <sub>bw</sub> ,Rd	V <sub>b</sub> ,Rd	VEd	η3	η1_s	η1_inter																	
1							-2.4	-1.9	13.3	13.7	0.01	0.04	0.00	0.00	15912.2	25139.7	50828	3059.7	-7445.0	24600.3	0.12	0.12	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2961	0.78		0.00													
2							125.8	119.7	-70.6	-74.5	0.36	0.21	0.00	0.00	15986.8	25705.2	55422	10640.8	-8784.0	25059.5	0.42	0.42	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2273	0.60		0.00													
3							125.9	119.7	-70.6	-74.5	0.36	0.21	0.00	0.00	15986.8	25705.2	55422	10643.3	-8784.0	25059.5	0.42	0.42	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	2273	0.60		0.00													
4							204.7	194.4	-123.3	-129.7	0.59	0.37	0.00	0.00	15986.5	25935.0	58491	15596.3	-9739.8	25215.9	0.62	0.62	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1605	0.42		0.00													
5							209.3	199.2	-110.5	-118.1	0.60	0.34	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	15466.4	-9739.8	24087.0	0.64	0.64	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	1604	0.67		0.00													
6							239.4	227.7	-130.9	-139.7	0.69	0.40	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17433.5	-9739.8	24087.0	0.72	0.72	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	1103	0.46		0.00													
7							239.4	227.7	-130.9	-139.7	0.69	0.40	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17433.5	-9739.8	24087.0	0.72	0.72	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	1103	0.46		0.00													
8							240.2	228.4	-135.3	-144.1	0.69	0.41	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17839.3	-9739.8	24087.0	0.74	0.74	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	512	0.21		0.00													
9							240.2	228.4	-135.3	-144.1	0.69	0.41	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	17838.9	-9739.8	24087.0	0.74	0.74	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	512	0.21		0.00													
10							203.6	193.5	-117.0	-124.5	0.59	0.36	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	16119.6	-9739.8	24087.0	0.67	0.67	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	72	0.03		0.00													
11							203.6	193.5	-117.0	-124.5	0.59	0.36	0.00	0.00	16236.0	24787.7	57928	16117.6	-9739.8	24087.0	0.67	0.67	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	72	0.03		0.00													
12							147.6	140.2	-85.8	-91.3	0.43	0.26	0.00	0.00	16224.2	24706.8	56649	12973.3	-9356.6	24032.8	0.54	0.54	7.000	0	0	5.464	49.1	SI	1.20	0.722	2387	2387	533	0.22		0.00													
13							144.6	137.1	-95.7	-100.4	0.42	0.29	0.00	0.00	15980.6	25848.4	57212	13101.5	-9356.6	25157.1	0.52	0.52	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	533	0.14		0.00													
14							29.8	28.3	-15.9	-16.8	0.09	0.05	0.00	0.00	15931.3	25382.7	52206	5723.7	-7865.0	24806.6	0.23	0.23	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1169	0.31		0.00													
15							29.8	28.3	-15.9	-16.8	0.09	0.05	0.00	0.00	15931.3	25382.7	52206	5719.7	-7865.0	24806.6	0.23	0.23	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1169	0.31		0.00													
16							-2.4	-1.9	13.3	13.7	0.01	0.04	0.00	0.00	15912.2	25139.7	50828	3059.7	-7445.0	24600.3	0.12	0.12	7.000	0	0	5.465	49.1	SI	0.94	0.887	3788	3788	1319	0.35		0.00													

**LAVORO: SS130 - PO02 - 20 m****Verifica di resistenza sezioni in Classe 4**

Sez	INVILUPPI										
	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	$\eta_{1,inf}$	$\eta_{1,sup}$	$\eta_{1,inf}$ grafico	$\eta_{1,sup}$ grafico	$\eta_{1,plast}$	$\eta_1$	$\eta_3$	$\eta_{1\_inter}$
1	1.000	0.000	0.000	0.01	0.04	0.00	0.00	0.12	<b>0.12</b>	<b>0.78</b>	<b>0.71</b>
2	1.000	2.918	2.918	0.40	0.41	0.20	0.29	0.42	<b>0.42</b>	<b>0.60</b>	<b>0.00</b>
3	2.000	0.000	2.918	0.40	0.41	0.20	0.29	0.42	<b>0.42</b>	<b>0.60</b>	<b>0.00</b>
4	2.000	2.918	5.835	0.65	0.58	0.33	0.47	0.62	<b>0.62</b>	<b>0.42</b>	<b>0.00</b>
5	3.000	0.000	5.835	0.66	0.54	0.33	0.44	0.64	<b>0.64</b>	<b>0.67</b>	<b>0.00</b>
6	3.000	2.250	8.085	0.76	0.60	0.38	0.51	0.72	<b>0.72</b>	<b>0.46</b>	<b>0.00</b>
7	4.000	0.000	8.085	0.76	0.60	0.38	0.51	0.72	<b>0.72</b>	<b>0.46</b>	<b>0.00</b>
8	4.000	2.750	10.835	0.79	0.62	0.40	0.53	0.74	<b>0.74</b>	<b>0.36</b>	<b>0.00</b>
9	5.000	0.000	10.835	0.79	0.62	0.40	0.53	0.74	<b>0.74</b>	<b>0.36</b>	<b>0.00</b>
10	5.000	2.750	13.585	0.70	0.56	0.35	0.46	0.67	<b>0.67</b>	<b>0.62</b>	<b>0.00</b>
11	6.000	0.000	13.585	0.70	0.56	0.35	0.46	0.67	<b>0.67</b>	<b>0.62</b>	<b>0.00</b>
12	6.000	2.250	15.835	0.53	0.46	0.26	0.35	0.54	<b>0.54</b>	<b>0.83</b>	<b>0.00</b>
13	7.000	0.000	15.835	0.52	0.49	0.26	0.38	0.52	<b>0.52</b>	<b>0.52</b>	<b>0.00</b>
14	7.000	3.250	19.085	0.16	0.25	0.11	0.19	0.23	<b>0.23</b>	<b>0.72</b>	<b>0.00</b>
15	8.000	0.000	19.085	0.16	0.25	0.11	0.19	0.23	<b>0.23</b>	<b>0.72</b>	<b>0.00</b>
16	8.000	0.915	20.000	0.01	0.04	0.00	0.00	0.12	<b>0.12</b>	<b>0.78</b>	<b>0.71</b>

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

**15 ALLEGATO 5 – IMPALCATO - VERIFICA DELLE SALDATURE  
LONGITUDINALI DELLE TRAVI PRINCIPALI**

**LAVORO: SS130 - PO02 - 20 m**  
**Verifica delle saldature longitudinali**

<b>Verifica saldature longitudinali</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	
resistenza a snervamento dell'acciaio delle anime	fy	Mpa	355
Coefficiente beta 1	β1		0.70
Coefficiente beta 2	β2		0.85
Calcolo delle azioni per effetti locali			
peso proprio soletta	Qc1	kN/ml	43.6
permanenti portati	Qc2	kN/ml	27.8
Carico accidentale fattorizzato per verifiche SLU	Qik	kN	150
larghezza di diffusione in dir. longitudinale	Ld	m	1.22
Carico accidentale distribuito	Qik		123.0
Fattore parziale per verifiche SLU	γc		1.35
Carico complessivo fattorizzato	Qtot		262.4
Classe di resistenza a fatica per saldature longitudinali	Δτc	Mpa	80.0
Coefficiente di resistenza parziale	γMf		1.35
resistenza di calcolo a fatica	Δτc/γMf	Mpa	27.1

Sez	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	X lato (m)	a gola (m)	Vde (kN)	VERIFICHE SLU							VERIFICHE A FATICA							
							fibra B			fibra C				fibra B			fibra C				
							Sx/lx (m-1)	τ par (Mpa)	Ver SLU	Sx/lx (m-1)	τ par (Mpa)	σper (Mpa)	sid (Mpa)	Ver SLU	ΔVde (kN)	Sx/lx (m-1)	τ par (Mpa)	Ver fat	Sx/lx (m-1)	τ par (Mpa)	Ver fat
1	1.000	0.000	0.000	0.009	0.007	2960.7	0.76576	172.81	OK!	0.60777	137.16	20.00	138.6	OK!	355.4	0.76576	20.74	OK!	0.63111	17.10	OK!
2	1.000	2.918	2.918	0.009	0.007	2273.2	0.76576	132.68	OK!	0.60777	105.31	20.00	107.2	OK!	309.6	0.76576	18.07	OK!	0.64900	15.32	OK!
3	2.000	0.000	2.918	0.009	0.007	2272.8	0.76576	132.66	OK!	0.60777	105.29	20.00	107.2	OK!	309.5	0.76576	18.07	OK!	0.64900	15.31	OK!
4	2.000	2.918	5.835	0.009	0.007	1604.9	0.76576	93.67	OK!	0.60777	74.35	20.00	77.0	OK!	280.9	0.76576	16.39	OK!	0.65857	14.10	OK!
5	3.000	0.000	5.835	0.008	0.006	1604.5	0.76388	108.33	OK!	0.66802	94.74	23.19	97.5	OK!	280.8	0.76388	18.96	OK!	0.64765	16.07	OK!
6	3.000	2.250	8.085	0.008	0.006	1103.3	0.76388	74.50	OK!	0.66802	65.15	23.19	69.2	OK!	260.4	0.76388	17.58	OK!	0.64765	14.91	OK!
7	4.000	0.000	8.085	0.008	0.006	1103.3	0.76388	74.50	OK!	0.66802	65.15	23.19	69.2	OK!	260.4	0.76388	17.58	OK!	0.64765	14.91	OK!
8	4.000	2.750	10.835	0.008	0.006	867.2	0.76388	58.55	OK!	0.66802	51.21	23.19	56.2	OK!	257.5	0.76388	17.39	OK!	0.64765	14.74	OK!
9	5.000	0.000	10.835	0.008	0.006	867.3	0.76388	58.56	OK!	0.66802	51.21	23.19	56.2	OK!	257.4	0.76388	17.38	OK!	0.64765	14.74	OK!
10	5.000	2.750	13.585	0.008	0.006	1474.4	0.76388	99.55	OK!	0.66802	87.06	23.19	90.1	OK!	275.1	0.76388	18.58	OK!	0.64765	15.75	OK!
11	6.000	0.000	13.585	0.008	0.006	1474.4	0.76388	99.55	OK!	0.66802	87.06	23.19	90.1	OK!	275.0	0.76388	18.57	OK!	0.64765	15.74	OK!
12	6.000	2.250	15.835	0.008	0.006	1984.3	0.76388	133.98	OK!	0.66802	117.16	23.19	119.4	OK!	297.2	0.76388	20.07	OK!	0.64371	16.91	OK!
13	7.000	0.000	15.835	0.009	0.007	1984.3	0.76576	115.82	OK!	0.60777	91.92	20.00	94.1	OK!	297.2	0.76576	17.35	OK!	0.65481	14.83	OK!
14	7.000	3.250	19.085	0.009	0.007	2742.5	0.76576	160.07	OK!	0.60777	127.05	20.00	128.6	OK!	340.4	0.76576	19.87	OK!	0.63708	16.53	OK!
15	8.000	0.000	19.085	0.009	0.007	2742.6	0.76576	160.08	OK!	0.60777	127.05	20.00	128.6	OK!	340.3	0.76576	19.86	OK!	0.63708	16.53	OK!
16	8.000	0.915	20.000	0.009	0.007	2960.4	0.76576	172.79	OK!	0.60777	137.14	20.00	138.6	OK!	355.4	0.76576	20.74	OK!	0.63111	17.10	OK!

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
<b>CA352</b>	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

**16 ALLEGATO 6 – IMPALCATO – TRAVI PRINCIPALI - VERIFICA DELLE  
CONNESSIONI A PIOLI**

LAVORO: SS130 - PO02 - 20 m

Verifica delle piolature

Resistenza dei connettori	Var	unità	
resistenza a rottura dell'acciaio del piolo	ft	Mpa	450
coefficiente di resistenza parziale	$\gamma_V$		1.25
Diametro del piolo	d	mm	22
altezza del piolo	hsc	mm	220
resistenza a compressione cilindrica cls soletta	fck	Mpa	35
Modulo elastico cls soletta	Ec	Mpa	34077
coefficiente alpha	$\alpha$		1.0
Resistenza del piolo (componente acciaio)	$P_{RD,a}$	kN	109.5
Resistenza del piolo (componente cls)	$P_{RD,c}$	kN	122.6
<b>Resistenza del piolo SLU (min (<math>P_{RD,a}, P_{RD,c}</math>))</b>	$P_{RD,SLU}$	kN	<b>109.5</b>
Coefficiente Ks	Ks		0.75
<b>Resistenza del piolo SLE (ks x Prd)</b>	$P_{RD,SLE}$	kN	<b>82.1</b>

Dati per verifiche a fatica - Danneggiamento equivalente	Var	unità	
Classe di resistenza a fatica per pioli (scorrimento)	$\Delta\tau_c$	Mpa	90.0
Classe di resistenza a fatica della piat. Sup. per effetto saldatura pioli	$\Delta\sigma_c$	Mpa	80.0
Coefficiente parziale amplificativo dei carichi	$\gamma_{FF}$		1.00
Coefficiente di resistenza parziale (verifica al danneggiamento)	$\gamma_{Mf}$		1.15
<b>Resistenza di calcolo a fatica pioli Dtr_rid</b>	$\Delta\tau_c/(\gamma_{Mf} \times \gamma_{FF})$	Mpa	<b>78.3</b>
<b>Resistenza di calcolo a piattabanda superiore Dse_rid</b>	$\Delta\sigma_c/(\gamma_{Mf} \times \gamma_{FF})$	Mpa	<b>69.6</b>

Azioni concentrate alle estremità	kN	Ritiro	Var.Ter.+	Var.Ter.-
Sforzo normale	m	4824.4	-4600.4	4600.4
$\gamma_G-\gamma_{Gc}$	m	0.492	0.298	0.298
$\gamma_G-\gamma_{Ga}$	m2	0.491	0.685	0.685
A trave isolata	m2	0.076	0.076	0.076
A sezione composta	m4	0.153	0.253	0.253
l sezione composta	kN/m	0.05981	0.07502	0.07502
Sforzo assiale trave in acciaio	m	919.8	-432.9	432.9
lunghezza ls	kN	4.060	4.060	4.060
Vmax	m	<b>453.1</b>	<b>-213.3</b>	<b>213.3</b>
lunghezza totale viadotto		20	20	20

Fattori lambda - Danneggiamento equivalente	Var	unità	
tipo di traffico:	percorrenza	lunga	
Vita di progetto del ponte	$t_{d}$	anni	100
Peso lordo medio degli autocarri sulla corsia lenta	$Q_{m1}$	kN	445
numero di veicoli di massa superiore a 10 ton transitanti sulla corsia	Nobs		5.0E+05
fattore che tiene conto del volume di traffico lambda 2	$\lambda_2$		0.927
fattore che tiene conto della vita di progetto del ponte	$\lambda_3$		1.00
fattore che tiene conto del traffico pesante sulle altre corsie	$\lambda_4$		1.00
fattore lambda v 1	$\lambda_{v1}$		1.55
fattore che tiene conto del volume di traffico lambda v 2	$\lambda_{v2}$		0.927
fattore che tiene conto della vita di progetto del ponte	$\lambda_{v3}$		1.00
fattore che tiene conto del traffico pesante sulle altre corsie	$\lambda_{v4}$		1.00
fattore lambda v	$\lambda_v$		1.437

coeff. Par. 1.20      coeff. Par. 0.90      coeff. Par. 0.90

Sez	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	TC n.inf	TC n.rit	TC n0	Geometria pioli		Verifiche SLU																Sd (kN)	c.u.	Cedimenti vincolari				
							passo pioli (m)	n. effettivo pioli per fila	Cedimenti vincolari		Ritiro		Var. Ter.+		Var. Ter.-		Carichi mobili				Combinazioni						Inviluppi	permanenti portati	Cedimenti vincolari		
									Sd2 (kN)	Sdced1 (kN)	Sdced2 (kN)	Sdrit_code (kN)	Sdrit3 (kN)	SdDT+_code (kN)	SdDT+3 (kN)	SdDT-_code (kN)	SdDT-3 (kN)	SdCMmax (kN)	SdCMmin (kN)	SdCVmax (kN)	SdCVmin (kN)	Sdq5 (kN)	SdC1 (kN)	SdC2 (kN)					SdC1 Vmax (kN)	SdC2 Vmax (kN)	Sd (kN)
1	1.000	0.000	0.000	0.63111	0.62687	0.69798	0.20	4	-237.1	0.0	0.0	340.8	0.0	-134.0	0.0	134.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1145.7	-19.6	218.1	-390.7	218.1	-1536.4	1536.4	0.70	-175.6	0.0	0.0
2	1.000	2.918	2.918	0.64900	0.64525	0.70661	0.20	4	-172.7	0.0	0.0	95.9	0.0	-37.7	0.0	37.7	0.0	-939.3	0.0	106.2	-946.3	-14.1	-992.5	-1163.8	-999.5	-1170.8	1170.8	0.53	-127.9	0.0	0.0
3	2.000	0.000	2.918	0.64900	0.64525	0.70661	0.20	4	-172.7	0.0	0.0	95.9	0.0	-37.7	0.0	37.7	0.0	-939.0	0.0	106.2	-946.0	-14.1	-992.2	-1163.5	-999.2	-1170.5	1170.5	0.53	-127.9	0.0	0.0
4	2.000	2.918	5.835	0.65857	0.65509	0.71111	0.20	4	-103.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-723.0	0.0	253.8	-751.1	-8.3	-834.4	-834.4	-862.5	862.5	0.39	-76.3	0.0	0.0	
5	3.000	0.000	5.835	0.64765	0.64399	0.70309	0.20	3	-101.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-288.3	0.0	251.0	-742.4	-8.2	-397.9	-397.9	-851.9	851.9	0.52	-75.1	0.0	0.0	
6	3.000	2.250	8.085	0.64765	0.64399	0.70309	0.20	3	-46.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-118.8	0.0	372.5	-598.5	-3.8	-169.2	-169.2	-648.8	648.8	0.40	-34.5	0.0	0.0	
7	4.000	0.000	8.085	0.64765	0.64399	0.70309	0.20	3	-46.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-118.8	0.0	372.5	-598.5	-3.8	-169.2	-169.2	-648.8	648.8	0.40	-34.5	0.0	0.0	
8	4.000	2.750	10.835	0.64765	0.64399	0.70309	0.20	3	20.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.1	0.0	532.3	-434.1	1.6	59.1	59.1	554.3	554.3	0.34	15.1	0.0	0.0	
9	5.000	0.000	10.835	0.64765	0.64399	0.70309	0.20	3	20.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.4	0.0	532.3	-433.8	1.6	59.4	59.4	554.3	554.3	0.34	15.1	0.0	0.0	
10	5.000	2.750	13.585	0.64765	0.64399	0.70309	0.20	3	87.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	244.3	0.0	704.5	-281.8	7.1	338.6	338.6	798.8	798.8	0.49	64.6	0.0	0.0	
11	6.000	0.000	13.585	0.64765	0.64399	0.70309	0.20	3	87.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	244.6	0.0	704.5	-281.5	7.1	338.9	338.9	798.8	798.8	0.49	64.6	0.0	0.0	
12	6.000	2.250	15.835	0.64371	0.63994	0.70127	0.20	3	141.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	838.2	0.0	852.3	-165.7	11.5	990.8	990.8	1004.9	1004.9	0.61	104.5	0.0	0.0	
13	7.000	0.000	15.835	0.65481	0.65122	0.70940	0.20	4	143.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	847.9	0.0	862.2	-167.6	11.6	1003.1	1003.1	1017.4	1017.4	0.46	106.3	0.0	0.0	
14	7.000	3.250	19.085	0.63708	0.63299	0.70097	0.20	4	217.5	0.0	0.0	-264.0	0.0	103.8	0.0	-103.8	0.0	656.7	0.0	1082.6	-20.2	17.9	-132.4	995.8	-152.6	1421.7	1421.7	0.65	161.1	0.0	0.0
15	8.000	0.000	19.085	0.63708	0.63299	0.70097	0.20	4	217.5	0.0	0.0	-264.0	0.0	103.8	0.0	-103.8	0.0	1082.0	0.0	1082.6	-20.1	17.9	-132.4	1421.1	-152.5	1421.8	1421.8	0.65	161.1	0.0	0.0
16	8.000	0.915	20.000	0.63111	0.62687	0.69798	0.20	4	237.1	0.0	0.0	-340.8	0.0	134.0	0.0	-134.0	0.0	0.0	0.0	1145.7	0.0	19.6	-218.1	390.7	-218.1	1536.4	1536.4	0.70	175.6	0.0	0.0

coeff. Par. 1.00    coeff. Par. 0.60    coeff. Par. 0.60

Modello di carico di fatica

LM3

Verifiche SLE																
Ritiro		Var. Ter.+		Var. Ter.-		Carichi mobili				Combinazioni				Inviluppi		
azioni alle estremità	iperstatico	azioni alle estremità	iperstatico	azioni alle estremità	iperstatico	CMmax	CMmin	CVmax	CVmin	Vento	C1 Mmax	C2 Mmax	C1 Vmax	C2 Vmax		
Sdrit_cod e (kN)	Sdrit3 (kN)	SdDT+_code (kN)	SdDT+3 (kN)	SdDT-_code (kN)	SdDT-3 (kN)	SdCMmax (kN)	SdCMmin (kN)	SdCVmax (kN)	SdCVmin (kN)	Sdq5 (kN)	SdC1 (kN)	SdC2 (kN)	SdC1 (kN)	SdC2 (kN)	Sd (kN)	c.u.
284.0	0.0	-89.3	0.0	89.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-848.7	-13.1	184.6	-278.0	184.6	-1126.7	1126.7	0.69
79.9	0.0	-25.1	0.0	25.1	0.0	-695.8	0.0	78.7	-701.0	-9.4	-728.0	-858.2	-733.2	-863.4	863.4	0.53
79.9	0.0	-25.1	0.0	25.1	0.0	-695.6	0.0	78.7	-700.8	-9.4	-727.8	-858.0	-733.0	-863.2	863.2	0.53
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-535.6	0.0	188.0	-556.4	-5.5	-617.5	-617.5	-638.3	-638.3	638.3	0.39
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-213.6	0.0	185.9	-549.9	-5.5	-294.1	-294.1	-630.5	-630.5	630.5	0.51
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-88.0	0.0	275.9	-443.3	-2.5	-125.0	-125.0	-480.3	-480.3	480.3	0.39
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-88.0	0.0	275.9	-443.3	-2.5	-125.0	-125.0	-480.3	-480.3	480.3	0.39
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.5	0.0	394.3	-321.5	1.1	43.7	43.7	410.4	410.4	410.4	0.33
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.7	0.0	394.3	-321.3	1.1	43.9	43.9	410.5	410.5	410.5	0.33
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	181.0	0.0	521.8	-208.7	4.7	250.3	250.3	591.2	591.2	591.2	0.48
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	181.2	0.0	521.8	-208.5	4.7	250.5	250.5	591.2	591.2	591.2	0.48
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	620.9	0.0	631.4	-122.7	7.7	733.1	733.1	743.5	743.5	743.5	0.60
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	628.1	0.0	638.7	-124.1	7.7	742.2	742.2	752.8	752.8	752.8	0.46
-220.0	0.0	69.2	0.0	-69.2	0.0	486.4	0.0	801.9	-15.0	11.9	-116.2	728.6	-131.2	1044.1	1044.1	0.64
-220.0	0.0	69.2	0.0	-69.2	0.0	801.5	0.0	802.0	-14.9	11.9	-116.2	1043.6	-131.1	1044.1	1044.1	0.64
-284.0	0.0	89.3	0.0	-89.3	0.0	0.0	0.0	848.7	0.0	13.1	-184.6	278.0	-184.6	1126.7	1126.7	0.69

Verifiche a Fatica									
$\lambda_1$	$\lambda_{max}$	$\lambda$	$\Delta\tau E$	$\Delta\sigma E$	$\Delta\tau E / \Delta\tau_{rid} \leq 1.0$	$\Delta\sigma E / \Delta\sigma_{rid} \leq 1.0$	Interazione $\leq 1.3$	c.u.	
0.00	0.00	0.00	52.3	0.0	0.67	0.00	0.67	0.67	
0.00	0.00	0.00	46.5	0.0	0.59	0.00	0.59	0.59	
0.00	0.00	0.00	46.5	0.0	0.59	0.00	0.59	0.59	
0.00	0.00	0.00	41.7	0.0	0.53	0.00	0.53	0.53	
0.00	0.00	0.00	55.5	0.0	0.71	0.00	0.71	0.71	
0.00	0.00	0.00	51.5	0.0	0.66	0.00	0.66	0.66	
0.00	0.00	0.00	51.5	0.0	0.66	0.00	0.66	0.66	
0.00	0.00	0.00	51.2	0.0	0.65	0.00	0.65	0.65	
0.00	0.00	0.00	51.2	0.0	0.65	0.00	0.65	0.65	
0.00	0.00	0.00	54.3	0.0	0.69	0.00	0.69	0.69	
0.00	0.00	0.00	54.3	0.0	0.69	0.00	0.69	0.69	
0.00	0.00	0.00	59.2	0.0	0.76	0.00	0.76	0.76	
0.00	0.00	0.00	44.4	0.0	0.57	0.00	0.57	0.57	
0.00	0.00	0.00	50.0	0.0	0.64	0.00	0.64	0.64	
0.00	0.00	0.00	50.0	0.0	0.64	0.00	0.64	0.64	
0.00	0.00	0.00	52.3	0.0	0.67	0.00	0.67	0.67	

Risultati		
FS_max	Status	Condizione Dominante
0.70	OK!	Res.SLU
0.59	OK!	Fatica
0.59	OK!	Fatica
0.53	OK!	Fatica
0.71	OK!	Fatica
0.66	OK!	Fatica
0.66	OK!	Fatica
0.65	OK!	Fatica
0.65	OK!	Fatica
0.69	OK!	Fatica
0.69	OK!	Fatica
0.76	OK!	Fatica
0.57	OK!	Fatica
0.65	OK!	Res.SLU
0.65	OK!	Res.SLU
0.70	OK!	Res.SLU

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b><i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i></b>	

## **17 ALLEGATO 7 – SOTTOSTRUTTURE: SPALLA SPA**

## LAVORO: SS130 - PO02 - SPALLA SPA

## Dati e risoluzione della palificata

## Caratteristiche geometriche elevazione

N.B. Origine mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Descrizione	Lx sup (m)	Lx inf (m)	Ly (m)	h (m)	Dx (m)	Dy (m)	Dz (m)
Paraghiaia - 1	0.60	0.60	22.18	2.50	0.00	0.00	0.00
Muro frontale - 2	2.80	2.80	22.18	0.00	0.00	0.00	0.00
Muro frontale - 3	2.80	1.80	22.18	0.00	0.00	0.00	0.00
Muro frontale - 4	0.00	0.00	22.18	0.00	0.00	0.00	0.00
Cordolo risolto sx	3.90	3.90	0.35	0.50	-0.60	-10.32	-0.25
Cordolo risolto dx	3.90	3.90	0.35	0.50	-0.60	10.32	-0.25
Orecchia sx - 1	3.50	3.50	0.60	0.70	-4.50	-10.79	-0.70
Orecchia sx - 2	3.50	0.00	0.60	2.10	-4.50	-10.79	-2.80
Orecchia dx - 1	3.50	3.50	0.60	0.70	-4.50	10.79	-0.70
Orecchia dx - 2	3.50	0.00	0.60	2.10	-4.50	10.79	-2.80

## Caratteristiche geometriche fondazione

N.B. Origine mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Descrizione	Lx (m)	Ly (m)	h (m)	Disx (m)	Disy (m)
Zattera di fondazione	2.90	18.84	1.50	-2.30	0.00

## Caratteristiche geometriche complessive muro frontale (Paraghiaia+Muro frontale)

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Descrizione	Unità	Valore	
Altezza complessiva elevazione	Hfron	m	2.50
Area sezione trasversale	Afron	mq	1.50
Volume c.a.	Vfron	mc	33.27
Xbaricentro	Xg fron	m	-0.30
Ybaricentro	Yg fron	m	0.00
Zbaricentro	Zg fron	m	1.25
Dis. spigolo ant. Baric. spiccato	Lxinf/2	m	0.00

## Caratteristiche geometriche complessive elevazione (Paraghiaia+Muro frontale+muri risolto

+Cordoli risolto+Orecchie+Valette+Speroni)

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Descrizione	Unità	Valore	
Volume c.a.	Vele	mc	41.99
Xbaricentro	Xg ele	m	-1.35
Ybaricentro	Yg ele	m	0.00
Zbaricentro	Zg ele	m	0.82

## Caratteristiche geometriche complessive fondazione

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore zattera di fondazione

Descrizione	Unità	Valore	
Volume c.a.	Vfon	mc	81.95
Xbaricentro	Xg fon	m	-1.45
Ybaricentro	Yg fon	m	0.00
Zbaricentro	Zg fon	m	0.75

Note:

Lx sup: lunghezza in direzione x della faccia superiore

Lx inf: lunghezza in direzione y della faccia inferiore

h: altezza del parallelepipedo

Dx: distanza in dir. X tra faccia anteriore e faccia muro frontale

Dy: distanza in dir. Y tra mezzeria parallelepipedo e mezzeria muro frontale

Dz: distanza in dir. Z tra faccia inferiore e spiccato muro frontale

Disx: Disassamento in dir. X mezzeria faccia anteriore muro frontale rispetto a mezzeria faccia anteriore zattera di fondazione

Disy: Disassamento in dir. Y mezzeria faccia anteriore muro frontale rispetto a mezzeria faccia anteriore zattera di fondazione

## Caratteristiche terreno di rinterro a tergo spalla

Descrizione	Unità	Valore	
Angolo d'attrito	fir	deg	35.0
peso di volume	$\gamma$	kN/mc	18.0
Coefficiente di spinta attiva (Rankine)	ka		0.271
Coefficiente di spinta a riposo	k0		0.426
Condizioni di spinta: 1 - attiva; 2 - riposo	Tip spinta		2
Coefficiente di spinta di calcolo	K		0.426

## Caratteristiche geometriche complessive rinterro

Descrizione	Lx sup (m)	Lx inf (m)	Ly (m)	h (m)	Dx (m)	Dy (m)	Dz (m)
Rinterro - 1	3.90	3.90	20.98	2.50	-0.60	0.00	0.00
Rinterro - 2	3.90	3.90	20.98	0.00	-2.80	0.00	0.00
Rinterro - 3	3.90	4.90	20.18	0.00	-1.80	0.00	0.00
Rinterro - 4	4.90	4.90	20.18	0.00	0.00	0.00	0.00

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore zattera di fondazione

Descrizione	Unità	Valore	
Volume rinterro	Vrin	mc	204.56
Xbaricentro	Xg rin	m	-4.85
Ybaricentro	Yg rin	m	0.00
Zbaricentro	Zg rin	m	2.75

## Dati sovraccarico terrapieno

Descrizione	Unità	Valore	
sovraccarico	Q	kN/mq	20.0

## AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Rispetto al baricentro della palificata

## Peso proprio spalla

Descrizione	Unità	Valore	
Peso proprio spalla	Fzg1	kN	3098
Momento longitudinale	Myg1	kNm	-2313
Momento trasversale	Mxg1	kNm	0.0

## Peso terreno su fondazione

Descrizione	Unità	Valore	
Peso rinterro	Fzg2	kN	3682
Momento longitudinale	Myg1	kNm	-12519
Momento trasversale	Mxg1	kNm	0.0

## Spinta statica del terreno

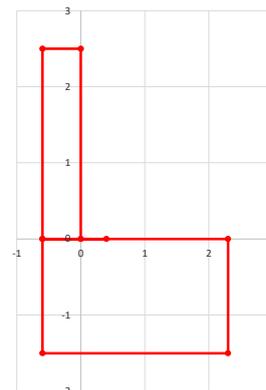
Descrizione	Unità	Valore	
Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	1157
Momento longitudinale	Myg3	kNm	1542

## Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato

Descrizione	Unità	Valore	
Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	643
Carico verticale	Fzg3	kN	1636
Momento longitudinale	Myg3	kNm	2104

## Azioni sismiche

Descrizione	Unità	Valore
parametri sismici		
Categoria di suolo fondazione	Cat	B
Fattore Ss		1.20
Fattore St		1.0
Fattore S	S	1.20
Valore di ag/g	ag/g	0.073
fattore bm	$\beta m$	1.00
Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.088
Coefficiente sismico verticale	kv	0.044



## LAVORO: SS130 - PO02 - SPALLA SPA

## Dati e risoluzione della palificata

Struttura che ammette spostamenti: 1 - sì; 2 - no	Tip. spost	1		
<b>Spinte del terreno in caso sismico (Mononobe-Okabe) - ipotesi struttura che ammette spostamenti (q6.1)</b>				
angolo d'inclinazione rispetto all'orizzontale del paramento	$\psi$	deg	90	
angolo d'inclinazione rispetto all'orizzontale del terrapieno	$\beta$	deg	0	
angolo d'attrito terra-muro	$\delta$	deg	0	
Altezza del terrapieno	H	m	4.00	
peso specifico del terreno	$\gamma^*$	kN/mc	18.0	
tangente teta a= kh/(1+kv)	$\tan\theta_a$		0.084	
angolo teta a	$\theta_a$	deg	4.8	
coefficiente di spinta attiva Ka-a	Ka-a		0.318	
tangente teta b= kh/(1-kv)	$\tan\theta_b$		0.082	
angolo teta b	$\theta_b$	deg	5.2	
coefficiente di spinta attiva Ka-b	Ka-b		0.323	
Spinta totale del terreno -a	Ed-a	kN	900.4	
Spinta totale del terreno -b	Ed-b	kN	836.9	
Spinta massima in caso sismico	Ed	kN	900.4	
altezza di applicazione	H	kN	2.00	
Momento longitudinale	MyDP	kNm	1801	

K0 statica e Mononobe-Okabe Sismica - OK

Spinte compressive del terreno in caso sismico di calcolo		Struttura che ammette spostamenti (Mononobe - Okabe)		
Condizioni di spinta adottate:				
Spinta del terreno	Es	kN	900	
Momento longitudinale	MyEs	kNm	1801	
<b>Forze inerziali</b>				
<i>Sisma longitudinale</i>				
Forza orizzontale longitudinale	FxE.2x	kN	594	
Momento longitudinale	MyE.2x	kNm	1235	
<i>Sisma trasversale</i>				
Forza orizzontale trasversale	FyE.2y	kN	594	
Momento trasversale	MxE.2y	kNm	1235	
<i>Sisma verticale</i>				
Forza verticale	FzE.2z	kN	-297	
Momento longitudinale	MyE.2z	kNm	650	
Momento trasversale	MxE.2z	kNm	0	

## AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Altezza appoggi + baggioni + muro frontale + fondazioni	2.15
Distanza asse appoggi - asse fondazione	1.20

	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
g1a	Peso proprio impalcato	0	1215	0	0
g2a	Perm. portati - impalcato	0	490	0	0
e4	Cedimenti differenziali - MAX	0	0	0	0
e2	ritiro	0	0	0	0
q1a	CMOB-Nmax - sx	0	1681	2370	0
q1b	CMOB-Mtmax - sx	0	1681	2370	0
q1c	CMOB-Nmax - dx	0	0	0	0
q1d	CMOB-Mtmax - dx	0	0	0	0
q3	Frenatura	418	0	0	711
q4a	Forza centrifuga Nmax	0	0	0	0
q4b	Forza centrifuga Mtmax	0	0	0	0
q5a	Vento Impalcato scarico	0	125	362	0
q5b	Vento Impalcato carico	0	103	248	0
q7a	Var. termica positiva	0	0	0	0
q7b	Var. termica negativa	0	0	0	0
q9	Resistenze passive vincoli	300	0	0	0
Ex	Sisma longitudinale	306	0	0	445
Ey	Sisma trasversale	0	153	223	0
Ez	Sisma verticale	0	0	140	0

## RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI

Coordinate baricentro pali	=	1.00	coordinata x
x	=	0.00	coordinata y
y	=	0.00	coordinata z
z	=	0.00	

	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
g1a	Peso proprio impalcato	0	1215	0	-1459
g1b-sp	Peso proprio spalla	0	3098	0	2313
g2a	Perm. portati - impalcato	0	490	0	-588
g2b-sp	Perm. portati - Rinterro	0	3682	0	12519
g3-sp	spinta statiche del terreno	1157	0	0	-1542
e4	Cedimenti differenziali - MAX	0	0	0	0
e2	ritiro	0	0	0	0
q1a	CMOB-Nmax - sx	0	1681	2370	-2017
q1b	CMOB-Mtmax - sx	0	1681	2370	-2017
q1c	CMOB-Nmax - dx	0	0	0	0
q1d	CMOB-Mtmax - dx	0	0	0	0
q1e-sp	carico vert. Da traffico sul rilevato	643	0	1636	-2104
q3	Frenatura	418	0	0	-1609
q4a	Forza centrifuga Nmax	0	0	0	0
q4b	Forza centrifuga Mtmax	0	0	0	0
q5a	Vento Impalcato scarico	0	125	630	0
q5b	Vento Impalcato carico	0	103	470	0
q7a	Var. termica positiva	0	0	0	0
q7b	Var. termica negativa	0	0	0	0
q9	Resistenze passive vincoli	300	0	0	-645
Ex	Sisma longitudinale	306	0	0	-1103
Ey	Sisma trasversale	0	153	552	0
Ez	Sisma verticale	0	0	140	-168
E.1x-sp	spinta del terreno in fase sismica	900	0	0	-1801
E.2x-sp	Forze inerziali longitudinali spalla	594	0	0	-1235
E.2y-sp	Forze inerziali trasversali spalla	0	594	1235	0
E.2z-sp	Forze inerziali verticali spalla	0	0	-297	-650

## COMBINAZIONI DI CARICO

MATRICE COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI

S.L.U.









## LAVORO: SS130 - PO02 - SPALLA SPA

## Dati e risoluzione della palificata

V	162	162	162	162	162	162	162	162	162	121	121	121	121	121	121
My	626	626	626	626	752	752	752	752	752	883	883	883	883	883	883

RIEPILOGO AZIONI IN TESTA AI PALI		ENV	SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Azione assiale massima (compressione)	Nmax	1424	1424	758	1054	962	707
Azione assiale minima	Nmin	656	1074	656	797	704	707
Azione trasversale massima	Vmax	261	261	176	196	162	121
Azione trasversale massima	Mmax	1023	1023	976	752	883	883

## Risultati ParatiePlus

M long (kNm/m)	1268.2	1001.3	975.5	975.5	975.5
V long (kN/m)	279.9	220.3	215.3	215.3	215.3
M long (kNm)	1839	1452	1414	1414	1414
V long (kN)	406	319	312	312	312

## LUNGHEZZA LIBERA D'INFLESSIONE PALI DI FONDAZIONE

Modulo di elasticità normale del calcestruzzo/malta	Ec	Mpa	31476
Modulo di elasticità normale dell'acciaio	Ea	Mpa	210000

RIEPILOGO CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONI MASSIME SUI P/		SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP	
Sforzo normale massimo	Nmax	kN	1424	758	1054	962	707
Sforzo normale minimo	Nmin	kN	1074	656	797	704	707
Momento flettente massimo - 1° gabbia	Mmax_1a	kNm	2104	1750	1602	1668	1668
Sforzo di taglio massimo - 1° gabbia	Vmax_1a	kN	483	365	369	352	335

RIEPILOGO AZIONI VERTICALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA		SLU	SLV
Carico verticale massimo agente sulla palificata		15934	8643
Carico verticale medio agente sui pali		1328	720

**LAVORO: SS130 - PO02 - SPALLA SPA**  
**Calcolo e Verifica del muro paraghiaia**

Dati	var	unità	
Altezza paraghiaia	h	m	2.50
spessore paraghiaia	spar	m	0.60
spessore pavimentazione	spav	m	0.10
resistenza di calcolo acciaio armatura	f <sub>yd</sub>	MPa	391
Classe di esposizione	CIE		XC4
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

**Effetti dovuti al sovraccarico accidentale**

larghezza dell'impronta del carico Q <sub>ik</sub> in sommità	b1	m	3.20
lunghezza dell'impronta di carico Q <sub>ik</sub> in sommità	a1	m	2.40
larghezza dell'impronta del carico Q <sub>ik</sub> alla base	b2	m	6.09
lunghezza dell'impronta di carico Q <sub>ik</sub> alla base	a2	m	3.84
pressione orizzontale dovuta al carico Q <sub>ik</sub> in sommità	sh1	kPa	33.3
pressione orizzontale dovuta al carico Q <sub>ik</sub> alla base	sh2	kPa	10.9
pressione orizzontale dovuta al carico q <sub>ik</sub> distribuito	shd	kPa	3.8
Taglio alla base complessivo	V <sub>max</sub>	kNm	253.0
Momento alla base complessivo	M <sub>max</sub>	kNm	337.1

**Effetti dovuti al carico Q<sub>ik</sub> sul paraghiaia**

larghezza dell'impronta di carico Q <sub>ik</sub> in sommità	b1	m	2.6
larghezza dell'impronta di carico alla base	b2	m	7.6
Carico verticale in testa al paraghiaia	Q <sub>ik</sub>	kN	300
Azione orizzontale in testa al paraghiaia	H	kN	180

**Sollecitazioni alla base del paraghiaia**

Condizione	N kN	V kN	M kNm
Peso proprio	37.5	0.0	0.0
Spinta statica del terreno	0.0	24.0	20.0
Spinta dovuta al carico Q <sub>ik</sub>	0.0	41.6	55.4
Carico Q <sub>ik</sub> sul paraghiaia	39.5	23.7	61.6
Sisma - forze inerziali	0.0	3.3	4.1
Spinta sismica del terreno	0.0	17.9	22.4

**Armatura zona tesa paraghiaia**

sezione di larghezza unitaria	passo cm	n.barre 1.0/passio	φ mm	c m	As mmq
primo strato	10	10	20	0.086	3142
secondo strato	0	0	20	0.136	0
Armatura effettivamente disposta			20	0.086	3142

**VERIFICHE SLU**

Condizione di carico	fattori parziali per azioni	
	SLU-STR	SLU-SIS
Peso proprio	1.00	1.00
Spinta statica del terreno	1.35	0.00
Spinta dovuta al carico Q <sub>ik</sub>	1.35	0.00
Carico Q <sub>ik</sub> sul paraghiaia	1.35	0.00
Sisma - forze inerziali	0.00	1.00
Spinta sismica del terreno	0.00	1.00

**Combinazioni SLU-STR**

Combinazione	N kN	V kN	M kN
SLU-STR	90.8	120.5	184.9
SLU-SIS	37.5	21.2	26.5

Armatura minima richiesta	Afs_min	mmq/ml	1021	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	3142	OK!
Momento Resistente	MR_sup	kNm/ml	569	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		33%	OK!

**VERIFICHE SLE-RARA**

Condizione di carico	fattori parziali per azioni	
	SLE-RARA	
Peso proprio	1.00	
Spinta statica del terreno	1.00	

**LAVORO: SS130 - PO02 - SPALLA SPA**  
**Calcolo e Verifica del muro paraghiaia**

Spinta dovuta al carico Qik	1.00
Carico Qik sul paraghiaia	1.00
Sisma - forze inerziali	0.00
Spinta sismica del terreno	0.00

**Combinazioni SLE-RARA**

Combinazione	N kN	V kN	M kN
SLE-RARA	77.0	89.2	136.9

Tasso di lavoro armature  $\sigma_s$  Mpa **94**

Tensione massima ammissibile  $\sigma_{s,max}$  MPa 360  
 coefficiente di utilizzo armature - Stato limite limitazione tensioni c.u. **26%** **OK!**

**VERIFICHE SLE-FREQUENTE**

Condizione di carico	fattori parziali per azioni SLE-FRE		
Peso proprio	1.00		
Spinta statica del terreno	1.00		
Spinta dovuta al carico Qik	0.75		
Carico Qik sul paraghiaia	0.75		
Sisma - forze inerziali	0.00		
Spinta sismica del terreno	0.00		

**Combinazioni SLE-FREQUENTE**

Combinazione	N kN	V kN	M kN
SLE-FRE	67.1	72.9	107.7

Tasso di lavoro armature  $\sigma_s$  Mpa **74**

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile  $w_{lim}$  mm 0.30 w2  
 Tensione limite ammissibile per barre f 20.0  $\sigma_{slim}$  MPa **222**  
 coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure c.u. **33%** **OK!**

**VERIFICHE SLE-QUASI PERMANENTE**

Condizione di carico	fattori parziali per azioni SLE-QP		
Peso proprio	1.00		
Spinta statica del terreno	1.00		
Spinta dovuta al carico Qik	0.00		
Carico Qik sul paraghiaia	0.00		
Sisma - forze inerziali	0.00		
Spinta sismica del terreno	0.00		

**Combinazioni SLE-QUASI PERMANENTE**

Combinazione	N kN	V kN	M kN
SLE-QP	37.5	24.0	20.0

Tasso di lavoro armature  $\sigma_s$  Mpa **14**

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile  $w_{lim}$  mm 0.20 w1  
 Tensione limite ammissibile per barre f 20.0  $\sigma_{slim}$  MPa **182**  
 coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure c.u. **8%** **OK!**

**LAVORO: SS130 - PO02 - SPALLA SPA**  
**Verifica bandiera muri di risvolto**

Dati	var	unità	
Altezza bandiera - parte a lunghezza costante	h1	m	0.70
Altezza bandiera - parte a lunghezza variabile	h2	m	2.10
spessore bandiera	sban	m	0.60
lunghezza bandiera	Lban	m	3.50
copriferro	c	m	0.06
resistenza di calcolo acciaio armatura	fyd	MPa	391
Classe di esposizione	CIE		XC4
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

**Effetti dovuti alla spinta delle terre**

pressione alla base della parte a lunghezza costante	sht1	kPa	5.37
pressione alla base della parte a lunghezza variabile	sht2	kPa	21.49
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza costante	Vt1	kN	6.58
Momento flettente nella parte a lunghezza costante	Mt1	kNm	11.52
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza variabile	Vt2	kN	49.36
Momento flettente nella parte a lunghezza variabile	Mt2	kNm	57.59

**Effetti dovuti al sovraccarico accidentale**

sovraccarico accidentale sul piano viario	q	kPa	20
pressione dovuta al sovraccarico accidentale	sq	kPa	8.53
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza costante	Vq1	kN	20.89
Momento flettente nella parte a lunghezza costante	Mq1	kNm	36.57
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza variabile	Vq2	kN	31.34
Momento flettente nella parte a lunghezza variabile	Mq2	kNm	36.57

**Effetti dovuti al sisma**

spinta inerziale unitaria	ss1	kPa	1.31
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza costante	Vs1	kN	3.22
Momento flettente nella parte a lunghezza costante	Ms1	kNm	5.63
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza variabile	Vs2	kN	4.83
Momento flettente nella parte a lunghezza variabile	Ms2	kNm	5.63
incremento di spinta del terreno unitario	ss2	kPa	4.42
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza costante	Vs3	kN	10.82
Momento flettente nella parte a lunghezza costante	Ms3	kNm	18.93
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza variabile	Vs4	kN	16.23
Momento flettente nella parte a lunghezza variabile	Ms4	kNm	18.93

**Sollecitazioni all'incastro della bandiera**

Condizione	V kN	M kNm
Spinta delle terre	20.0	24.7
Spinta dovuta al sovraccarico accidentale	18.7	26.1
Sisma - forze inerziali	2.9	4.0
Sisma - incremento di spinta delle terre	9.7	13.5

**Armatura orizzontale zona tesa orecchia**

sezione di larghezza unitaria	passo cm	n.barre 1.0/pass	φ mm	c m	As mmq
primo strato	20	5	16	0.063	1005
secondo strato	0	0	16	0.109	0
Armatura effettivamente disposta			16	0.063	1005

**VERIFICHE SLU**

Condizione di carico	fattori parziali per azioni	
	SLU-STR	SLU-SIS
Spinta delle terre	1.35	1.00
Spinta dovuta al sovraccarico accidentale	1.35	0.00
Sisma - forze inerziali	0.00	1.00
Sisma - incremento di spinta delle terre	0.00	1.00

**Combinazioni SLU-STR**

Combinazione	V kN	M kNm
SLU-STR	52.2	68.6
SLU-SIS	32.5	42.2

**LAVORO: SS130 - PO02 - SPALLA SPA**  
**Verifica bandiera muri di risvolto**

Armatura minima richiesta	Afs_min	mmq/ml	363	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	1005	OK!
Momento Resistente	MR_sup	kNm/ml	190	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		36%	OK!

**VERIFICHE SLE-RARA**

Condizione di carico	fattori parziali per azioni SLE-RARA	
Spinta delle terre	1.00	
Spinta dovuta al sovraccarico accidentale	1.00	
Sisma - forze inerziali	0.00	
Sisma - incremento di spinta delle terre	0.00	

Combinazioni SLE-RARA	V	M
Combinazione	kN	kNm
SLE-RARA	38.6	50.8

Tasso di lavoro armature superiori	$\sigma_s$	Mpa	105	
Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360	
coefficiente di utilizzo armature - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		29%	OK!

**VERIFICHE SLE-FREQUENTE**

Condizione di carico	fattori parziali per azioni SLE-FRE	
Spinta delle terre	1.00	
Spinta dovuta al sovraccarico accidentale	0.75	
Sisma - forze inerziali	0.00	
Sisma - incremento di spinta delle terre	0.00	

Combinazioni SLE-FREQUENTE	V	M
Combinazione	kN	kNm
SLE-FRE	34.0	44.3

Tasso di lavoro armature superiori	$\sigma_s$	Mpa	91	
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.30	w2
Tensione limite ammissibile per barre f 16.0	$\sigma_{slim}$	MPa	240	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		38%	OK!

**VERIFICHE SLE-QUASI PERMANENTE**

Condizione di carico	fattori parziali per azioni SLE-QP	
Spinta delle terre	1.00	
Spinta dovuta al sovraccarico accidentale	0.00	
Sisma - forze inerziali	0.00	
Sisma - incremento di spinta delle terre	0.00	

Combinazioni SLE-QUASI PERMANENTE	V	M
Combinazione	kN	kNm
SLE-QP	20.0	24.7

Tasso di lavoro armature superiori	$\sigma_s$	Mpa	51	
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.20	w1
Tensione limite ammissibile per barre f 16.0	$\sigma_{slim}$	MPa	200	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		25%	OK!

**LAVORO: SS130 - PO02 - SPALLA SPA**  
**Verifiche SLU per sollecitazioni taglianti**

<b>Sollecitazioni di calcolo</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	<b>Paraghiaia</b>
<b>Taglio di calcolo</b>	<b>V<sub>Ed</sub></b>	<b>kN</b>	<b>120.5</b>

<b>Dati</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	
Resistenza a compressione cubica caratteristica	R <sub>ck</sub>	Mpa	40
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	f <sub>ck</sub>	Mpa	32
Coefficiente parziale $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50
Coefficiente parziale $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		0.85
Resistenza a compressione di calcolo	f <sub>cd</sub>	Mpa	18.1
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	f <sub>yk</sub>	Mpa	450
tensione di calcolo acciaio	f <sub>ywd</sub>	Mpa	391.3

**Caratteristiche geometriche sezione**

Altezza (porre = 0 in caso di sezione circolare)	H	m	0.60
Larghezza/ Diametro	B	m	1.00
Area calcestruzzo	A <sub>c</sub>	m <sup>2</sup>	0.60
Larghezza anima	b <sub>w</sub>	m	1.00
copriferro	c	m	0.086
altezza utile della sezione	d	m	0.51

**Compressione agente nella sezione**

Sforzo normale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	kN	0.0
---------------------------	-----------------	----	-----

**Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio**

Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata al di là dell'intersezione dell'asse dell'armatura con una eventuale fessura a 45° che si inneschi nella sezione considerata	A <sub>sl</sub>	mmq	3142
Coefficiente k	k	m	1.62
v <sub>min</sub>	v <sub>min</sub>		0.4
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_1$		0.00611
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	Mpa	0.00

<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>269.8</b>
----------------------------	-----------------------	-----------	--------------

**OK**

**Elementi con armature trasversali resistenti al taglio**

<i>Verifica del conglomerato</i>			
Resistenza a taglio del conglomerato	V <sub>Rcd</sub>	kN	2796.2
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>			
diametro staffe	f <sub>sw</sub>	mm	10
passo staffe	s <sub>cp</sub>	m	0.40
numero di bracci	n <sub>b</sub>		2.5
Armatura a taglio (staffe)	A <sub>sw</sub>	mmq	196
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	deg	90
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	$\theta$	deg	21.8

tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	kPa	0
coefficiente alpha	$\alpha_c$		1.00
Resistenza a "taglio trazione"	$V_{Rsd}$	kN	222.2
Resistenza a "taglio compressione"	$V_{Rcd}$	kN	1446.2

<b>Resistenza a taglio</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>kN</b>	<b>222.2</b>
----------------------------	----------------------------	-----------	--------------

OK

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

## **18 ALLEGATO 8 – SOTTOSTRUTTURE: MODELLO SPALLA - PARATIEPLUS**

## Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL  
Quota : 0 m  
OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL  
Quota : -5.7 m  
OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL  
Quota : -14.7 m  
OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	$\gamma$ dry	$\gamma$ sat	$\phi'$	$\phi$	$c$	$S_u$	Modulo Elastico	$E_u$	$E_{vc}$	$E_{ur}$	Ah	Av	exp Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur
		kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	°	°	kPa	kPa			kPa	kPa			kPa			kPa	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
1	G	18.2	18.2	37		0		Constant		86000	258000								
2	SL	19.6	19.6	33		0		Constant		87000	261000								
3	A/SAM	19.5	19.5	28		0		Constant		124000	372000								

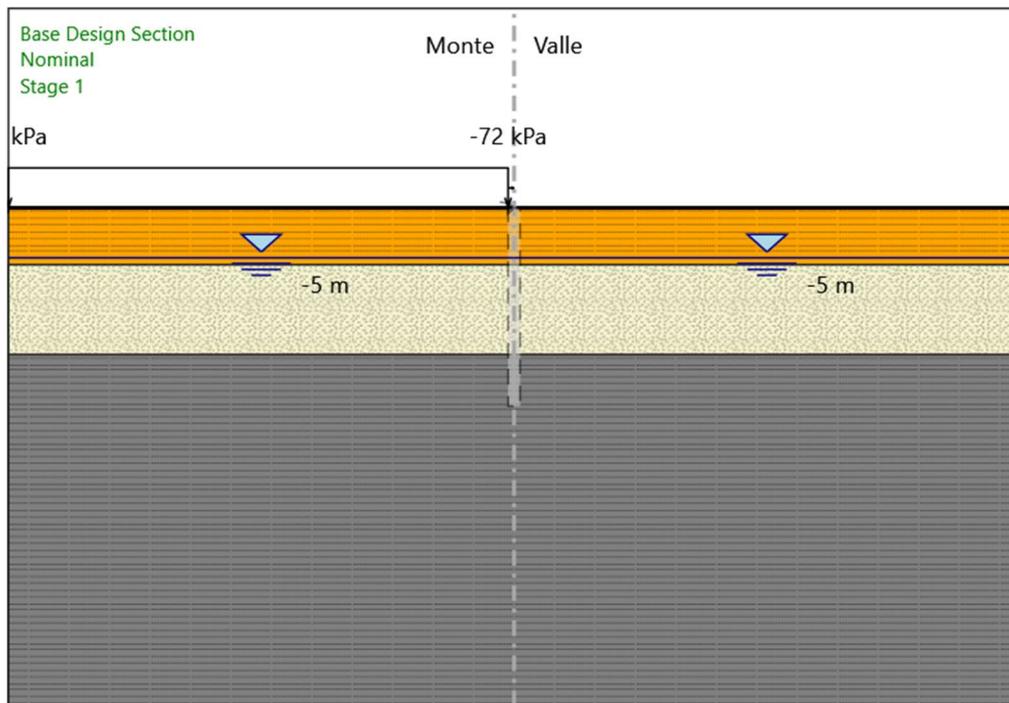
## Descrizione Pareti

X : 0 m  
Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -20 m  
Muro di sinistra

Sezione : PARATIE  
Area equivalente : 0.779981624339535 m  
Inerzia equivalente : 0.0702 m<sup>4</sup>/m  
Materiale calcestruzzo : C25/30  
Tipo sezione : Tangent  
Spaziatura : 1.45 m  
Diametro : 1.2 m  
Efficacia : 1

## Fasi di Calcolo

### Stage 1



Stage 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -5 m

Falda di destra : -5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

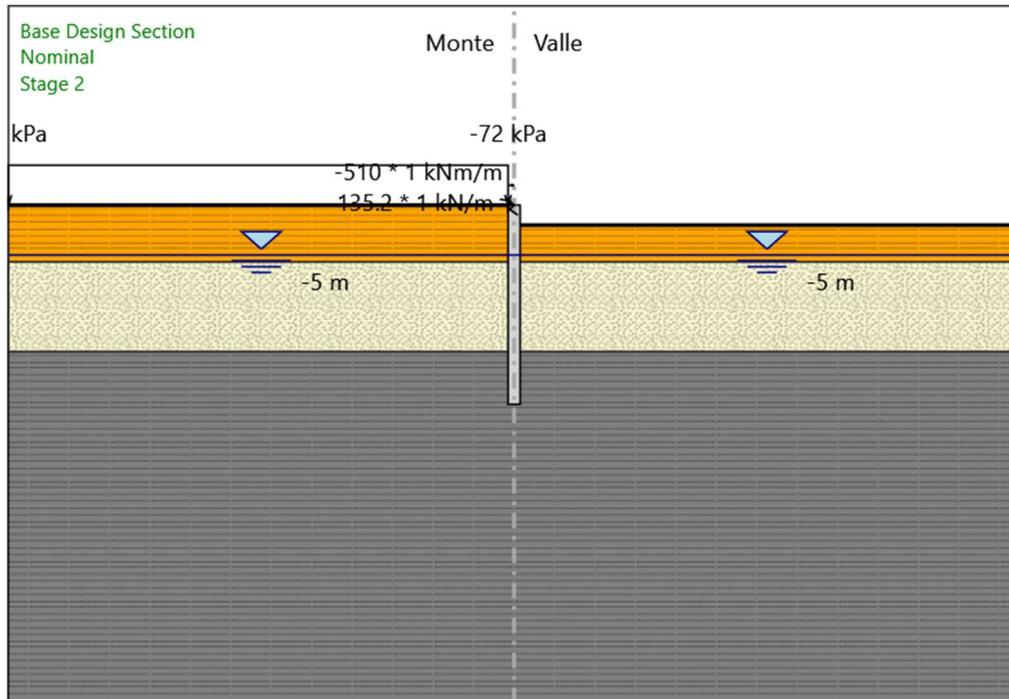
X iniziale : -50 m

X finale : -0.6 m

Pressione iniziale : -72 kPa

Pressione finale : -72 kPa

## Stage 2



Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-2 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -5 m

Falda di destra : -5 m

Carichi

Carico puntuale alla paratia : WallLineLoad

Quota : 0 m

Px : 135.2 kN/m

Pz : 1 kN/m

: -510 kNm/m

X : 0 m

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -50 m

X finale : -0.6 m

Pressione iniziale : -72 kPa

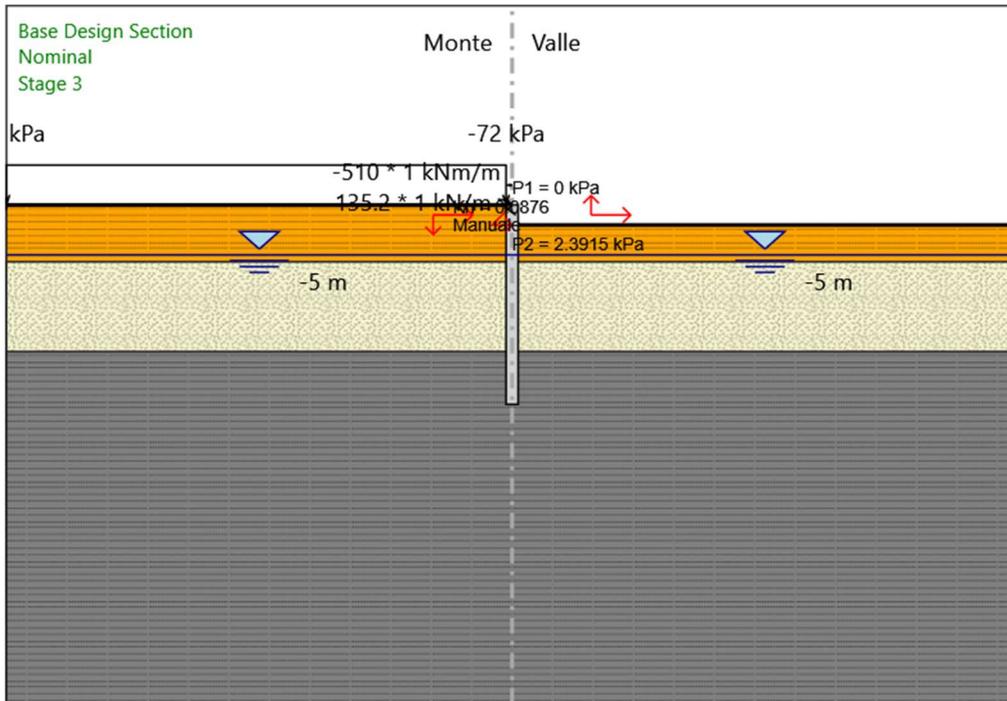
Pressione finale : -72 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Sx

X : 0 m  
Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -20 m  
Sezione : PARATIE

### Stage 3



### Stage 3

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m  
Lato valle : -2 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)  
0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)  
-2 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -5 m  
Falda di destra : -5 m

#### Carichi

##### Carico puntuale alla paratia : WallLineLoad

Quota : 0 m  
Px : 135.2 kN/m  
Pz : 1 kN/m  
: -510 kNm/m  
X : 0 m

##### Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -50 m  
X finale : -0.6 m  
Pressione iniziale : -72 kPa

Pressione finale : -72 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Sx

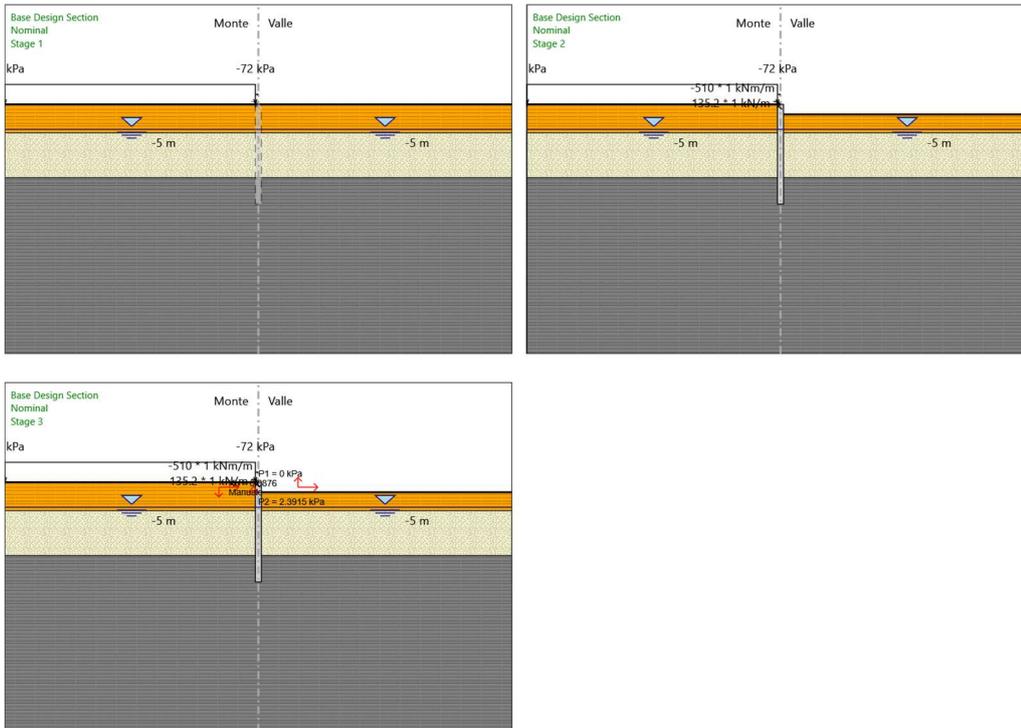
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : PARATIE

### Tabella Configurazione Stage (Nominal)



### Grafici dei Risultati

Design Assumption : Nominal

### Tabella Spostamento Nominal - LEFT Stage: Stage 1

Design Assumption: Nominal	Tipo Risultato: Spostamento	Muro: LEFT
Stage	Z (m)	Spostamento (mm)
Stage 1	0	0
Stage 1	-0.2	0
Stage 1	-0.4	0
Stage 1	-0.6	0
Stage 1	-0.8	0
Stage 1	-1	0
Stage 1	-1.2	0
Stage 1	-1.4	0
Stage 1	-1.6	0
Stage 1	-1.8	0
Stage 1	-2	0
Stage 1	-2.2	0
Stage 1	-2.4	0
Stage 1	-2.6	0
Stage 1	-2.8	0
Stage 1	-3	0
Stage 1	-3.2	0
Stage 1	-3.4	0
Stage 1	-3.6	0
Stage 1	-3.8	0
Stage 1	-4	0
Stage 1	-4.2	0
Stage 1	-4.4	0

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento		
Stage	Z (m)	Muro: LEFT Spostamento (mm)
Stage 1	-4.6	0
Stage 1	-4.8	0
Stage 1	-5	0
Stage 1	-5.2	0
Stage 1	-5.4	0
Stage 1	-5.6	0
Stage 1	-5.8	0
Stage 1	-6	0
Stage 1	-6.2	0
Stage 1	-6.4	0
Stage 1	-6.6	0
Stage 1	-6.8	0
Stage 1	-7	0
Stage 1	-7.2	0
Stage 1	-7.4	0
Stage 1	-7.6	0
Stage 1	-7.8	0
Stage 1	-8	0
Stage 1	-8.2	0
Stage 1	-8.4	0
Stage 1	-8.6	0
Stage 1	-8.8	0
Stage 1	-9	0
Stage 1	-9.2	0
Stage 1	-9.4	0
Stage 1	-9.6	0
Stage 1	-9.8	0
Stage 1	-10	0
Stage 1	-10.2	0
Stage 1	-10.4	0
Stage 1	-10.6	0
Stage 1	-10.8	0
Stage 1	-11	0
Stage 1	-11.2	0
Stage 1	-11.4	0
Stage 1	-11.6	0
Stage 1	-11.8	0
Stage 1	-12	0
Stage 1	-12.2	0
Stage 1	-12.4	0
Stage 1	-12.6	0
Stage 1	-12.8	0
Stage 1	-13	0
Stage 1	-13.2	0
Stage 1	-13.4	0
Stage 1	-13.6	0
Stage 1	-13.8	0
Stage 1	-14	0
Stage 1	-14.2	0
Stage 1	-14.4	0
Stage 1	-14.6	0
Stage 1	-14.8	0
Stage 1	-15	0
Stage 1	-15.2	0
Stage 1	-15.4	0
Stage 1	-15.6	0
Stage 1	-15.8	0
Stage 1	-16	0
Stage 1	-16.2	0
Stage 1	-16.4	0
Stage 1	-16.6	0
Stage 1	-16.8	0
Stage 1	-17	0
Stage 1	-17.2	0
Stage 1	-17.4	0
Stage 1	-17.6	0
Stage 1	-17.8	0
Stage 1	-18	0
Stage 1	-18.2	0
Stage 1	-18.4	0
Stage 1	-18.6	0
Stage 1	-18.8	0
Stage 1	-19	0
Stage 1	-19.2	0
Stage 1	-19.4	0
Stage 1	-19.6	0
Stage 1	-19.8	0
Stage 1	-20	0

## Tabella Spostamento Nominal - LEFT Stage: Stage 2

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento	Muro: LEFT
Stage	Z (m) Spostamento (mm)
Stage 2	0 11.28
Stage 2	-0.2 10.72
Stage 2	-0.4 10.17
Stage 2	-0.6 9.62
Stage 2	-0.8 9.09
Stage 2	-1 8.57
Stage 2	-1.2 8.06
Stage 2	-1.4 7.56
Stage 2	-1.6 7.08
Stage 2	-1.8 6.61
Stage 2	-2 6.15
Stage 2	-2.2 5.71
Stage 2	-2.4 5.28
Stage 2	-2.6 4.87
Stage 2	-2.8 4.47
Stage 2	-3 4.09
Stage 2	-3.2 3.72
Stage 2	-3.4 3.38
Stage 2	-3.6 3.05
Stage 2	-3.8 2.74
Stage 2	-4 2.44
Stage 2	-4.2 2.17
Stage 2	-4.4 1.91
Stage 2	-4.6 1.67
Stage 2	-4.8 1.44
Stage 2	-5 1.23
Stage 2	-5.2 1.04
Stage 2	-5.4 0.87
Stage 2	-5.6 0.71
Stage 2	-5.8 0.56
Stage 2	-6 0.43
Stage 2	-6.2 0.32
Stage 2	-6.4 0.21
Stage 2	-6.6 0.12
Stage 2	-6.8 0.04
Stage 2	-7 -0.03
Stage 2	-7.2 -0.09
Stage 2	-7.4 -0.13
Stage 2	-7.6 -0.17
Stage 2	-7.8 -0.21
Stage 2	-8 -0.23
Stage 2	-8.2 -0.25
Stage 2	-8.4 -0.27
Stage 2	-8.6 -0.27
Stage 2	-8.8 -0.28
Stage 2	-9 -0.28
Stage 2	-9.2 -0.27
Stage 2	-9.4 -0.27
Stage 2	-9.6 -0.26
Stage 2	-9.8 -0.25
Stage 2	-10 -0.24
Stage 2	-10.2 -0.22
Stage 2	-10.4 -0.21
Stage 2	-10.6 -0.19
Stage 2	-10.8 -0.18
Stage 2	-11 -0.16
Stage 2	-11.2 -0.15
Stage 2	-11.4 -0.13
Stage 2	-11.6 -0.12
Stage 2	-11.8 -0.1
Stage 2	-12 -0.09
Stage 2	-12.2 -0.08
Stage 2	-12.4 -0.06
Stage 2	-12.6 -0.05
Stage 2	-12.8 -0.04
Stage 2	-13 -0.03
Stage 2	-13.2 -0.02
Stage 2	-13.4 -0.01
Stage 2	-13.6 -0.01
Stage 2	-13.8 0
Stage 2	-14 0.01
Stage 2	-14.2 0.01
Stage 2	-14.4 0.02
Stage 2	-14.6 0.02
Stage 2	-14.8 0.02
Stage 2	-15 0.03
Stage 2	-15.2 0.03
Stage 2	-15.4 0.03
Stage 2	-15.6 0.03
Stage 2	-15.8 0.03
Stage 2	-16 0.03
Stage 2	-16.2 0.04
Stage 2	-16.4 0.04
Stage 2	-16.6 0.04
Stage 2	-16.8 0.04
Stage 2	-17 0.04
Stage 2	-17.2 0.03
Stage 2	-17.4 0.03
Stage 2	-17.6 0.03
Stage 2	-17.8 0.03
Stage 2	-18 0.03
Stage 2	-18.2 0.03

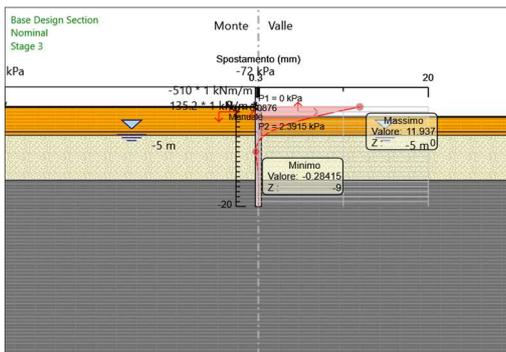
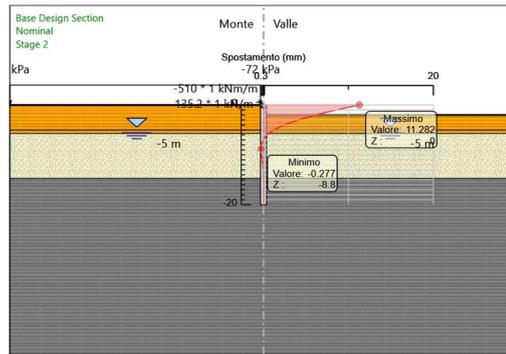
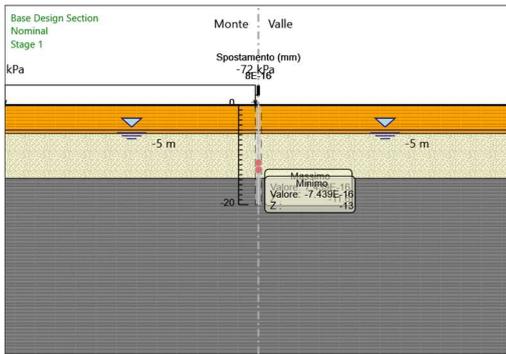
Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento			Muro: LEFT
Stage	Z (m)	Spostamento (mm)	
Stage 2	-18.4	0.03	
Stage 2	-18.6	0.03	
Stage 2	-18.8	0.03	
Stage 2	-19	0.03	
Stage 2	-19.2	0.03	
Stage 2	-19.4	0.03	
Stage 2	-19.6	0.03	
Stage 2	-19.8	0.03	
Stage 2	-20	0.03	

## Tabella Spostamento Nominal - LEFT Stage: Stage 3

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento	Muro: LEFT
Stage	Z (m) Spostamento (mm)
Stage 3	0 11.94
Stage 3	-0.2 11.35
Stage 3	-0.4 10.78
Stage 3	-0.6 10.21
Stage 3	-0.8 9.66
Stage 3	-1 9.12
Stage 3	-1.2 8.59
Stage 3	-1.4 8.07
Stage 3	-1.6 7.57
Stage 3	-1.8 7.07
Stage 3	-2 6.59
Stage 3	-2.2 6.13
Stage 3	-2.4 5.68
Stage 3	-2.6 5.25
Stage 3	-2.8 4.83
Stage 3	-3 4.43
Stage 3	-3.2 4.05
Stage 3	-3.4 3.68
Stage 3	-3.6 3.33
Stage 3	-3.8 3
Stage 3	-4 2.69
Stage 3	-4.2 2.39
Stage 3	-4.4 2.12
Stage 3	-4.6 1.86
Stage 3	-4.8 1.62
Stage 3	-5 1.4
Stage 3	-5.2 1.19
Stage 3	-5.4 1
Stage 3	-5.6 0.83
Stage 3	-5.8 0.67
Stage 3	-6 0.53
Stage 3	-6.2 0.4
Stage 3	-6.4 0.28
Stage 3	-6.6 0.18
Stage 3	-6.8 0.09
Stage 3	-7 0.02
Stage 3	-7.2 -0.05
Stage 3	-7.4 -0.11
Stage 3	-7.6 -0.15
Stage 3	-7.8 -0.19
Stage 3	-8 -0.22
Stage 3	-8.2 -0.25
Stage 3	-8.4 -0.26
Stage 3	-8.6 -0.28
Stage 3	-8.8 -0.28
Stage 3	-9 -0.28
Stage 3	-9.2 -0.28
Stage 3	-9.4 -0.28
Stage 3	-9.6 -0.27
Stage 3	-9.8 -0.26
Stage 3	-10 -0.25
Stage 3	-10.2 -0.24
Stage 3	-10.4 -0.22
Stage 3	-10.6 -0.21
Stage 3	-10.8 -0.19
Stage 3	-11 -0.18
Stage 3	-11.2 -0.16
Stage 3	-11.4 -0.15
Stage 3	-11.6 -0.13
Stage 3	-11.8 -0.12
Stage 3	-12 -0.1
Stage 3	-12.2 -0.09
Stage 3	-12.4 -0.07
Stage 3	-12.6 -0.06
Stage 3	-12.8 -0.05
Stage 3	-13 -0.04
Stage 3	-13.2 -0.03
Stage 3	-13.4 -0.02
Stage 3	-13.6 -0.01
Stage 3	-13.8 -0.01
Stage 3	-14 0
Stage 3	-14.2 0.01
Stage 3	-14.4 0.01
Stage 3	-14.6 0.02
Stage 3	-14.8 0.02
Stage 3	-15 0.02
Stage 3	-15.2 0.03
Stage 3	-15.4 0.03
Stage 3	-15.6 0.03
Stage 3	-15.8 0.03
Stage 3	-16 0.03
Stage 3	-16.2 0.03
Stage 3	-16.4 0.04
Stage 3	-16.6 0.04
Stage 3	-16.8 0.04
Stage 3	-17 0.04
Stage 3	-17.2 0.04
Stage 3	-17.4 0.03
Stage 3	-17.6 0.03
Stage 3	-17.8 0.03
Stage 3	-18 0.03
Stage 3	-18.2 0.03

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento		
Stage	Z (m)	Muro: LEFT Spostamento (mm)
Stage 3	-18.4	0.03
Stage 3	-18.6	0.03
Stage 3	-18.8	0.03
Stage 3	-19	0.03
Stage 3	-19.2	0.03
Stage 3	-19.4	0.03
Stage 3	-19.6	0.03
Stage 3	-19.8	0.03
Stage 3	-20	0.03

## Grafici Spostamento in tabella



## Risultati Paratia

### Riepilogo spinte

Design Assumption: Nominal Stage	Tipo Risultato: Riepilogo spinte Vera effettiva (kN/m)	Muro: LEFT	Lato	LEFT			
		Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)	Percentuale di resistenza massima	Vera / Attiva
Stage 1	1806.5	1125	2931.5	8.9	16989.4	10.63%	202.98
Stage 2	1573.8	1125	2698.8	8.9	16989.4	9.26%	176.83
Stage 3	1571.6	1125	2696.6	8.9	16459.7	9.55%	176.58

Design Assumption: Nominal Stage	Tipo Risultato: Riepilogo spinte Vera effettiva (kN/m)	Muro: LEFT	Lato	RIGHT			
		Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)	Percentuale di resistenza massima	Vera / Attiva
Stage 1	1806.5	1125	2931.5	7.4	12683.1	14.24%	244.12
Stage 2	1709.1	1125	2834.1	6.2	9104.5	18.77%	275.66
Stage 3	1712.7	1125	2837.7	6.2	7862.5	21.78%	276.24

## Descrizione Coefficienti Design Assumption

### Coefficienti A

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_u nfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_f avour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_u nfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_f avour)	Carico Sismico (F_seism_load)	Pressioni Acqua Lato Mont (F_WaterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UPL_GDSta b)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_UPL_GSta b)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_UPL_QDSta b)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD_GDSta b)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD_GSta b)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HYD_QDSta b)
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

### Coefficienti M

Nome	Parziale su $\tan(\phi)$ (F_Fr)	Parziale su $c'$ (F_eff_cohe)	Parziale su $\gamma_u$ (F_Su)	Parziale su $\gamma_{qu}$ (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1

### Coefficienti R

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{Ap}$	$\gamma_{At}$	
Nominal	1	1	1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1

## Risultati NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

### Tabella Spostamento NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) - LEFT Stage: Stage 1

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Tipo Risultato: Spostamento		Muro: LEFT
Stage	Z (m)	Spostamento (mm)
Stage 1	0	0
Stage 1	-0.2	0
Stage 1	-0.4	0
Stage 1	-0.6	0
Stage 1	-0.8	0
Stage 1	-1	0
Stage 1	-1.2	0
Stage 1	-1.4	0
Stage 1	-1.6	0
Stage 1	-1.8	0
Stage 1	-2	0
Stage 1	-2.2	0
Stage 1	-2.4	0
Stage 1	-2.6	0
Stage 1	-2.8	0
Stage 1	-3	0
Stage 1	-3.2	0
Stage 1	-3.4	0
Stage 1	-3.6	0
Stage 1	-3.8	0
Stage 1	-4	0
Stage 1	-4.2	0
Stage 1	-4.4	0
Stage 1	-4.6	0
Stage 1	-4.8	0
Stage 1	-5	0
Stage 1	-5.2	0
Stage 1	-5.4	0
Stage 1	-5.6	0
Stage 1	-5.8	0
Stage 1	-6	0
Stage 1	-6.2	0
Stage 1	-6.4	0
Stage 1	-6.6	0
Stage 1	-6.8	0
Stage 1	-7	0
Stage 1	-7.2	0
Stage 1	-7.4	0
Stage 1	-7.6	0
Stage 1	-7.8	0
Stage 1	-8	0
Stage 1	-8.2	0
Stage 1	-8.4	0
Stage 1	-8.6	0
Stage 1	-8.8	0
Stage 1	-9	0
Stage 1	-9.2	0
Stage 1	-9.4	0
Stage 1	-9.6	0
Stage 1	-9.8	0
Stage 1	-10	0
Stage 1	-10.2	0
Stage 1	-10.4	0
Stage 1	-10.6	0
Stage 1	-10.8	0
Stage 1	-11	0
Stage 1	-11.2	0
Stage 1	-11.4	0
Stage 1	-11.6	0
Stage 1	-11.8	0
Stage 1	-12	0
Stage 1	-12.2	0
Stage 1	-12.4	0
Stage 1	-12.6	0
Stage 1	-12.8	0
Stage 1	-13	0
Stage 1	-13.2	0
Stage 1	-13.4	0
Stage 1	-13.6	0
Stage 1	-13.8	0
Stage 1	-14	0
Stage 1	-14.2	0
Stage 1	-14.4	0
Stage 1	-14.6	0
Stage 1	-14.8	0
Stage 1	-15	0
Stage 1	-15.2	0

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Tipo Risultato: Spostamento			Muro: LEFT
Stage	Z (m)	Spostamento (mm)	
Stage 1	-15.4	0	
Stage 1	-15.6	0	
Stage 1	-15.8	0	
Stage 1	-16	0	
Stage 1	-16.2	0	
Stage 1	-16.4	0	
Stage 1	-16.6	0	
Stage 1	-16.8	0	
Stage 1	-17	0	
Stage 1	-17.2	0	
Stage 1	-17.4	0	
Stage 1	-17.6	0	
Stage 1	-17.8	0	
Stage 1	-18	0	
Stage 1	-18.2	0	
Stage 1	-18.4	0	
Stage 1	-18.6	0	
Stage 1	-18.8	0	
Stage 1	-19	0	
Stage 1	-19.2	0	
Stage 1	-19.4	0	
Stage 1	-19.6	0	
Stage 1	-19.8	0	
Stage 1	-20	0	

**Tabella Risultati Paratia NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) - Left Wall - Stage: Stage 1**

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Risultati Paratia			Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)	
Stage 1	0	0	0	0
Stage 1	-0.2	0	0	0
Stage 1	-0.4	0	0	0
Stage 1	-0.6	0	0	0
Stage 1	-0.8	0	0	0
Stage 1	-1	0	0	0
Stage 1	-1.2	0	0	0
Stage 1	-1.4	0	0	0
Stage 1	-1.6	0	0	0
Stage 1	-1.8	0	0	0
Stage 1	-2	0	0	0
Stage 1	-2.2	0	0	0
Stage 1	-2.4	0	0	0
Stage 1	-2.6	0	0	0
Stage 1	-2.8	0	0	0
Stage 1	-3	0	0	0
Stage 1	-3.2	0	0	0
Stage 1	-3.4	0	0	0
Stage 1	-3.6	0	0	0
Stage 1	-3.8	0	0	0
Stage 1	-4	0	0	0
Stage 1	-4.2	0	0	0
Stage 1	-4.4	0	0	0
Stage 1	-4.6	0	0	0
Stage 1	-4.8	0	0	0
Stage 1	-5	0	0	0
Stage 1	-5.2	0	0	0
Stage 1	-5.4	0	0	0
Stage 1	-5.6	0	0	0
Stage 1	-5.8	0	0	0
Stage 1	-6	0	0	0
Stage 1	-6.2	0	0	0
Stage 1	-6.4	0	0	0
Stage 1	-6.6	0	0	0
Stage 1	-6.8	0	0	0
Stage 1	-7	0	0	0
Stage 1	-7.2	0	0	0
Stage 1	-7.4	0	0	0
Stage 1	-7.6	0	0	0
Stage 1	-7.8	0	0	0
Stage 1	-8	0	0	0
Stage 1	-8.2	0	0	0
Stage 1	-8.4	0	0	0
Stage 1	-8.6	0	0	0
Stage 1	-8.8	0	0	0
Stage 1	-9	0	0	0
Stage 1	-9.2	0	0	0
Stage 1	-9.4	0	0	0
Stage 1	-9.6	0	0	0
Stage 1	-9.8	0	0	0
Stage 1	-10	0	0	0
Stage 1	-10.2	0	0	0
Stage 1	-10.4	0	0	0
Stage 1	-10.6	0	0	0
Stage 1	-10.8	0	0	0
Stage 1	-11	0	0	0
Stage 1	-11.2	0	0	0
Stage 1	-11.4	0	0	0
Stage 1	-11.6	0	0	0
Stage 1	-11.8	0	0	0
Stage 1	-12	0	0	0
Stage 1	-12.2	0	0	0
Stage 1	-12.4	0	0	0
Stage 1	-12.6	0	0	0

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 1	-12.8	0	0
Stage 1	-13	0	0
Stage 1	-13.2	0	0
Stage 1	-13.4	0	0
Stage 1	-13.6	0	0
Stage 1	-13.8	0	0
Stage 1	-14	0	0
Stage 1	-14.2	0	0
Stage 1	-14.4	0	0
Stage 1	-14.6	0	0
Stage 1	-14.8	0	0
Stage 1	-15	0	0
Stage 1	-15.2	0	0
Stage 1	-15.4	0	0
Stage 1	-15.6	0	0
Stage 1	-15.8	0	0
Stage 1	-16	0	0
Stage 1	-16.2	0	0
Stage 1	-16.4	0	0
Stage 1	-16.6	0	0
Stage 1	-16.8	0	0
Stage 1	-17	0	0
Stage 1	-17.2	0	0
Stage 1	-17.4	0	0
Stage 1	-17.6	0	0
Stage 1	-17.8	0	0
Stage 1	-18	0	0
Stage 1	-18.2	0	0
Stage 1	-18.4	0	0
Stage 1	-18.6	0	0
Stage 1	-18.8	0	0
Stage 1	-19	0	0
Stage 1	-19.2	0	0
Stage 1	-19.4	0	0
Stage 1	-19.6	0	0
Stage 1	-19.8	0	0
Stage 1	-20	0	0

### Tabella Spostamento NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) - LEFT Stage: Stage 2

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Tipo Risultato: Spostamento		Muro: LEFT
Stage	Z (m)	Spostamento (mm)
Stage 2	0	11.28
Stage 2	-0.2	10.72
Stage 2	-0.4	10.17
Stage 2	-0.6	9.62
Stage 2	-0.8	9.09
Stage 2	-1	8.57
Stage 2	-1.2	8.06
Stage 2	-1.4	7.56
Stage 2	-1.6	7.08
Stage 2	-1.8	6.61
Stage 2	-2	6.15
Stage 2	-2.2	5.71
Stage 2	-2.4	5.28
Stage 2	-2.6	4.87
Stage 2	-2.8	4.47
Stage 2	-3	4.09
Stage 2	-3.2	3.72
Stage 2	-3.4	3.38
Stage 2	-3.6	3.05
Stage 2	-3.8	2.74
Stage 2	-4	2.44
Stage 2	-4.2	2.17
Stage 2	-4.4	1.91
Stage 2	-4.6	1.67
Stage 2	-4.8	1.44
Stage 2	-5	1.23
Stage 2	-5.2	1.04
Stage 2	-5.4	0.87
Stage 2	-5.6	0.71
Stage 2	-5.8	0.56
Stage 2	-6	0.43
Stage 2	-6.2	0.32
Stage 2	-6.4	0.21
Stage 2	-6.6	0.12
Stage 2	-6.8	0.04
Stage 2	-7	-0.03
Stage 2	-7.2	-0.09
Stage 2	-7.4	-0.13
Stage 2	-7.6	-0.17
Stage 2	-7.8	-0.21
Stage 2	-8	-0.23
Stage 2	-8.2	-0.25
Stage 2	-8.4	-0.27
Stage 2	-8.6	-0.27
Stage 2	-8.8	-0.28
Stage 2	-9	-0.28
Stage 2	-9.2	-0.27
Stage 2	-9.4	-0.27
Stage 2	-9.6	-0.26
Stage 2	-9.8	-0.25
Stage 2	-10	-0.24

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Tipo Risultato: Spostamento			Muro: LEFT
Stage	Z (m)	Spostamento (mm)	
Stage 2	-10.2	-0.22	
Stage 2	-10.4	-0.21	
Stage 2	-10.6	-0.19	
Stage 2	-10.8	-0.18	
Stage 2	-11	-0.16	
Stage 2	-11.2	-0.15	
Stage 2	-11.4	-0.13	
Stage 2	-11.6	-0.12	
Stage 2	-11.8	-0.1	
Stage 2	-12	-0.09	
Stage 2	-12.2	-0.08	
Stage 2	-12.4	-0.06	
Stage 2	-12.6	-0.05	
Stage 2	-12.8	-0.04	
Stage 2	-13	-0.03	
Stage 2	-13.2	-0.02	
Stage 2	-13.4	-0.01	
Stage 2	-13.6	-0.01	
Stage 2	-13.8	0	
Stage 2	-14	0.01	
Stage 2	-14.2	0.01	
Stage 2	-14.4	0.02	
Stage 2	-14.6	0.02	
Stage 2	-14.8	0.02	
Stage 2	-15	0.03	
Stage 2	-15.2	0.03	
Stage 2	-15.4	0.03	
Stage 2	-15.6	0.03	
Stage 2	-15.8	0.03	
Stage 2	-16	0.03	
Stage 2	-16.2	0.04	
Stage 2	-16.4	0.04	
Stage 2	-16.6	0.04	
Stage 2	-16.8	0.04	
Stage 2	-17	0.04	
Stage 2	-17.2	0.03	
Stage 2	-17.4	0.03	
Stage 2	-17.6	0.03	
Stage 2	-17.8	0.03	
Stage 2	-18	0.03	
Stage 2	-18.2	0.03	
Stage 2	-18.4	0.03	
Stage 2	-18.6	0.03	
Stage 2	-18.8	0.03	
Stage 2	-19	0.03	
Stage 2	-19.2	0.03	
Stage 2	-19.4	0.03	
Stage 2	-19.6	0.03	
Stage 2	-19.8	0.03	
Stage 2	-20	0.03	

**Tabella Risultati Paratia NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) - Left Wall - Stage: Stage 2**

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Risultati Paratia			Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)	
Stage 2	0	-510	-135.2	
Stage 2	-0.2	-537.04	-135.2	
Stage 2	-0.4	-564.12	-135.38	
Stage 2	-0.6	-591.28	-135.82	
Stage 2	-0.8	-618.59	-136.57	
Stage 2	-1	-646.19	-138	
Stage 2	-1.2	-674.09	-139.51	
Stage 2	-1.4	-702.43	-141.67	
Stage 2	-1.6	-731.21	-143.89	
Stage 2	-1.8	-760.53	-146.6	
Stage 2	-2	-790.4	-149.39	
Stage 2	-2.2	-820.85	-152.25	
Stage 2	-2.4	-850.97	-150.61	
Stage 2	-2.6	-879.8	-144.15	
Stage 2	-2.8	-906.43	-133.14	
Stage 2	-3	-929.89	-117.31	
Stage 2	-3.2	-949.22	-96.66	
Stage 2	-3.4	-963.51	-71.43	
Stage 2	-3.6	-972.13	-43.11	
Stage 2	-3.8	-975.52	-16.93	
Stage 2	-4	-974.04	7.41	
Stage 2	-4.2	-968.03	30.02	
Stage 2	-4.4	-957.87	50.83	
Stage 2	-4.6	-943.84	70.13	
Stage 2	-4.8	-926.27	87.87	
Stage 2	-5	-905.4	104.32	
Stage 2	-5.2	-881.49	119.58	
Stage 2	-5.4	-854.78	133.55	
Stage 2	-5.6	-825.49	146.45	
Stage 2	-5.8	-793.83	158.26	
Stage 2	-6	-759.94	169.47	
Stage 2	-6.2	-723.97	179.84	
Stage 2	-6.4	-686.11	189.33	
Stage 2	-6.6	-646.47	198.18	
Stage 2	-6.8	-605.2	206.33	
Stage 2	-7	-562.65	212.76	
Stage 2	-7.2	-519.6	215.27	
Stage 2	-7.4	-476.73	214.36	

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 2	-7.6	-434.56	210.85
Stage 2	-7.8	-393.46	205.46
Stage 2	-8	-353.76	198.5
Stage 2	-8.2	-315.72	190.24
Stage 2	-8.4	-279.52	180.96
Stage 2	-8.6	-245.35	170.88
Stage 2	-8.8	-213.3	160.22
Stage 2	-9	-183.46	149.21
Stage 2	-9.2	-155.82	138.2
Stage 2	-9.4	-130.36	127.31
Stage 2	-9.6	-107.04	116.63
Stage 2	-9.8	-85.79	106.23
Stage 2	-10	-66.55	96.2
Stage 2	-10.2	-49.24	86.56
Stage 2	-10.4	-33.76	77.37
Stage 2	-10.6	-20.03	68.66
Stage 2	-10.8	-7.94	60.45
Stage 2	-11	2.61	52.74
Stage 2	-11.2	11.71	45.54
Stage 2	-11.4	19.48	38.86
Stage 2	-11.6	26.02	32.68
Stage 2	-11.8	31.42	26.99
Stage 2	-12	35.77	21.78
Stage 2	-12.2	39.18	17.03
Stage 2	-12.4	41.72	12.71
Stage 2	-12.6	43.48	8.81
Stage 2	-12.8	44.54	5.29
Stage 2	-13	44.97	2.14
Stage 2	-13.2	44.83	-0.68
Stage 2	-13.4	44.2	-3.18
Stage 2	-13.6	43.11	-5.41
Stage 2	-13.8	41.64	-7.39
Stage 2	-14	39.81	-9.13
Stage 2	-14.2	37.71	-10.51
Stage 2	-14.4	35.39	-11.6
Stage 2	-14.6	32.91	-12.41
Stage 2	-14.8	30.31	-12.99
Stage 2	-15	27.69	-13.12
Stage 2	-15.2	25.08	-13.01
Stage 2	-15.4	22.54	-12.72
Stage 2	-15.6	20.09	-12.26
Stage 2	-15.8	17.75	-11.69
Stage 2	-16	15.55	-11.02
Stage 2	-16.2	13.49	-10.28
Stage 2	-16.4	11.59	-9.5
Stage 2	-16.6	9.85	-8.69
Stage 2	-16.8	8.28	-7.86
Stage 2	-17	6.87	-7.05
Stage 2	-17.2	5.62	-6.25
Stage 2	-17.4	4.53	-5.48
Stage 2	-17.6	3.58	-4.74
Stage 2	-17.8	2.77	-4.04
Stage 2	-18	2.09	-3.4
Stage 2	-18.2	1.53	-2.8
Stage 2	-18.4	1.08	-2.25
Stage 2	-18.6	0.73	-1.76
Stage 2	-18.8	0.46	-1.33
Stage 2	-19	0.27	-0.96
Stage 2	-19.2	0.14	-0.65
Stage 2	-19.4	0.06	-0.4
Stage 2	-19.6	0.02	-0.21
Stage 2	-19.8	0	-0.08
Stage 2	-20	0	-0.01

**Tabella Spostamento NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) - LEFT Stage: Stage 3**

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Tipo Risultato: Spostamento		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Spostamento (mm)	
Stage 3	0	11.28	
Stage 3	-0.2	10.72	
Stage 3	-0.4	10.17	
Stage 3	-0.6	9.62	
Stage 3	-0.8	9.09	
Stage 3	-1	8.57	
Stage 3	-1.2	8.06	
Stage 3	-1.4	7.56	
Stage 3	-1.6	7.08	
Stage 3	-1.8	6.61	
Stage 3	-2	6.15	
Stage 3	-2.2	5.71	
Stage 3	-2.4	5.28	
Stage 3	-2.6	4.87	
Stage 3	-2.8	4.47	
Stage 3	-3	4.09	
Stage 3	-3.2	3.72	
Stage 3	-3.4	3.38	
Stage 3	-3.6	3.05	
Stage 3	-3.8	2.74	
Stage 3	-4	2.44	
Stage 3	-4.2	2.17	
Stage 3	-4.4	1.91	
Stage 3	-4.6	1.67	
Stage 3	-4.8	1.44	

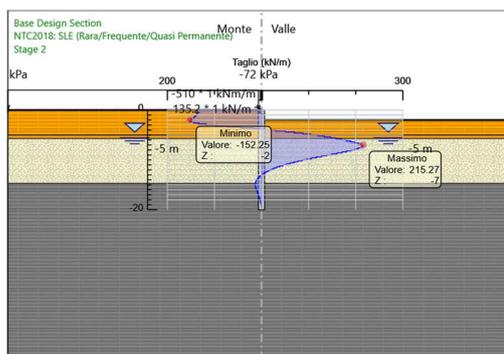
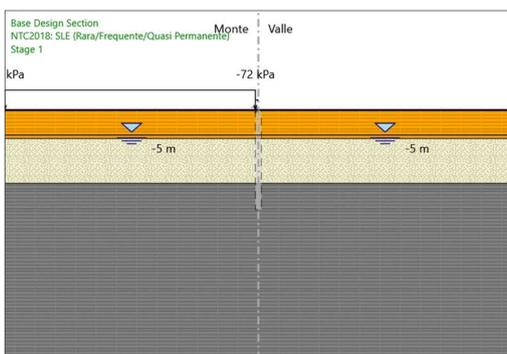
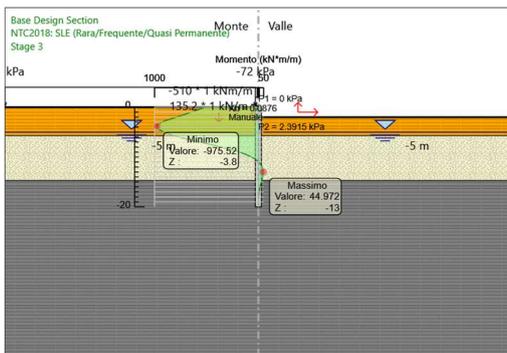
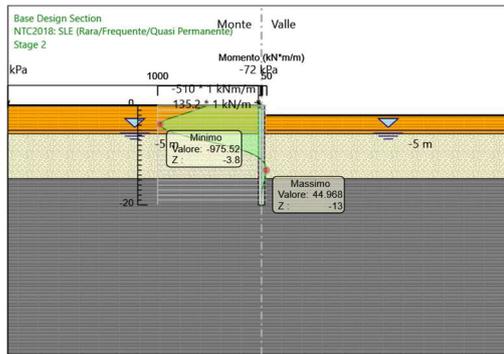
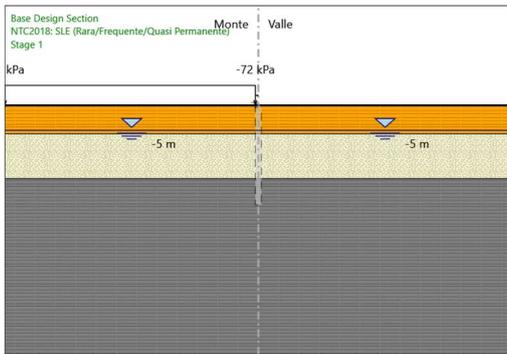
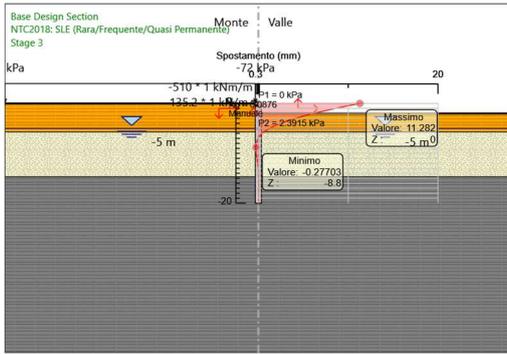
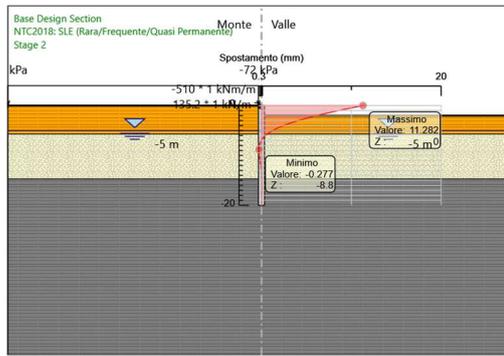
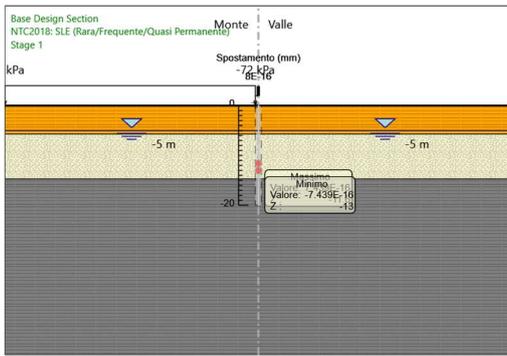
Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Tipo Risultato: Spostamento			Muro: LEFT
Stage	Z (m)	Spostamento (mm)	
Stage 3	-5	1.23	
Stage 3	-5.2	1.04	
Stage 3	-5.4	0.87	
Stage 3	-5.6	0.71	
Stage 3	-5.8	0.56	
Stage 3	-6	0.43	
Stage 3	-6.2	0.32	
Stage 3	-6.4	0.21	
Stage 3	-6.6	0.12	
Stage 3	-6.8	0.04	
Stage 3	-7	-0.03	
Stage 3	-7.2	-0.09	
Stage 3	-7.4	-0.13	
Stage 3	-7.6	-0.17	
Stage 3	-7.8	-0.21	
Stage 3	-8	-0.23	
Stage 3	-8.2	-0.25	
Stage 3	-8.4	-0.27	
Stage 3	-8.6	-0.27	
Stage 3	-8.8	-0.28	
Stage 3	-9	-0.28	
Stage 3	-9.2	-0.27	
Stage 3	-9.4	-0.27	
Stage 3	-9.6	-0.26	
Stage 3	-9.8	-0.25	
Stage 3	-10	-0.24	
Stage 3	-10.2	-0.22	
Stage 3	-10.4	-0.21	
Stage 3	-10.6	-0.19	
Stage 3	-10.8	-0.18	
Stage 3	-11	-0.16	
Stage 3	-11.2	-0.15	
Stage 3	-11.4	-0.13	
Stage 3	-11.6	-0.12	
Stage 3	-11.8	-0.1	
Stage 3	-12	-0.09	
Stage 3	-12.2	-0.08	
Stage 3	-12.4	-0.06	
Stage 3	-12.6	-0.05	
Stage 3	-12.8	-0.04	
Stage 3	-13	-0.03	
Stage 3	-13.2	-0.02	
Stage 3	-13.4	-0.01	
Stage 3	-13.6	-0.01	
Stage 3	-13.8	0	
Stage 3	-14	0.01	
Stage 3	-14.2	0.01	
Stage 3	-14.4	0.02	
Stage 3	-14.6	0.02	
Stage 3	-14.8	0.02	
Stage 3	-15	0.03	
Stage 3	-15.2	0.03	
Stage 3	-15.4	0.03	
Stage 3	-15.6	0.03	
Stage 3	-15.8	0.03	
Stage 3	-16	0.03	
Stage 3	-16.2	0.04	
Stage 3	-16.4	0.04	
Stage 3	-16.6	0.04	
Stage 3	-16.8	0.04	
Stage 3	-17	0.04	
Stage 3	-17.2	0.03	
Stage 3	-17.4	0.03	
Stage 3	-17.6	0.03	
Stage 3	-17.8	0.03	
Stage 3	-18	0.03	
Stage 3	-18.2	0.03	
Stage 3	-18.4	0.03	
Stage 3	-18.6	0.03	
Stage 3	-18.8	0.03	
Stage 3	-19	0.03	
Stage 3	-19.2	0.03	
Stage 3	-19.4	0.03	
Stage 3	-19.6	0.03	
Stage 3	-19.8	0.03	
Stage 3	-20	0.03	

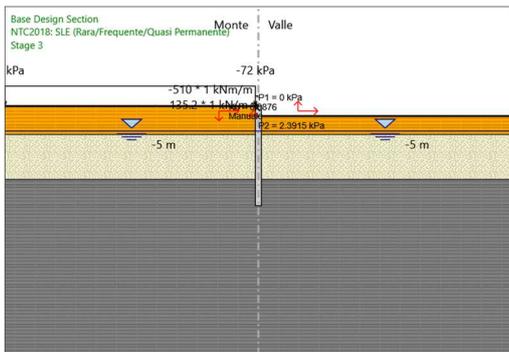
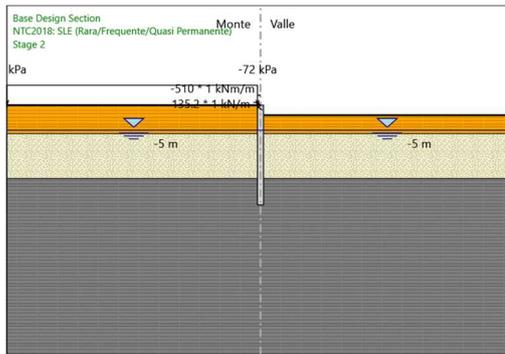
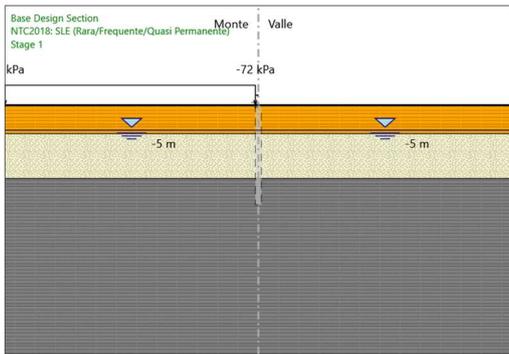
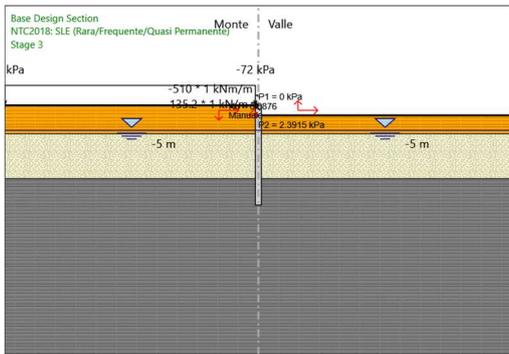
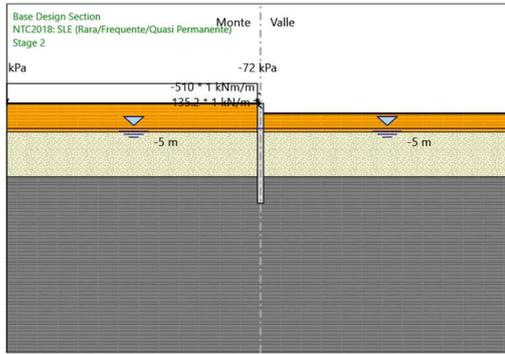
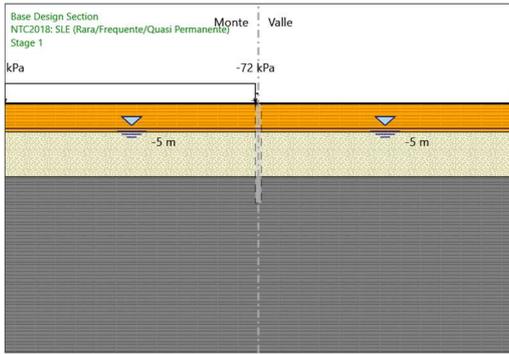
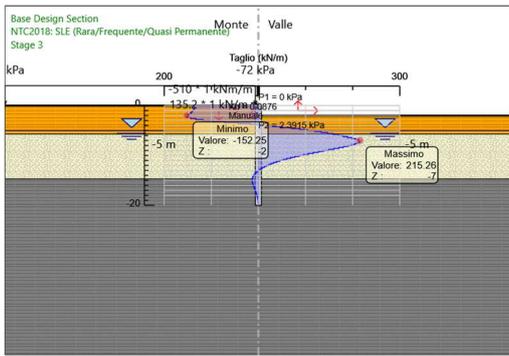
**Tabella Risultati Paratia NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) - Left Wall - Stage: Stage 3**

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Risultati Paratia			Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)	
Stage 3	0	-510	-135.2	
Stage 3	-0.2	-537.04	-135.2	
Stage 3	-0.4	-564.12	-135.38	
Stage 3	-0.6	-591.28	-135.82	
Stage 3	-0.8	-618.59	-136.57	
Stage 3	-1	-646.19	-138	
Stage 3	-1.2	-674.09	-139.51	
Stage 3	-1.4	-702.43	-141.67	
Stage 3	-1.6	-731.21	-143.89	
Stage 3	-1.8	-760.53	-146.6	
Stage 3	-2	-790.4	-149.39	
Stage 3	-2.2	-820.85	-152.25	

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 3	-2.4	-850.97	-150.61
Stage 3	-2.6	-879.8	-144.15
Stage 3	-2.8	-906.43	-133.14
Stage 3	-3	-929.89	-117.31
Stage 3	-3.2	-949.22	-96.66
Stage 3	-3.4	-963.51	-71.43
Stage 3	-3.6	-972.13	-43.11
Stage 3	-3.8	-975.52	-16.93
Stage 3	-4	-974.04	7.41
Stage 3	-4.2	-968.03	30.02
Stage 3	-4.4	-957.87	50.83
Stage 3	-4.6	-943.84	70.13
Stage 3	-4.8	-926.27	87.87
Stage 3	-5	-905.4	104.32
Stage 3	-5.2	-881.48	119.59
Stage 3	-5.4	-854.77	133.55
Stage 3	-5.6	-825.48	146.45
Stage 3	-5.8	-793.83	158.26
Stage 3	-6	-759.94	169.47
Stage 3	-6.2	-723.97	179.84
Stage 3	-6.4	-686.1	189.33
Stage 3	-6.6	-646.47	198.18
Stage 3	-6.8	-605.2	206.33
Stage 3	-7	-562.65	212.75
Stage 3	-7.2	-519.6	215.26
Stage 3	-7.4	-476.73	214.35
Stage 3	-7.6	-434.56	210.84
Stage 3	-7.8	-393.47	205.45
Stage 3	-8	-353.77	198.48
Stage 3	-8.2	-315.73	190.23
Stage 3	-8.4	-279.54	180.95
Stage 3	-8.6	-245.36	170.87
Stage 3	-8.8	-213.32	160.2
Stage 3	-9	-183.48	149.22
Stage 3	-9.2	-155.84	138.21
Stage 3	-9.4	-130.37	127.32
Stage 3	-9.6	-107.05	116.64
Stage 3	-9.8	-85.8	106.24
Stage 3	-10	-66.56	96.2
Stage 3	-10.2	-49.24	86.57
Stage 3	-10.4	-33.77	77.38
Stage 3	-10.6	-20.03	68.67
Stage 3	-10.8	-7.94	60.45
Stage 3	-11	2.6	52.74
Stage 3	-11.2	11.71	45.55
Stage 3	-11.4	19.49	38.86
Stage 3	-11.6	26.02	32.68
Stage 3	-11.8	31.42	26.99
Stage 3	-12	35.78	21.78
Stage 3	-12.2	39.18	17.03
Stage 3	-12.4	41.72	12.71
Stage 3	-12.6	43.49	8.81
Stage 3	-12.8	44.54	5.29
Stage 3	-13	44.97	2.14
Stage 3	-13.2	44.84	-0.68
Stage 3	-13.4	44.2	-3.18
Stage 3	-13.6	43.12	-5.41
Stage 3	-13.8	41.64	-7.39
Stage 3	-14	39.82	-9.13
Stage 3	-14.2	37.71	-10.52
Stage 3	-14.4	35.39	-11.6
Stage 3	-14.6	32.91	-12.41
Stage 3	-14.8	30.31	-12.99
Stage 3	-15	27.69	-13.12
Stage 3	-15.2	25.09	-13.01
Stage 3	-15.4	22.54	-12.72
Stage 3	-15.6	20.09	-12.27
Stage 3	-15.8	17.75	-11.69
Stage 3	-16	15.55	-11.02
Stage 3	-16.2	13.49	-10.28
Stage 3	-16.4	11.59	-9.5
Stage 3	-16.6	9.86	-8.69
Stage 3	-16.8	8.28	-7.87
Stage 3	-17	6.87	-7.05
Stage 3	-17.2	5.62	-6.25
Stage 3	-17.4	4.53	-5.48
Stage 3	-17.6	3.58	-4.74
Stage 3	-17.8	2.77	-4.04
Stage 3	-18	2.09	-3.4
Stage 3	-18.2	1.53	-2.8
Stage 3	-18.4	1.08	-2.25
Stage 3	-18.6	0.73	-1.76
Stage 3	-18.8	0.46	-1.33
Stage 3	-19	0.27	-0.96
Stage 3	-19.2	0.14	-0.65
Stage 3	-19.4	0.06	-0.4
Stage 3	-19.6	0.02	-0.21
Stage 3	-19.8	0	-0.08
Stage 3	-20	0	-0.01

**Tabella Grafici dei Risultati**





## Risultati NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Tabella Risultati Paratia NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) - Left Wall - Stage: Stage 1

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 1	0	0	0
Stage 1	-0.2	0	0
Stage 1	-0.4	0	0
Stage 1	-0.6	0	0
Stage 1	-0.8	0	0
Stage 1	-1	0	0
Stage 1	-1.2	0	0
Stage 1	-1.4	0	0
Stage 1	-1.6	0	0
Stage 1	-1.8	0	0
Stage 1	-2	0	0
Stage 1	-2.2	0	0
Stage 1	-2.4	0	0
Stage 1	-2.6	0	0
Stage 1	-2.8	0	0
Stage 1	-3	0	0
Stage 1	-3.2	0	0
Stage 1	-3.4	0	0
Stage 1	-3.6	0	0
Stage 1	-3.8	0	0
Stage 1	-4	0	0
Stage 1	-4.2	0	0
Stage 1	-4.4	0	0
Stage 1	-4.6	0	0
Stage 1	-4.8	0	0
Stage 1	-5	0	0
Stage 1	-5.2	0	0
Stage 1	-5.4	0	0
Stage 1	-5.6	0	0
Stage 1	-5.8	0	0
Stage 1	-6	0	0
Stage 1	-6.2	0	0
Stage 1	-6.4	0	0
Stage 1	-6.6	0	0
Stage 1	-6.8	0	0
Stage 1	-7	0	0
Stage 1	-7.2	0	0
Stage 1	-7.4	0	0
Stage 1	-7.6	0	0
Stage 1	-7.8	0	0
Stage 1	-8	0	0
Stage 1	-8.2	0	0
Stage 1	-8.4	0	0
Stage 1	-8.6	0	0
Stage 1	-8.8	0	0
Stage 1	-9	0	0
Stage 1	-9.2	0	0
Stage 1	-9.4	0	0
Stage 1	-9.6	0	0
Stage 1	-9.8	0	0
Stage 1	-10	0	0
Stage 1	-10.2	0	0
Stage 1	-10.4	0	0
Stage 1	-10.6	0	0
Stage 1	-10.8	0	0
Stage 1	-11	0	0
Stage 1	-11.2	0	0
Stage 1	-11.4	0	0
Stage 1	-11.6	0	0
Stage 1	-11.8	0	0
Stage 1	-12	0	0
Stage 1	-12.2	0	0
Stage 1	-12.4	0	0
Stage 1	-12.6	0	0
Stage 1	-12.8	0	0
Stage 1	-13	0	0
Stage 1	-13.2	0	0
Stage 1	-13.4	0	0
Stage 1	-13.6	0	0
Stage 1	-13.8	0	0
Stage 1	-14	0	0
Stage 1	-14.2	0	0
Stage 1	-14.4	0	0
Stage 1	-14.6	0	0
Stage 1	-14.8	0	0
Stage 1	-15	0	0
Stage 1	-15.2	0	0
Stage 1	-15.4	0	0
Stage 1	-15.6	0	0
Stage 1	-15.8	0	0
Stage 1	-16	0	0
Stage 1	-16.2	0	0
Stage 1	-16.4	0	0
Stage 1	-16.6	0	0
Stage 1	-16.8	0	0
Stage 1	-17	0	0
Stage 1	-17.2	0	0
Stage 1	-17.4	0	0
Stage 1	-17.6	0	0
Stage 1	-17.8	0	0

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 1	-18	0	0
Stage 1	-18.2	0	0
Stage 1	-18.4	0	0
Stage 1	-18.6	0	0
Stage 1	-18.8	0	0
Stage 1	-19	0	0
Stage 1	-19.2	0	0
Stage 1	-19.4	0	0
Stage 1	-19.6	0	0
Stage 1	-19.8	0	0
Stage 1	-20	0	0

### Tabella Risultati Paratia NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) - Left Wall - Stage: Stage 2

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 2	0	-663	-175.76
Stage 2	-0.2	-698.15	-175.76
Stage 2	-0.4	-733.35	-175.99
Stage 2	-0.6	-768.66	-176.56
Stage 2	-0.8	-804.17	-177.54
Stage 2	-1	-840.05	-179.4
Stage 2	-1.2	-876.32	-181.37
Stage 2	-1.4	-913.16	-184.17
Stage 2	-1.6	-950.57	-187.05
Stage 2	-1.8	-988.68	-190.58
Stage 2	-2	-1027.52	-194.2
Stage 2	-2.2	-1067.11	-197.92
Stage 2	-2.4	-1106.27	-195.79
Stage 2	-2.6	-1143.74	-187.39
Stage 2	-2.8	-1178.36	-173.08
Stage 2	-3	-1208.86	-152.5
Stage 2	-3.2	-1233.99	-125.66
Stage 2	-3.4	-1252.56	-92.86
Stage 2	-3.6	-1263.77	-56.04
Stage 2	-3.8	-1268.17	-22.01
Stage 2	-4	-1266.25	9.63
Stage 2	-4.2	-1258.44	39.02
Stage 2	-4.4	-1245.23	66.08
Stage 2	-4.6	-1226.99	91.17
Stage 2	-4.8	-1204.15	114.23
Stage 2	-5	-1177.02	135.62
Stage 2	-5.2	-1145.93	155.46
Stage 2	-5.4	-1111.21	173.61
Stage 2	-5.6	-1073.13	190.38
Stage 2	-5.8	-1031.98	205.74
Stage 2	-6	-987.92	220.31
Stage 2	-6.2	-941.16	233.8
Stage 2	-6.4	-891.94	246.14
Stage 2	-6.6	-840.41	257.64
Stage 2	-6.8	-786.76	268.23
Stage 2	-7	-731.45	276.59
Stage 2	-7.2	-675.48	279.85
Stage 2	-7.4	-619.74	278.67
Stage 2	-7.6	-564.92	274.11
Stage 2	-7.8	-511.5	267.1
Stage 2	-8	-459.89	258.05
Stage 2	-8.2	-410.43	247.32
Stage 2	-8.4	-363.38	235.25
Stage 2	-8.6	-318.95	222.15
Stage 2	-8.8	-277.29	208.28
Stage 2	-9	-238.5	193.97
Stage 2	-9.2	-202.57	179.66
Stage 2	-9.4	-169.47	165.5
Stage 2	-9.6	-139.15	151.61
Stage 2	-9.8	-111.53	138.1
Stage 2	-10	-86.52	125.05
Stage 2	-10.2	-64.01	112.53
Stage 2	-10.4	-43.89	100.59
Stage 2	-10.6	-26.04	89.26
Stage 2	-10.8	-10.32	78.58
Stage 2	-11	3.39	68.56
Stage 2	-11.2	15.23	59.2
Stage 2	-11.4	25.33	50.51
Stage 2	-11.6	33.83	42.48
Stage 2	-11.8	40.84	35.08
Stage 2	-12	46.5	28.31
Stage 2	-12.2	50.93	22.13
Stage 2	-12.4	54.24	16.52
Stage 2	-12.6	56.53	11.45
Stage 2	-12.8	57.9	6.88
Stage 2	-13	58.46	2.78
Stage 2	-13.2	58.28	-0.88
Stage 2	-13.4	57.45	-4.14
Stage 2	-13.6	56.05	-7.04
Stage 2	-13.8	54.13	-9.6
Stage 2	-14	51.75	-11.86
Stage 2	-14.2	49.02	-13.67
Stage 2	-14.4	46.01	-15.07
Stage 2	-14.6	42.78	-16.13
Stage 2	-14.8	39.4	-16.88
Stage 2	-15	35.99	-17.05
Stage 2	-15.2	32.61	-16.92

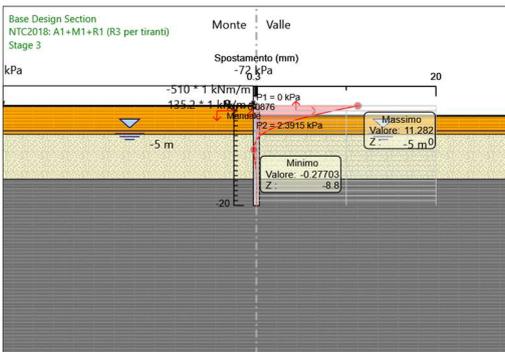
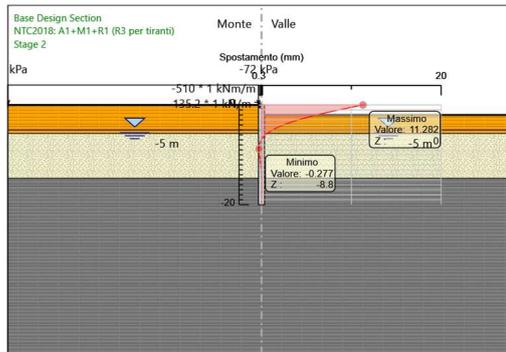
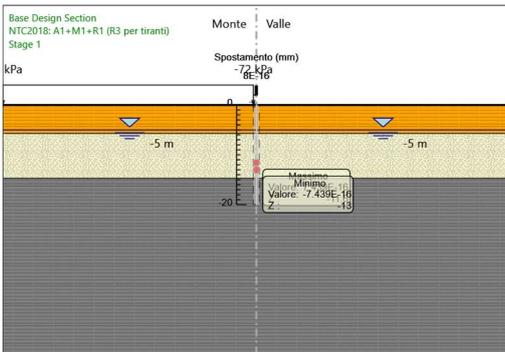
Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 2	-15.4	29.3	-16.53
Stage 2	-15.6	26.11	-15.94
Stage 2	-15.8	23.08	-15.2
Stage 2	-16	20.21	-14.32
Stage 2	-16.2	17.54	-13.36
Stage 2	-16.4	15.07	-12.35
Stage 2	-16.6	12.81	-11.29
Stage 2	-16.8	10.77	-10.22
Stage 2	-17	8.93	-9.16
Stage 2	-17.2	7.31	-8.12
Stage 2	-17.4	5.88	-7.12
Stage 2	-17.6	4.65	-6.16
Stage 2	-17.8	3.6	-5.26
Stage 2	-18	2.72	-4.41
Stage 2	-18.2	1.99	-3.64
Stage 2	-18.4	1.4	-2.93
Stage 2	-18.6	0.95	-2.29
Stage 2	-18.8	0.6	-1.73
Stage 2	-19	0.35	-1.25
Stage 2	-19.2	0.18	-0.85
Stage 2	-19.4	0.08	-0.52
Stage 2	-19.6	0.02	-0.27
Stage 2	-19.8	0	-0.1
Stage 2	-20	0	-0.01

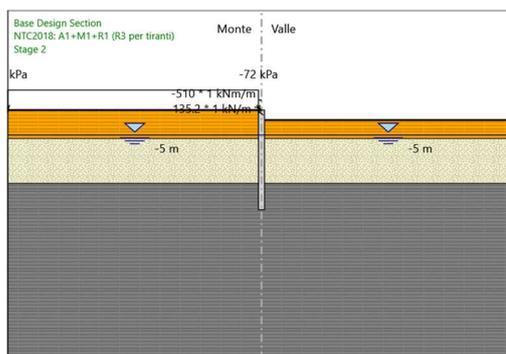
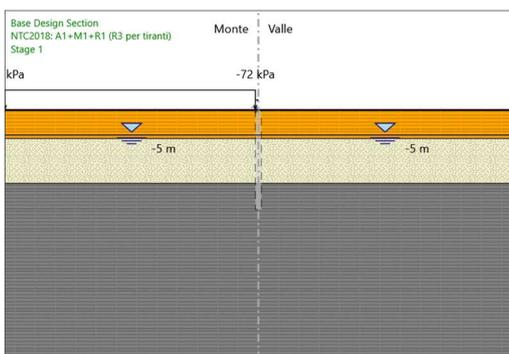
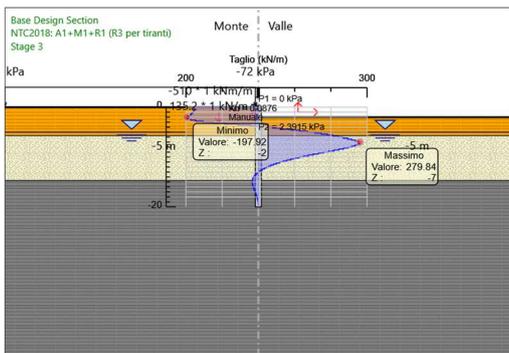
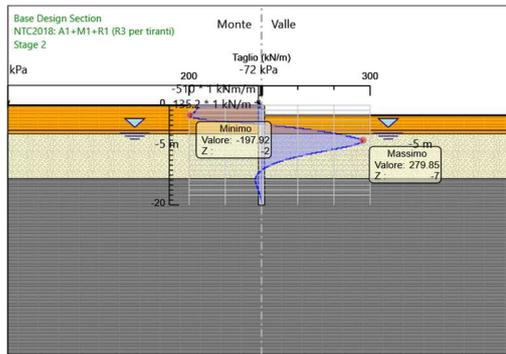
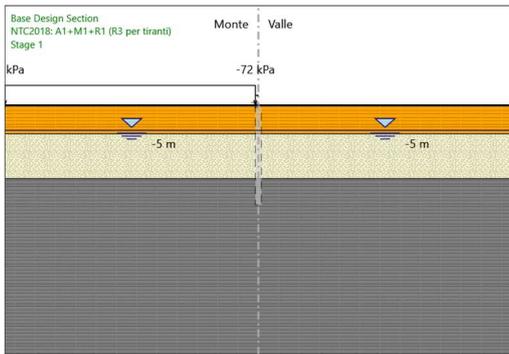
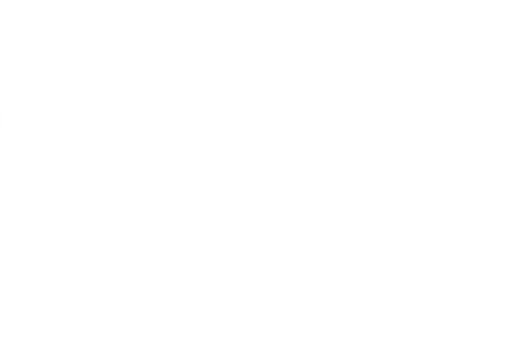
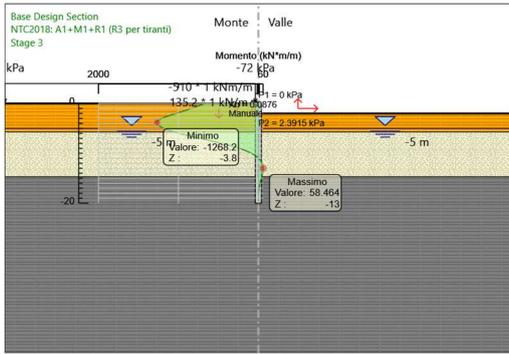
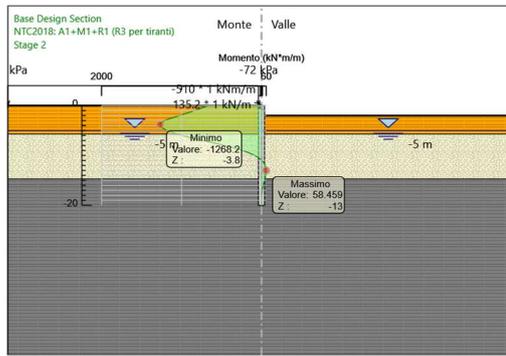
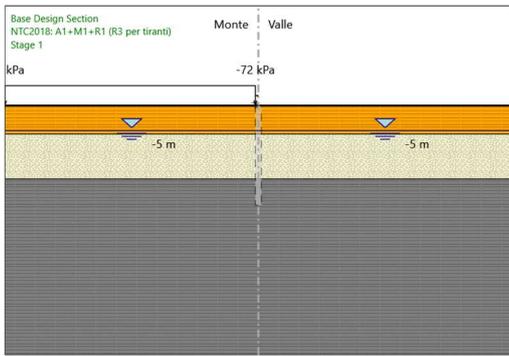
**Tabella Risultati Paratia NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) - Left Wall - Stage: Stage 3**

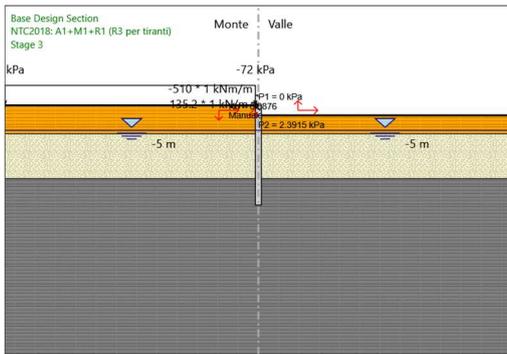
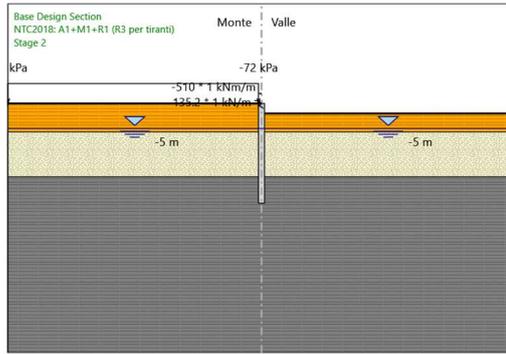
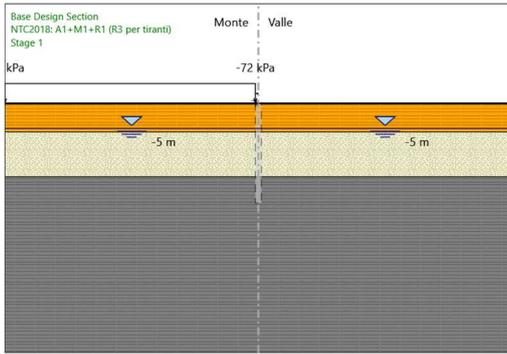
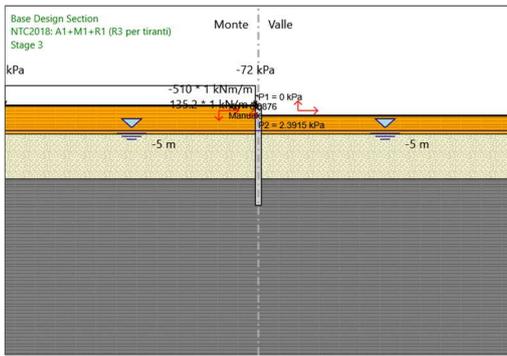
Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 3	0	-663	-175.76
Stage 3	-0.2	-698.15	-175.76
Stage 3	-0.4	-733.35	-175.99
Stage 3	-0.6	-768.66	-176.56
Stage 3	-0.8	-804.17	-177.54
Stage 3	-1	-840.05	-179.4
Stage 3	-1.2	-876.32	-181.37
Stage 3	-1.4	-913.16	-184.17
Stage 3	-1.6	-950.57	-187.05
Stage 3	-1.8	-988.68	-190.58
Stage 3	-2	-1027.52	-194.2
Stage 3	-2.2	-1067.11	-197.92
Stage 3	-2.4	-1106.27	-195.79
Stage 3	-2.6	-1143.74	-187.39
Stage 3	-2.8	-1178.36	-173.08
Stage 3	-3	-1208.86	-152.5
Stage 3	-3.2	-1233.99	-125.66
Stage 3	-3.4	-1252.56	-92.86
Stage 3	-3.6	-1263.77	-56.04
Stage 3	-3.8	-1268.17	-22.01
Stage 3	-4	-1266.25	9.63
Stage 3	-4.2	-1258.44	39.02
Stage 3	-4.4	-1245.23	66.08
Stage 3	-4.6	-1226.99	91.17
Stage 3	-4.8	-1204.15	114.23
Stage 3	-5	-1177.02	135.62
Stage 3	-5.2	-1145.93	155.46
Stage 3	-5.4	-1111.21	173.61
Stage 3	-5.6	-1073.13	190.39
Stage 3	-5.8	-1031.98	205.74
Stage 3	-6	-987.92	220.31
Stage 3	-6.2	-941.16	233.79
Stage 3	-6.4	-891.93	246.13
Stage 3	-6.6	-840.41	257.63
Stage 3	-6.8	-786.76	268.23
Stage 3	-7	-731.45	276.58
Stage 3	-7.2	-675.48	279.84
Stage 3	-7.4	-619.75	278.66
Stage 3	-7.6	-564.93	274.1
Stage 3	-7.8	-511.51	267.09
Stage 3	-8	-459.9	258.03
Stage 3	-8.2	-410.45	247.3
Stage 3	-8.4	-363.4	235.23
Stage 3	-8.6	-318.97	222.12
Stage 3	-8.8	-277.32	208.26
Stage 3	-9	-238.53	193.99
Stage 3	-9.2	-202.59	179.68
Stage 3	-9.4	-169.49	165.52
Stage 3	-9.6	-139.16	151.63
Stage 3	-9.8	-111.54	138.12
Stage 3	-10	-86.52	125.07
Stage 3	-10.2	-64.02	112.54
Stage 3	-10.4	-43.9	100.6
Stage 3	-10.6	-26.04	89.27
Stage 3	-10.8	-10.33	78.59
Stage 3	-11	3.39	68.56
Stage 3	-11.2	15.23	59.21
Stage 3	-11.4	25.33	50.52
Stage 3	-11.6	33.83	42.48
Stage 3	-11.8	40.85	35.09
Stage 3	-12	46.51	28.31
Stage 3	-12.2	50.94	22.14
Stage 3	-12.4	54.24	16.52
Stage 3	-12.6	56.53	11.45

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 3	-12.8	57.91	6.88
Stage 3	-13	58.46	2.78
Stage 3	-13.2	58.29	-0.88
Stage 3	-13.4	57.46	-4.14
Stage 3	-13.6	56.05	-7.04
Stage 3	-13.8	54.13	-9.6
Stage 3	-14	51.76	-11.86
Stage 3	-14.2	49.03	-13.67
Stage 3	-14.4	46.01	-15.08
Stage 3	-14.6	42.78	-16.13
Stage 3	-14.8	39.41	-16.88
Stage 3	-15	36	-17.05
Stage 3	-15.2	32.61	-16.92
Stage 3	-15.4	29.31	-16.53
Stage 3	-15.6	26.12	-15.95
Stage 3	-15.8	23.08	-15.2
Stage 3	-16	20.21	-14.33
Stage 3	-16.2	17.54	-13.37
Stage 3	-16.4	15.07	-12.35
Stage 3	-16.6	12.81	-11.29
Stage 3	-16.8	10.77	-10.23
Stage 3	-17	8.93	-9.16
Stage 3	-17.2	7.31	-8.13
Stage 3	-17.4	5.88	-7.12
Stage 3	-17.6	4.65	-6.16
Stage 3	-17.8	3.6	-5.26
Stage 3	-18	2.72	-4.41
Stage 3	-18.2	1.99	-3.64
Stage 3	-18.4	1.4	-2.93
Stage 3	-18.6	0.95	-2.29
Stage 3	-18.8	0.6	-1.73
Stage 3	-19	0.35	-1.25
Stage 3	-19.2	0.18	-0.85
Stage 3	-19.4	0.08	-0.52
Stage 3	-19.6	0.02	-0.27
Stage 3	-19.8	0	-0.1
Stage 3	-20	0	-0.01

### Tabella Grafici dei Risultati







## Risultati NTC2018: A2+M2+R1

Tabella Risultati Paratia NTC2018: A2+M2+R1 - Left Wall - Stage: Stage 1

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1 Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 1	0	0	0
Stage 1	-0.2	0	0
Stage 1	-0.4	0	0
Stage 1	-0.6	0	0
Stage 1	-0.8	0	0
Stage 1	-1	0	0
Stage 1	-1.2	0	0
Stage 1	-1.4	0	0
Stage 1	-1.6	0	0
Stage 1	-1.8	0	0
Stage 1	-2	0	0
Stage 1	-2.2	0	0
Stage 1	-2.4	0	0
Stage 1	-2.6	0	0
Stage 1	-2.8	0	0
Stage 1	-3	0	0
Stage 1	-3.2	0	0
Stage 1	-3.4	0	0
Stage 1	-3.6	0	0
Stage 1	-3.8	0	0
Stage 1	-4	0	0
Stage 1	-4.2	0	0
Stage 1	-4.4	0	0
Stage 1	-4.6	0	0
Stage 1	-4.8	0	0
Stage 1	-5	0	0
Stage 1	-5.2	0	0
Stage 1	-5.4	0	0

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1 Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 1	-5.6	0	0
Stage 1	-5.8	0	0
Stage 1	-6	0	0
Stage 1	-6.2	0	0
Stage 1	-6.4	0	0
Stage 1	-6.6	0	0
Stage 1	-6.8	0	0
Stage 1	-7	0	0
Stage 1	-7.2	0	0
Stage 1	-7.4	0	0
Stage 1	-7.6	0	0
Stage 1	-7.8	0	0
Stage 1	-8	0	0
Stage 1	-8.2	0	0
Stage 1	-8.4	0	0
Stage 1	-8.6	0	0
Stage 1	-8.8	0	0
Stage 1	-9	0	0
Stage 1	-9.2	0	0
Stage 1	-9.4	0	0
Stage 1	-9.6	0	0
Stage 1	-9.8	0	0
Stage 1	-10	0	0
Stage 1	-10.2	0	0
Stage 1	-10.4	0	0
Stage 1	-10.6	0	0
Stage 1	-10.8	0	0
Stage 1	-11	0	0
Stage 1	-11.2	0	0
Stage 1	-11.4	0	0
Stage 1	-11.6	0	0
Stage 1	-11.8	0	0
Stage 1	-12	0	0
Stage 1	-12.2	0	0
Stage 1	-12.4	0	0
Stage 1	-12.6	0	0
Stage 1	-12.8	0	0
Stage 1	-13	0	0
Stage 1	-13.2	0	0
Stage 1	-13.4	0	0
Stage 1	-13.6	0	0
Stage 1	-13.8	0	0
Stage 1	-14	0	0
Stage 1	-14.2	0	0
Stage 1	-14.4	0	0
Stage 1	-14.6	0	0
Stage 1	-14.8	0	0
Stage 1	-15	0	0
Stage 1	-15.2	0	0
Stage 1	-15.4	0	0
Stage 1	-15.6	0	0
Stage 1	-15.8	0	0
Stage 1	-16	0	0
Stage 1	-16.2	0	0
Stage 1	-16.4	0	0
Stage 1	-16.6	0	0
Stage 1	-16.8	0	0
Stage 1	-17	0	0
Stage 1	-17.2	0	0
Stage 1	-17.4	0	0
Stage 1	-17.6	0	0
Stage 1	-17.8	0	0
Stage 1	-18	0	0
Stage 1	-18.2	0	0
Stage 1	-18.4	0	0
Stage 1	-18.6	0	0
Stage 1	-18.8	0	0
Stage 1	-19	0	0
Stage 1	-19.2	0	0
Stage 1	-19.4	0	0
Stage 1	-19.6	0	0
Stage 1	-19.8	0	0
Stage 1	-20	0	0

**Tabella Risultati Paratia NTC2018: A2+M2+R1 - Left Wall - Stage: Stage 2**

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1 Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 2	0	-510	-135.2
Stage 2	-0.2	-537.04	-135.2
Stage 2	-0.4	-564.13	-135.43
Stage 2	-0.6	-591.33	-136
Stage 2	-0.8	-618.72	-136.97
Stage 2	-1	-646.48	-138.82
Stage 2	-1.2	-674.64	-140.78
Stage 2	-1.4	-703.35	-143.56
Stage 2	-1.6	-732.64	-146.43
Stage 2	-1.8	-762.63	-149.94
Stage 2	-2	-793.33	-153.54
Stage 2	-2.2	-824.78	-157.24
Stage 2	-2.4	-856.41	-158.13
Stage 2	-2.6	-887.57	-155.8
Stage 2	-2.8	-917.69	-150.59

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1 Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 2	-3	-946.12	-142.16
Stage 2	-3.2	-972.22	-130.52
Stage 2	-3.4	-995.41	-115.96
Stage 2	-3.6	-1015.05	-98.18
Stage 2	-3.8	-1030.54	-77.47
Stage 2	-4	-1041.25	-53.54
Stage 2	-4.2	-1046.54	-26.42
Stage 2	-4.4	-1046.2	1.67
Stage 2	-4.6	-1040.7	27.53
Stage 2	-4.8	-1030.48	51.08
Stage 2	-5	-1015.94	72.67
Stage 2	-5.2	-997.46	92.44
Stage 2	-5.4	-975.4	110.27
Stage 2	-5.6	-950.11	126.48
Stage 2	-5.8	-921.9	141.04
Stage 2	-6	-890.97	154.64
Stage 2	-6.2	-857.59	166.91
Stage 2	-6.4	-822.03	177.78
Stage 2	-6.6	-784.52	187.55
Stage 2	-6.8	-745.28	196.18
Stage 2	-7	-704.5	203.95
Stage 2	-7.2	-662.3	210.95
Stage 2	-7.4	-618.88	217.14
Stage 2	-7.6	-574.47	222.04
Stage 2	-7.8	-529.79	223.37
Stage 2	-8	-485.41	221.93
Stage 2	-8.2	-441.78	218.14
Stage 2	-8.4	-399.31	212.35
Stage 2	-8.6	-358.33	204.91
Stage 2	-8.8	-319.11	196.11
Stage 2	-9	-281.86	186.24
Stage 2	-9.2	-246.75	175.54
Stage 2	-9.4	-213.89	164.28
Stage 2	-9.6	-183.32	152.85
Stage 2	-9.8	-155.04	141.4
Stage 2	-10	-129.03	130.05
Stage 2	-10.2	-105.25	118.9
Stage 2	-10.4	-83.64	108.05
Stage 2	-10.6	-64.13	97.59
Stage 2	-10.8	-46.61	87.58
Stage 2	-11	-31	78.05
Stage 2	-11.2	-17.2	69.03
Stage 2	-11.4	-5.09	60.54
Stage 2	-11.6	5.43	52.59
Stage 2	-11.8	14.47	45.2
Stage 2	-12	22.14	38.34
Stage 2	-12.2	28.54	32.02
Stage 2	-12.4	33.78	26.21
Stage 2	-12.6	37.97	20.91
Stage 2	-12.8	41.18	16.09
Stage 2	-13	43.53	11.73
Stage 2	-13.2	45.09	7.8
Stage 2	-13.4	45.94	4.27
Stage 2	-13.6	46.17	1.12
Stage 2	-13.8	45.83	-1.68
Stage 2	-14	45	-4.16
Stage 2	-14.2	43.73	-6.36
Stage 2	-14.4	42.07	-8.29
Stage 2	-14.6	40.08	-9.95
Stage 2	-14.8	37.82	-11.28
Stage 2	-15	35.37	-12.29
Stage 2	-15.2	32.78	-12.95
Stage 2	-15.4	30.12	-13.29
Stage 2	-15.6	27.45	-13.36
Stage 2	-15.8	24.81	-13.21
Stage 2	-16	22.23	-12.87
Stage 2	-16.2	19.76	-12.38
Stage 2	-16.4	17.4	-11.77
Stage 2	-16.6	15.19	-11.08
Stage 2	-16.8	13.12	-10.32
Stage 2	-17	11.22	-9.52
Stage 2	-17.2	9.48	-8.69
Stage 2	-17.4	7.91	-7.86
Stage 2	-17.6	6.5	-7.03
Stage 2	-17.8	5.26	-6.22
Stage 2	-18	4.17	-5.43
Stage 2	-18.2	3.24	-4.69
Stage 2	-18.4	2.44	-3.98
Stage 2	-18.6	1.78	-3.31
Stage 2	-18.8	1.24	-2.7
Stage 2	-19	0.81	-2.13
Stage 2	-19.2	0.49	-1.62
Stage 2	-19.4	0.26	-1.16
Stage 2	-19.6	0.11	-0.76
Stage 2	-19.8	0.02	-0.41
Stage 2	-20	0	-0.12

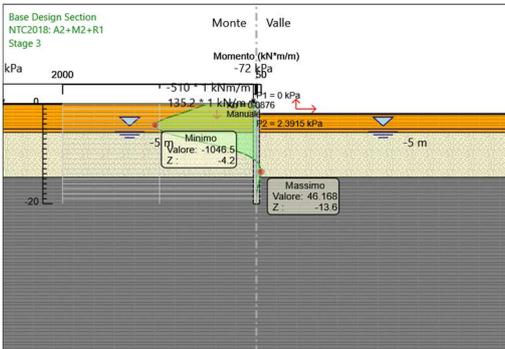
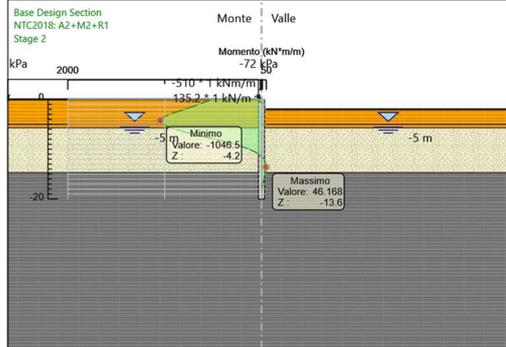
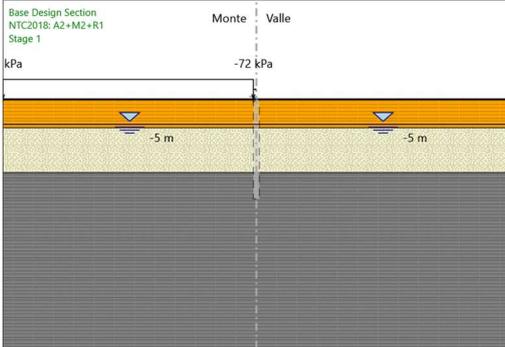
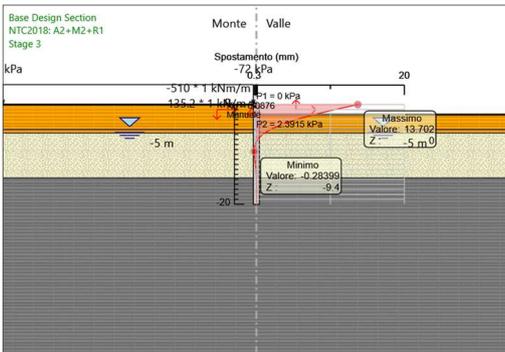
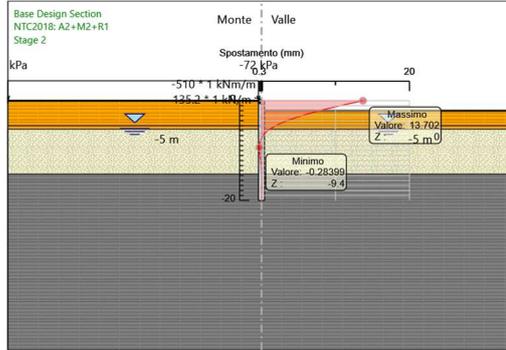
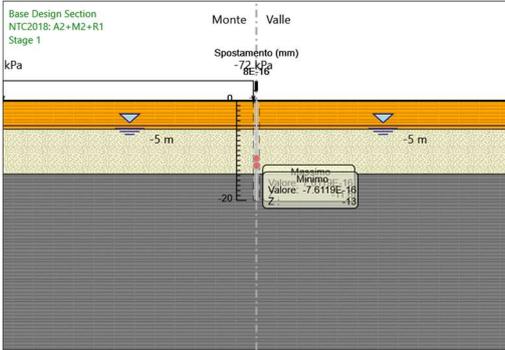
**Tabella Risultati Paratia NTC2018: A2+M2+R1 - Left Wall - Stage: Stage 3**

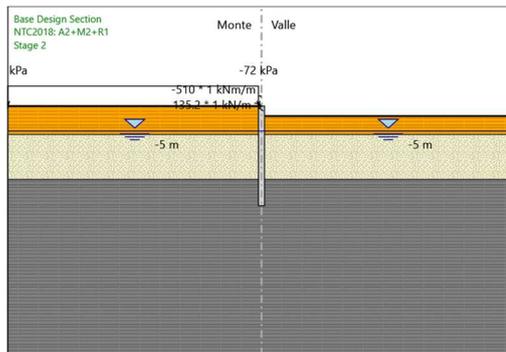
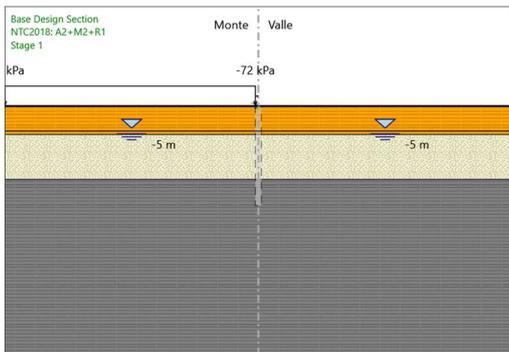
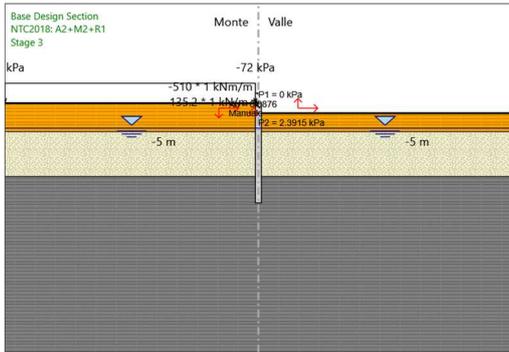
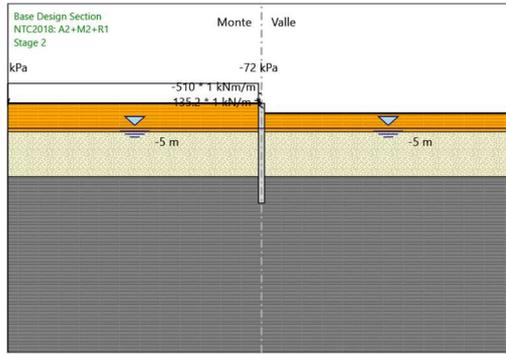
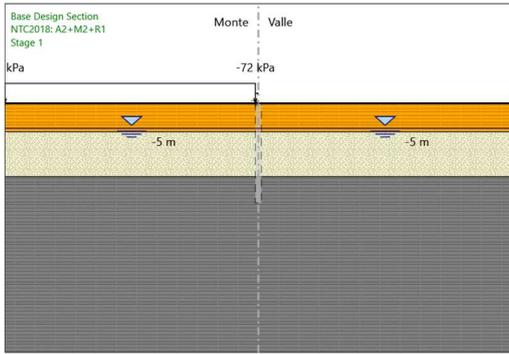
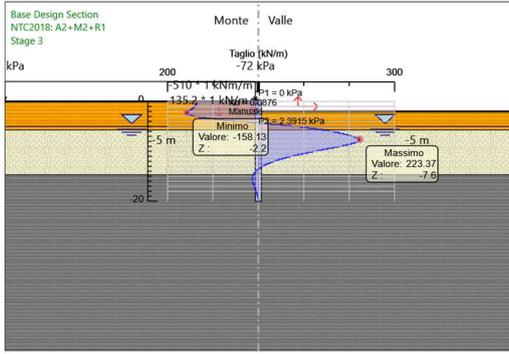
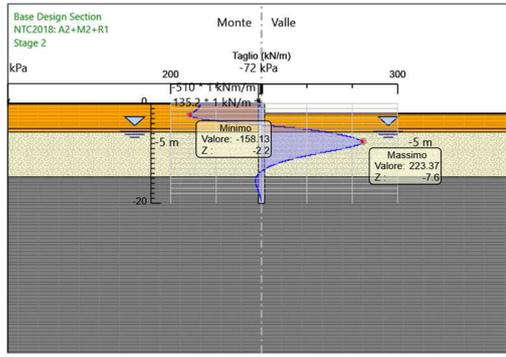
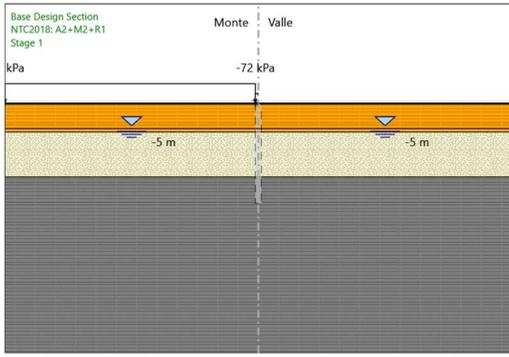
Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1 Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 3	0	-510	-135.2
Stage 3	-0.2	-537.04	-135.2

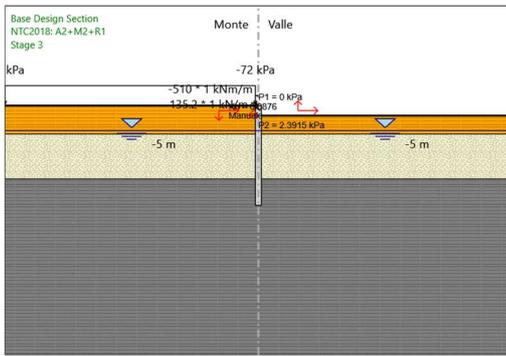
Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1 Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 3	-0.4	-564.13	-135.43
Stage 3	-0.6	-591.33	-136
Stage 3	-0.8	-618.72	-136.97
Stage 3	-1	-646.48	-138.82
Stage 3	-1.2	-674.64	-140.78
Stage 3	-1.4	-703.35	-143.56
Stage 3	-1.6	-732.64	-146.43
Stage 3	-1.8	-762.63	-149.94
Stage 3	-2	-793.33	-153.54
Stage 3	-2.2	-824.78	-157.24
Stage 3	-2.4	-856.41	-158.13
Stage 3	-2.6	-887.57	-155.8
Stage 3	-2.8	-917.69	-150.59
Stage 3	-3	-946.12	-142.16
Stage 3	-3.2	-972.22	-130.52
Stage 3	-3.4	-995.41	-115.96
Stage 3	-3.6	-1015.05	-98.18
Stage 3	-3.8	-1030.54	-77.47
Stage 3	-4	-1041.25	-53.54
Stage 3	-4.2	-1046.54	-26.42
Stage 3	-4.4	-1046.2	1.67
Stage 3	-4.6	-1040.7	27.53
Stage 3	-4.8	-1030.48	51.08
Stage 3	-5	-1015.94	72.67
Stage 3	-5.2	-997.46	92.44
Stage 3	-5.4	-975.4	110.27
Stage 3	-5.6	-950.11	126.48
Stage 3	-5.8	-921.9	141.04
Stage 3	-6	-890.97	154.64
Stage 3	-6.2	-857.59	166.91
Stage 3	-6.4	-822.03	177.78
Stage 3	-6.6	-784.52	187.55
Stage 3	-6.8	-745.28	196.18
Stage 3	-7	-704.5	203.95
Stage 3	-7.2	-662.3	210.95
Stage 3	-7.4	-618.88	217.14
Stage 3	-7.6	-574.47	222.04
Stage 3	-7.8	-529.79	223.37
Stage 3	-8	-485.41	221.93
Stage 3	-8.2	-441.78	218.14
Stage 3	-8.4	-399.31	212.35
Stage 3	-8.6	-358.33	204.91
Stage 3	-8.8	-319.11	196.11
Stage 3	-9	-281.86	186.24
Stage 3	-9.2	-246.75	175.54
Stage 3	-9.4	-213.89	164.28
Stage 3	-9.6	-183.32	152.85
Stage 3	-9.8	-155.04	141.4
Stage 3	-10	-129.03	130.05
Stage 3	-10.2	-105.25	118.9
Stage 3	-10.4	-83.64	108.05
Stage 3	-10.6	-64.13	97.59
Stage 3	-10.8	-46.61	87.58
Stage 3	-11	-31	78.05
Stage 3	-11.2	-17.2	69.03
Stage 3	-11.4	-5.09	60.54
Stage 3	-11.6	5.43	52.59
Stage 3	-11.8	14.47	45.2
Stage 3	-12	22.14	38.34
Stage 3	-12.2	28.54	32.02
Stage 3	-12.4	33.78	26.21
Stage 3	-12.6	37.97	20.91
Stage 3	-12.8	41.18	16.09
Stage 3	-13	43.53	11.73
Stage 3	-13.2	45.09	7.8
Stage 3	-13.4	45.94	4.27
Stage 3	-13.6	46.17	1.12
Stage 3	-13.8	45.83	-1.68
Stage 3	-14	45	-4.16
Stage 3	-14.2	43.73	-6.36
Stage 3	-14.4	42.07	-8.29
Stage 3	-14.6	40.08	-9.95
Stage 3	-14.8	37.82	-11.28
Stage 3	-15	35.37	-12.29
Stage 3	-15.2	32.78	-12.95
Stage 3	-15.4	30.12	-13.29
Stage 3	-15.6	27.45	-13.36
Stage 3	-15.8	24.81	-13.21
Stage 3	-16	22.23	-12.87
Stage 3	-16.2	19.76	-12.38
Stage 3	-16.4	17.4	-11.77
Stage 3	-16.6	15.19	-11.08
Stage 3	-16.8	13.12	-10.32
Stage 3	-17	11.22	-9.52
Stage 3	-17.2	9.48	-8.69
Stage 3	-17.4	7.91	-7.86
Stage 3	-17.6	6.5	-7.03
Stage 3	-17.8	5.26	-6.22
Stage 3	-18	4.17	-5.43
Stage 3	-18.2	3.24	-4.69
Stage 3	-18.4	2.44	-3.98
Stage 3	-18.6	1.78	-3.31
Stage 3	-18.8	1.24	-2.7
Stage 3	-19	0.81	-2.13
Stage 3	-19.2	0.49	-1.62
Stage 3	-19.4	0.26	-1.16
Stage 3	-19.6	0.11	-0.76

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1 Risultati Paratia Muro: LEFT			
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 3	-19.8	0.02	-0.41
Stage 3	-20	0	-0.12

### Tabella Grafici dei Risultati







## Risultati NTC2018: SISMICA STR

Tabella Risultati Paratia NTC2018: SISMICA STR - Left Wall - Stage: Stage 1

Design Assumption: NTC2018: SISMICA STR Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 1	0	0	0
Stage 1	-0.2	0	0
Stage 1	-0.4	0	0
Stage 1	-0.6	0	0
Stage 1	-0.8	0	0
Stage 1	-1	0	0
Stage 1	-1.2	0	0
Stage 1	-1.4	0	0
Stage 1	-1.6	0	0
Stage 1	-1.8	0	0
Stage 1	-2	0	0
Stage 1	-2.2	0	0
Stage 1	-2.4	0	0
Stage 1	-2.6	0	0
Stage 1	-2.8	0	0
Stage 1	-3	0	0
Stage 1	-3.2	0	0
Stage 1	-3.4	0	0
Stage 1	-3.6	0	0
Stage 1	-3.8	0	0
Stage 1	-4	0	0
Stage 1	-4.2	0	0
Stage 1	-4.4	0	0
Stage 1	-4.6	0	0
Stage 1	-4.8	0	0
Stage 1	-5	0	0
Stage 1	-5.2	0	0
Stage 1	-5.4	0	0
Stage 1	-5.6	0	0
Stage 1	-5.8	0	0
Stage 1	-6	0	0
Stage 1	-6.2	0	0
Stage 1	-6.4	0	0
Stage 1	-6.6	0	0
Stage 1	-6.8	0	0
Stage 1	-7	0	0
Stage 1	-7.2	0	0
Stage 1	-7.4	0	0
Stage 1	-7.6	0	0
Stage 1	-7.8	0	0
Stage 1	-8	0	0
Stage 1	-8.2	0	0
Stage 1	-8.4	0	0
Stage 1	-8.6	0	0
Stage 1	-8.8	0	0
Stage 1	-9	0	0
Stage 1	-9.2	0	0
Stage 1	-9.4	0	0
Stage 1	-9.6	0	0
Stage 1	-9.8	0	0
Stage 1	-10	0	0
Stage 1	-10.2	0	0
Stage 1	-10.4	0	0
Stage 1	-10.6	0	0
Stage 1	-10.8	0	0
Stage 1	-11	0	0
Stage 1	-11.2	0	0
Stage 1	-11.4	0	0
Stage 1	-11.6	0	0
Stage 1	-11.8	0	0
Stage 1	-12	0	0
Stage 1	-12.2	0	0
Stage 1	-12.4	0	0
Stage 1	-12.6	0	0
Stage 1	-12.8	0	0
Stage 1	-13	0	0
Stage 1	-13.2	0	0

Design Assumption: NTC2018: SISMICA STR Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 1	-13.4	0	0
Stage 1	-13.6	0	0
Stage 1	-13.8	0	0
Stage 1	-14	0	0
Stage 1	-14.2	0	0
Stage 1	-14.4	0	0
Stage 1	-14.6	0	0
Stage 1	-14.8	0	0
Stage 1	-15	0	0
Stage 1	-15.2	0	0
Stage 1	-15.4	0	0
Stage 1	-15.6	0	0
Stage 1	-15.8	0	0
Stage 1	-16	0	0
Stage 1	-16.2	0	0
Stage 1	-16.4	0	0
Stage 1	-16.6	0	0
Stage 1	-16.8	0	0
Stage 1	-17	0	0
Stage 1	-17.2	0	0
Stage 1	-17.4	0	0
Stage 1	-17.6	0	0
Stage 1	-17.8	0	0
Stage 1	-18	0	0
Stage 1	-18.2	0	0
Stage 1	-18.4	0	0
Stage 1	-18.6	0	0
Stage 1	-18.8	0	0
Stage 1	-19	0	0
Stage 1	-19.2	0	0
Stage 1	-19.4	0	0
Stage 1	-19.6	0	0
Stage 1	-19.8	0	0
Stage 1	-20	0	0

**Tabella Risultati Paratia NTC2018: SISMICA STR - Left Wall - Stage: Stage 2**

Design Assumption: NTC2018: SISMICA STR Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 2	0	-510	-135.2
Stage 2	-0.2	-537.04	-135.2
Stage 2	-0.4	-564.12	-135.38
Stage 2	-0.6	-591.28	-135.82
Stage 2	-0.8	-618.59	-136.57
Stage 2	-1	-646.19	-138
Stage 2	-1.2	-674.09	-139.51
Stage 2	-1.4	-702.43	-141.67
Stage 2	-1.6	-731.21	-143.89
Stage 2	-1.8	-760.53	-146.6
Stage 2	-2	-790.4	-149.39
Stage 2	-2.2	-820.85	-152.25
Stage 2	-2.4	-850.97	-155.61
Stage 2	-2.6	-879.8	-144.15
Stage 2	-2.8	-906.43	-133.14
Stage 2	-3	-929.89	-117.31
Stage 2	-3.2	-949.22	-96.66
Stage 2	-3.4	-963.51	-71.43
Stage 2	-3.6	-972.13	-43.11
Stage 2	-3.8	-975.52	-16.93
Stage 2	-4	-974.04	7.41
Stage 2	-4.2	-968.03	30.02
Stage 2	-4.4	-957.87	50.83
Stage 2	-4.6	-943.84	70.13
Stage 2	-4.8	-926.27	87.87
Stage 2	-5	-905.4	104.32
Stage 2	-5.2	-881.49	119.58
Stage 2	-5.4	-854.78	133.55
Stage 2	-5.6	-825.49	146.45
Stage 2	-5.8	-793.83	158.26
Stage 2	-6	-759.94	169.47
Stage 2	-6.2	-723.97	179.84
Stage 2	-6.4	-686.11	189.33
Stage 2	-6.6	-646.47	198.18
Stage 2	-6.8	-605.2	206.33
Stage 2	-7	-562.65	212.76
Stage 2	-7.2	-519.6	215.27
Stage 2	-7.4	-476.73	214.36
Stage 2	-7.6	-434.56	210.85
Stage 2	-7.8	-393.46	205.46
Stage 2	-8	-353.76	198.5
Stage 2	-8.2	-315.72	190.24
Stage 2	-8.4	-279.52	180.96
Stage 2	-8.6	-245.35	170.88
Stage 2	-8.8	-213.3	160.22
Stage 2	-9	-183.46	149.21
Stage 2	-9.2	-155.82	138.2
Stage 2	-9.4	-130.36	127.31
Stage 2	-9.6	-107.04	116.63
Stage 2	-9.8	-85.79	106.23
Stage 2	-10	-66.55	96.2
Stage 2	-10.2	-49.24	86.56
Stage 2	-10.4	-33.76	77.37
Stage 2	-10.6	-20.03	68.66

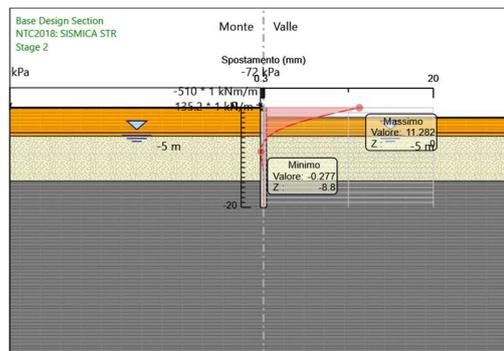
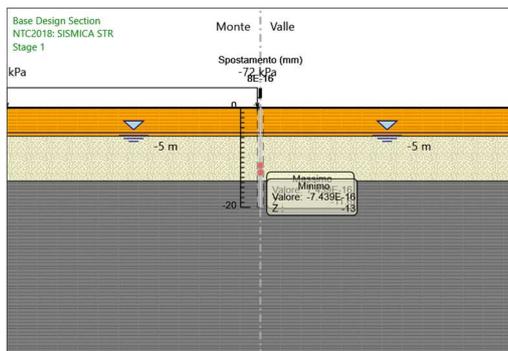
Design Assumption: NTC2018: SISMICA STR Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 2	-10.8	-7.94	60.45
Stage 2	-11	2.61	52.74
Stage 2	-11.2	11.71	45.54
Stage 2	-11.4	19.48	38.86
Stage 2	-11.6	26.02	32.68
Stage 2	-11.8	31.42	26.99
Stage 2	-12	35.77	21.78
Stage 2	-12.2	39.18	17.03
Stage 2	-12.4	41.72	12.71
Stage 2	-12.6	43.48	8.81
Stage 2	-12.8	44.54	5.29
Stage 2	-13	44.97	2.14
Stage 2	-13.2	44.83	-0.68
Stage 2	-13.4	44.2	-3.18
Stage 2	-13.6	43.11	-5.41
Stage 2	-13.8	41.64	-7.39
Stage 2	-14	39.81	-9.13
Stage 2	-14.2	37.71	-10.51
Stage 2	-14.4	35.39	-11.6
Stage 2	-14.6	32.91	-12.41
Stage 2	-14.8	30.31	-12.99
Stage 2	-15	27.69	-13.12
Stage 2	-15.2	25.08	-13.01
Stage 2	-15.4	22.54	-12.72
Stage 2	-15.6	20.09	-12.26
Stage 2	-15.8	17.75	-11.69
Stage 2	-16	15.55	-11.02
Stage 2	-16.2	13.49	-10.28
Stage 2	-16.4	11.59	-9.5
Stage 2	-16.6	9.85	-8.69
Stage 2	-16.8	8.28	-7.86
Stage 2	-17	6.87	-7.05
Stage 2	-17.2	5.62	-6.25
Stage 2	-17.4	4.53	-5.48
Stage 2	-17.6	3.58	-4.74
Stage 2	-17.8	2.77	-4.04
Stage 2	-18	2.09	-3.4
Stage 2	-18.2	1.53	-2.8
Stage 2	-18.4	1.08	-2.25
Stage 2	-18.6	0.73	-1.76
Stage 2	-18.8	0.46	-1.33
Stage 2	-19	0.27	-0.96
Stage 2	-19.2	0.14	-0.65
Stage 2	-19.4	0.06	-0.4
Stage 2	-19.6	0.02	-0.21
Stage 2	-19.8	0	-0.08
Stage 2	-20	0	-0.01

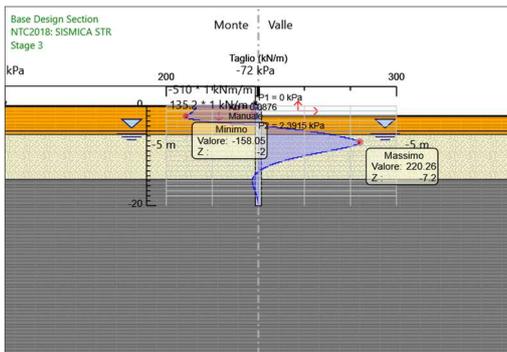
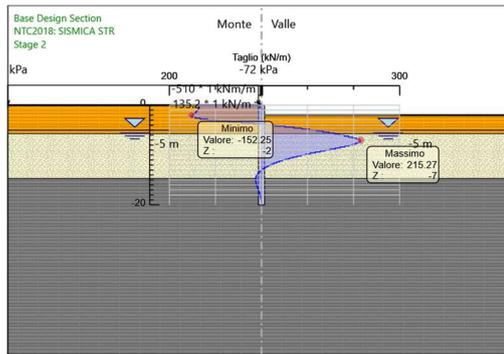
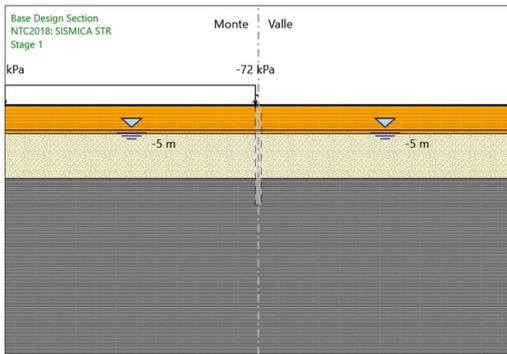
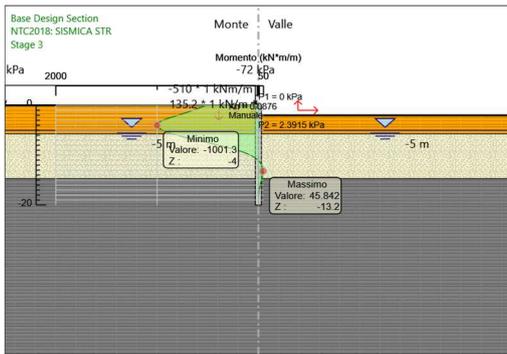
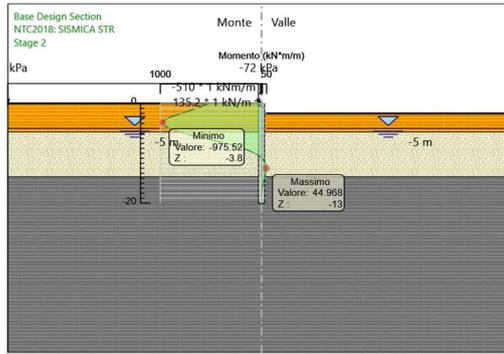
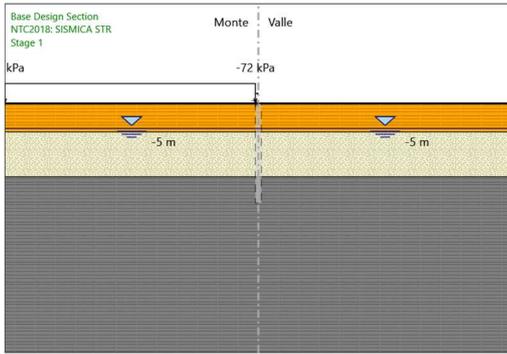
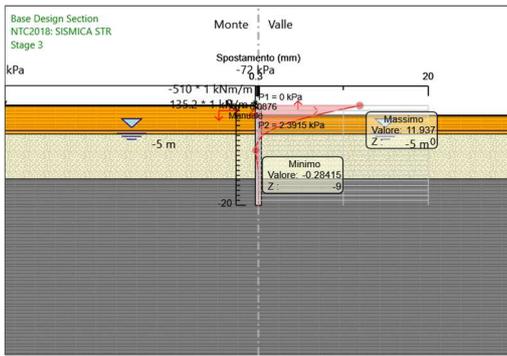
**Tabella Risultati Paratia NTC2018: SISMICA STR - Left Wall - Stage: Stage 3**

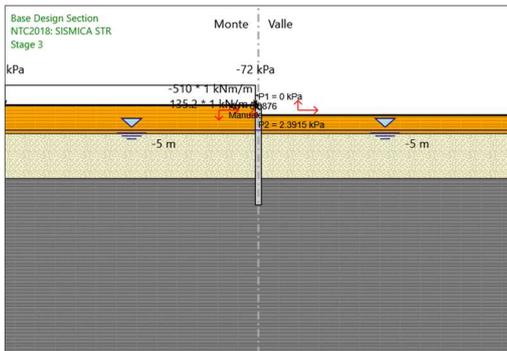
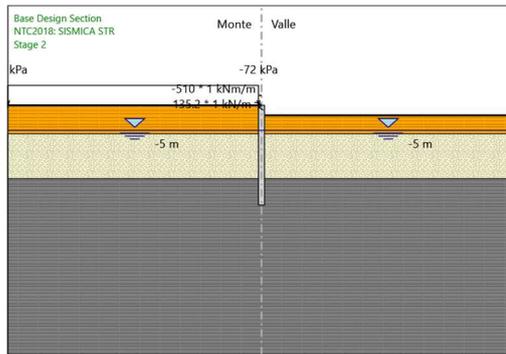
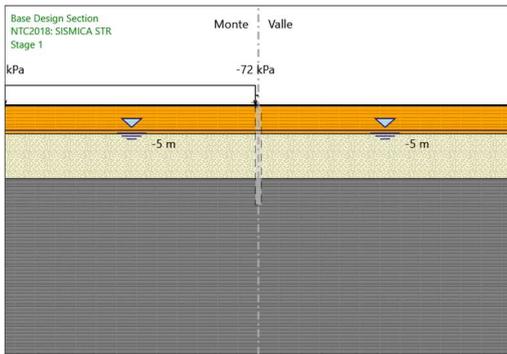
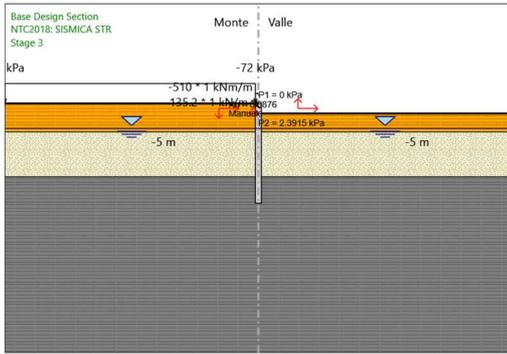
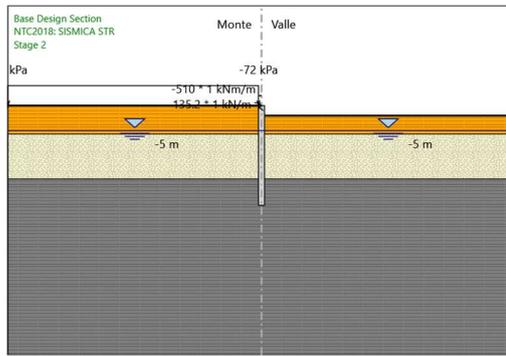
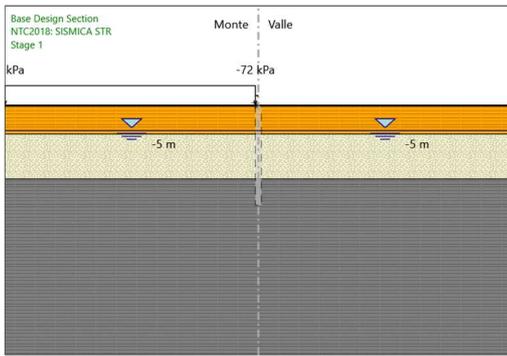
Design Assumption: NTC2018: SISMICA STR Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 3	0	-510	-135.37
Stage 3	-0.2	-537.07	-135.37
Stage 3	-0.4	-564.26	-135.94
Stage 3	-0.6	-591.62	-136.81
Stage 3	-0.8	-619.23	-138.05
Stage 3	-1	-647.24	-140.02
Stage 3	-1.2	-675.66	-142.11
Stage 3	-1.4	-704.64	-144.89
Stage 3	-1.6	-734.2	-147.79
Stage 3	-1.8	-764.44	-151.23
Stage 3	-2	-795.4	-154.78
Stage 3	-2.2	-827.01	-158.05
Stage 3	-2.4	-858.38	-156.87
Stage 3	-2.6	-888.65	-151.32
Stage 3	-2.8	-916.98	-141.68
Stage 3	-3	-942.52	-127.67
Stage 3	-3.2	-964.38	-109.3
Stage 3	-3.4	-981.74	-86.81
Stage 3	-3.6	-993.73	-59.96
Stage 3	-3.8	-1000.12	-31.97
Stage 3	-4	-1001.31	-5.93
Stage 3	-4.2	-997.66	18.25
Stage 3	-4.4	-989.55	40.53
Stage 3	-4.6	-977.32	61.18
Stage 3	-4.8	-961.29	80.16
Stage 3	-5	-941.74	97.75
Stage 3	-5.2	-918.93	114.04
Stage 3	-5.4	-893.14	128.94
Stage 3	-5.6	-864.6	142.69
Stage 3	-5.8	-833.55	155.26
Stage 3	-6	-800.11	167.21
Stage 3	-6.2	-764.46	178.24
Stage 3	-6.4	-726.8	188.31
Stage 3	-6.6	-687.27	197.65
Stage 3	-6.8	-646.02	206.23
Stage 3	-7	-603.17	214.27
Stage 3	-7.2	-559.33	219.2
Stage 3	-7.4	-515.28	220.26
Stage 3	-7.6	-471.61	218.32
Stage 3	-7.8	-428.78	214.13
Stage 3	-8	-387.18	208.03

Design Assumption: NTC2018: SISMICA STR Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 3	-8.2	-347.11	200.35
Stage 3	-8.4	-308.83	191.39
Stage 3	-8.6	-272.55	181.4
Stage 3	-8.8	-238.42	170.63
Stage 3	-9	-206.53	159.46
Stage 3	-9.2	-176.89	148.21
Stage 3	-9.4	-149.49	137.01
Stage 3	-9.6	-124.3	125.96
Stage 3	-9.8	-101.26	115.16
Stage 3	-10	-80.33	104.68
Stage 3	-10.2	-61.41	94.58
Stage 3	-10.4	-44.43	84.91
Stage 3	-10.6	-29.29	75.7
Stage 3	-10.8	-15.89	66.99
Stage 3	-11	-4.13	58.79
Stage 3	-11.2	6.09	51.12
Stage 3	-11.4	14.88	43.96
Stage 3	-11.6	22.35	37.33
Stage 3	-11.8	28.59	31.2
Stage 3	-12	33.7	25.58
Stage 3	-12.2	37.79	20.43
Stage 3	-12.4	40.94	15.75
Stage 3	-12.6	43.24	11.5
Stage 3	-12.8	44.77	7.67
Stage 3	-13	45.62	4.22
Stage 3	-13.2	45.84	1.13
Stage 3	-13.4	45.52	-1.62
Stage 3	-13.6	44.7	-4.07
Stage 3	-13.8	43.45	-6.24
Stage 3	-14	41.82	-8.16
Stage 3	-14.2	39.86	-9.82
Stage 3	-14.4	37.63	-11.13
Stage 3	-14.6	35.2	-12.15
Stage 3	-14.8	32.62	-12.9
Stage 3	-15	29.98	-13.23
Stage 3	-15.2	27.32	-13.29
Stage 3	-15.4	24.69	-13.13
Stage 3	-15.6	22.14	-12.78
Stage 3	-15.8	19.68	-12.28
Stage 3	-16	17.35	-11.67
Stage 3	-16.2	15.15	-10.97
Stage 3	-16.4	13.11	-10.21
Stage 3	-16.6	11.23	-9.4
Stage 3	-16.8	9.52	-8.58
Stage 3	-17	7.97	-7.74
Stage 3	-17.2	6.58	-6.92
Stage 3	-17.4	5.36	-6.12
Stage 3	-17.6	4.29	-5.34
Stage 3	-17.8	3.37	-4.61
Stage 3	-18	2.59	-3.91
Stage 3	-18.2	1.93	-3.27
Stage 3	-18.4	1.4	-2.68
Stage 3	-18.6	0.97	-2.14
Stage 3	-18.8	0.64	-1.66
Stage 3	-19	0.39	-1.24
Stage 3	-19.2	0.22	-0.87
Stage 3	-19.4	0.1	-0.57
Stage 3	-19.6	0.04	-0.33
Stage 3	-19.8	0.01	-0.15
Stage 3	-20	0	-0.03

### Tabella Grafici dei Risultati







## Risultati NTC2018: SISMICA GEO

Tabella Risultati Paratia NTC2018: SISMICA GEO - Left Wall - Stage: Stage 1

Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 1	0	0	0
Stage 1	-0.2	0	0
Stage 1	-0.4	0	0
Stage 1	-0.6	0	0
Stage 1	-0.8	0	0
Stage 1	-1	0	0
Stage 1	-1.2	0	0
Stage 1	-1.4	0	0
Stage 1	-1.6	0	0

Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 1	-1.8	0	0
Stage 1	-2	0	0
Stage 1	-2.2	0	0
Stage 1	-2.4	0	0
Stage 1	-2.6	0	0
Stage 1	-2.8	0	0
Stage 1	-3	0	0
Stage 1	-3.2	0	0
Stage 1	-3.4	0	0
Stage 1	-3.6	0	0
Stage 1	-3.8	0	0
Stage 1	-4	0	0
Stage 1	-4.2	0	0
Stage 1	-4.4	0	0
Stage 1	-4.6	0	0
Stage 1	-4.8	0	0
Stage 1	-5	0	0
Stage 1	-5.2	0	0
Stage 1	-5.4	0	0
Stage 1	-5.6	0	0
Stage 1	-5.8	0	0
Stage 1	-6	0	0
Stage 1	-6.2	0	0
Stage 1	-6.4	0	0
Stage 1	-6.6	0	0
Stage 1	-6.8	0	0
Stage 1	-7	0	0
Stage 1	-7.2	0	0
Stage 1	-7.4	0	0
Stage 1	-7.6	0	0
Stage 1	-7.8	0	0
Stage 1	-8	0	0
Stage 1	-8.2	0	0
Stage 1	-8.4	0	0
Stage 1	-8.6	0	0
Stage 1	-8.8	0	0
Stage 1	-9	0	0
Stage 1	-9.2	0	0
Stage 1	-9.4	0	0
Stage 1	-9.6	0	0
Stage 1	-9.8	0	0
Stage 1	-10	0	0
Stage 1	-10.2	0	0
Stage 1	-10.4	0	0
Stage 1	-10.6	0	0
Stage 1	-10.8	0	0
Stage 1	-11	0	0
Stage 1	-11.2	0	0
Stage 1	-11.4	0	0
Stage 1	-11.6	0	0
Stage 1	-11.8	0	0
Stage 1	-12	0	0
Stage 1	-12.2	0	0
Stage 1	-12.4	0	0
Stage 1	-12.6	0	0
Stage 1	-12.8	0	0
Stage 1	-13	0	0
Stage 1	-13.2	0	0
Stage 1	-13.4	0	0
Stage 1	-13.6	0	0
Stage 1	-13.8	0	0
Stage 1	-14	0	0
Stage 1	-14.2	0	0
Stage 1	-14.4	0	0
Stage 1	-14.6	0	0
Stage 1	-14.8	0	0
Stage 1	-15	0	0
Stage 1	-15.2	0	0
Stage 1	-15.4	0	0
Stage 1	-15.6	0	0
Stage 1	-15.8	0	0
Stage 1	-16	0	0
Stage 1	-16.2	0	0
Stage 1	-16.4	0	0
Stage 1	-16.6	0	0
Stage 1	-16.8	0	0
Stage 1	-17	0	0
Stage 1	-17.2	0	0
Stage 1	-17.4	0	0
Stage 1	-17.6	0	0
Stage 1	-17.8	0	0
Stage 1	-18	0	0
Stage 1	-18.2	0	0
Stage 1	-18.4	0	0
Stage 1	-18.6	0	0
Stage 1	-18.8	0	0
Stage 1	-19	0	0
Stage 1	-19.2	0	0
Stage 1	-19.4	0	0
Stage 1	-19.6	0	0
Stage 1	-19.8	0	0
Stage 1	-20	0	0

**Tabella Risultati Paratia NTC2018: SISMICA GEO - Left Wall - Stage: Stage 2**

Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 2	0	-510	-135.2
Stage 2	-0.2	-537.04	-135.2
Stage 2	-0.4	-564.12	-135.38
Stage 2	-0.6	-591.28	-135.82
Stage 2	-0.8	-618.59	-136.57
Stage 2	-1	-646.19	-138
Stage 2	-1.2	-674.09	-139.51
Stage 2	-1.4	-702.43	-141.67
Stage 2	-1.6	-731.21	-143.89
Stage 2	-1.8	-760.53	-146.6
Stage 2	-2	-790.4	-149.39
Stage 2	-2.2	-820.85	-152.25
Stage 2	-2.4	-850.97	-155.61
Stage 2	-2.6	-879.8	-158.9
Stage 2	-2.8	-906.43	-162.14
Stage 2	-3	-929.89	-165.31
Stage 2	-3.2	-949.22	-168.46
Stage 2	-3.4	-963.51	-171.43
Stage 2	-3.6	-972.13	-174.11
Stage 2	-3.8	-975.52	-176.39
Stage 2	-4	-974.04	-178.14
Stage 2	-4.2	-968.03	-179.32
Stage 2	-4.4	-957.87	-179.83
Stage 2	-4.6	-943.84	-179.53
Stage 2	-4.8	-926.27	-178.31
Stage 2	-5	-905.4	-176.14
Stage 2	-5.2	-881.49	-173.01
Stage 2	-5.4	-854.78	-168.9
Stage 2	-5.6	-825.49	-163.79
Stage 2	-5.8	-793.83	-157.66
Stage 2	-6	-759.94	-150.51
Stage 2	-6.2	-723.97	-142.32
Stage 2	-6.4	-686.11	-133.07
Stage 2	-6.6	-646.47	-122.76
Stage 2	-6.8	-605.2	-111.38
Stage 2	-7	-562.65	-98.92
Stage 2	-7.2	-519.6	-85.38
Stage 2	-7.4	-476.73	-70.75
Stage 2	-7.6	-434.56	-56.02
Stage 2	-7.8	-393.46	-41.19
Stage 2	-8	-353.76	-26.25
Stage 2	-8.2	-315.72	-11.2
Stage 2	-8.4	-279.52	3.81
Stage 2	-8.6	-245.35	18.74
Stage 2	-8.8	-213.3	33.58
Stage 2	-9	-183.46	48.32
Stage 2	-9.2	-155.82	62.86
Stage 2	-9.4	-130.36	77.19
Stage 2	-9.6	-107.04	91.31
Stage 2	-9.8	-85.79	105.22
Stage 2	-10	-66.55	118.92
Stage 2	-10.2	-49.24	132.31
Stage 2	-10.4	-33.76	145.38
Stage 2	-10.6	-20.03	158.14
Stage 2	-10.8	-7.94	170.58
Stage 2	-11	2.61	182.69
Stage 2	-11.2	11.71	194.47
Stage 2	-11.4	19.48	205.92
Stage 2	-11.6	26.02	217.04
Stage 2	-11.8	31.42	227.83
Stage 2	-12	35.77	238.29
Stage 2	-12.2	39.18	248.42
Stage 2	-12.4	41.72	258.21
Stage 2	-12.6	43.48	267.66
Stage 2	-12.8	44.54	276.77
Stage 2	-13	44.97	285.54
Stage 2	-13.2	44.83	293.97
Stage 2	-13.4	44.2	302.06
Stage 2	-13.6	43.11	309.81
Stage 2	-13.8	41.64	317.21
Stage 2	-14	39.81	324.26
Stage 2	-14.2	37.71	330.96
Stage 2	-14.4	35.39	337.31
Stage 2	-14.6	32.91	343.31
Stage 2	-14.8	30.31	348.96
Stage 2	-15	27.69	354.26
Stage 2	-15.2	25.08	359.21
Stage 2	-15.4	22.54	363.81
Stage 2	-15.6	20.09	368.06
Stage 2	-15.8	17.75	371.96
Stage 2	-16	15.55	375.51
Stage 2	-16.2	13.49	378.71
Stage 2	-16.4	11.59	381.56
Stage 2	-16.6	9.85	384.06
Stage 2	-16.8	8.28	386.21
Stage 2	-17	6.87	388.01
Stage 2	-17.2	5.62	389.46
Stage 2	-17.4	4.53	390.56
Stage 2	-17.6	3.58	391.31
Stage 2	-17.8	2.77	391.71
Stage 2	-18	2.09	391.76
Stage 2	-18.2	1.53	391.46
Stage 2	-18.4	1.08	390.81
Stage 2	-18.6	0.73	390.01
Stage 2	-18.8	0.46	389.06
Stage 2	-19	0.27	388.06
Stage 2	-19.2	0.14	387.01

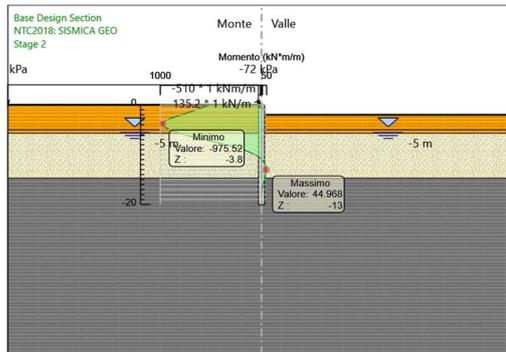
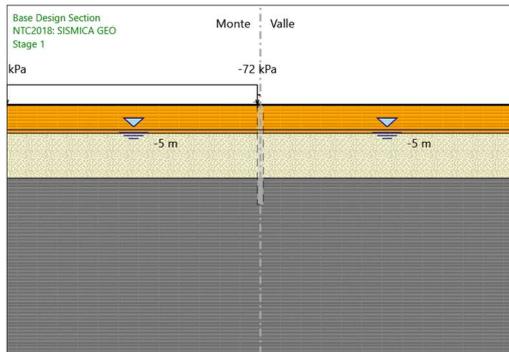
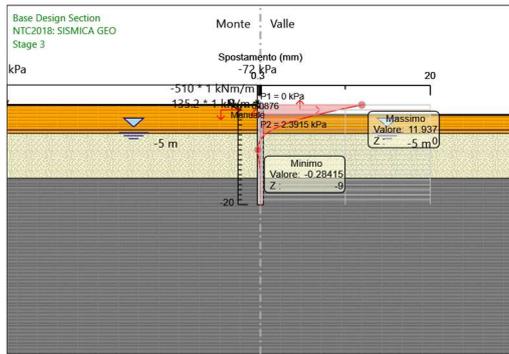
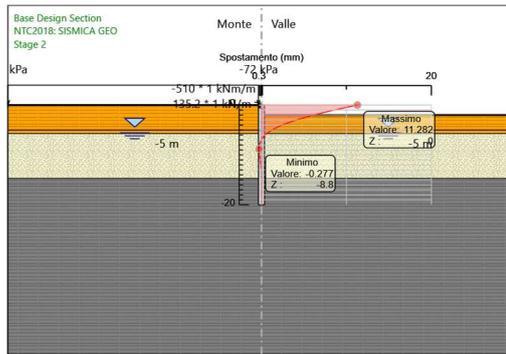
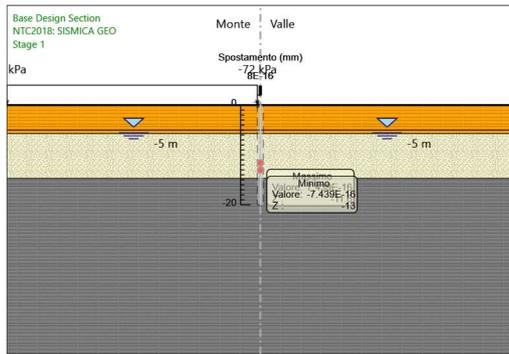
Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 2	-19.4	0.06	-0.4
Stage 2	-19.6	0.02	-0.21
Stage 2	-19.8	0	-0.08
Stage 2	-20	0	-0.01

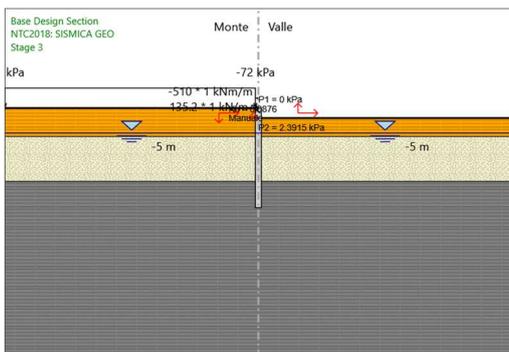
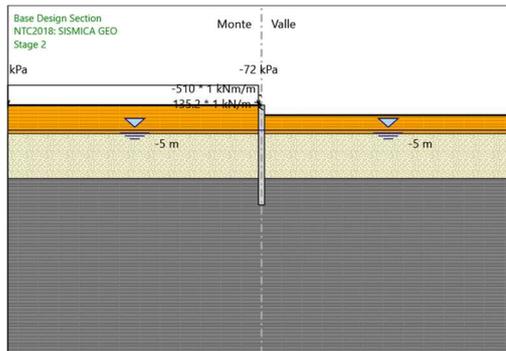
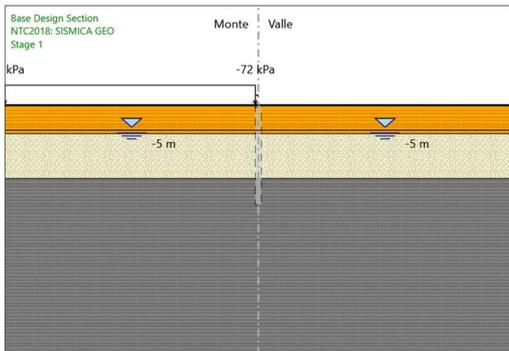
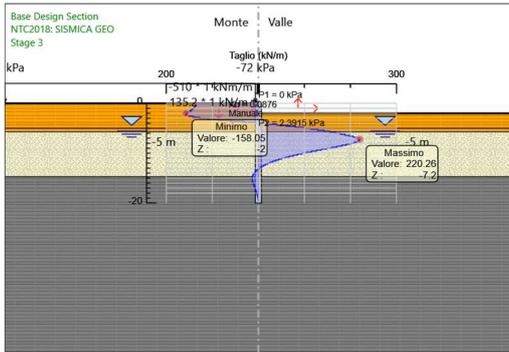
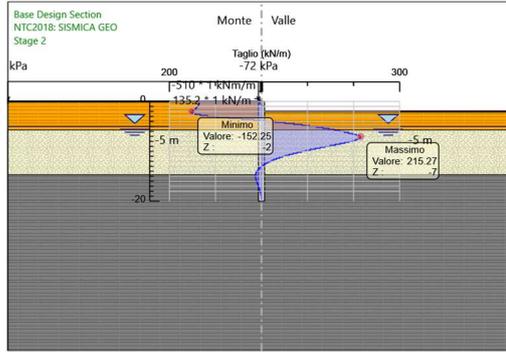
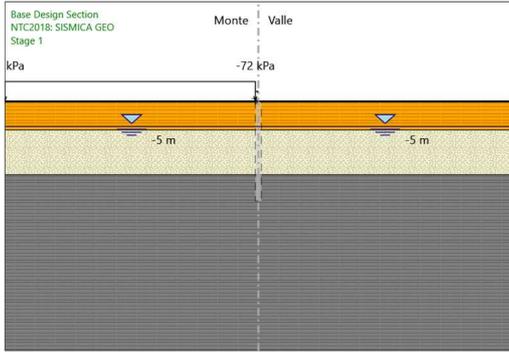
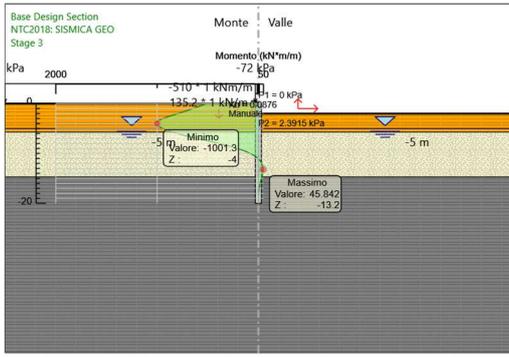
### Tabella Risultati Paratia NTC2018: SISMICA GEO - Left Wall - Stage: Stage 3

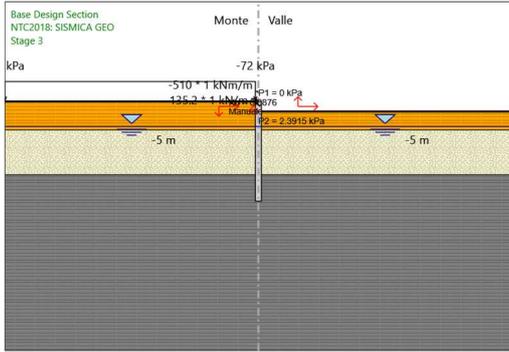
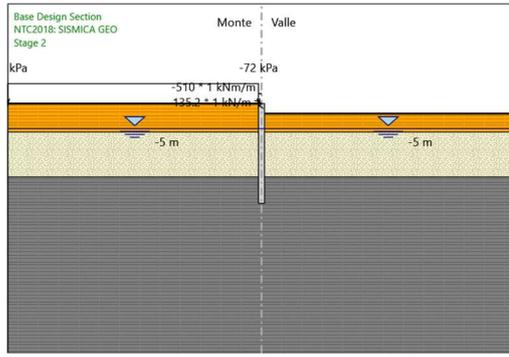
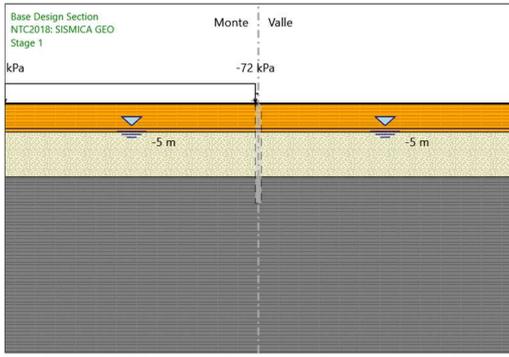
Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 3	0	-510	-135.37
Stage 3	-0.2	-537.07	-135.37
Stage 3	-0.4	-564.26	-135.94
Stage 3	-0.6	-591.62	-136.81
Stage 3	-0.8	-619.23	-138.05
Stage 3	-1	-647.24	-140.02
Stage 3	-1.2	-675.66	-142.11
Stage 3	-1.4	-704.64	-144.89
Stage 3	-1.6	-734.2	-147.79
Stage 3	-1.8	-764.44	-151.23
Stage 3	-2	-795.4	-154.78
Stage 3	-2.2	-827.01	-158.05
Stage 3	-2.4	-858.38	-156.87
Stage 3	-2.6	-888.65	-151.32
Stage 3	-2.8	-916.98	-141.68
Stage 3	-3	-942.52	-127.67
Stage 3	-3.2	-964.38	-109.3
Stage 3	-3.4	-981.74	-86.81
Stage 3	-3.6	-993.73	-59.96
Stage 3	-3.8	-1000.12	-31.97
Stage 3	-4	-1001.31	-5.93
Stage 3	-4.2	-997.66	18.25
Stage 3	-4.4	-989.55	40.53
Stage 3	-4.6	-977.32	61.18
Stage 3	-4.8	-961.29	80.16
Stage 3	-5	-941.74	97.75
Stage 3	-5.2	-918.93	114.04
Stage 3	-5.4	-893.14	128.94
Stage 3	-5.6	-864.6	142.69
Stage 3	-5.8	-833.55	155.26
Stage 3	-6	-800.11	167.21
Stage 3	-6.2	-764.46	178.24
Stage 3	-6.4	-726.8	188.31
Stage 3	-6.6	-687.27	197.65
Stage 3	-6.8	-646.02	206.23
Stage 3	-7	-603.17	214.27
Stage 3	-7.2	-559.33	219.2
Stage 3	-7.4	-515.28	220.26
Stage 3	-7.6	-471.61	218.32
Stage 3	-7.8	-428.78	214.13
Stage 3	-8	-387.18	208.03
Stage 3	-8.2	-347.11	200.35
Stage 3	-8.4	-308.83	191.39
Stage 3	-8.6	-272.55	181.4
Stage 3	-8.8	-238.42	170.63
Stage 3	-9	-206.53	159.46
Stage 3	-9.2	-176.89	148.21
Stage 3	-9.4	-149.49	137.01
Stage 3	-9.6	-124.3	125.96
Stage 3	-9.8	-101.26	115.16
Stage 3	-10	-80.33	104.68
Stage 3	-10.2	-61.41	94.58
Stage 3	-10.4	-44.43	84.91
Stage 3	-10.6	-29.29	75.7
Stage 3	-10.8	-15.89	66.99
Stage 3	-11	-4.13	58.79
Stage 3	-11.2	6.09	51.12
Stage 3	-11.4	14.88	43.96
Stage 3	-11.6	22.35	37.33
Stage 3	-11.8	28.59	31.2
Stage 3	-12	33.7	25.58
Stage 3	-12.2	37.79	20.43
Stage 3	-12.4	40.94	15.75
Stage 3	-12.6	43.24	11.5
Stage 3	-12.8	44.77	7.67
Stage 3	-13	45.62	4.22
Stage 3	-13.2	45.84	1.13
Stage 3	-13.4	45.52	-1.62
Stage 3	-13.6	44.7	-4.07
Stage 3	-13.8	43.45	-6.24
Stage 3	-14	41.82	-8.16
Stage 3	-14.2	39.86	-9.82
Stage 3	-14.4	37.63	-11.13
Stage 3	-14.6	35.2	-12.15
Stage 3	-14.8	32.62	-12.9
Stage 3	-15	29.98	-13.23
Stage 3	-15.2	27.32	-13.29
Stage 3	-15.4	24.69	-13.13
Stage 3	-15.6	22.14	-12.78
Stage 3	-15.8	19.68	-12.28
Stage 3	-16	17.35	-11.67
Stage 3	-16.2	15.15	-10.97
Stage 3	-16.4	13.11	-10.21

Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 3	-16.6	11.23	-9.4
Stage 3	-16.8	9.52	-8.58
Stage 3	-17	7.97	-7.74
Stage 3	-17.2	6.58	-6.92
Stage 3	-17.4	5.36	-6.12
Stage 3	-17.6	4.29	-5.34
Stage 3	-17.8	3.37	-4.61
Stage 3	-18	2.59	-3.91
Stage 3	-18.2	1.93	-3.27
Stage 3	-18.4	1.4	-2.68
Stage 3	-18.6	0.97	-2.14
Stage 3	-18.8	0.64	-1.66
Stage 3	-19	0.39	-1.24
Stage 3	-19.2	0.22	-0.87
Stage 3	-19.4	0.1	-0.57
Stage 3	-19.6	0.04	-0.33
Stage 3	-19.8	0.01	-0.15
Stage 3	-20	0	-0.03

### Tabella Grafici dei Risultati







S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

**19 ALLEGATO 9 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO  
PER CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO**

**LAVORO: SS130 IGLESIENTE**      **OPERA: PO02**      **ALLINEAMENTI: SPALLE**  
**RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE**      **VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI**

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a:  
**Rcd = Rbd + Rsd - Wp**  
 Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a:  
**Rtd = 0.7 Rsd + Wp**  
 in cui:  
 Rbd = Rbk / γb;      Resistenza alla base di progetto  
 Rsd = Rsk / γs;      Resistenza laterale di progetto  
 Rbk = Min [(Rbc,cal)<sub>media</sub> / ξ3; (Rbc,cal)<sub>min</sub> / ξ4]      Resistenza alla punta caratteristica  
 Rsk = Min [(Rsc,cal)<sub>media</sub> / ξ3; (Rsc,cal)<sub>min</sub> / ξ4]      Resistenza laterale caratteristica  
 Rsc,calc = Qb;      Resistenza alla base di calcolo  
 Rsc,calc = Qs;      Resistenza laterale di calcolo  
 Wp:      peso proprio del palo alleggerito

I Coefficienti parziali γR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γR	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γb	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γs	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γst	1.25	1.25	1.25

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

**Peso del palo**  
 Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato:  
 Wp(z) = (γcls - γnat) Ap Δz

La Resistenza alla base di calcolo è pari a:  
 Qb = qb x Ab  
 dove:  
 Ab: Area della superficie di base del palo  
 qb: resistenza unitaria alla base approsso specificata per terreni coesivi e granulari  
 La Resistenza laterale di calcolo è pari a:  
 Qs = As x Σ (qsi x dzi)  
 dove:  
 As: Area della superficie laterale del palo  
 qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato  
 dzi: altezza dell'iesimo strato

**Terreni coesivi (c<>0)**  
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali

**Resistenza unitaria alla base**  
 La resistenza alla base viene espressa come:  
 qb = σv + 9 cu

**Resistenza laterale unitaria**  
 qs = α cu      con:  
 α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [Viggiani]

cu (kPa)	α
<=25	0.7
25 + 70	0.7 - 0.008(cu - 25)
>70	0.35

In ogni caso non viene superato il valore limite di:  
 qs,max = 100 kPa (AGI 1984).

**Terreni granulari (c' = 0, φ' <> 0)**  
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci

**Resistenza unitaria alla base**  
 In accordo alla teoria di Berenzantsev<sup>(1)</sup>:  
 qb = Nq\* x σ'v      con:  
 Nq\*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D)

In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione:  
 qbmax1 = Nspt x αN      con:  
 αN = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose  
 [Cwizdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)]  
 e dalla seguente tabella

Ghiaie:      qb,max = 7500 kPa  
 Sabbie:      qb,max = 5800 kPa  
 Sabbie limose:      qb,max = 4300 kPa

**Resistenza laterale unitaria**  
 ql = β σ'v      con:  
 1.20 >= β = 1.50 - 0.42 z<sup>0.34</sup> >= 0.25      per i depositi sabbiosi  
 1.80 >= β = 2.0 - 0.15 z<sup>0.75</sup> >= 0.25      per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi  
 In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977):  
 qsmax = 3 x Nspt      per Nspt <= 53  
 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt      per Nspt > 53

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO**

	unità	var	
Diametro palo	m		1.20
Superficie resistente alla base	m <sup>2</sup>	Ab	1.13
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m <sup>2</sup>	As	3.77
peso specifico del palo	kN/m <sup>3</sup>	γp	25.00

**LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)**

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	5.00
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	3.00

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

**SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO**

	kPa	σvi	
Tensione totale in testa palo			54.6
Tensione efficace in testa palo		σ'v1	54.6

**COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE**

	R3
Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	2
coefficiente γb	1.35
coefficiente γs	1.15

**FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA**

	MEDI
Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	MEDI
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	3
coefficiente ξ	1.60

**STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.)**      **COMBINAZIONE M1**

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m <sup>3</sup>	Nspt MED	ql,max kPa	αN	Nspt*αN	qp,max kPa	Nspt MIN
1	G	0.0	8.7	G		37	1.00	1.00	0.0	37.0	18.2	34	102	150	2250	2250	15
2	SL	8.7	17.7	SL		33	1.00	1.00	0.0	33.0	19.6	21	63	85	595	595	7
3	A-SAM	17.7	50.0	SL		28	1.00	1.00	0.0	28.0	19.5	25	75	85	680	680	8
4																	
5																	
6																	

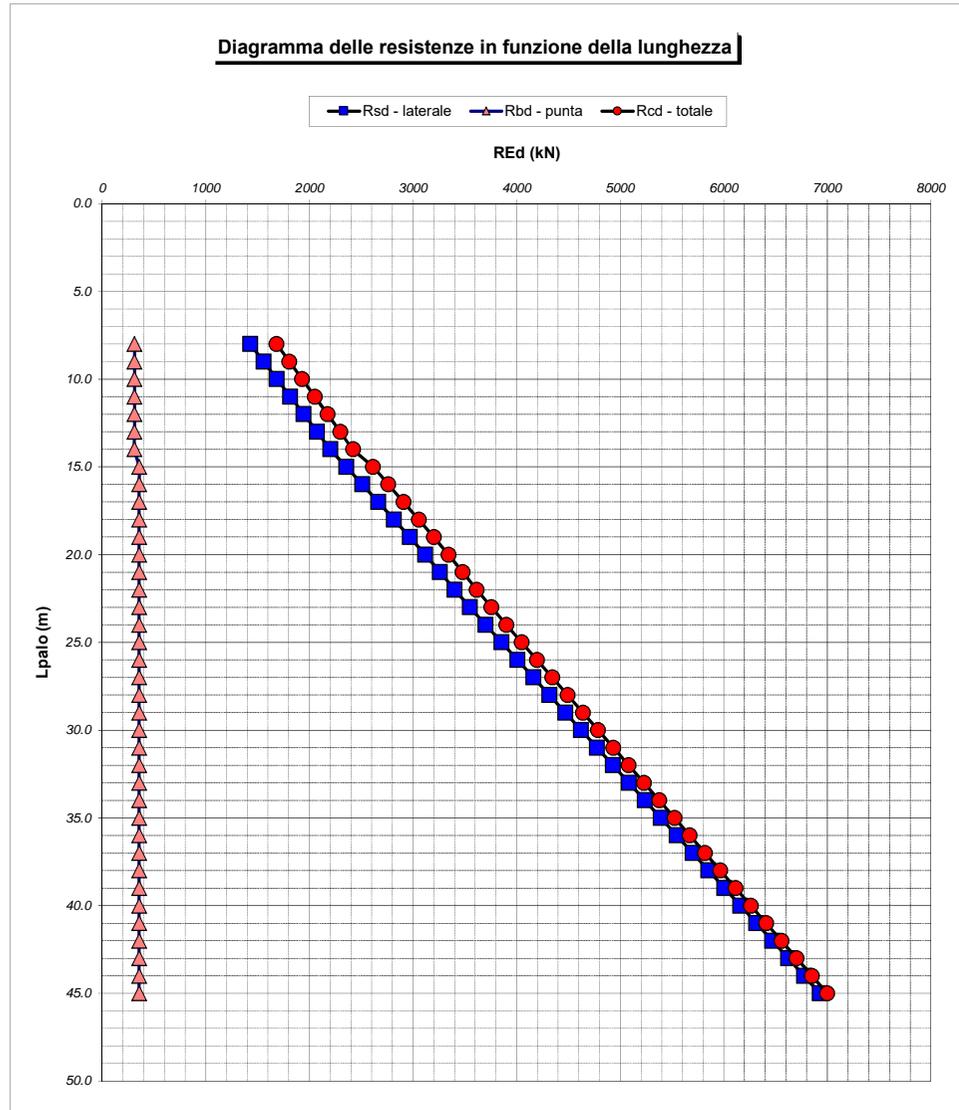
Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL sabbie limose

**LAVORO: SS130 IGLESIENTE****OPERA: PO02****ALLINEAMENTI:****SPALLE****RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE****VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:****MEDI**

Unità	z m	Lp (m)	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m³	γ' kN/m³	qa kPa	σv kPa	σv' kPa	β	qs,max kPa	qs kPa	Qs kN	Nq*	9°cu kPa	qb,max kPa	qb kPa	Qb kN	Rsd kN	Rbd kN	Wp kN	Rcd kN	Rtd kN
1	3.0	0.0			18.2	18.2		54.6	54.6												0		
1	4.0	1.0	0.0	37.0	18.2	18.2	0.0	72.8	72.8	1.576	102	100.4	378	23.9		2250	1740.2	1968	206	911	8	1109	152
1	5.0	2.0	0.0	37.0	18.2	18.2	0.0	91.0	91.0	1.498	102	102.0	763	23.8		2250	2164.0	2447	415	1133	15	1532	306
1	6.0	3.0	0.0	37.0	18.2	18.2	0.0	109.2	99.4	1.425	102	102.0	1147	23.7		2250	2250.0	2545	624	1178	23	1779	460
1	7.0	4.0	0.0	37.0	18.2	18.2	0.0	127.4	107.8	1.354	102	102.0	1532	23.5		2250	2250.0	2545	833	1178	31	1980	614
1	8.0	5.0	0.0	37.0	18.2	18.2	0.0	145.6	116.2	1.286	102	102.0	1917	23.4		2250	2250.0	2545	1042	1178	38	2181	768
2	9.0	6.0	0.0	33.0	19.6	9.8	0.0	165.2	126.0	0.613	63	63.0	2154	14.7		595	595.0	673	1171	312	45	1438	864
2	10.0	7.0	0.0	33.0	19.6	9.8	0.0	184.8	135.8	0.581	63	63.0	2392	14.6		595	595.0	673	1300	312	51	1561	960
2	11.0	8.0	0.0	33.0	19.6	9.8	0.0	204.4	145.5	0.551	63	63.0	2629	14.5		595	595.0	673	1429	312	57	1684	1057
2	12.0	9.0	0.0	33.0	19.6	9.8	0.0	224.0	155.3	0.522	63	63.0	2867	14.4		595	595.0	673	1558	312	63	1807	1153
2	13.0	10.0	0.0	33.0	19.6	9.8	0.0	243.6	165.1	0.495	63	63.0	3104	14.3		595	595.0	673	1687	312	69	1930	1250
2	14.0	11.0	0.0	33.0	19.6	9.8	0.0	263.2	174.9	0.470	63	63.0	3342	14.3		595	595.0	673	1816	312	75	2053	1346
2	15.0	12.0	0.0	33.0	19.6	9.8	0.0	282.8	184.7	0.445	63	63.0	3579	14.2		595	595.0	673	1945	312	81	2175	1443
2	16.0	13.0	0.0	33.0	19.6	9.8	0.0	302.4	194.5	0.422	63	63.0	3817	14.1		595	595.0	673	2074	312	87	2298	1539
2	17.0	14.0	0.0	33.0	19.6	9.8	0.0	322.0	204.3	0.399	63	63.0	4054	14.0		595	595.0	673	2203	312	93	2421	1636
3	18.0	15.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	341.5	214.0	0.378	75	75.0	4337	7.1		680	680.0	769	2357	356	100	2613	1750
3	19.0	16.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	361.0	223.7	0.357	75	75.0	4620	7.1		680	680.0	769	2511	356	106	2761	1863
3	20.0	17.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	380.5	233.4	0.337	75	75.0	4902	7.1		680	680.0	769	2664	356	112	2908	1977
3	21.0	18.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	400.0	243.0	0.317	75	75.0	5185	7.1		680	680.0	769	2818	356	118	3056	2091
3	22.0	19.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	419.5	252.7	0.299	75	74.0	5464	7.1		680	680.0	769	2970	356	125	3201	2203
3	23.0	20.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	439.0	262.4	0.280	75	72.2	5736	7.1		680	680.0	769	3118	356	131	3343	2313
3	24.0	21.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	458.5	272.1	0.263	75	70.2	6001	7.0		680	680.0	769	3261	356	137	3480	2420
3	25.0	22.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	478.0	281.8	0.250	75	69.2	6262	7.0		680	680.0	769	3403	356	143	3616	2525
3	26.0	23.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	497.5	291.5	0.250	75	71.7	6532	7.0		680	680.0	769	3550	356	149	3757	2634
3	27.0	24.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	517.0	301.2	0.250	75	74.1	6811	7.0		680	680.0	769	3702	356	156	3902	2747
3	28.0	25.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	536.5	310.9	0.250	75	75.0	7094	7.0		680	680.0	769	3855	356	162	4050	2861
3	29.0	26.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	556.0	320.6	0.250	75	75.0	7377	7.0		680	680.0	769	4009	356	168	4197	2974
3	30.0	27.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	575.5	330.3	0.250	75	75.0	7660	7.0		680	680.0	769	4163	356	174	4345	3088
3	31.0	28.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	595.0	339.9	0.250	75	75.0	7942	7.0		680	680.0	769	4316	356	181	4492	3202
3	32.0	29.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	614.5	349.6	0.250	75	75.0	8225	7.0		680	680.0	769	4470	356	187	4639	3316
3	33.0	30.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	634.0	359.3	0.250	75	75.0	8508	7.0		680	680.0	769	4624	356	193	4787	3430
3	34.0	31.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	653.5	369.0	0.250	75	75.0	8791	7.0		680	680.0	769	4777	356	199	4934	3543
3	35.0	32.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	673.0	378.7	0.250	75	75.0	9073	7.0		680	680.0	769	4931	356	205	5082	3657
3	36.0	33.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	692.5	388.4	0.250	75	75.0	9356	6.9		680	680.0	769	5085	356	212	5229	3771
3	37.0	34.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	712.0	398.1	0.250	75	75.0	9639	6.9		680	680.0	769	5238	356	218	5377	3885
3	38.0	35.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	731.5	407.8	0.250	75	75.0	9922	6.9		680	680.0	769	5392	356	224	5524	3999
3	39.0	36.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	751.0	417.5	0.250	75	75.0	10204	6.9		680	680.0	769	5546	356	230	5672	4112
3	40.0	37.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	770.5	427.2	0.250	75	75.0	10487	6.9		680	680.0	769	5699	356	236	5819	4226
3	41.0	38.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	790.0	436.8	0.250	75	75.0	10770	6.9		680	680.0	769	5853	356	243	5966	4340
3	42.0	39.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	809.5	446.5	0.250	75	75.0	11053	6.9		680	680.0	769	6007	356	249	6114	4454
3	43.0	40.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	829.0	456.2	0.250	75	75.0	11335	6.9		680	680.0	769	6160	356	255	6261	4567
3	44.0	41.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	848.5	465.9	0.250	75	75.0	11618	6.9		680	680.0	769	6314	356	261	6409	4681
3	45.0	42.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	868.0	475.6	0.250	75	75.0	11901	6.9		680	680.0	769	6468	356	268	6556	4795
3	46.0	43.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	887.5	485.3	0.250	75	75.0	12183	6.9		680	680.0	769	6621	356	274	6704	4909
3	47.0	44.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	907.0	495.0	0.250	75	75.0	12466	6.9		680	680.0	769	6775	356	280	6851	5023
3	48.0	45.0	0.0	28.0	19.5	9.7	0.0	926.5	504.7	0.250	75	75.0	12749	6.9		680	680.0	769	6929	356	286	6999	5136

LAVORO: SS130 IGLESIENTE  
 OPERA: PO02  
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

ALLINEAMENTI: SPALLE  
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI



RESISTENZA A COMPRESSIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ecd (kN)	c.u.c	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
SPALLE	20.0	3118	356	3343	1424	43%	2313	0	0%

**LAVORO: SS130 IGLESIENTE OPERA: PO02 ALLINEAMENTI: SPALLE**  
**RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MINIMI**

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a:  
**Rcd = Rbd + Rsd - Wp**  
 Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a:  
**Rtd = 0.7 Rsd + Wp**  
 in cui:  
 Rbd = Rbk / γb; Resistenza alla base di progetto  
 Rsd = Rsk / γs; Resistenza laterale di progetto  
 Rbk = Min [(Rbc,cal)<sub>media</sub> / ξ3; (Rbc,cal)<sub>min</sub> / ξ4] Resistenza alla punta caratteristica  
 Rsk = Min [(Rsc,cal)<sub>media</sub> / ξ3; (Rsc,cal)<sub>min</sub> / ξ4] Resistenza laterale caratteristica  
 Rsc,calc = Qb; Resistenza alla base di calcolo  
 Rsc,calc = Qs; Resistenza laterale di calcolo  
 Wp: peso proprio del palo allgerito

Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γR	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γb	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γs	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γst	1.25	1.25	1.25

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

**Peso del palo**  
 Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cis e quello del volume di terreno asportato:  
 Wp(z) = (γcis - γnat) Ap Δz

La Resistenza alla base di calcolo è pari a:  
 Qb = qb x Ab  
 dove:  
 Ab: Area della superficie di base del palo  
 qb: resistenza unitaria alla base approsso specificata per terreni coesivi e granulari  
 La Resistenza laterale di calcolo è pari a:  
 Qs = As x Σ (qsi x dzi)  
 dove:  
 As: Area della superficie laterale del palo  
 qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato  
 dzi: altezza dell'iesimo strato

**Terreni coesivi (c<>0)**  
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali  
**Resistenza unitaria alla base**  
 La resistenza alla base viene espressa come:  
 qb = σv + 9 cu  
**Resistenza laterale unitaria**  
 qs = α cu con:  
 α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [Viggiani]

cu (kPa)	α
<=25	0.7
25 + 70	0.7 - 0.008(cu - 25)
>70	0.35

In ogni caso non viene superato il valore limite di:  
 qs,max = 100 kPa (AGI 1984).

**Terreni granulari (c' = 0, φ' <> 0)**  
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci  
**Resistenza unitaria alla base**  
 In accordo alla teoria di Berenzantsev<sup>(1)</sup>:  
 qb = Nq\* x σ'v con:  
 Nq\*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D)  
 In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione:  
 qbmax1 = Nspt x αN con:  
 αN = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose  
 [Cwizdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)] e dalla seguente tabella  
 Ghiaie: qb,max = 7500 kPa  
 Sabbie: qb,max = 5800 kPa  
 Sabbie limose: qb,max = 4300 kPa  
**Resistenza laterale unitaria**  
 ql = β σ'v con:  
 1.20 >= β = 1.50 - 0.42 z<sup>0.34</sup> >= 0.25 per i depositi sabbiosi  
 1.80 >= β = 2.0 - 0.15 z<sup>0.75</sup> >= 0.25 per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi  
 In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977):  
 qsmax = 3 x Nspt per Nspt <= 53  
 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO**

	unità	var	
Diametro palo	m		1.20
Superficie resistente alla base	m <sup>2</sup>	Ab	1.13
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m <sup>2</sup>	As	3.77
peso specifico del palo	kN/m <sup>3</sup>	γp	25.00

**LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)**

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	5.00
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	3.00

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

**SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO**

	kPa	σvi	
Tensione totale in testa palo			51.0
Tensione efficace in testa palo		σ'v1	51.0

**COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE**

	R3
Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	2
coefficiente γb	1.35
coefficiente γs	1.15

**FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA**

	MINIMI
Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	3
coefficiente ξ	1.48

**STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.)**

		COMBINAZIONE M1															
Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m <sup>3</sup>	Nspt MED	ql,max kPa	αN	Nspt*αN	qp,max kPa	Nspt MIN
1	G	0.0	8.7	G		28	1.00	1.00	0.0	28.0	17.0	34	102	150	2250	2250	15
2	SL	8.7	17.7	SL		27	1.00	1.00	0.0	27.0	16.4	21	63	85	595	595	7
3	A-SAM	17.7	50.0	SL		23	1.00	1.00	0.0	23.0	17.1	25	75	85	680	680	8
4																	
5																	
6																	

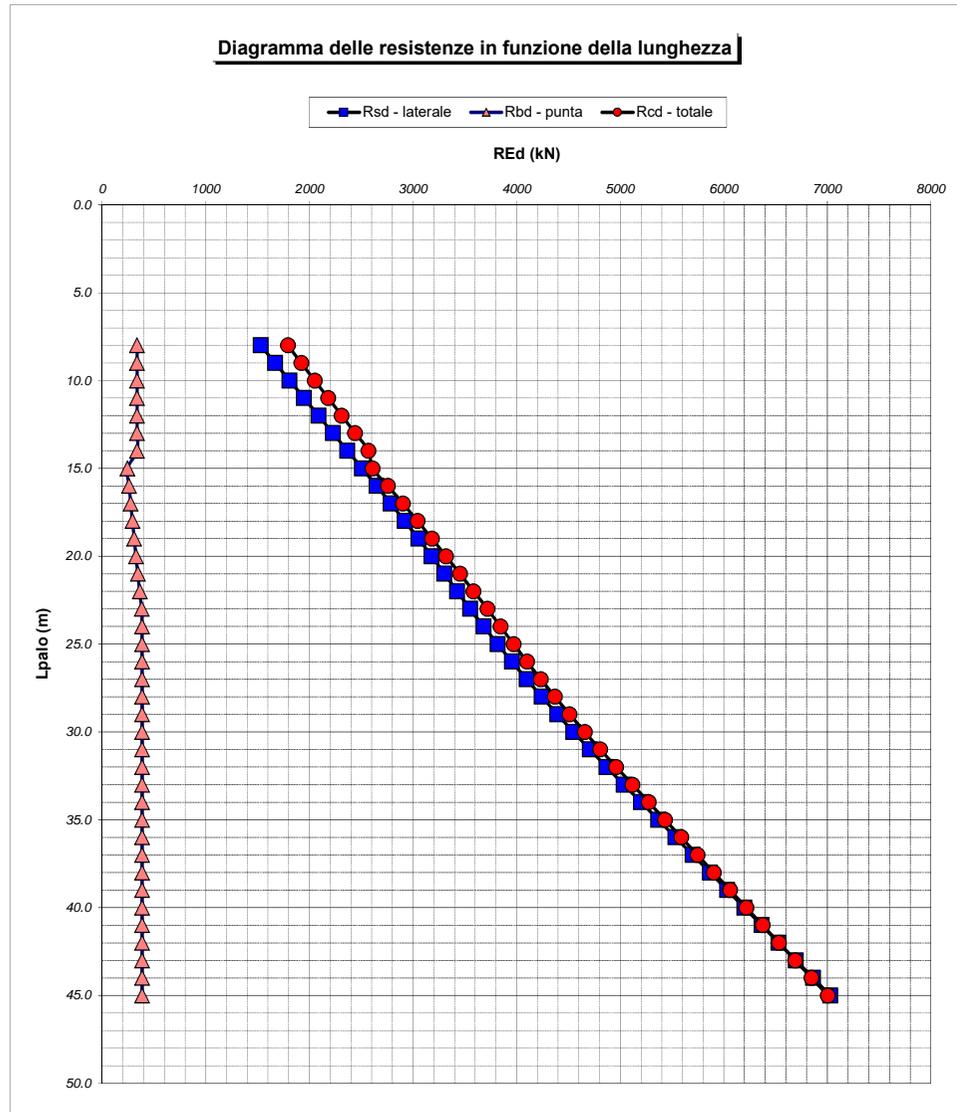
Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL sabbie limose

**LAVORO: SS130 IGLESIENTE**      **OPERA: PO02**      **ALLINEAMENTI:**      **SPALLE**  
**RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESIONE/TRAZIONE**      **VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:**      **MINIMI**

Unità	z m	Lp (m)	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m³	γ' kN/m³	qa kPa	σv kPa	σ'v kPa	β	qs,max kPa	qs kPa	Qs kN	Nq*	9°cu kPa	qb,max kPa	qb kPa	Qb kN	Rsd kN	Rbd kN	Wp kN	Rcd kN	Rtd kN
1	3.0	0.0			17.0	17.0		51.0	51.0												0		
1	4.0	1.0	0.0	28.0	17.0	17.0	0.0	68.0	68.0	1.576	102	93.8	353	7.2		2250	490.0	554	208	277	9	476	154
1	5.0	2.0	0.0	28.0	17.0	17.0	0.0	85.0	85.0	1.498	102	102.0	738	7.2		2250	611.9	692	434	346	18	762	322
1	6.0	3.0	0.0	28.0	17.0	7.2	0.0	102.0	92.2	1.425	102	102.0	1123	7.2		2250	662.9	750	660	375	27	1008	489
1	7.0	4.0	0.0	28.0	17.0	7.2	0.0	119.0	99.4	1.354	102	102.0	1507	7.2		2250	713.8	807	885	404	36	1253	656
1	8.0	5.0	0.0	28.0	17.0	7.2	0.0	136.0	106.6	1.286	102	102.0	1892	7.2		2250	764.6	865	1111	433	45	1499	823
2	9.0	6.0	0.0	27.0	16.4	6.6	0.0	152.4	113.2	0.613	63	63.0	2129	6.1		595	595.0	673	1251	337	55	1533	931
2	10.0	7.0	0.0	27.0	16.4	6.6	0.0	168.8	119.8	0.581	63	63.0	2367	6.1		595	595.0	673	1390	337	65	1663	1038
2	11.0	8.0	0.0	27.0	16.4	6.6	0.0	185.2	126.3	0.551	63	63.0	2604	6.1		595	595.0	673	1530	337	74	1792	1145
2	12.0	9.0	0.0	27.0	16.4	6.6	0.0	201.6	132.9	0.522	63	63.0	2842	6.1		595	595.0	673	1670	337	84	1922	1253
2	13.0	10.0	0.0	27.0	16.4	6.6	0.0	218.0	139.5	0.495	63	63.0	3079	6.2		595	595.0	673	1809	337	94	2052	1360
2	14.0	11.0	0.0	27.0	16.4	6.6	0.0	234.4	146.1	0.470	63	63.0	3317	6.2		595	595.0	673	1949	337	104	2182	1468
2	15.0	12.0	0.0	27.0	16.4	6.6	0.0	250.8	152.7	0.445	63	63.0	3554	6.2		595	595.0	673	2088	337	113	2312	1575
2	16.0	13.0	0.0	27.0	16.4	6.6	0.0	267.2	159.3	0.422	63	63.0	3792	6.2		595	595.0	673	2228	337	123	2441	1682
2	17.0	14.0	0.0	27.0	16.4	6.6	0.0	283.6	165.9	0.399	63	63.0	4029	6.2		595	595.0	673	2367	337	133	2571	1790
3	18.0	15.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	300.7	173.2	0.378	75	64.1	4271	2.5		680	431.1	488	2509	244	142	2611	1898
3	19.0	16.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	317.8	180.5	0.357	75	63.1	4509	2.5		680	458.7	519	2649	260	151	2758	2005
3	20.0	17.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	334.9	187.8	0.337	75	62.0	4742	2.6		680	487.0	551	2786	276	160	2903	2110
3	21.0	18.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	352.0	195.0	0.317	75	60.8	4972	2.6		680	516.1	584	2921	292	169	3045	2213
3	22.0	19.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	369.1	202.3	0.299	75	59.3	5195	2.7		680	546.0	617	3052	309	177	3184	2314
3	23.0	20.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	386.2	209.6	0.280	75	57.7	5413	2.8		680	576.6	652	3180	326	186	3320	2413
3	24.0	21.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	403.3	216.9	0.263	75	56.0	5624	2.8		680	608.0	688	3304	344	195	3453	2508
3	25.0	22.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	420.4	224.2	0.250	75	55.1	5832	2.9		680	640.1	724	3427	362	204	3585	2603
3	26.0	23.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	437.5	231.5	0.250	75	57.0	6047	2.9		680	673.0	761	3553	381	213	3720	2700
3	27.0	24.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	454.6	238.8	0.250	75	58.8	6268	3.0		680	680.0	769	3683	385	222	3846	2800
3	28.0	25.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	471.7	246.1	0.250	75	60.6	6497	3.0		680	680.0	769	3817	385	231	3971	2903
3	29.0	26.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	488.8	253.4	0.250	75	62.4	6732	3.1		680	680.0	769	3955	385	240	4100	3009
3	30.0	27.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	505.9	260.7	0.250	75	64.3	6974	3.1		680	680.0	769	4098	385	249	4234	3117
3	31.0	28.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	523.0	267.9	0.250	75	66.1	7223	3.2		680	680.0	769	4244	385	258	4371	3229
3	32.0	29.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	540.1	275.2	0.250	75	67.9	7479	3.2		680	680.0	769	4394	385	267	4513	3343
3	33.0	30.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	557.2	282.5	0.250	75	69.7	7742	3.3		680	680.0	769	4549	385	276	4658	3460
3	34.0	31.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	574.3	289.8	0.250	75	71.5	8012	3.3		680	680.0	769	4707	385	285	4808	3580
3	35.0	32.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	591.4	297.1	0.250	75	73.4	8288	3.4		680	680.0	769	4870	385	294	4961	3702
3	36.0	33.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	608.5	304.4	0.250	75	75.0	8571	3.4		680	680.0	769	5036	385	303	5118	3828
3	37.0	34.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	625.6	311.7	0.250	75	75.0	8854	3.5		680	680.0	769	5202	385	311	5276	3953
3	38.0	35.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	642.7	319.0	0.250	75	75.0	9137	3.5		680	680.0	769	5368	385	320	5433	4078
3	39.0	36.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	659.8	326.3	0.250	75	75.0	9419	3.6		680	680.0	769	5534	385	329	5590	4203
3	40.0	37.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	676.9	333.6	0.250	75	75.0	9702	3.6		680	680.0	769	5700	385	338	5747	4329
3	41.0	38.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	694.0	340.8	0.250	75	75.0	9985	3.6		680	680.0	769	5867	385	347	5904	4454
3	42.0	39.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	711.1	348.1	0.250	75	75.0	10268	3.6		680	680.0	769	6033	385	356	6061	4579
3	43.0	40.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	728.2	355.4	0.250	75	75.0	10550	3.6		680	680.0	769	6199	385	365	6219	4704
3	44.0	41.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	745.3	362.7	0.250	75	75.0	10833	3.6		680	680.0	769	6365	385	374	6376	4829
3	45.0	42.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	762.4	370.0	0.250	75	75.0	11116	3.6		680	680.0	769	6531	385	383	6533	4955
3	46.0	43.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	779.5	377.3	0.250	75	75.0	11399	3.6		680	680.0	769	6697	385	392	6690	5080
3	47.0	44.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	796.6	384.6	0.250	75	75.0	11681	3.6		680	680.0	769	6863	385	401	6847	5205
3	48.0	45.0	0.0	23.0	17.1	7.3	0.0	813.7	391.9	0.250	75	75.0	11964	3.6		680	680.0	769	7029	385	410	7005	5330

LAVORO: SS130 IGLESIENTE  
 OPERA: PO02  
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

ALLINEAMENTI: SPALLE  
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MINIMI



RESISTENZA A COMPRESSIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ed (kN)	c.u.	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
SPALLE	20.0	3180	326	3320	1424	43%	2413	0	0%

S.S. 130 "Iglesiente" Eliminazione degli incroci a raso da Cagliari a Decimomannu da km 3+000 a 15+600		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Rel. tecnica e di calcolo PO02 – Ponte Rio Sa Nuxedda - Assemini</i>	

**20 ALLEGATO 10 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO  
PER CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO**

**LAVORO: SS130**  
**RESISTENZA DI UN PALO SOGGETTO AD AZIONI TRASVERSALI**
**OPERA: PO02**  
**ALLINEAMENTI: SPALLE**

 Il valore di progetto Rod della Resistenza di pali soggetti a carichi trasversali  $R_{tr,d}$  è pari a:

$$R_{tr,d} = R_{tr,k} / \gamma_T$$

$$R_{tr,k} = \text{Min} [(R_{tr,cal})_{media} / \xi_3; (R_{tr,cal})_{min} / \xi_4]$$

$$R_{tr,cal} = H_{lim}$$

Resistenza ai carichi trasversali di progetto  
Resistenza ai carichi trasversali caratteristica  
Resistenza ai carichi trasversali di calcolo

 Il coefficiente parziale  $\gamma_T$  per verifiche SLU di pali soggetti ad azioni trasversali è pari a:

$$\text{Coefficiente parziale (R3)} \quad \gamma_T \quad 1.30$$

La resistenza ai carichi trasversali di calcolo è valutata in accordo a Broms (1984):

**Terreni coesivi:**

palo corto:  $H_{lim} = 9 \text{ cu D (L - 1.5 D)}$

palo intermedio:  $H_{lim} = -9 \text{ cu D}^2 (L/D + 1.5) + 9 \text{ cu D}^2 (2 (L/D)^2 + 4/9 \text{ My} / (\text{cu D}^3) + 4.5)^{0.5}$

palo lungo:  $H_{lim} = -13.5 \text{ cu D}^2 + \text{cu D}^2 (182.25 + 36 \text{ My} / (\text{cu D}^3))^{0.5}$

**Terreni incoerenti:**

palo corto:  $H_{lim} = 1.5 L^2 K_p \gamma' D$

palo intermedio:  $H_{lim} = 0.5 L^2 K_p \gamma' D + \text{My} / L$

palo lungo:  $H_{lim} = K_p \gamma' D^3 ((3.681 \text{ My} / (K_p \gamma' D^4))^{1/3})$

 I Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	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

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO**

Diametro del palo	D	m	<b>1.20</b>
Lunghezza minima del palo	L	m	<b>20.00</b>

**FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA**

Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	<b>3</b>
coefficiente $\xi_3$	1.60
coefficiente $\xi_4$	1.48

**PARAMETRI GEOTECNICI**

DESCRIZIONE	TERRENI COESIVI		TERRENI INCOERENTI					
	cu,med kPa	cu,min kPa	$\gamma',med$ kN/m <sup>3</sup>	$\phi',med$ deg	kp,med	$\gamma',min$ kN/m <sup>3</sup>	$\phi',min$ deg	kp,min
G			18.2	37.0	4.02	17.0	28.0	2.77

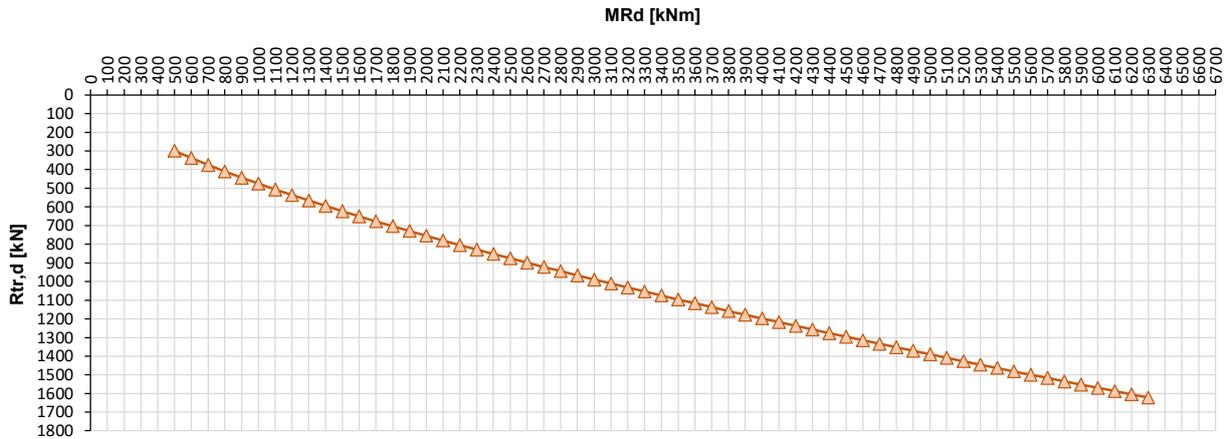
 \* Per terreni incoerenti impostare  $cu,med = cu,min = ""$ 

My=MRd (kNm)	PARAMETRI MEDI					PARAMETRI MINIMI					Rtr,d (kN)
	palo corto		palo intermedio	palo lungo		palo corto		palo intermedio	palo lungo		
	$H_{lim1,med}$ (kN)	$H_{lim2,med}$ (kN)	$H_{lim3,med}$ (kN)	$H_{lim}$ (kN)	Rtr,d <sub>med</sub> (kN)	$H_{lim1,min}$ (kN)	$H_{lim2,min}$ (kN)	$H_{lim3,min}$ (kN)	$H_{lim}$ (kN)	Rtr,d <sub>min</sub> (kN)	
500	52715	17597	668	668	321	33903	11326	576	576	300	300
600	52715	17602	754	754	362	33903	11331	651	651	338	338
700	52715	17607	836	836	402	33903	11336	721	721	375	375
800	52715	17612	913	913	439	33903	11341	788	788	410	410
900	52715	17617	988	988	475	33903	11346	853	853	443	443
1000	52715	17622	1060	1060	510	33903	11351	915	915	475	475
1100	52715	17627	1129	1129	543	33903	11356	975	975	507	507
1200	52715	17632	1197	1197	575	33903	11361	1033	1033	537	537
1300	52715	17637	1262	1262	607	33903	11366	1090	1090	566	566
1400	52715	17642	1326	1326	638	33903	11371	1145	1145	595	595
1500	52715	17647	1389	1389	668	33903	11376	1199	1199	623	623
1600	52715	17652	1450	1450	697	33903	11381	1251	1251	650	650
1700	52715	17657	1510	1510	726	33903	11386	1303	1303	677	677
1800	52715	17662	1568	1568	754	33903	11391	1354	1354	704	704
1900	52715	17667	1626	1626	782	33903	11396	1403	1403	729	729
2000	52715	17672	1682	1682	809	33903	11401	1452	1452	755	755
2100	52715	17677	1738	1738	836	33903	11406	1500	1500	780	780
2200	52715	17682	1793	1793	862	33903	11411	1547	1547	804	804
2300	52715	17687	1847	1847	888	33903	11416	1594	1594	828	828
2400	52715	17692	1900	1900	913	33903	11421	1640	1640	852	852
2500	52715	17697	1952	1952	939	33903	11426	1685	1685	876	876
2600	52715	17702	2004	2004	963	33903	11431	1730	1730	899	899
2700	52715	17707	2055	2055	988	33903	11436	1774	1774	922	922
2800	52715	17712	2105	2105	1012	33903	11441	1817	1817	945	945
2900	52715	17717	2155	2155	1036	33903	11446	1860	1860	967	967
3000	52715	17722	2205	2205	1060	33903	11451	1903	1903	989	989
3100	52715	17727	2253	2253	1083	33903	11456	1945	1945	1011	1011
3200	52715	17732	2301	2301	1106	33903	11461	1987	1987	1033	1033
3300	52715	17737	2349	2349	1129	33903	11466	2028	2028	1054	1054

**LAVORO: SS130** **OPERA: PO02**  
**RESISTENZA DI UN PALO SOGGETTO AD AZIONI TRASVERSALI** **ALLINEAMENTI: SPALLE**

3400	52715	17742	2396	2396	1152	33903	11471	2069	2069	1075	1075
3500	52715	17747	2443	2443	1175	33903	11476	2109	2109	1096	1096
3600	52715	17752	2489	2489	1197	33903	11481	2149	2149	1117	1117
3700	52715	17757	2535	2535	1219	33903	11486	2188	2188	1137	1137
3800	52715	17762	2581	2581	1241	33903	11491	2228	2228	1158	1158
3900	52715	17767	2626	2626	1262	33903	11496	2267	2267	1178	1178
4000	52715	17772	2671	2671	1284	33903	11501	2305	2305	1198	1198
4100	52715	17777	2715	2715	1305	33903	11506	2343	2343	1218	1218
4200	52715	17782	2759	2759	1326	33903	11511	2381	2381	1238	1238
4300	52715	17787	2803	2803	1347	33903	11516	2419	2419	1257	1257
4400	52715	17792	2846	2846	1368	33903	11521	2456	2456	1277	1277
4500	52715	17797	2889	2889	1389	33903	11526	2494	2494	1296	1296
4600	52715	17802	2931	2931	1409	33903	11531	2530	2530	1315	1315
4700	52715	17807	2974	2974	1430	33903	11536	2567	2567	1334	1334
4800	52715	17812	3016	3016	1450	33903	11541	2603	2603	1353	1353
4900	52715	17817	3058	3058	1470	33903	11546	2639	2639	1372	1372
5000	52715	17822	3099	3099	1490	33903	11551	2675	2675	1390	1390
5100	52715	17827	3140	3140	1510	33903	11556	2711	2711	1409	1409
5200	52715	17832	3181	3181	1529	33903	11561	2746	2746	1427	1427
5300	52715	17837	3222	3222	1549	33903	11566	2781	2781	1445	1445
5400	52715	17842	3262	3262	1568	33903	11571	2816	2816	1464	1464
5500	52715	17847	3302	3302	1588	33903	11576	2850	2850	1482	1482
5600	52715	17852	3342	3342	1607	33903	11581	2885	2885	1499	1499
5700	52715	17857	3382	3382	1626	33903	11586	2919	2919	1517	1517
5800	52715	17862	3421	3421	1645	33903	11591	2953	2953	1535	1535
5900	52715	17867	3460	3460	1664	33903	11596	2987	2987	1553	1553
6000	52715	17872	3499	3499	1682	33903	11601	3021	3021	1570	1570
6100	52715	17877	3538	3538	1701	33903	11606	3054	3054	1587	1587
6200	52715	17882	3577	3577	1720	33903	11611	3087	3087	1605	1605
6300	52715	17887	3615	3615	1738	33903	11616	3121	3121	1622	1622

**Resistenza di progetto del palo singolo alle azioni trasversali**  
**Palo impedito di ruotare in testa (incastro)**



ALLINEAMENTO	PALO SINGOLO			c.u.1
	My (kNm)	Rtr,d (kN)	Ftr,d (kN)	
SPA	4218.4	1238	483.0	39%