



# ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

## PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

## Bolognetta S.c.p.a.

### - PERIZIA DI VARIANTE N.3 -

Il Responsabile Ambientale:  
Dott. Maurizio D'Angelo



Titolo elaborato:

## OPERE D'ARTE -TOMBINI- ASSE PRINCIPALE - LOTTO 2A TP25 RELAZIONE IDROLOGICA E DI STUDIO IDRAULICO

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	PV	TP25	RT01	6	1

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:
	PVTP25RT01_61_4137	1=1	4 1 3 7	-
5				
4				
3				
2				
1	EMISSIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS		Maggio 2021	Q. Napoleoni S. Fortino N. Behmann
0	PRIMA EMISSIONE		Dicembre 2019	Q. Napoleoni S. Fortino D. Tironi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

Progettisti :

F.A.C.E. S.r.l. - Società di ingegneria  
 via Flaminia 71 - 00196 Roma  
 tel: 06 32609519  
 e-mail: info@facesrl.com  
 pec: pec.facesrl@pec.com

Direttore Tecnico: ing. Antonio Ambrosi

Consulenti:

**E&G S.r.l.**  
 ENVIRONMENT & GEOTECHNIC  
 STUDIO DI INGEGNERIA GEOTECNICA E AMBIENTALE

Direttore Tecnico: ing. Quintilio Napoleoni



Il Progettista Responsabile  
Ing. Antonio Ambrosi



Il Geologo  
Dott. Geol. Gualtiero Bellomo



Il Coordinatore per la Sicurezza  
in fase di Esecuzione:  
Arch. Francesco Rondelli



Il Direttore dei Lavori:  
Ing. Sandro Favero



ANAS S.p.A.

DATA: \_\_\_\_\_ PROTOCOLLO: \_\_\_\_\_ VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

CODICE PROGETTO **LO410CE1101**

Dott. Ing. Luigi Mupo

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	5
3	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	5
4	DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO .....	7
4.1	APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA DEL PROGETTO VAPI .....	7
4.1.1	Determinazione del parametro CN .....	12
4.1.2	Calcolo del coefficiente di deflusso .....	15
4.1.3	Calcolo della portata di progetto.....	16
5	SOFTWARE UTILIZZATI PER LA MODELLAZIONE IDRAULICA .....	17
6	RISULTATI DELLE ANALISI .....	27
7	VERIFICA IDRAULICA DEL TOMBINO .....	28
8	DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE TOMBINO SCATOLARE SOTTO SS121.....	29
8.1	CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI .....	30
8.2	CARATTERISTICHE DEI TERRENI DI APPOGGIO E DEL RILEVATO.....	31
8.3	MODELLAZIONE STRUTTURALE.....	31
8.4	ANALISI DELLE AZIONI CHE AGISCONO SULLA STRUTTURA.....	35
8.4.1	Descrizione delle condizioni di carico elementari .....	35
8.4.2	Azione Sismica .....	41
8.5	DESCRIZIONE DELLE COMBINAZIONI DI CARICO.....	43
8.6	RISULTATI OTTENUTI E VERIFICHE SLU-SLV.....	44
8.6.1	Sollecitazioni SLU-SLV .....	44
8.6.2	Verifica Soletta Superiore SLU-SLV.....	56
8.6.3	Verifica Soletta Inferiore SLU-SLV .....	60
8.6.4	Verifica Piedritti SLU-SLV .....	64
8.6.5	Verifica SLE Soletta superiore .....	68
8.6.6	Verifica SLE Soletta inferiore .....	70
8.6.7	Verifica SLE Piedritti .....	72
8.7	ARMATURA .....	76
9	DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE TOMBINO SCATOLARE DI VALLE IN PROSECUZIONE TOMBINO SS121.....	77
9.1	CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI .....	78
9.2	CARATTERISTICHE DEI TERRENI DI APPOGGIO E DEL RILEVATO.....	79
9.3	MODELLAZIONE STRUTTURALE.....	79
9.4	ANALISI DELLE AZIONI CHE AGISCONO SULLA STRUTTURA.....	83

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

9.4.1	Descrizione delle condizioni di carico elementari .....	83
9.4.2	Azione Sismica .....	86
9.5	DESCRIZIONE DELLE COMBINAZIONI DI CARICO .....	89
9.6	Verifica Soletta Superiore SLU-SLV .....	90
9.6.1	Verifica Soletta Inferiore SLU-SLV .....	94
9.6.2	Verifica Piedritti SLU-SLV .....	98
9.6.3	Verifica SLE Soletta superiore .....	102
9.6.4	Verifica SLE Soletta inferiore .....	104
9.6.5	Verifica SLE Piedritti .....	106
9.7	ARMATURA .....	110
10	DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE POZZETTO DI RACCORDO TRA TOMBINI .....	111
10.1	CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI .....	111
10.2	CARATTERISTICHE DEI TERRENI DI APPOGGIO E DEL RILEVATO .....	113
10.3	MODELLAZIONE STRUTTURALE .....	114
10.4	ANALISI DELLE AZIONI CHE AGISCONO SULLA STRUTTURA .....	117
10.4.1	Descrizione delle condizioni di carico elementari .....	117
10.4.2	Azione Sismica .....	119
10.5	DESCRIZIONE DELLE COMBINAZIONI DI CARICO .....	121
10.6	Verifica Soletta Inferiore SLU-SLV .....	122
10.6.1	Verifica Piedritti SLU-SLV .....	126
10.6.2	Verifica SLE Soletta inferiore .....	130
10.6.3	Verifica SLE Piedritti .....	132
10.7	ARMATURA .....	136
11	CONCLUSIONI .....	137

ALLEGATO 1- OUPUT DI CALCOLO MACRA

## 1 PREMESSA

---

Il presente documento costituisce la Relazione Descrittiva e di Calcolo relativa alle inalveazioni IN36 e IN37 ed al tombino idraulico TP25, ubicati in prossimità dello svincolo Cefalà Diana Godrano Villafrati sud.

A seguito degli eventi alluvionali del Novembre 2018, l'area in esame è stata sede di fenomeni di dissesto ed esondazioni che hanno portato al danneggiamento delle inalveazioni già realizzate ed all'ostruzione del tombino esistente con fango e detriti.

La presente proposta progettuale prevede pertanto la sostituzione del tombino TP25 con uno scatolare di dimensioni nette 2x4 m e la riprogettazione delle inalveazioni IN36 ed IN37 sia nella sezione idraulica che nel tracciato.

In particolare, si prevede una deviazione dell'inalveazione IN37 rispetto all'attuale tracciato in modo da far conferire le acque raccolte direttamente nel ricettore principale mediante la realizzazione di un dirizzagno.

L'attuale configurazione prevede infatti, a valle dell'inalveazione IN37, un tombino esistente, esterno all'area di progetto, di dimensioni 1,7x1,8 m, insufficiente a smaltire le portate di piena, e che quindi rappresenta allo stato attuale un impedimento al corretto deflusso delle acque. Il mantenimento di tale manufatto renderebbe pertanto inefficaci gli interventi di adeguamento delle sezioni idrauliche causando potenziali fenomeni di rigurgito a monte dello stesso in condizioni di piena. La risoluzione di tale problematica viene pertanto affidata alla deviazione dell'inalveazione IN37.

Le verifiche proposte sono riferite alla portata avente tempo di ritorno pari a 100 anni, in accordo con quanto previsto nel CSA e dal Genio Civile di Palermo.

Per quanto concerne le verifiche delle inalveazioni, è stato utilizzato il codice di calcolo Macra Studio sviluppato da Officine Maccaferri S.p.a..

Si provvederà altresì nel presente documento alle verifiche strutturali del manufatto idraulico svolte con l'ausilio del codice di calcolo SAP2000.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo



Figura 1 Danneggiamenti TP25 a seguito degli eventi alluvionali di Novembre 2018

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel presente studio, si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- D.M. 27/01/2018 - “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 7 del 21 Gennaio 2019 - “Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle Norme Tecniche”.

## 3 DESCRIZIONE DELL’OPERA

Come già accennato in premessa, l’opera di progetto prevede:

- Rivisitazione inalveazione IN36 come da tipologico A;
- Sostituzione TP 25 con scatolare in cls di dimensioni interne nette 2X4 m;
- Rivisitazione inalveazione IN37 come da tipologici B (tratto iniziale e finale) e C (tratto centrale in curva);
- Deviazione tracciato IN37 come da stralcio planimetrico in figura 2;

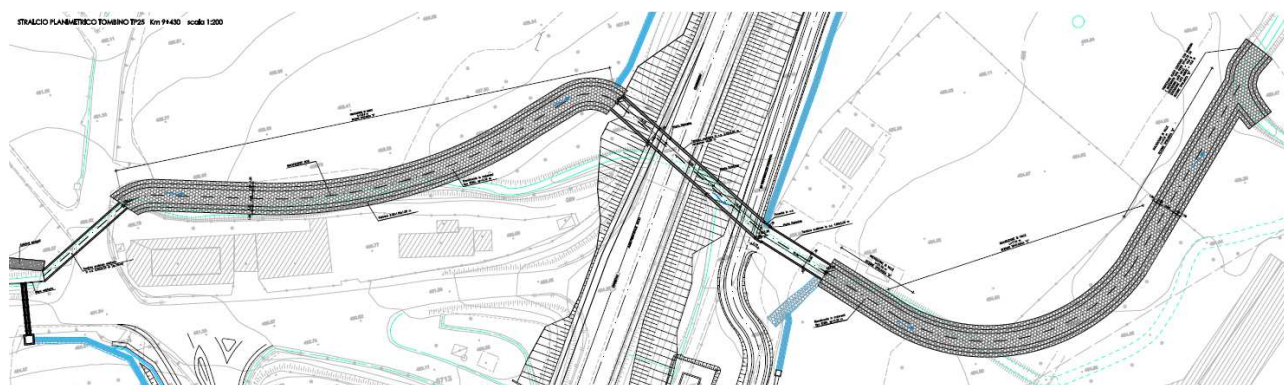


Figura 2 – Stralcio planimetrico TP25 IN36-IN37

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

### SEZIONE TIPOLOGICA "A"

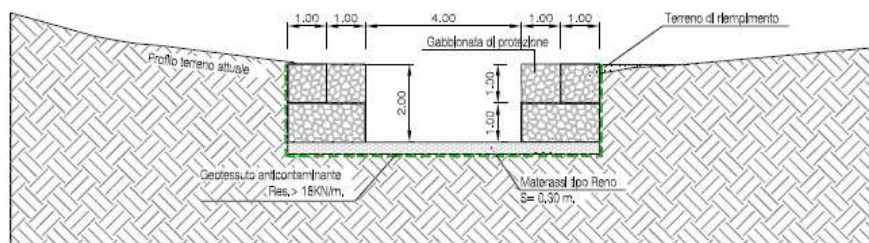


Figura 3 – Sezione tipologica a

### SEZIONE TIPOLOGICA "B"

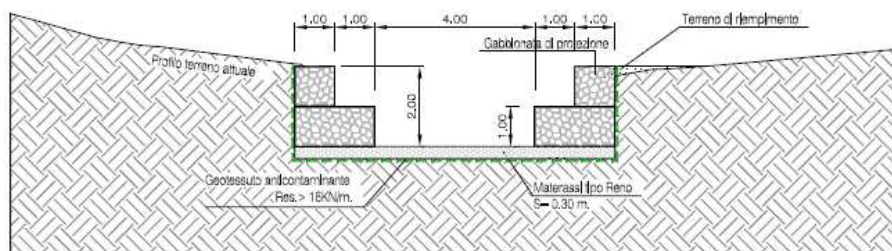


Figura 4 Sezione tipologica B

### SEZIONE TIPOLOGICA "C"

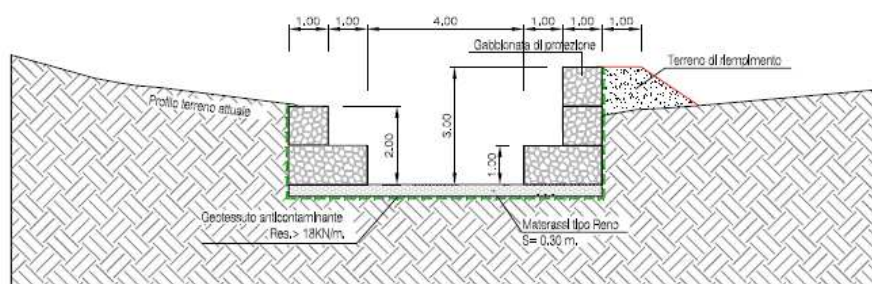


Figura 5 Sezione Tipologica C

## 4 DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO

Si riporta nel presente paragrafo la metodologia proposta per il calcolo di detta portata.

### 4.1 APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA DEL PROGETTO VAPI

Con riferimento al bacino oggetto di studio, l'individuazione delle caratteristiche pluviometriche è stata determinata in conformità a quanto previsto dal progetto di valutazione Piene (VaPi) del gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI), mediante le procedure di regionalizzazione, secondo le procedure indicate nel rapporto della Regione Sicilia (Ferro e Carnozzo 1993).

La determinazione dell'altezza di pioggia ( $h$ ), e le relative intensità ( $i$ ) è stata condotta utilizzando il modello TCEV (Two Component Extreme Value Distribution).

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola in tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni parametri statistici.

Nel primo livello di regionalizzazione si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico della serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata  $t$  sia costante per l'intera regione Sicilia. L'intera regione si ritiene pertanto una zona pluviometricamente omogenea ed i valori dei parametri sono costanti ed indipendenti dalla durata  $t$ .

Il secondo livello di regionalizzazione prevede l'individuazione di sottozone omogenee (SZO) all'interno di quella individuata al primo livello. In tali zone risulta costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è suddivisa in cinque sottozone pluviometricamente omogenee.

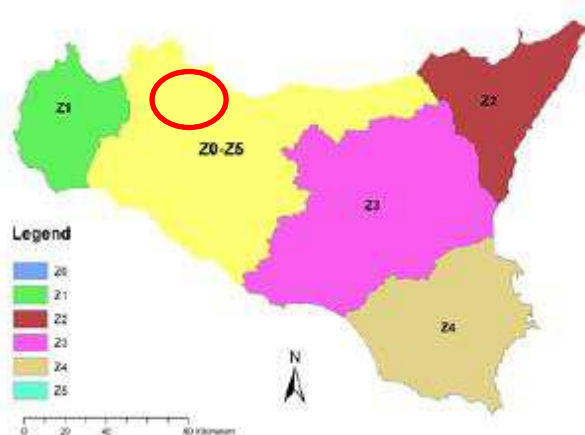


Figura 6 Sottozone pluviometricamente omogenee regione Sicilia. Cerchiata in rosso l'area di interesse.



In ogni sottozona la variabile adimensionale  $h = h(t, T)$ , valore dell’altezza di pioggia per fissata durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$  rapportata alla media della legge TCEV, assume la seguente espressione:

$$K_T = a * \ln(T) + b$$

Dove:

$K_T$ : coefficiente adimensionale di crescita per ogni SZO fissato il tempo d ritorno;

$a, b$ : parametri per le differenti SZO definiti nella tabella seguente.

<i>Sottozona</i> <i>Parametro</i>	$Z_0 - Z_5$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
<i>a</i>	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
<i>b</i>	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

Tabella 4.2: Valori, per la regione Sicilia, dei coefficienti  $a$  e  $b$  per la definizione del fattore di crescita (Lo Conti et al., 2007).

**Figura 7 Coefficienti  $a, b$  per la definizione del coefficiente di crescita. Cerchiata in rosso la zona di interesse.**

Il terzo livello di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità ( $\mu$ ) e le grandezze relative al sito di misura, dipendenti dai parametri geografici.

L’espressione della curva di probabilità pluviometria assume quindi la forma:

$$h(t, T) = K_T * \mu(t)$$

Dove:

$h(t, T)$ : è l’altezza di pioggia per assegnata durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$ ;

$\mu(t)$ : assume per le stazioni pluviografiche siciliane la seguente forma:  $\mu(t) = a * t^n$ , con  $a, n$  tabellati per ogni stazione pluviografica.

Nel presente caso, vista l’ubicazione dell’area oggetto del presente studio, sono stati utilizzati i valori di  $a$  ed  $n$  afferenti alla stazione pluviometrica di **Mezzojuso**.

L’espressione analitica della legge di probabilità pluviometrica, per il tempo di ritorno pari a 100 anni assume quindi la seguente forma:

$$h(t, T = 100) = 53.1 * t^{0.3415}$$

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

Tab. 5.III - Valori delle costanti a e n della (5.17) per le stazioni pluviografiche siciliane

Codice	Stazione	Bacino di appartenenza	a	n
1	Monforte S. Giorgio	Niceto	35.9	0.3391
2	Milazzo	Tra Muro e Mela	30.3	0.2208
3	Castroreale	Longano	27.4	0.4470
4	Montalbano Elicona	Mazzarrà	26.2	0.4255
5	Tindari	Tra Mazzarrà e Timeto	26.5	0.2977
6	S. Piero Patti	Timeto	28.3	0.3369
7	Capo d'Orlando	Tra Naso e Zappulla	20.5	0.2934
8	Tortorici	Zappulla	28.4	0.3347
9	Alcara Li Fusi	Rosmarino	23.2	0.3970
10	Sanfratello	Inganno	21.9	0.3723
11	S. Stefano di Camastra	S. Stefano	26.7	0.2560
12	Castelbuono	Pollina	25.6	0.3451
13	Isnello	Pollina	25.0	0.4109
14	Cefalù	Pollina	27.3	0.2827
15	Collesano	Roccella	28.1	0.3880
16	Caltavuturo	Imera Settentrionale	20.4	0.4252
17	Gioia (Fattoria)	Torto	20.5	0.3147
18	Termini Imerese	Tra Torto e S. Leonardo	30.5	0.2635
19	Imbriaca	S. Leonardo	22.6	0.3567
20	Vicari	S. Leonardo	22.5	0.3205
21	Compostello di Etna	S. Leonardo	22.9	0.3244
22	Mezzoiuso	S. Leonardo	20.6	0.3415

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

Codice	Stazione	Bacino di appartenenza	a	n
23	Sambuchi	S. Leonardo	19.5	0.3172
24	Caccamo	S. Leonardo	22.0	0.3414
25	Ciminna	S. Leonardo	20.8	0.3529
26	Monumentale	S. Leonardo	29.3	0.2608
27	Turdiepi (Fattoria)	Eleuterio	21.6	0.3511
28	Lupo	Eleuterio	24.9	0.2819
29	Ficuzza	Eleuterio	22.2	0.3088
30	Ficuzza Bosco	Eleuterio	24.1	0.3792
31	Marineo	Eleuterio	27.4	0.2979
32	Risalaimi	Eleuterio	24.9	0.3272
33	Misilmeri	Eleuterio	21.0	0.3054
34	Pioppo	Oreto	27.4	0.4032
35	Altofonte	Oreto	25.0	0.3567
36	Romitello	Tra Oreto e Giancaldara	30.1	0.2972
37	S. Martino delle Scale	Tra Oreto e Giancaldara	28.2	0.3327
38	Montepellegrino	Tra Oreto e Giancaldara	29.5	0.2733
39	Partinico	Tra Oreto e Giancaldara	21.2	0.3120
40	Palermo Ist. Zoot.	Tra Oreto e Giancaldara	25.1	0.2928
41	Palermo Serv. Idr.	Tra Oreto e Giancaldara	28.7	0.3143
42	Palermo Oss. Astr.	Tra Oreto e Giancaldara	22.2	0.2687
43	Palermo Ist. Castel.	Tra Oreto e Giancaldara	23.2	0.3119
44	Isola delle femmine	Tra Oreto e Giancaldara	21.7	0.2968
45	Ginestra	Giancaldara	27.9	0.3874

Figura 8: Parametri a, n delle curve CPP per le differenti stazioni pluviometriche.

All'analisi pluviometrica segue la valutazione della portata al colmo di piena istantanea. Per tale valutazione ci si è riferiti al modello di regionalizzazione proposto dal VaPi Sicilia al terzo livello di

regionalizzazione, utilizzando come metodo di trasformazione afflussi-deflussi la formula razionale per la quale:

$$Q = \frac{\psi * I(t_c) * A}{3.6} [mc/s]$$

Dove:

$\psi$ : Coefficiente di deflusso;

$I(t_c)$ : Intensità di precipitazione massima registrata in un intervallo orario pari al tempo di corrivazione del bacino;

A: Area del bacino.

L'area del bacino di pertinenza della zona di studio è stata posta pari a 2.7 km<sup>2</sup>, coerentemente agli studi idrologici presentati nelle precedenti fasi progettuali, i cui contenuti sono stati verificati dallo scrivente a monte della redazione del presente elaborato.

Il tempo di corrivazione del bacino è stato ricavato utilizzando la metodologia indicata dal Vapi della regione Sicilia, per la quale:

$$t_c = 0.35\sqrt{A}$$

Nel caso in esame risulta pertanto:

$$t_c = 0.6 [h]$$

Il valore del coefficiente di deflusso è stato determinato mediante il metodo "Curve Number" proposto dal Soil Conservation Service (1972), metodologia indicata dai rapporti relativi al *P.A.I. per il "Bacino idrografico del fiume Milicia (n.0.34)" "Area territoriale tra il bacino del fiume Milicia e il bacino del fiume San Leonardo (n.0.35)" "Area territoriale tra il bacino del fiume Milicia ed il bacino del fiume Eleuterio (n.0.36)" "Bacino idrografico del fiume San Leonardo (PA)"* (2004 e successivi aggiornamenti). La metodologia completa viene illustrata nel seguente paragrafo.

#### 4.1.1 Determinazione del parametro CN

Il metodo del Curve Number si basa sull'assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace) risulti legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda (effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale secondo la relazione:

$$P_{net} = \frac{(P-I_a)^2}{P-I_a+S} [mm] \quad (1)$$

Dove:

S: Massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizioni sature;

I<sub>a</sub>: Perdita iniziale, equivalente al valore limite di altezza di pioggia che può essere trattenuta dal terreno senza che si origini il deflusso.

In assenza di adeguate osservazioni utili il parametro I<sub>a</sub> può essere calcolato come:

$$I_a = 0.2 * S \quad (2)$$

La valutazione di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), secondo la seguente relazione:

$$S = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right) [mm] \quad (3)$$

Dove CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e della condizione di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico.

Il Soil Conservation Service (SCS), sulla base delle capacità di assorbimento del terreno, ha classificato i vari tipi di suolo in 4 gruppi (A,B,C,D) come indicato nella tabella che segue.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidi, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Tabella 1: Metodo SCS-CN Classi di suolo

Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di uso del suolo.

Tipologia di Uso del Territorio	Tipo idrologico Suolo			
	A	B	C	D
<u>Terreno coltivato</u>				
in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
<u>Terreno a pascolo</u>				
in cattive condizioni	68	79	86	89
in buone condizioni	39	61	74	80
<u>Terreni boscosi o forestati</u>				
in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
<u>Spazi aperti, prati rasati, parchi</u>				
con copertura erbosa superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
con copertura erbosa compresa tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
con copertura erbosa inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
<u>Aree commerciali (area impermeabile 85%)</u>	89	92	94	95
<u>Distretti industriali (area impermeabile 72%)</u>	81	88	91	93
<u>Aree residenziali</u>				
impermeabilità media 65%	77	85	90	92
impermeabilità media 38%	61	75	83	87
impermeabilità media 30%	57	72	81	86
impermeabilità media 25%	54	70	80	85
impermeabilità media 20%	51	68	79	84
impermeabilità media 12%	46	65	77	82
<u>Parcheggi, tetti, autostrade</u>	98	98	98	98
<u>Strade</u>				
pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
con letto in ghiaia	76	85	89	91
battute in terra	72	82	87	89

Tabella 2: Metodo SCS-CN; CN per diversi tipi di uso del suolo per condizioni di umidità iniziale media (Classe II)

I valori di CN riportati in tabella si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo intermedia secondo la classifica AMC (Antecedent Moisture Condition). Si assume pertanto che il valore di CN vari in relazione alle condizioni di imbibimento all'atto della piena. Tale stato di imbibimento viene espresso, dalla classificazione AMC, in base ad un indice di altezza di pioggia corrispondente all'altezza cumulata dei 5 giorni precedenti all'evento che si intende considerare (API5).

Noto il valore di CN per le condizioni medie (ACM II), è possibile ricavare il corrispondente valore per le condizioni di interesse secondo le curve di seguito riportate.

CLASSE AMC	Altezza di pioggia nei 5 giorni precedenti (mm)	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I - asciutta	< 12.7	< 35.5
II - media	12.7 - 28.0	35.5 - 53.3
III - umida	> 28.0	> 53.3

Tabella 3: Definizione della classe di umidità in base all'indice API<sub>5</sub>

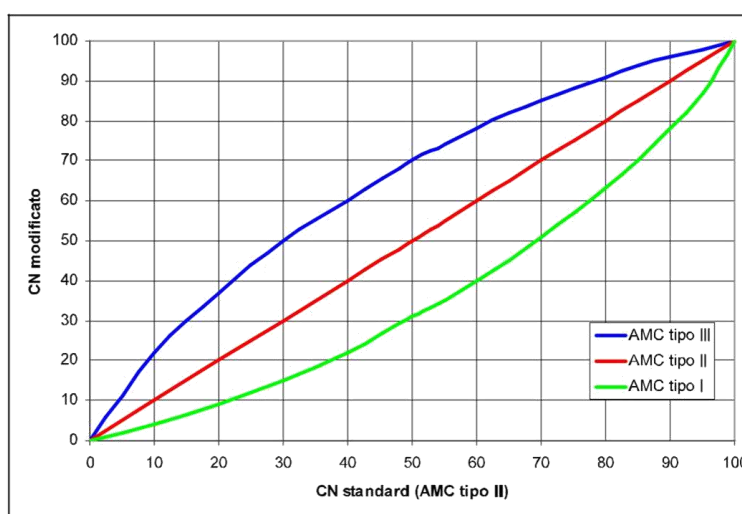


Figura 9: Curve di conversione dei valori di CN per le diverse condizioni iniziali

Secondo la metodologia sopra descritta, considerando le caratteristiche geologiche del bacino idrografico oggetto del presente studio (vedasi relazione Geologica Generale allegata al presente progetto), considerando una condizione di imbibimento del terreno media (classe AMC II), e considerando la forte impermeabilizzazione del suolo dovuta all'urbanizzazione dell'area, si è attribuito un valore di CN pari a 92.

I passaggi principali che hanno condotto all'attribuzione di tale valore del CN vengono di seguito riassunti:

- Superfici con terreni impermeabili pari al 70% —→ **GRUPPO D**
- Tipologia di uso del suolo: Aree residenziali con impermeabilità media del 65%
- —→ **CN= 92**
- Classe **AMC** pari a **II** (media)

– CN<sub>modificato</sub> = 92

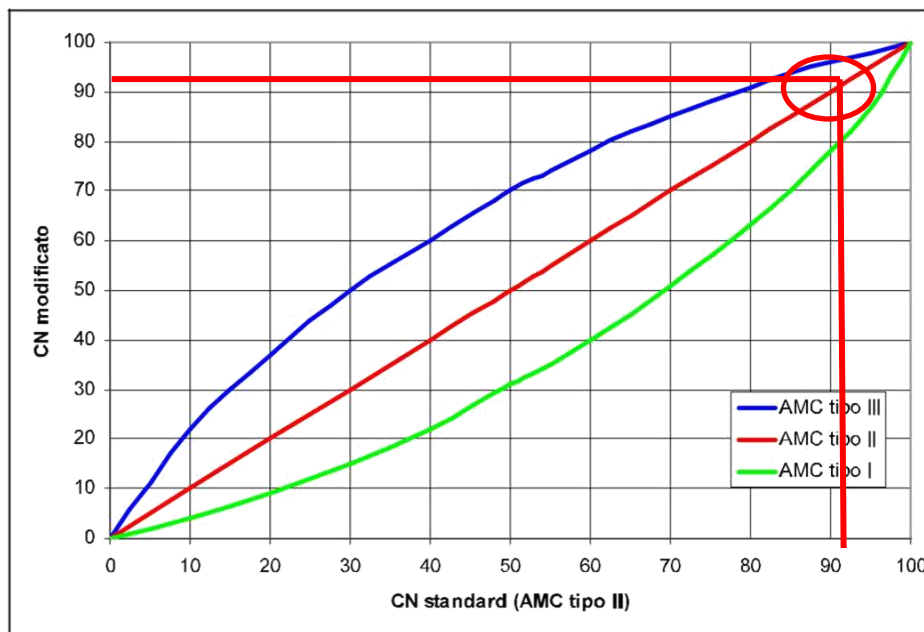


Figura 10: Procedura grafica per la stima di CN

Il valore di CN così ottenuto risulta in linea con i valori proposti dal rapporto relativo al P.A.I per l'area in esame.

#### 4.1.2 Calcolo del coefficiente di deflusso

La determinazione della pioggia lorda è stata eseguita secondo la metodologia proposta dal VaPi Sicilia, come illustrato nel precedente paragrafo.

Il valore di pioggia lorda, per il tempo di ritorno pari a 100 anni, per il bacino in esame risulta pertanto:

$$h(t_c, T = 100) = 53.1 * 0.6^{0.3415} = 44.3 [mm]$$

Utilizzando le relazioni (1), (2), (3) del paragrafo 4.1.1, si ottengono pertanto i seguenti valori:

- $S = 254 \left( \frac{100}{92} - 1 \right) = 22.1 [mm]$
- $I_a = 0.2 * 22.1 = 4.4$
- $P_{net} = \frac{(44.3 - 4.4)^2}{44.3 - 4.4 + 22.1} = 25.7 [mm]$



Il valore del coefficiente di deflusso è quindi calcolabile come rapporto tra la pioggia effettiva e la pioggia netta calcolata con il metodo SCS-CN e pertanto pari a:

$$\psi = \frac{P_{net}}{P} = 0.58$$

#### 4.1.3 Calcolo della portata di progetto

La portata di progetto con tempo di ritorno pari a 100 anni è quindi stata calcolata sulla base delle metodologie e dei risultati illustrati nei precedenti paragrafi. Applicando pertanto la formula razionale, utilizzando i coefficienti di deflusso calcolati con il metodo SCS, si ottiene per il bacino in esame:

$$Q = 34.2m^3/s$$

## 5 SOFTWARE UTILIZZATI PER LA MODELLAZIONE IDRAULICA

La verifica delle protezioni spondali dei corsi d'acqua è stata effettuata attraverso il programma MACRA 1/Protezioni spondali della Maccaferri S.p.a.

Il software permette infatti di eseguire l'analisi simulando diverse condizioni dei corsi d'acqua, come di seguito illustrato.

- Corrente a superficie libera, dovuta all'azione della gravità;



Figura 11: Analisi con corrente a pelo libero

- Flusso stazionario, quando la velocità rimane costante nel tempo in ogni sezione;

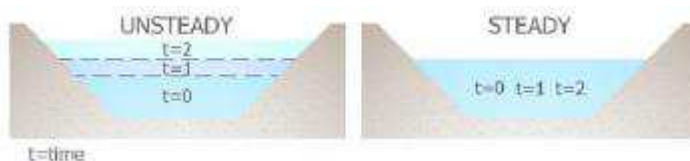


Figura 12: Confronto tra modello in condizioni non stazionarie e stazionarie

- Moto uniforme, nel quale il livello idrico rimane costante in ogni sezione del corso d'acqua;



Figura 13: Confronto tra modello in moto vario e uniforme

- Flusso turbolento, all'interno del quale le particelle si muovono in traiettorie caotiche;

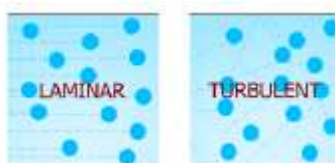


Figura 14: Confronto tra flusso laminare e flusso turbolento

- Flusso turbolento su superficie scabra, quando la scabrezza del fondo supera lo strato della corrente in condizioni laminari;

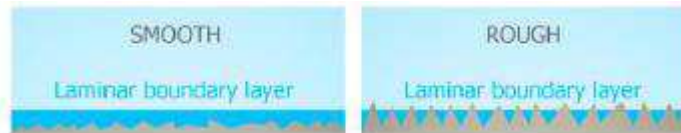


Figura 15: Confronto fra superficie liscia e scabra

Il software MACRA 1 quindi, utilizza la formula di Manning per definire la velocità media di moto uniforme:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

dove:

V = velocità media [m/s]

n = coefficiente di scabrezza

R = raggio idraulico

S = pendenza longitudinale [m/m]

In ciascuna condizione di flusso, la portata può essere espressa come:

$$Q = V \cdot A$$

dove A è l'area trasversale della sezione considerata. Se il flusso è stazionario ed uniforme, significa che in differenti sezioni del corso d'acqua la portata può essere espressa come:

$$Q = V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2 = \dots = V_x \cdot A_x$$

Per quanto detto in precedenza, combinando le due equazioni, è possibile definire la portata come:

$$Q = \frac{A}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Il coefficiente di scabrezza n è un parametro funzione del tipo di materiale considerato. Quando il contorno bagnato della sezione è formato da più materiali, la scabrezza equivalente è determinata come stabilito da Horton e Einstein (Chow, 1959):

$$n_{equivalente} = \left[ \frac{\sum_1^N (P_N \cdot n_N^{1,5})}{P} \right]^{\frac{2}{3}}$$

dove:

P<sub>N</sub> = lunghezza del sottosettore [m]

n<sub>N</sub> = coefficiente di scabrezza del sottosettore

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

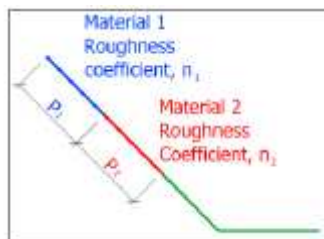


Figura 16: Calcolo della scabrezza equivalente

Alcuni valori del coefficiente di scabrezza sono stati tabellati ed integrati nel software a seconda del tipo di materiale presente.

Material	Allowable shear	
	Unvegetated	Vegetated
Fine sand	0.0200	~
Sand and gravel	0.0200	~
Coarse gravel	0.0250	~
Cobbles and shingles	0.0350	~
Stiff Clay (cohesive)	0.0250	~
Shales (cohesive)	0.0250	~
Silts w/cobbles (cohesive)	0.0300	~
Grass mats	0.0400	0.0800
Cutting Shrubs	0.0400	0.1200
Brush mats w/willow	0.0400	0.1500
Riparian wattles	0.0400	0.1100
Willow protections	0.0400	0.1400
GabionMats 0.30m - d50 = 15 cm	0.0301	0.1000
Gabions 0.50m - d50 = 21 cm	0.0301	0.1000
Gabions 1.00m - d50 = 21 cm	0.0301	0.1000
Reno mattress 0.17m - d50 = 10 cm	0.0277	0.1200
Reno mattress 0.23m - d50 = 12 cm	0.0277	0.1200
Reno mattress 0.30m - d50 = 15 cm	0.0277	0.1200
Macmat R1 6822	0.0303	0.1000
Macmat R1 8127	0.0303	0.1000
Riprap/Rock Wall	0.0400	0.1000
Articulated blocks	0.0200	0.0800

Tabella 4: Alcuni valori del coefficiente di scabrezza

Per sezioni irregolari, è noto dall'esperienza che il flusso ha un comportamento diverso tra l'alveo principale e le sponde laterali. Perciò, la portata in ciascun settore è calcolata separatamente dalle altre e successivamente viene fatta la somma di tutte le portate.

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

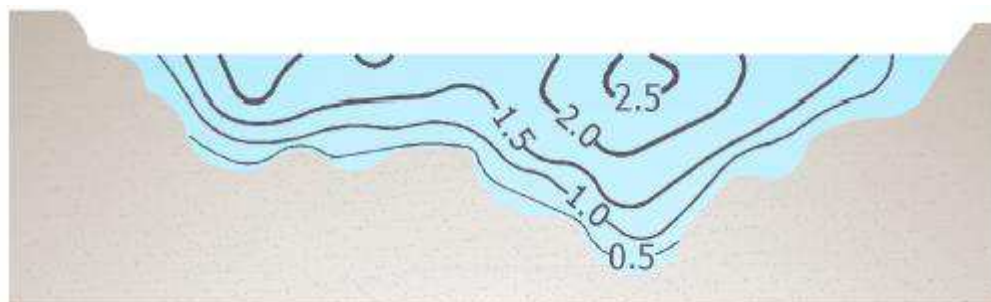


Figura 17: Distribuzione delle curve ad uguale velocità in una sezione irregolare



Figura 18: Suddivisione delle portate in una sezione tipo

Per ottenere la velocità media finale è necessario effettuare il rapporto tra la portata totale e l'area trasversale della sezione:

$$V = \frac{Q_T}{A}$$

La velocità così calcolata deve essere confrontata con la velocità ammissibile del materiale di rivestimento impiegato. Alcuni valori della velocità ammissibile possono essere ricavati dalle tabelle e dal grafico seguenti.

Material	Allowable velocity [m/s]
Fine sand	0.76
Sand and gravel	1.50
Coarse gravel	1.82
Cobbles and shingles	1.67
Stiff Clay (cohesive)	1.52
Shales (cohesive)	1.80
Silts w/cobbles (cohesive)	1.67

Tabella 5: Velocità ammissibile di alcuni tipi di terreno (ripreso da Chow, 1959)

Material	Allowable velocity [m/s]
Gabions 0.50m - $d_{50} = 0.21$ m	7.60
Reno mattress 0.17m - $d_{50} = 0.10$ m	4.20
Reno mattress 0.23m - $d_{50} = 0.12$ m	5.50
Reno mattress 0.30m - $d_{50} = 0.15$ m	6.40
MacMat R	1.50 - 3.00(*)

\* For duration less than 60 hours (Utah water research Laboratory)

Tabella 6: Velocità ammissibile per soluzioni MACCAFERRI

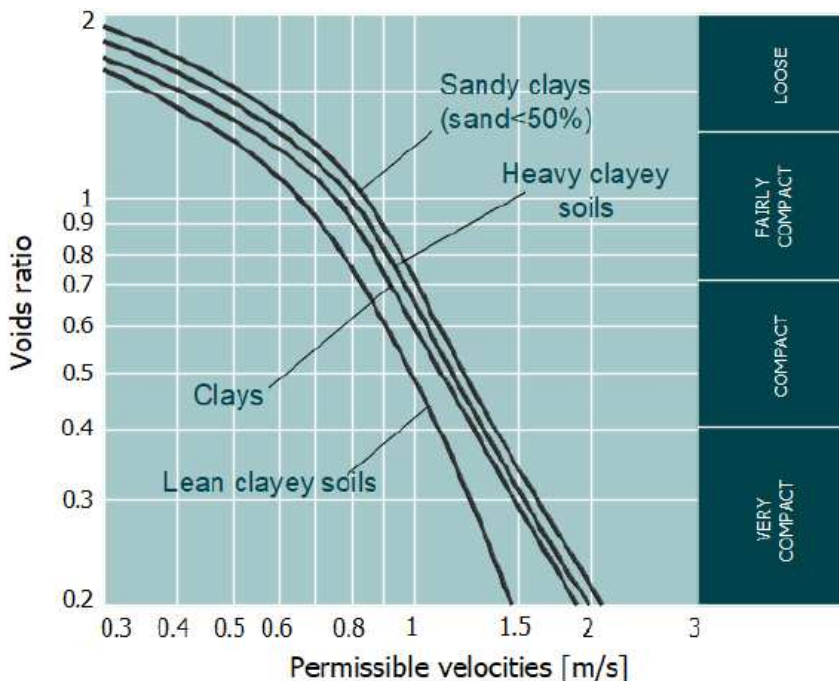


Figura 19: Velocità ammissibili per terreni coesivi (ripreso da Chow, 1959)

Allo scopo di determinare la velocità ammissibile per terreni granulari, può essere utilizzata la seguente equazione (Chen et al., 1984):

$$Va = 1,67 \cdot d_m^{0,5}$$

dove:

$Va$  = velocità ammissibile [m/s]

$d_m$  = diametro medio del materiale [mm]

Per i gabbioni e i sistemi riprap, deve essere calcolata la velocità del flusso residuale che passa tra il rivestimento e raggiunge il terreno. Questa velocità può essere stimata a partire dalla formula di Manning (Chen et al., 1984):

$$V_b = \frac{1}{n_f} \cdot \left(\frac{d_m}{2}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

dove:

$V_b$  = velocità residua [m/s]

$n_f$  = coefficiente di scabrezza medio (al di sotto del rivestimento)

$d_m$  = diametro medio del riempimento [m]

$S$  = pendenza longitudinale [m/m]

In presenza di geotessile, il valore del parametro  $V_b$  è diviso per tre per stimare la velocità in prossimità del geotessile e del terreno di interfaccia (da Chen et al., 1984).

La velocità residua deve essere inferiore a quella ammissibile del terreno, i cui valori sono stati mostrati in precedenza.

Oltre alla determinazione della velocità, è necessario definire lo sforzo di taglio in ogni sezione. Infatti, il flusso esercita una forza che agisce sul fondo alveo, in verso solidale alla direzione di scorrimento dell'acqua. Questa forza di trazione prende il nome di sforzo di taglio.

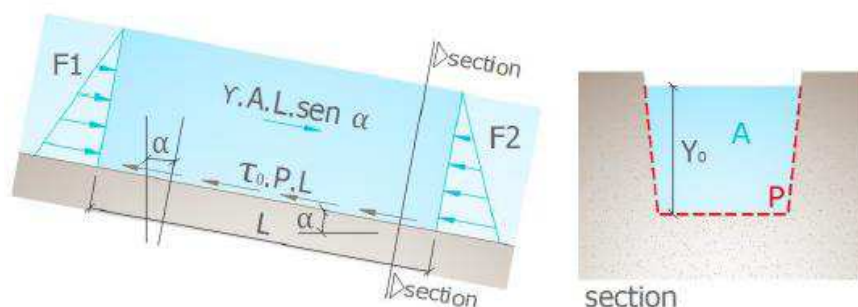


Figura 20: Forze agenti sulla massa di fluido (da Porto, 2006)

La figura precedente mostra lo schema delle forze, dove le forze agenti sono rappresentate dalla forza dell'acqua nella direzione del flusso ( $F_1$ ) a monte del blocco d'acqua considerato; la forza peso del blocco stesso, calcolata come  $\gamma \cdot A \cdot L \cdot \sin \alpha$ , dove  $\gamma$  è il peso di volume dell'acqua,  $A$  è l'area trasversale della sezione,  $L$  è la lunghezza della massa di fluido considerato e  $\alpha$  è l'inclinazione del fondo alveo rispetto all'orizzontale.

Le restanti forze sono rappresentate dalla forza dell'acqua in verso contrario alla direzione del flusso ( $F_2$ ), a monte della massa di fluido considerata; lo sforzo resistente mobilitato dal fondo alveo e calcolato come  $\tau_0 \cdot P \cdot L$ , dove  $\tau_0$  è lo sforzo di taglio e  $P$  è il contorno bagnato (Porto, 2006).

Pertanto:

$$\sum F_x = F1 + \gamma \cdot A \cdot L \cdot \sin \alpha - F2 - \tau_0 \cdot P \cdot L$$

Se il moto è uniforme, allora  $F1=F2$ :

$$\gamma \cdot A \cdot L \cdot \sin \alpha = \tau_0 \cdot P \cdot L \rightarrow \tau_0 = \frac{\gamma \cdot A \cdot \sin \alpha}{P} \rightarrow \tau_0 = \gamma \cdot R \cdot \sin \alpha$$

Inoltre, per un'inclinazione inferiore ai  $6^\circ$  può essere fatta la seguente approssimazione:

$$\sin \alpha \cong \tan \alpha \cong S$$

Pertanto:

$$\tau_0 = \gamma \cdot R \cdot S$$

Dove  $\gamma$  è il peso di volume dell'acqua.

Tuttavia, lo sforzo di taglio non è uniformemente distribuito lungo il corso d'acqua. Infatti, può variare all'interno della stessa sezione.

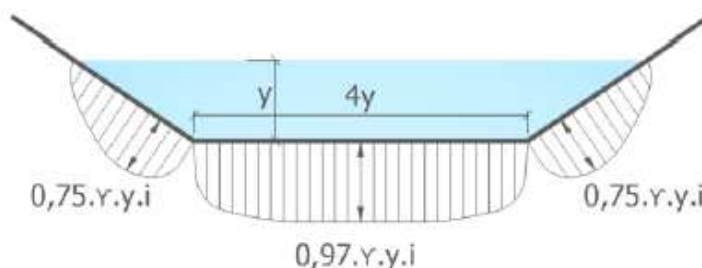


Figura 21: Distribuzione delle forze di trazione in un alveo a sezione trapezoidale (da Chow, 1994)

Allo scopo di determinare il massimo sforzo di taglio agente sui lati, può essere valutato un coefficiente di riduzione ( $K_m$ ) a partire dal grafico sottostante, in funzione della geometria della sezione (dove  $Z$  è il rapporto di pendenza, H:Z; V:1). Per semplificare la progettazione con rivestimento uniforme, è possibile adottare un valore  $K_m = 0,75$ .

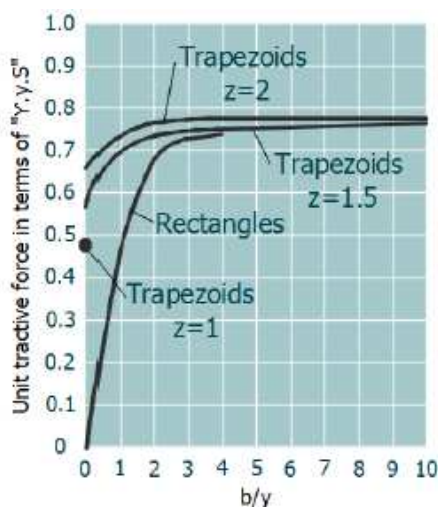


Figura 22: Sforzo di taglio sulle sponde dell'alveo (da Olsen e Florey, 1952)



Quindi, per ottenere lo sforzo di taglio sulle sponde:

$$\tau_m = \tau_0 \cdot Km$$

All'aumentare del battente idrico, lo sforzo di taglio agente è ridotto come mostrato in Figura 21. Quando i margini della sezione sono divisi in due o tre sotto-settori, è possibile stimare il nuovo coefficiente dello sforzo di taglio in proporzione all'altezza dell'acqua che è in contatto con essi.

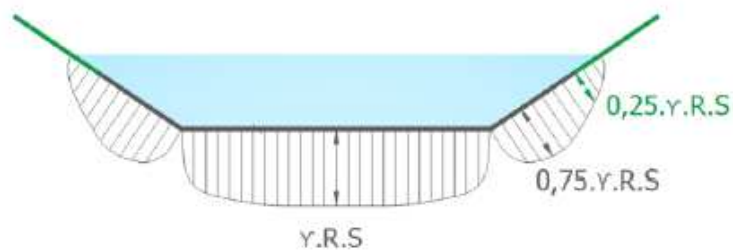


Figura 23: Esempio del coefficiente sullo sforzo di taglio proporzionale al livello idrico

Un'ulteriore differenza nello sforzo di taglio riguarda i corsi d'acqua lineari o tortuosi. Infatti, i canali con presenza di curve possono determinare uno sforzo di taglio maggiore rispetto ai corsi d'acqua rettilinei. Per definire il coefficiente amplificativo può essere impiegato il grafico sottostante.

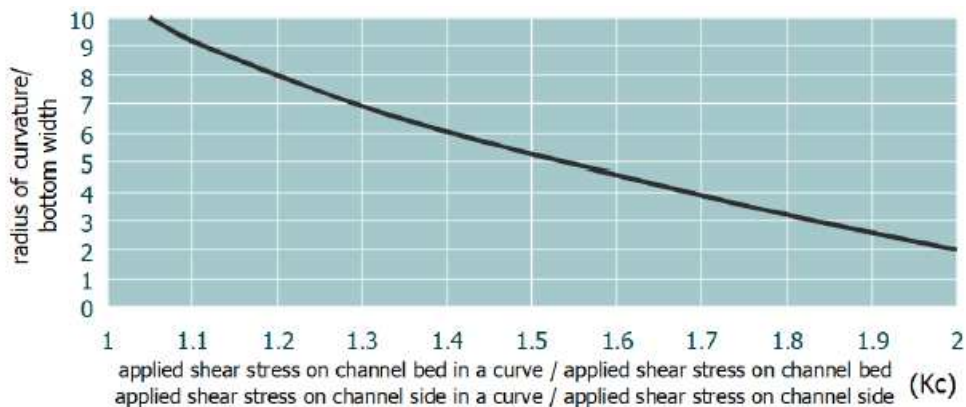


Figura 24: Coefficiente amplificativo dello sforzo di taglio in funzione del raggio di curvatura (S.C.S., 1977)

Il rapporto tra il raggio di curvatura e la larghezza del fondo alveo è moltiplicato per il valore di Kc:

$$\tau_{mc} = \tau_m \cdot Kc$$

$$\tau_{0c} = \tau_0 \cdot Kc$$

Dove  $\tau_{mc}$  è lo sforzo di taglio agente sul lato esterno dell'alveo meandriforme e  $\tau_{0c}$  è lo sforzo di taglio agente sul fondo del canale meandriforme.

Lo sforzo di taglio agente deve essere confrontato con quello ammissibile del materiale, il quale può essere dedotto dalla tabella seguente.

Material	Allowable shear	
	Unvegetated	Vegetated
Fine sand	3.5	~
Sand and gravel	15.3	~
Coarse gravel	32	~
Cobbles and shingles	52.6	~
Stiff Clay (cohesive)	22	~
Shales (cohesive)	32	~
Silts w/cobbles (cohesive)	38	~
Grass mats	10	30
Cutting Shrubs	10	60
Brush mats w/willow	50	300
Riparian wattles	10	50
Willow protections	20	100
GabionMats 0.30m	336	450
Gabions 0.50m	470	500
Gabions 1.00m	470	500
Reno mattress 0.17m	224	400
Reno mattress 0.23m	268	450
Reno mattress 0.30m	336	450
Macmat R1 6822	171	332
Macmat R1 8127	188	349
Riprap/Rock Wall	300	350
Articulated blocks	250	350

**Tabella 7: Sforzo di taglio ammissibile**

Per gli interventi con gabbioni e materassi Reno è possibile trovare lo sforzo ammissibile attraverso l'adeguamento del parametro di Shields.

$$\tau_a = C_* \cdot (\gamma_s - \gamma) \cdot d_m$$

Dove  $C_*$  è il parametro di Shields (per i gabbioni e i materassi Reno  $C_* \cong 0.14$ ) e  $\gamma_s$  è il peso di volume del materiale di riempimento.

Allo scopo di determinare lo sforzo ammissibile nella parte laterale dell'alveo rivestito con gabbioni o terreno granulare, può essere impiegata la seguente equazione:

$$\tau_{c,m} = \tau_c \cdot \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \varphi}}$$

dove  $\theta$  è l'inclinazione della sponda e  $\varphi$  è l'angolo di attrito del materiale. Per sponde con inclinazione maggiore di  $45^\circ$ , lo sforzo ammissibile può essere stimato moltiplicando lo sforzo di taglio agente sul fondo per un fattore di 0,57.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

In presenza del prodotto MacMat R, è possibile definire lo sforzo di taglio critico attraverso le seguenti equazioni riassunte in tabella. Queste sono state definite sulla base di test con una durata massima di 60 ore.

Material	Critical shear	
	Unvegetated	Vegetated
MacMat R 6822	$\tau_c = 0.011 t^2 - 2.567 t + 184$	$\tau_c = 0.0314 t^2 - 4.994 t + 356$
MacMat R 8127	$\tau_c = 0.0079 t^2 - 2.425 t + 201$	$\tau_c = 0.0414 t^2 - 5.638 t + 376$

Tabella 8: Calcolo dello sforzo critico del MacMat

## 6 RISULTATI DELLE ANALISI

I risultati delle analisi svolte con il codice di calcolo Macra Studio sono riportati nell'Allegato 1 della presente relazione.

Come già spiegato nel precedente paragrafo, il software utilizzato permette di svolgere sia la verifica in termini di deflusso della portata di progetto, che la verifica a trascinamento degli elementi di rivestimento delle sezioni.

Nella tabella che segue sono riportati i risultati in termini di altezze idrometriche, per l'inalveazione IN36 e IN37.

Inalveazione	i	$Q_{(Tr=100)}$	$H_w$	Franco
	%	mc/s	m	m
IN36	2.0	34	1.70	0.30
IN37	2.0	34	1.50	0.50

**Tabella 9 Risultati verifiche inalveazioni di progetto**

Per un maggiore dettaglio circa le caratteristiche geometriche delle sistemazioni si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

## 7 VERIFICA IDRAULICA DEL TOMBINO

Lo scatolare è stato dimensionato considerando una pendenza pari al 3.2%, una scabrezza pari a  $0.46 \text{ m}^{1/2}$ , corrispondente a pareti scabre in cemento secondo la formulazione di Bazin, ed un grado di riempimento massimo pari al 70%.

In tali condizioni, utilizzando le relazioni per le condotte a superficie libera, il manufatto risulta verificato per la portata di progetto.

base (mm)		altezza (mm)	Area (mq)	R	K	V (m/sec)	Officiosità $Q_M$ (mc/sec)
2750	x	2000	3.85	0.69	58.05	8.35	32.15
3000	x	2000	4.20	0.72	58.47	8.60	36.11
3250	x	2000	4.55	0.75	58.85	8.82	40.13
3000	x	2250	4.95	0.79	57.28	9.08	44.96
3750	x	2000	5.25	0.80	57.47	9.20	48.32
4000	x	2000	5.60	0.82	57.73	9.37	52.49
3500	x	2250	5.78	0.85	58.05	9.57	55.25
3750	x	2250	6.19	0.88	58.35	9.78	60.50
4000	x	2200	6.40	0.89	58.47	9.86	63.11

Tabella 10 Verifica idraulica scatolare

Ai fini di una maggiore completezza nella trattazione è stata altresì effettuata una verifica sul tombino esistente, avente sbocco all'interno dell'inalveazione IN36.

Il tombino di cui trattasi è costituito da uno scatolare in cls avente dimensioni 2.20X2.60 (vedasi planimetria intervento).

La verifica è stata condotta considerando una pendenza pari al 2.5% ed una scabrezza pari a  $0.46 \text{ m}^{1/2}$ .

Sotto tali ipotesi, utilizzando le relazioni valevoli per le condotte a superficie libera è stato ottenuto un valore di portata ammissibile pari a  $Q = 35.3 \text{ m}^3/\text{s}$ , in considerazione ad un franco di sicurezza pari a 0.45 cm.

Il manufatto esistente si ritiene pertanto verificato per il deflusso della piena di progetto.

## 8 DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE TOMBINO SCATOLARE SOTTO SS121

Nel presente capitolo è contenuto il calcolo strutturale e le verifiche di resistenza dello scatolare in opera, posto al di sotto del rilevato stradale della SS121. Il rilevato ha una quota massima al di sopra della testa del tombino di circa 6,4 metri escluso il pacchetto stradale della viabilità e minima di 6,1 metri.

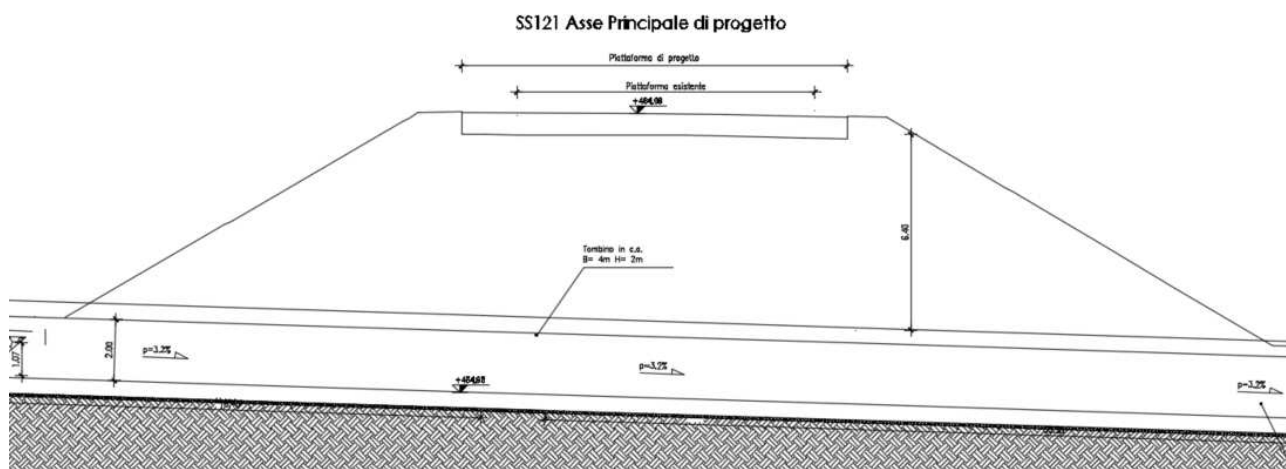


Figura 25 Tombino TP25 al di sotto del rilevato stradale

Il manufatto ha lo scopo di realizzare un cunicolo di dimensioni interne 4.00x2.00 m.

La struttura presenta delle dimensioni esterne 5(B)x3(H) m con uno spessore delle pareti di 50 cm

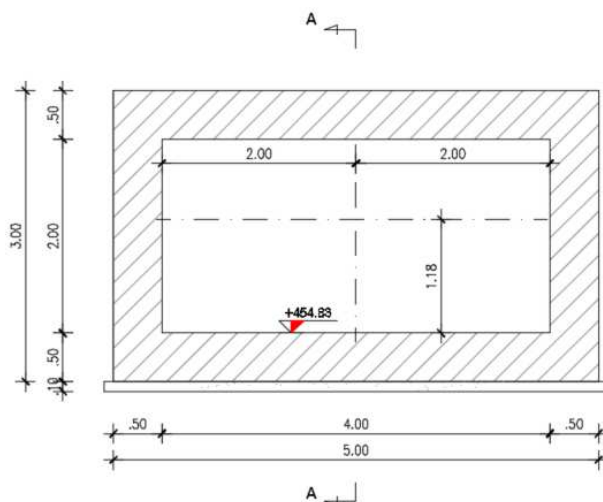


Figura 26 Sezione scatolare

## 8.1 CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo per fondazioni classe C30/37 (fck=30;Rck=37)  
 Calcestruzzo per magrone di sottofondo classe C12/15 (fck=12;Rck=15)

### Acciaio da cemento armato (DM 17/01/2018) e reti elettrosaldate

Acciaio ordinario per strutture in c.a e c.a.p. B450C  
 Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk}$   $\geq 450$   
 Tensione caratteristica di rottura  $f_t$   $\geq 540$

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{v, nom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t, nom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
$(f_v/f_{v, nom})_k$	$< 1,35$	10.0
Allungamento $(A_{gr})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gr})_k$	$\geq 7,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 $\phi$	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 $\phi$	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 $\phi$	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 $\phi$	

prospetto 7.1N Valori raccomandati di  $w_{max}$  (mm)

Classe di esposizione	Elementi di calcestruzzo armato normale e precompresso con cavi non aderenti	Elementi precompressi con cavi aderenti
	Combinazione di carico quasi-permanente	Combinazione di carico frequente
X0, XC1	0,4 <sup>1</sup>	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2 <sup>2</sup>
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		Decompressione
Nota 1 Per le classi di esposizione X0, XC1, l'ampiezza delle fessure non influenza la durabilità e questo limite è posto per garantire un aspetto accettabile. In assenza di requisiti relativi all'aspetto questo limite può essere mitigato.		
Nota 2 Per queste classi di esposizione, inoltre, si raccomanda che la decompressione sia verificata sotto la combinazione di carico quasi-permanente.		

stato limite di apertura delle fessure, nel quale il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$w_1 = 0,2 \text{ mm}$                        $w_2 = 0,3 \text{ mm}$                        $w_3 = 0,4 \text{ mm}$

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

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

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_k$	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	$\leq w_1$

## 8.2 CARATTERISTICHE DEI TERRENI DI APPOGGIO E DEL RILEVATO

I terreni di appoggio dovranno essere in grado di assicurare una reazione uniforme. Pertanto qualora ci fossero dei dubbi sulla sua omogeneità, sarà necessario realizzare uno stato di sabbia e/o ghiaia ed un magro di adeguato spessore.

Le caratteristiche sono riassunte di seguito:

### Caratteristiche rilevato:

$$\phi = 38^\circ$$

$$C = 0 \text{ kPa}$$

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

### Caratteristiche terreno di fondazione:

#### LSA

$$\phi = 20^\circ$$

$$C = 5 \text{ kPa}$$

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

La modellazione della struttura e la rielaborazione dei risultati del calcolo sono stati effettuati con: SAP2000 ©, versione 20 prodotto da Computers&Structures inc.

## 8.3 MODELLAZIONE STRUTTURALE

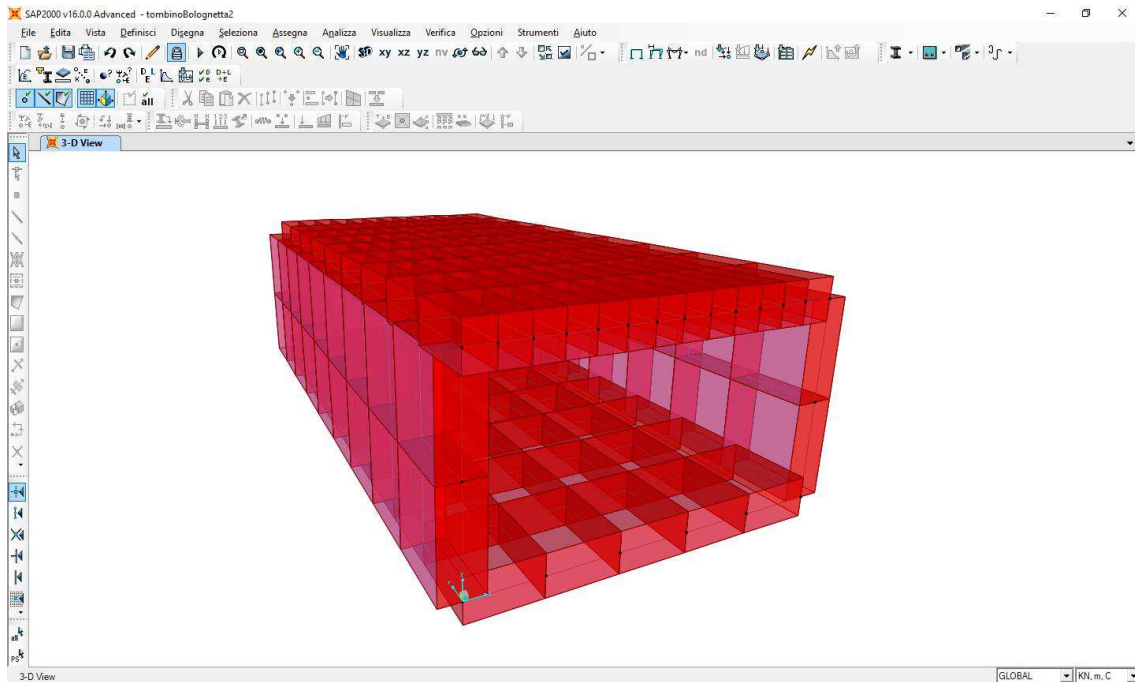
La modellazione strutturale considerata è quella tridimensionale completa dell'elemento scatolare attraverso elementi shell di spessore pari a quello relativo all'elemento strutturale considerato.



Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3**

**TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo**



**Figura 27 Modello scatolare**

Lo scatolare è descritto come una struttura tridimensionale poggiata su suolo alla Winkler.

Per quanto riguarda la rigidezza delle molle alla Winkler si riporta il calcolo effettuato (teoria di Bowles):

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

Parametri geotecnici del terreno				
Peso dell'unità di volume - terr. di fondazione saturo	$(\gamma_{sat})$	t/mc		2,00
Peso dell'unità di volume - terr. di fond. immerso	$(\gamma')$	t/mc		1,00
Angolo di attrito interno	$(\varphi)$	°		20,00
Coesione	$(c')$	t/m <sup>2</sup>		0,50
Kp				2,03961
Peso dell'unità di volume - terreno di riporto	$(\gamma_r)$	t/mc		2,00
Peso dell'unità di volume - terreno di riporto saturo	$(\gamma_{r sat})$	t/mc		2,00
Peso dell'unità di volume - terreno di riporto immerso	$(\gamma'_r)$	t/mc		1,00
Peso specifico dell'acqua	$(\gamma_w)$	t/mc		1,00
Caratteristiche geometriche della fondazione				
Larghezza fondazione	B	m		5,00
Lunghezza fondazione	L	m		10,00
Eccentricità larghezza	e <sub>x</sub>	m		0,00
Approfondimento	D	m		9,90
Inclinazione carico	i	°		0,00
Distanza (vedi schema)	a	m		9,90
Larghezza ridotta	B'	m		5,00
Coefficienti di fondazione				
N <sub>q</sub>				6,3994
N <sub>g</sub>				2,8709
N <sub>c</sub>				14,8347
Fattori di forma				
s <sub>c</sub>				1,2040
s <sub>q</sub> = s <sub>g</sub>				1,1020
Fattori di profondità				
d <sub>c</sub>				1,5655
d <sub>q</sub> = d <sub>g</sub>				1,2828
Fattori di inclinazione del carico				
i <sub>q</sub> = i <sub>c</sub>				1,0000
i <sub>g</sub>				1,0000

As =	C	x	(	Nc	x	c	x	sc	+	0,50	x	Ny	x	sy	x	B	x	γ	)	=
=	40,00	x	(	14,83	x	0,50	x	1,20	+	0,50	x	2,87	x	1,10	x	5,00	x	2000,00	)	=
=	40,00	x	(	8,93	+	15818,41	)	=	633093,57											
Bs =	C	x	(	Nq	x	sq	x	γ	)	=										
=	40,00	x	(	6,40	x	1,10	x	2000,00	)	=	564160,03									
As +	Bs	x	z	=		6218277,88	kg/mc	=	6,22	kg/cmc	=	62182,78	KN/mc							

Tabella 11 Tabulato di calcolo modello di Winkler

La numerazione dei nodi e degli elementi è illustrata nella figura sotto riportata:

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

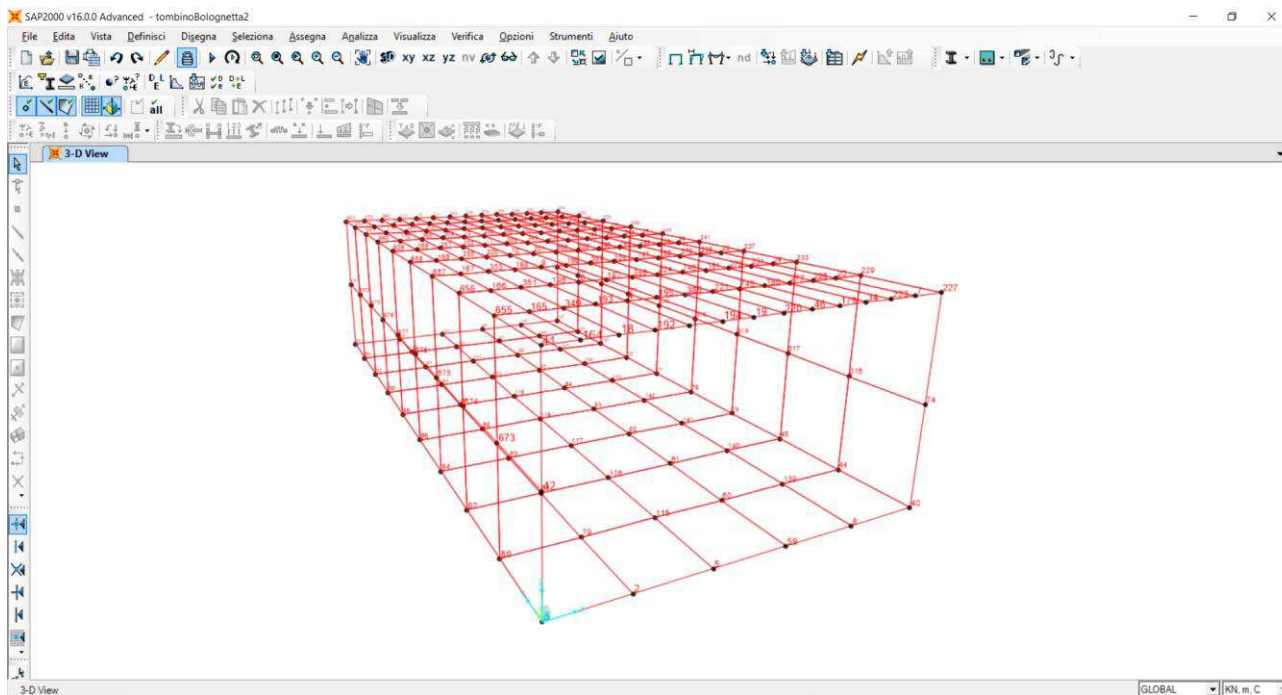


Figura 28 Schematizzazione modello – Numerazione nodi

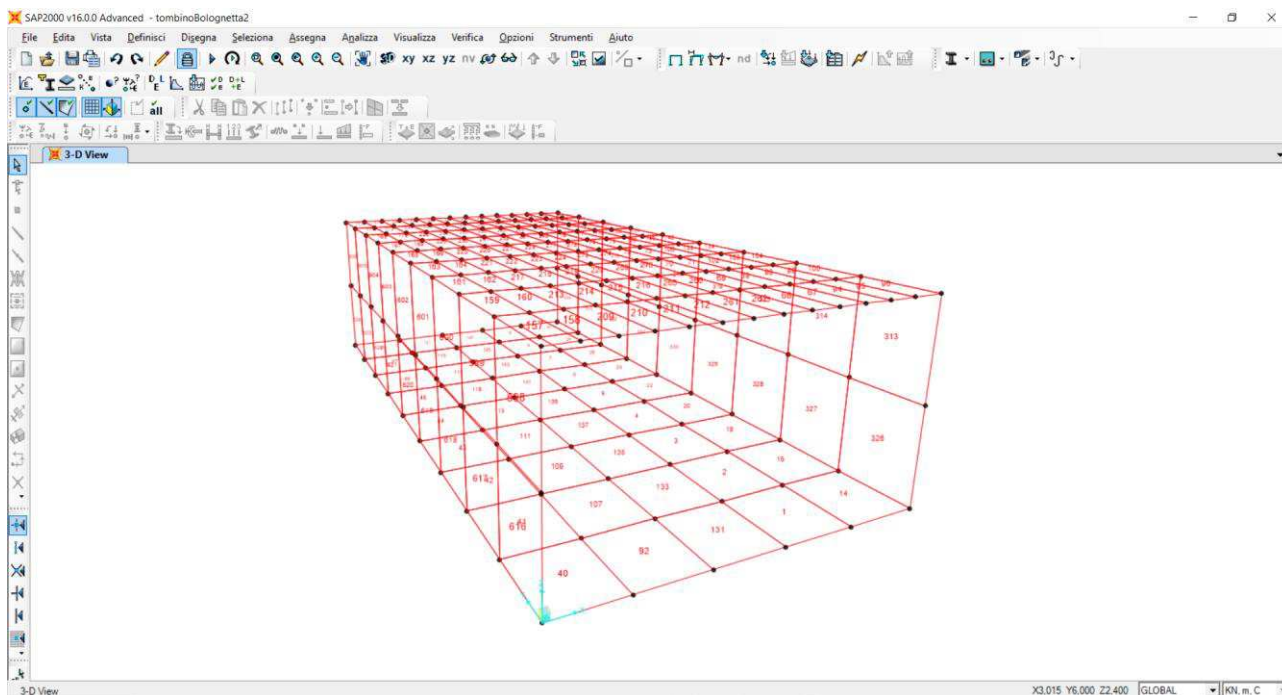


Figura 29 Schematizzazione modello – Numerazione elementi

Le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite. Non è stata considerata la pressione dell'acqua all'interno del manufatto in quanto opposta e della stessa entità di quella del terreno.

Limiti di apertura delle fessure in condizioni ambientali molto aggressive e per armature poco

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

sensibili:

-quasi permanente :

$w < 0.2 \text{ mm}$

Per strutture contenenti liquidi:  $x_d/h > 0.2$

## 8.4 ANALISI DELLE AZIONI CHE AGISCONO SULLA STRUTTURA

### 8.4.1 Descrizione delle condizioni di carico elementari

Si riporta di seguito il calcolo dei carichi e sovraccarichi permanenti, dei carichi mobili, delle coazioni e delle azioni sismiche.

#### Condizioni di carico 1 e 2: Peso Permanente e Permanente portato

Carichi Permanenti				
peso specifico cls		$\gamma_{cls}$	25	KN/m <sup>3</sup>
soletta sup SSUP		P1	10	KN/m <sup>2</sup>
soletta inf SINF		P2	10	KN/m <sup>2</sup>
piedritti SP		P3	10	KN/m <sup>2</sup>
pacchetto stradale	0,3	P4	6	KN/m <sup>2</sup>
ricoprimento	6,4	P5	128	KN/m <sup>2</sup>

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

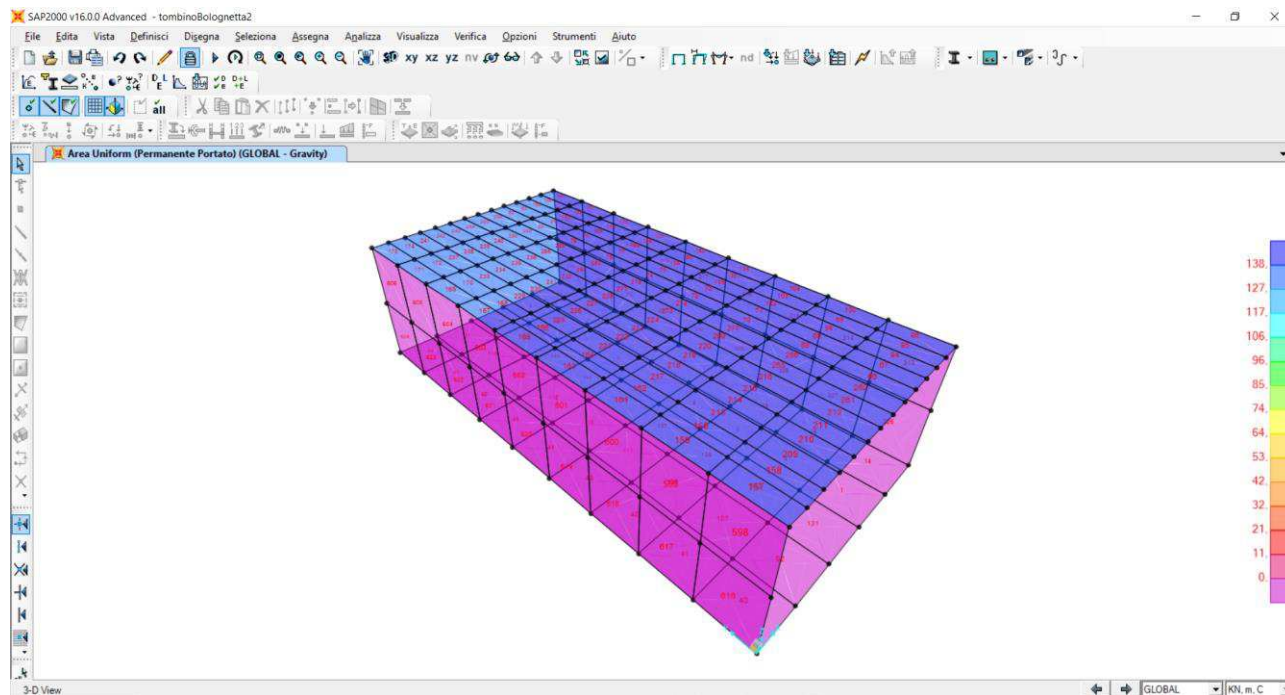


Figura 30 Schematizzazione modello di carico condizioni 1 e 2

### Condizioni di carico 3: spinta dovuta al terreno

Per la valutazione delle spinte laterali è stato considerato :

$$\gamma = 20 \text{ KN/mc}$$

$$\phi = 38^\circ$$

Nel caso in cui i terreni laterali non siano in grado di assicurare tali caratteristiche sarà cura della impresa esecutrice effettuare un rinterro con materiale di adeguate caratteristiche.

Il carico permanente (copertura) risulta :

$$\text{-profondità minima : } 6.4 \cdot 20 = 128 \text{ KN/mq}$$

La spinta sui piedritti è stata valutata considerando il coefficiente di spinta a riposo:  $K_0 = 0.384$ .

<b>peso specifico terreno <math>\gamma_{\text{ter}}</math></b>	<b>20</b>	<b>KN/m<sup>3</sup></b>
<b>angolo d'attrito</b>	<b>38</b>	<b>gradi</b>
<b>coeff. di spinta a riposo <math>k_0</math></b>	0,384	
<b>pss</b>	53,039	<b>KN/m<sup>2</sup></b>
<b>pis</b>	71,49	<b>KN/m<sup>2</sup></b>
<b>coeff. di spinta attiva</b>	0,24	
<b>sovraccarico accidentale laterale del terreno</b>	7,69	<b>KN/m<sup>2</sup></b>

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

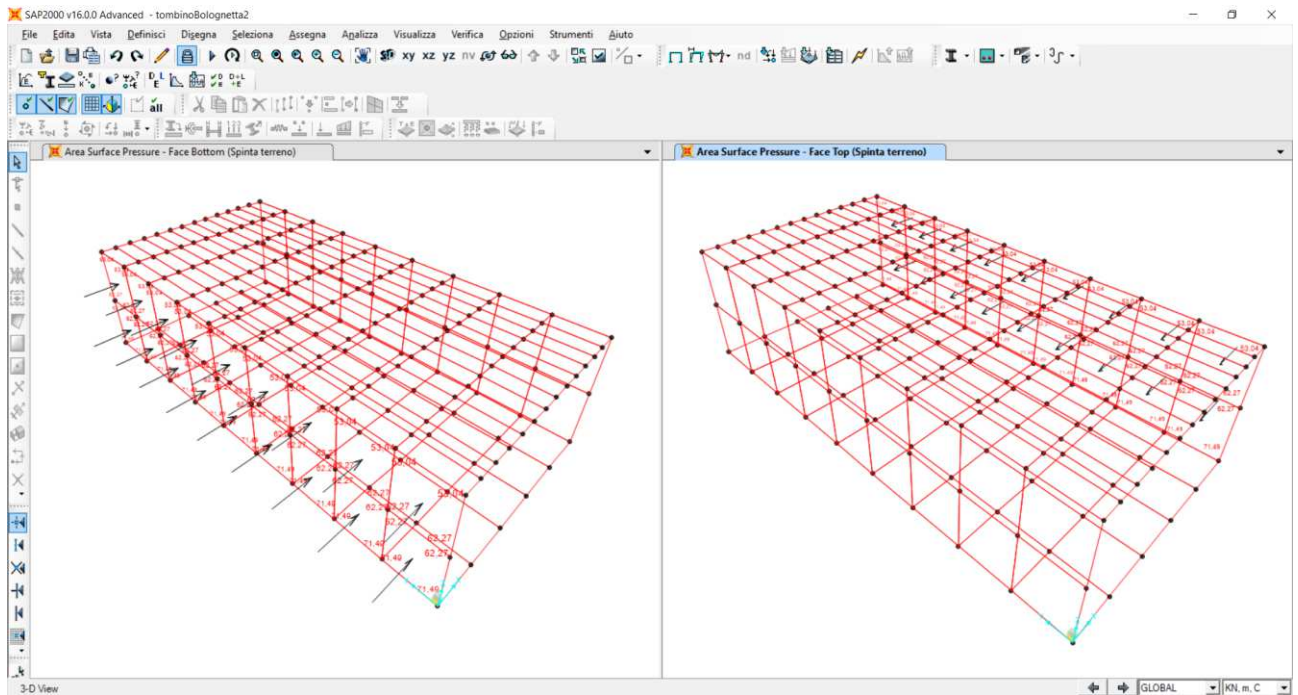


Figura 31 Schematizzazione condizione di carico 3

#### **Condizione di Carico 4: Sovraccarichi accidentali sulla soletta superiore (carico veicolare)**

Il manufatto è stato progettato in modo da resistere alle azioni previste per le strade di la categoria ed in particolare per le azioni dello schema da 600 KN denominato schema 1. Questo schema di carico prevede la presenza di 4 assi da 150 KN posti ad un interasse longitudinale di 2 m e trasversale di 1.20 m

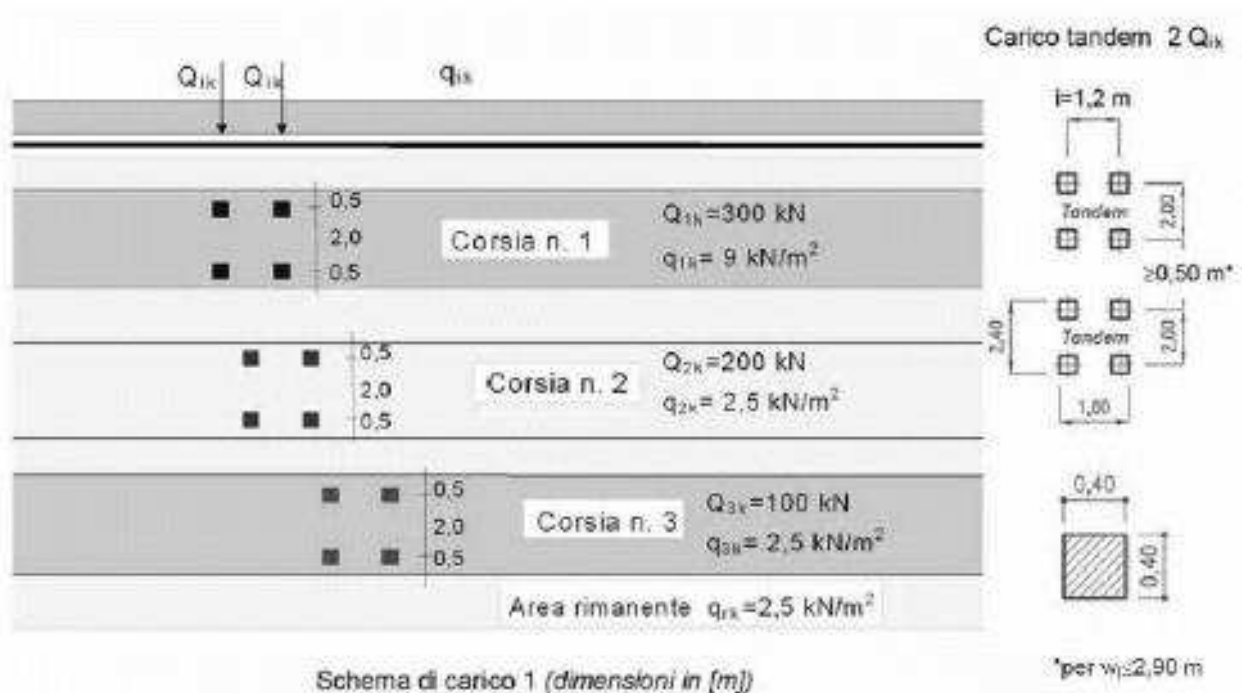


Figura 32 Schema di carico 1

Le aree di impronta di questi assi sono, al livello della pavimentazione di 40x40 cm, ma si allargano per effetto della distribuzione nella pavimentazione, nello spessore del terreno secondo uno schema a 45°. La distanza degli assi è limitata ma la distanza della sede stradale dall'estradosso della soletta è molto ampia per cui si considera la sovrapposizione degli effetti su tutta la soletta superiore.

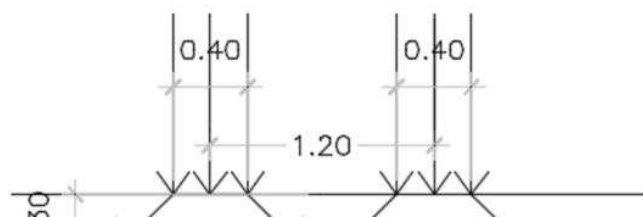


Figura 33 Impronta assi schema di carico 1

L'area di influenza di un impronta di 0,4 metri a 45° a distanza di 30 cm. è pari a 1 mq (1 m x 1 m) e si considera il carico di 300 kN sui 4 punti (carico Tandem), sovrapposto:

-copertura minima :  $Q = 2 \cdot 300 / (0,40 + 6 \cdot 1 \cdot 2 + 0,2)^2 = 3,7\text{ KN/mq}$

Oltre la profondità di 1,6 metri il carico diventa uniforme su tutta la sezione trasversale e pertanto si considera un carico uniforme distribuito sulla soletta superiore dovuto al carico veicolare.

spinta orizzontale sui piedritti :

sovraccarico medio 3,7 KN/mq,  $K_o = 0,384$  ( coeffic. spinta orizz.)

spinta a riposo :  $3,7 \cdot 0,384 = 1,42\text{ KN/mq}$

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

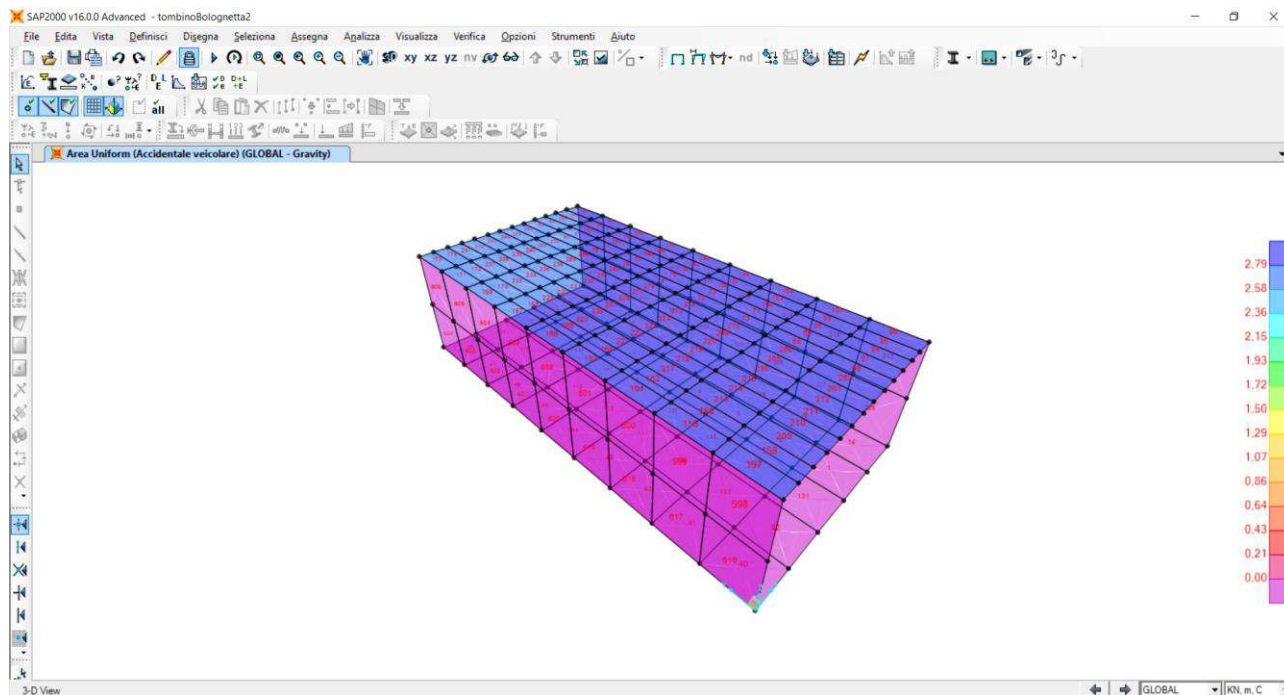


Figura 34 Schematizzazione combinazione di carico 4

### **Condizione di carico 5: variazione termica**

La condizione di carico 5 prende in esame gli effetti della variazione termica.

Si applica una variazione termica uniforme alla sola soletta superiore pari a:  $DT = \pm 15$  gradi ed una variazione termica differenziale tra estradosso ed intradosso pari a  $+5$  gradi. Poiché la variazione di temperatura uniformi si può considerare come un fenomeno lento, valgono le stesse considerazioni svolte per il ritiro, ossia si assume una variazione pari a  $1/3$  di 15 gradi.



Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

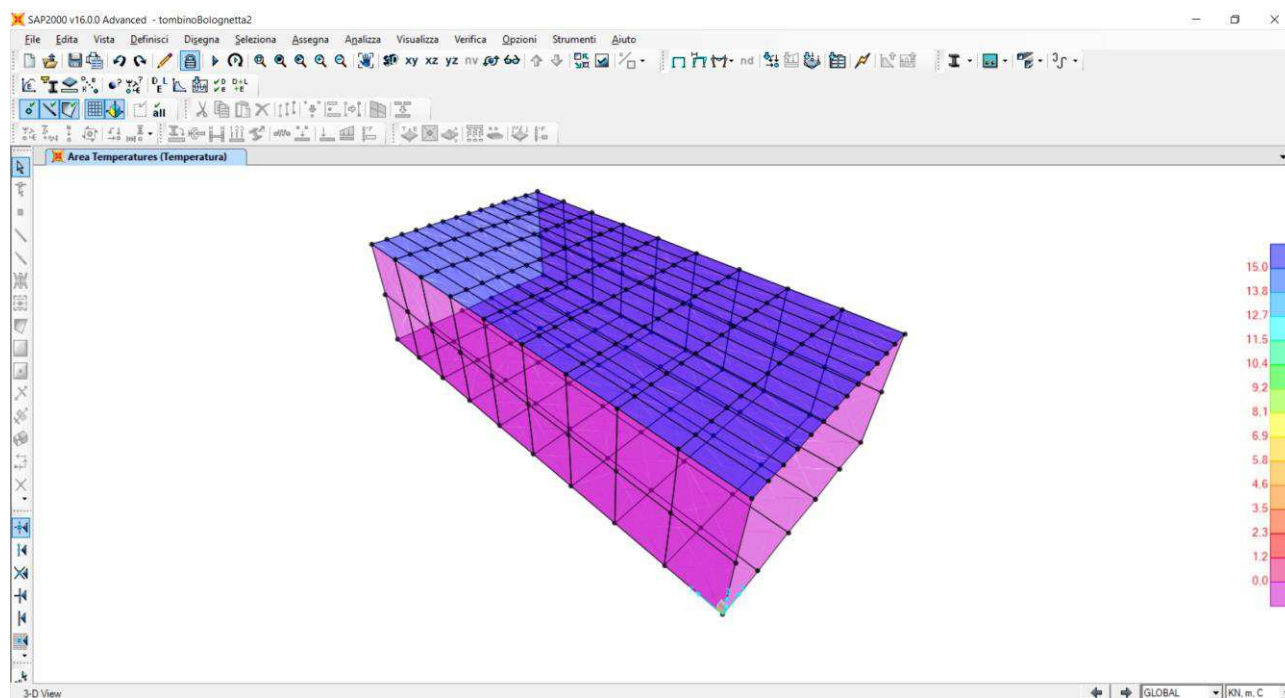


Figura 35 Schematizzazione condizione di carico 5

### **Condizione di carico 6: ritiro**

La condizione di carico 6 prende in esame gli effetti del ritiro.

La soletta superiore si considera soggetta ad un ritiro differenziale. Il ritiro finale viene posto pari a  $\epsilon_{cs} = 0.31E-3$ , valore di norma nel caso di  $\alpha \geq 60$  cm,  $t_0 = 1/7$  gg, umidità relativa pari al 55%. Ai fini del calcolo gli effetti del ritiro si possono assimilare ad una variazione di temperatura. Nel rispetto della normativa, trattandosi di un fenomeno lento, l'effetto del ritiro si può determinare considerando un modulo di elasticità del calcestruzzo pari a  $1/3$  di quello effettivo, ossia si assume il modulo all'infinito. Per semplice comodità di calcolo si preferisce mantenere il valore del modulo a tempo zero considerando una variazione termica pari a un terzo:

$$DT = (0.31E-3/1E-5)/3 = 10 \text{ gradi circa}$$

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

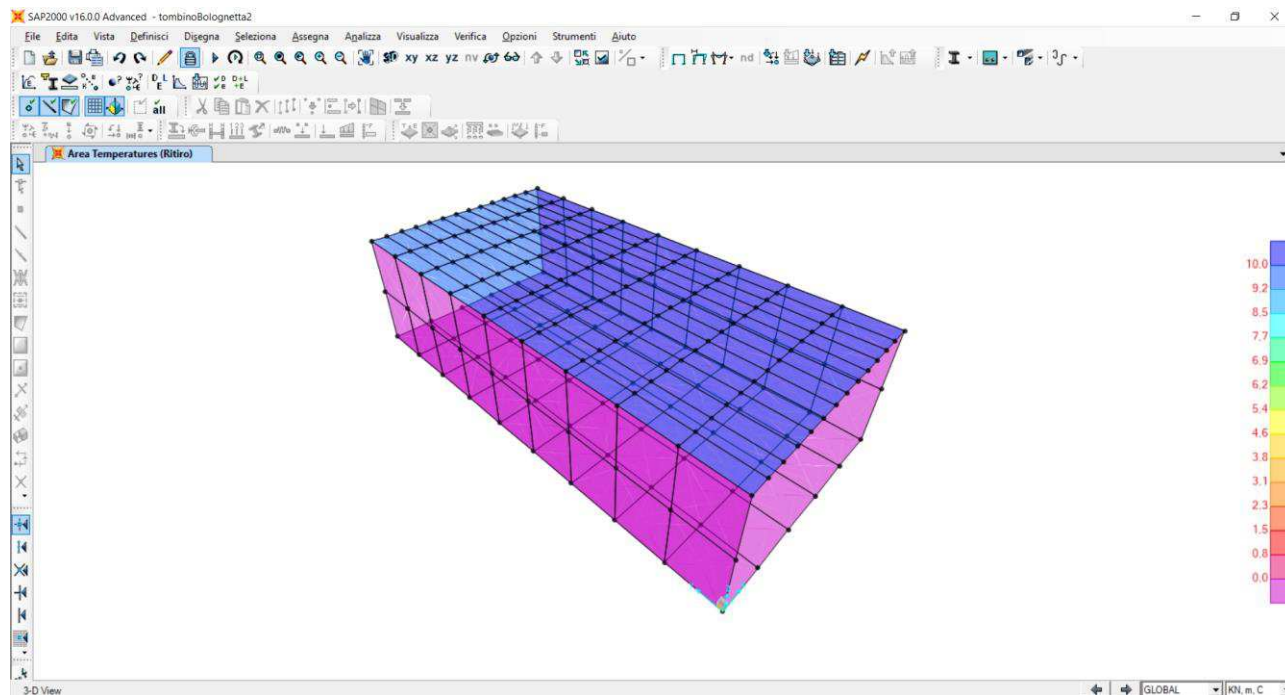


Figura 36 Schematizzazione condizione di carico 6

### Condizione di carico 7/8: frenatura (direzione X e direzione -X)

L'azione di frenamento, agente nella direzione dell'asse della strada e giacente sulla superficie stradale, deve essere la maggiore tra:

- 1/10 della singola colonna più pesante 16,98 KN/m
- 20% del totale del carico gravante sulla struttura 22,64 KN/m

L'azione di frenamento vale: 22,64 KN/m

### 8.4.2 Azione Sismica

Le sollecitazioni provocate dalle azioni sismiche sono valutate mediante analisi statica. In tale tipo d'analisi le azioni sismiche sono schematizzate attraverso forze statiche proporzionali alla massa dei seguenti elementi:

- elementi strutturali costituenti l'opera;
- elementi che costituiscono sovraccarichi permanenti;

### Condizione di carico 10: Azione sismica orizzontale

Le azioni sismiche si distinguono in orizzontali e verticali, sulla base delle caratteristiche dell'area in esame:

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

---

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

---

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta ➔

Variabilità dei parametri ➔

---

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri ➔

---

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata ▼

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

---

Stato Limite

Stato Limite considerato  info

---

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo  info

Categoria topografica  info

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

$S_s =$        $C_c =$   info  
 $h/H =$        $S_T =$   info

---

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)     Smorzamento  $\xi$  (%)       $\eta =$   info

Spettro di progetto inelastico (SLU)     Fattore  $q_0$       Regol. in altezza  info

---

Compon. verticale

Spettro di progetto     Fattore  $q$        $\eta =$   info

---

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta ➔

Parametri e punti spettri di risposta ➔

---

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

Spettri di risposta

Figura 37 Caratteristiche sismiche dell'area

42/137

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

Il software SAP2000 applica l'azione sismica al modello tridimensionale della struttura considerando la sua massa, vengono aggiunti gli incrementi sismici dovuti alle altre componenti (terreno di ricoprimento):

Le spinte delle terre, sono calcolate in regime di spinta a riposo che comporta il calcolo delle spinte sismiche in tali condizioni;

. L'incremento di spinta sismico è stato valutato con la teoria di Mononobe-Okabe assumendo  $A=1$ :

- in condizioni normali :  $K_a = 0.383$

- in condizioni sismiche :  $K_a = 0.409$

-  $\Delta K_a = 0.026$

L'incremento di spinta è stato applicato in modo triangolare con vertice verso il basso.

## 8.5 DESCRIZIONE DELLE COMBINAZIONI DI CARICO

Combinazione di Carico	gruppo	P.P.	Permanenti non strutturali	Spinta terre	Carico Stradale	Variazione termica	ritiro	frenatura sx	frenatura dx	Azione Sismica
		1								
1	SLU	1,3	1,3	1,3	1,35	0,9	1,3	1,35	0	0,0
2	SLU	1,3	1,3	1,3	1,35	0,9	1,3	0	1,35	0,0
3	SLU	1,3	1,3	1,3	0	0,9	1,3	0	0	0,0
4	SISMICO	1	1	1	0	0,5	1	0	0	1,0
5	SISMICO	1	1	1	0,2	0,5	1	0,2	0	1,0
6	SISMICO	1	1	1	0,2	0,5	1	0	0,2	1,0
7	SLE QP	1	1	1	0	0,5	1	0	0	0,0
8	SLE FREQ	1	1	1	0,75	0,6	1	0,75	0	0,0
9	SLE FREQ	1	1	1	0,75	0,6	1	0	0,75	0,0
10	SLE RARA	1	1	1	1	0,6	1	1	0	0,0
11	SLE RARA	1	1	1	1	0,6	1	0	1	0,0

Tabella 12 Descrizione delle combinazioni di carico

## 8.6 RISULTATI OTTENUTI E VERIFICHE SLU-SLV

### 8.6.1 Sollecitazioni SLU-SLV

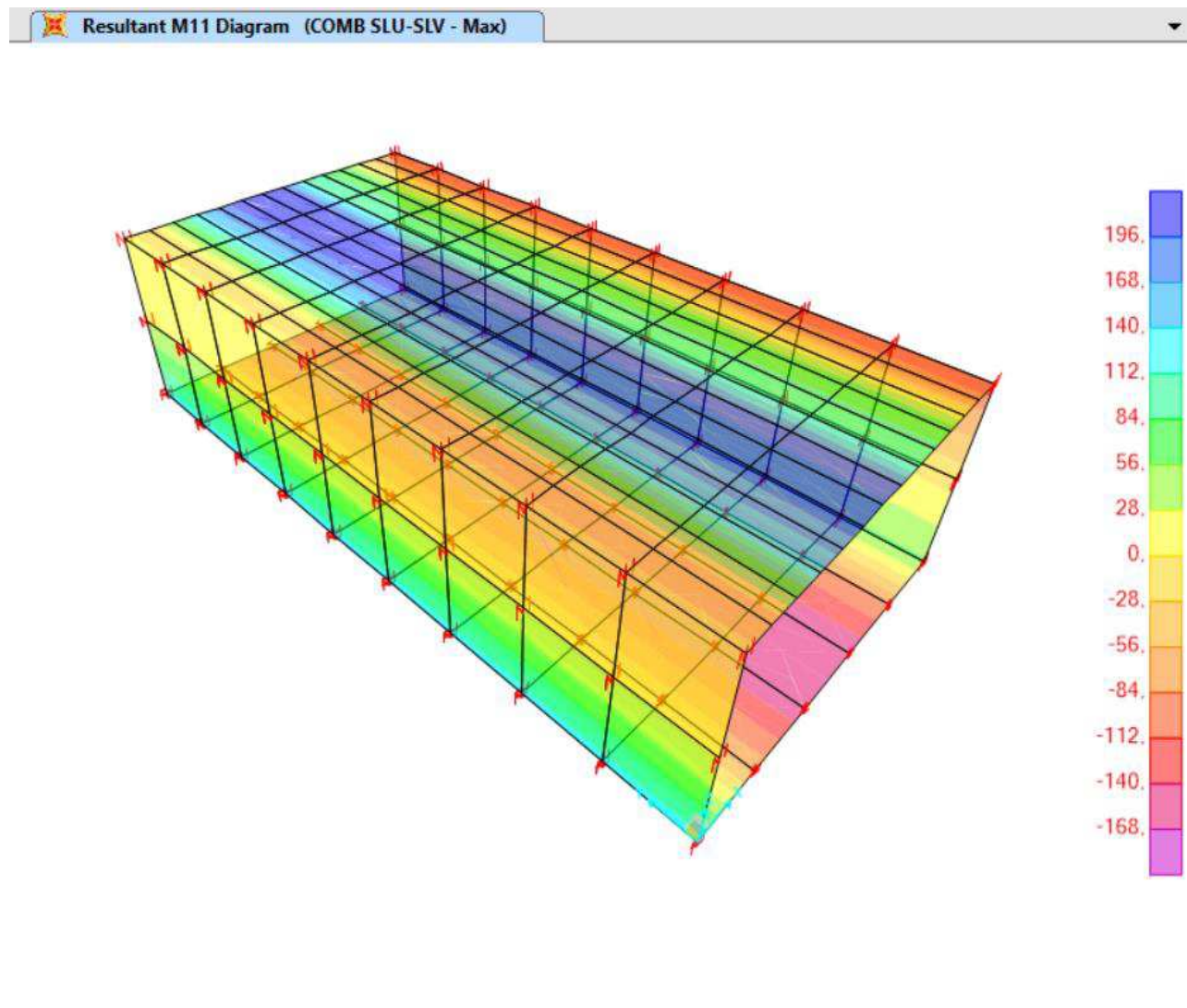


Figura 38 Diagramma dei momenti M11 max (Inviluppo SLU-SLV)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

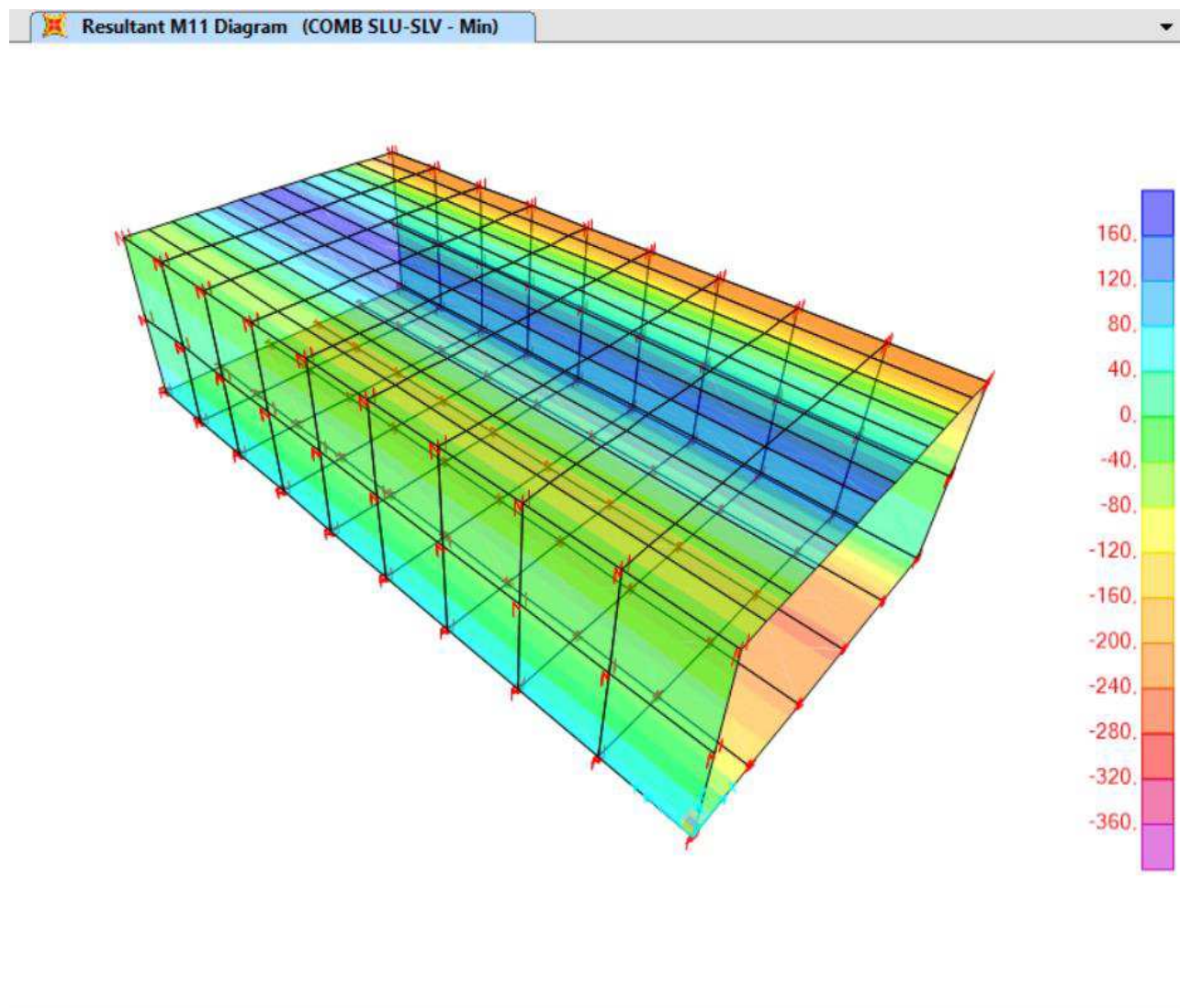


Figura 39 Diagramma dei momenti M11 min (Inviluppo SLU-SLV)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

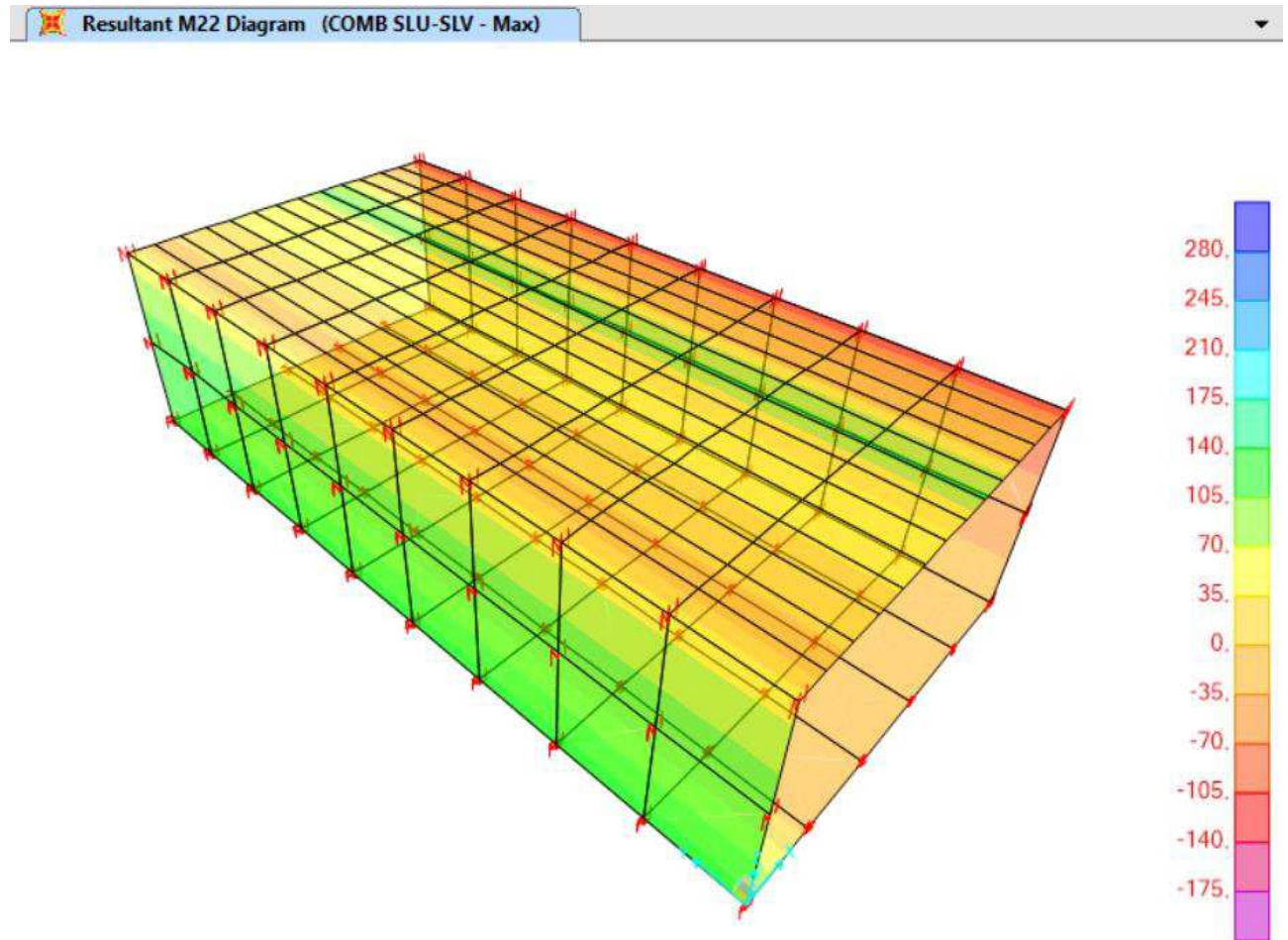


Figura 40 Diagramma dei momenti M22 max (Inviluppo SLU-SLV)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

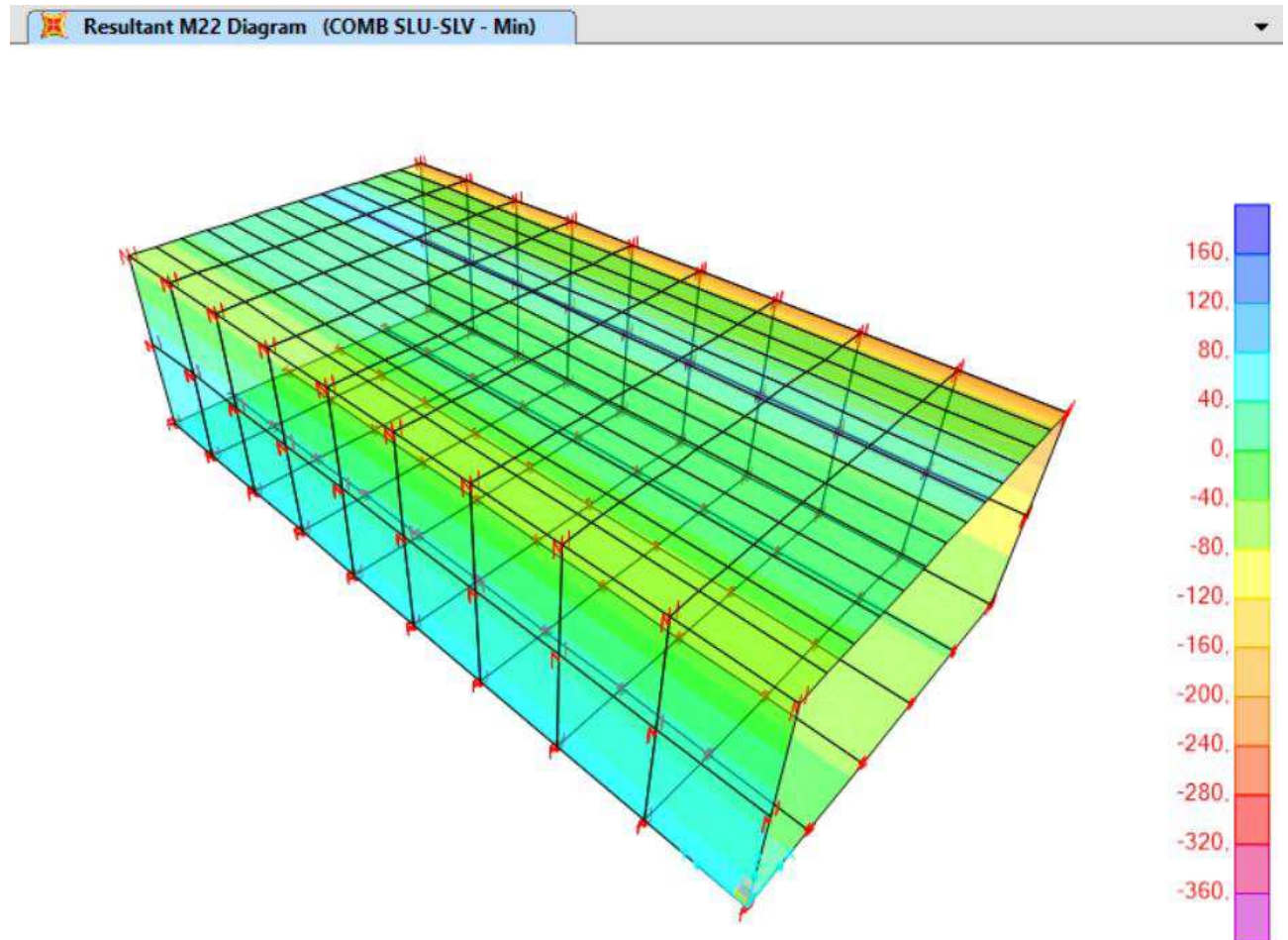


Figura 41 Diagramma dei momenti M22 min (Inviluppo SLU-SLV)



Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

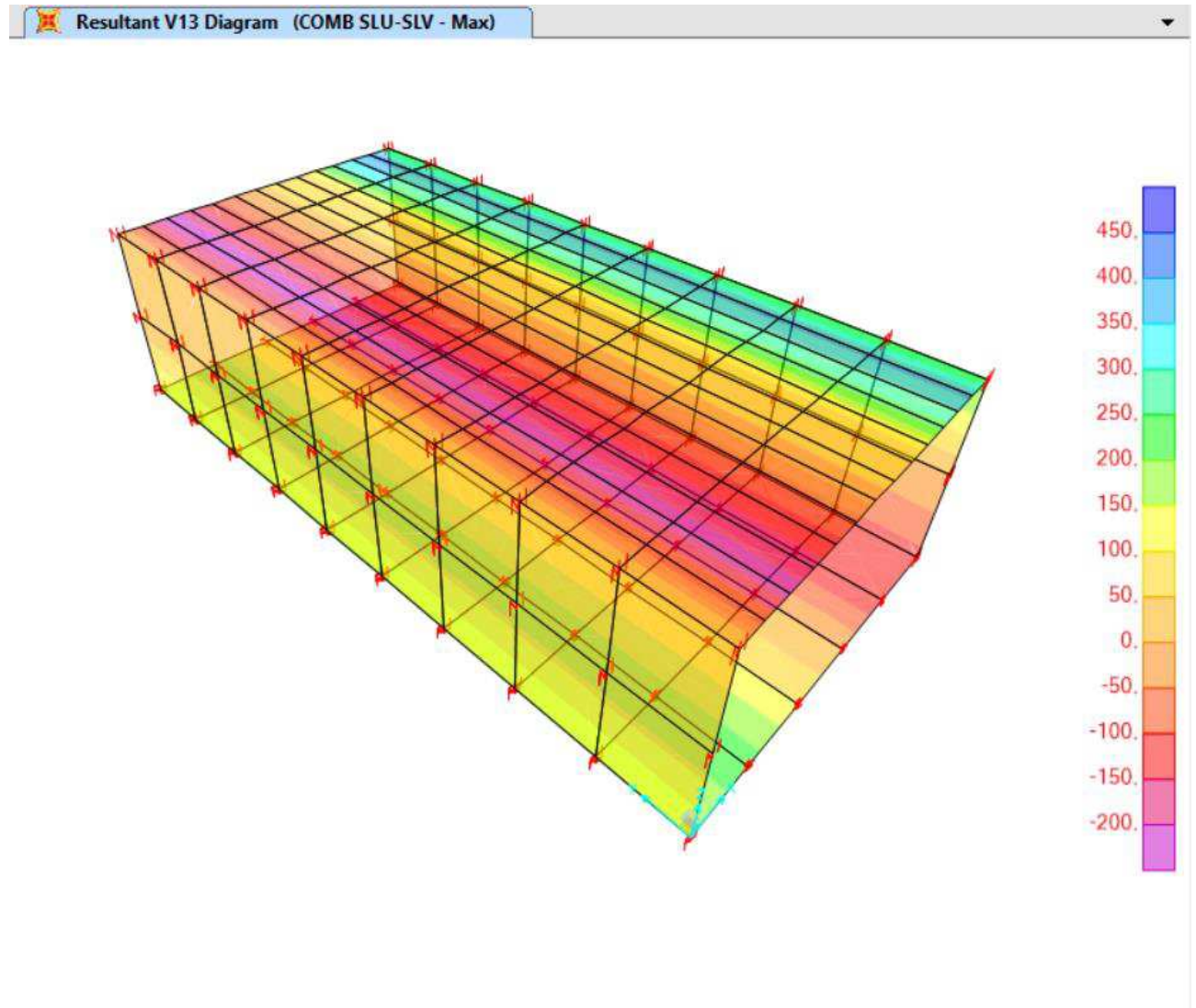


Figura 42 Diagramma del taglio V13 max (Inviluppo SLU-SLV)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

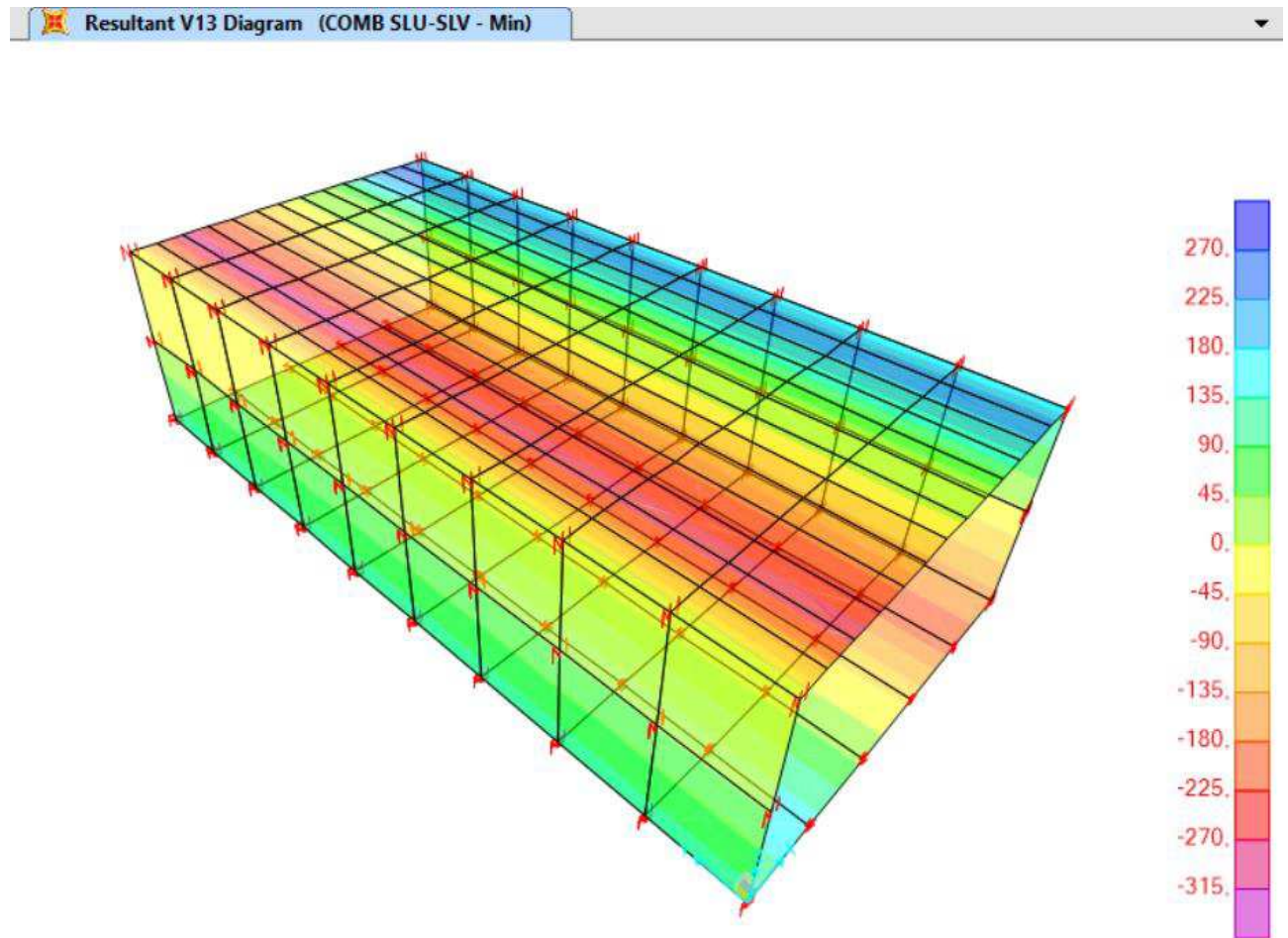


Figura 43 Diagramma del taglio V13 min (Inviluppo SLU-SLV)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

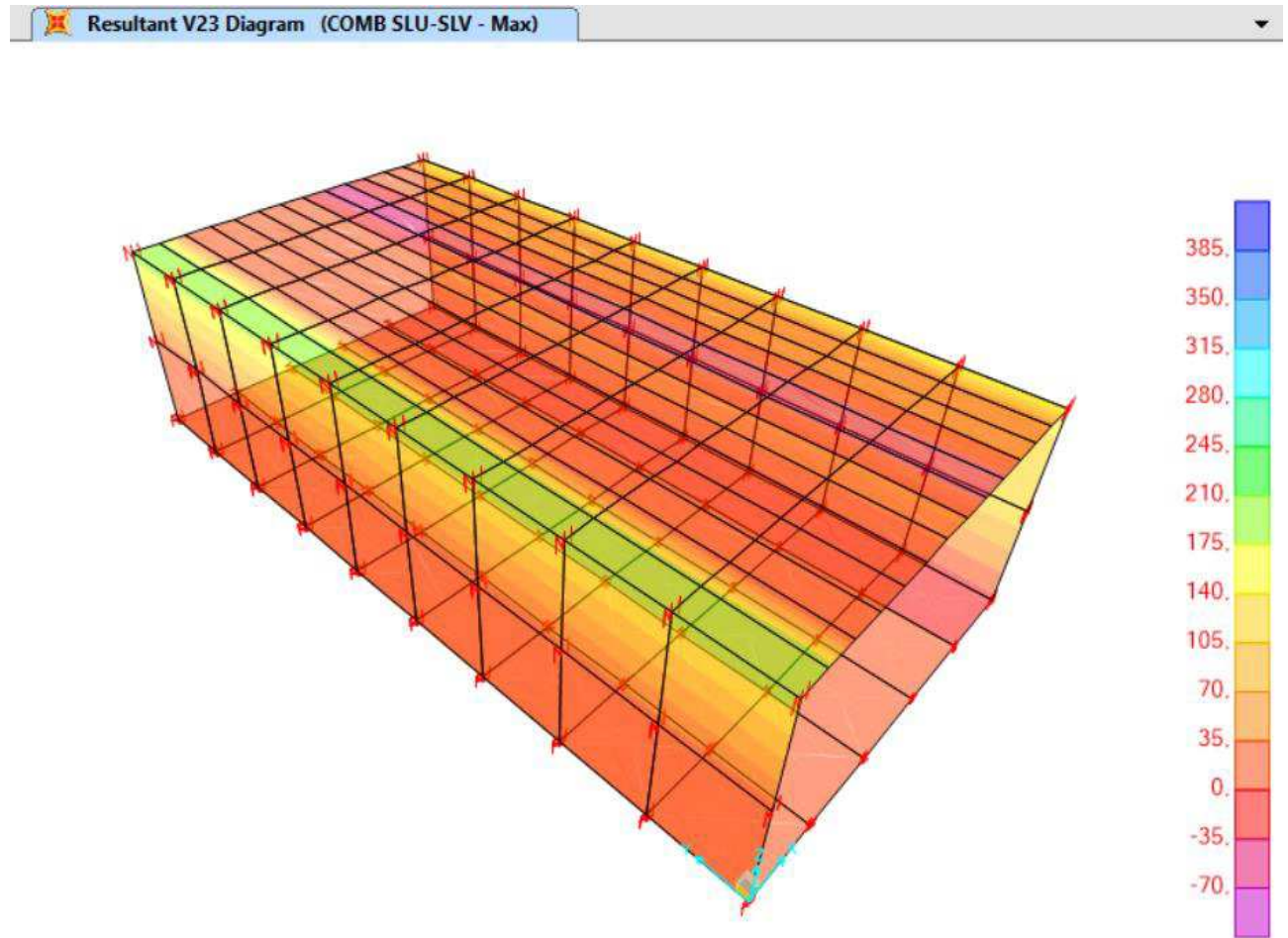


Figura 44 Diagramma del taglio V23 max (Inviluppo SLU-SLV)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

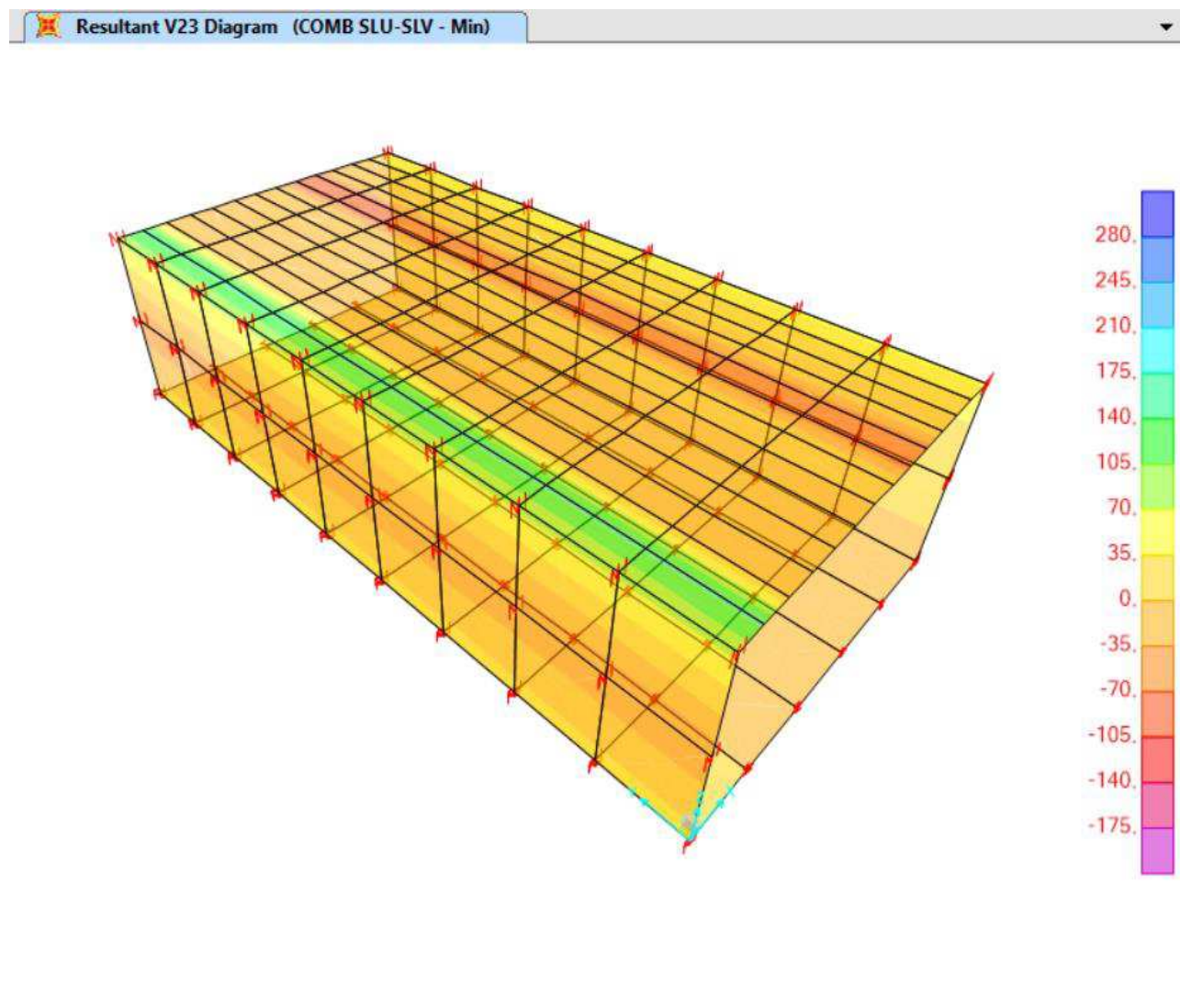


Figura 45 Diagramma del taglio V23 min (Inviluppo SLU-SLV)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

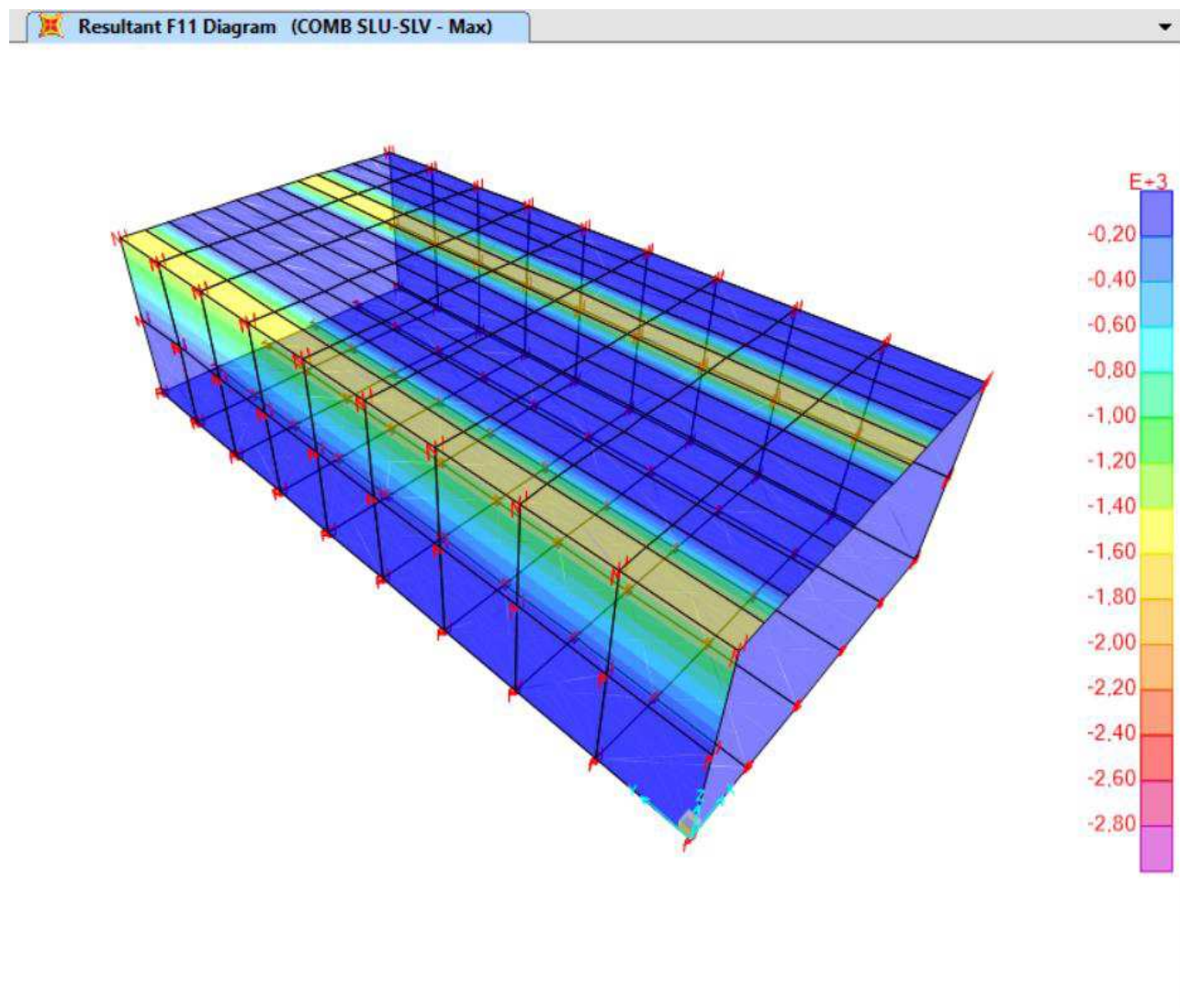


Figura 46 Diagramma dello sforzo normale F11 max (Inviluppo SLU-SLV)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

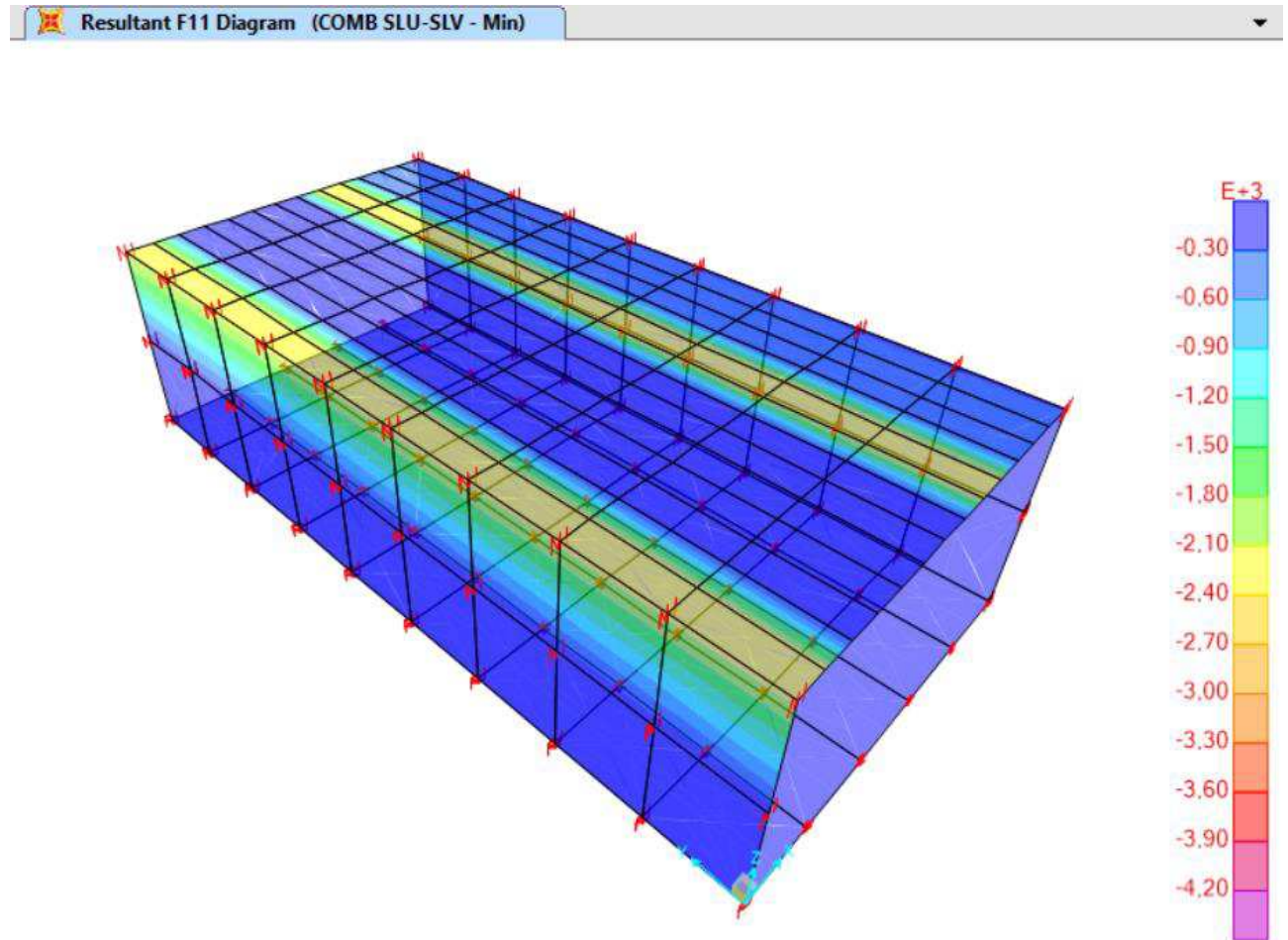


Figura 47 Diagramma dello sforzo normale F11 min (Involuppo SLU-SLV)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

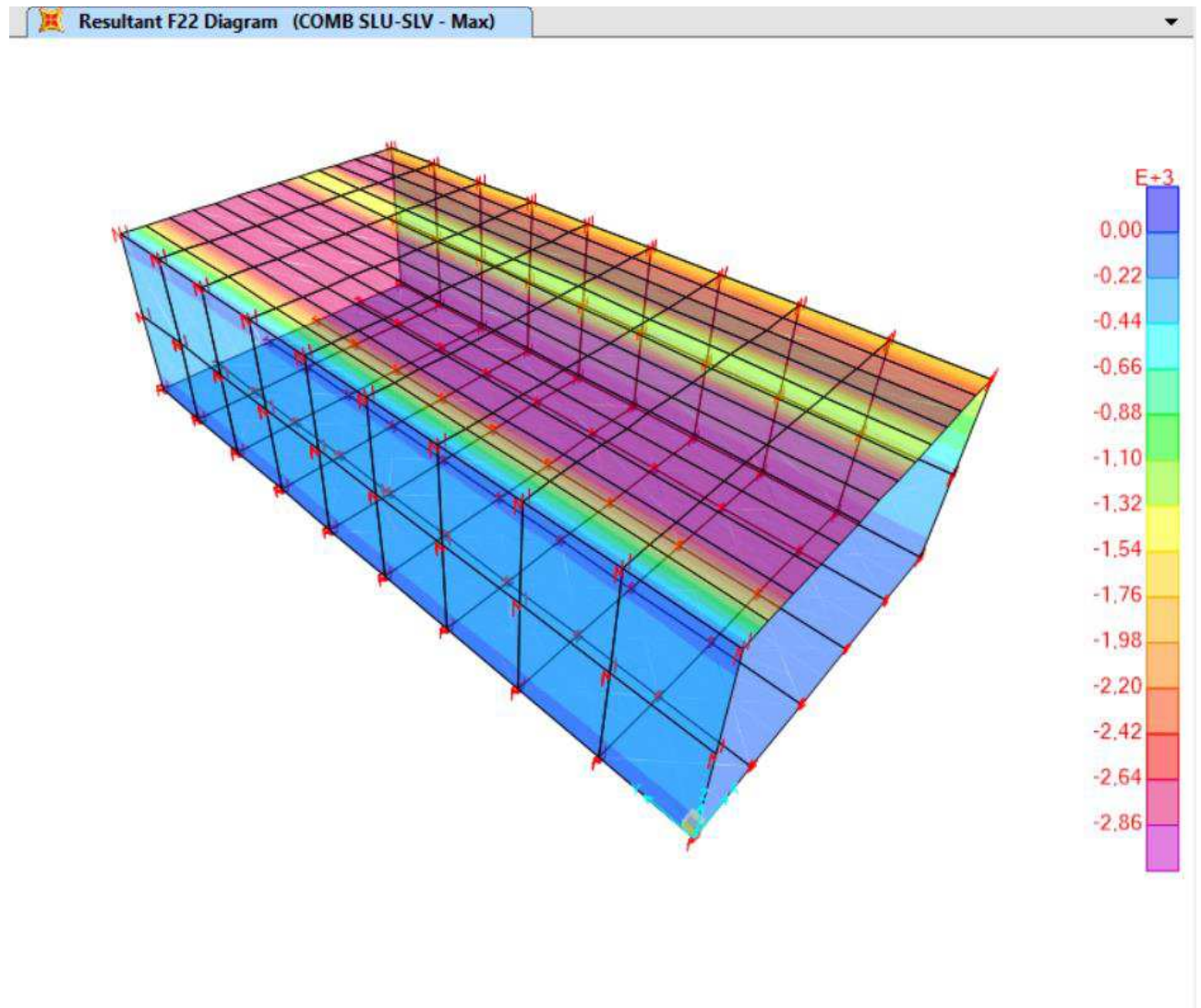


Figura 48 Diagramma dello sforzo normale F22 max (Inviluppo SLU-SLV)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

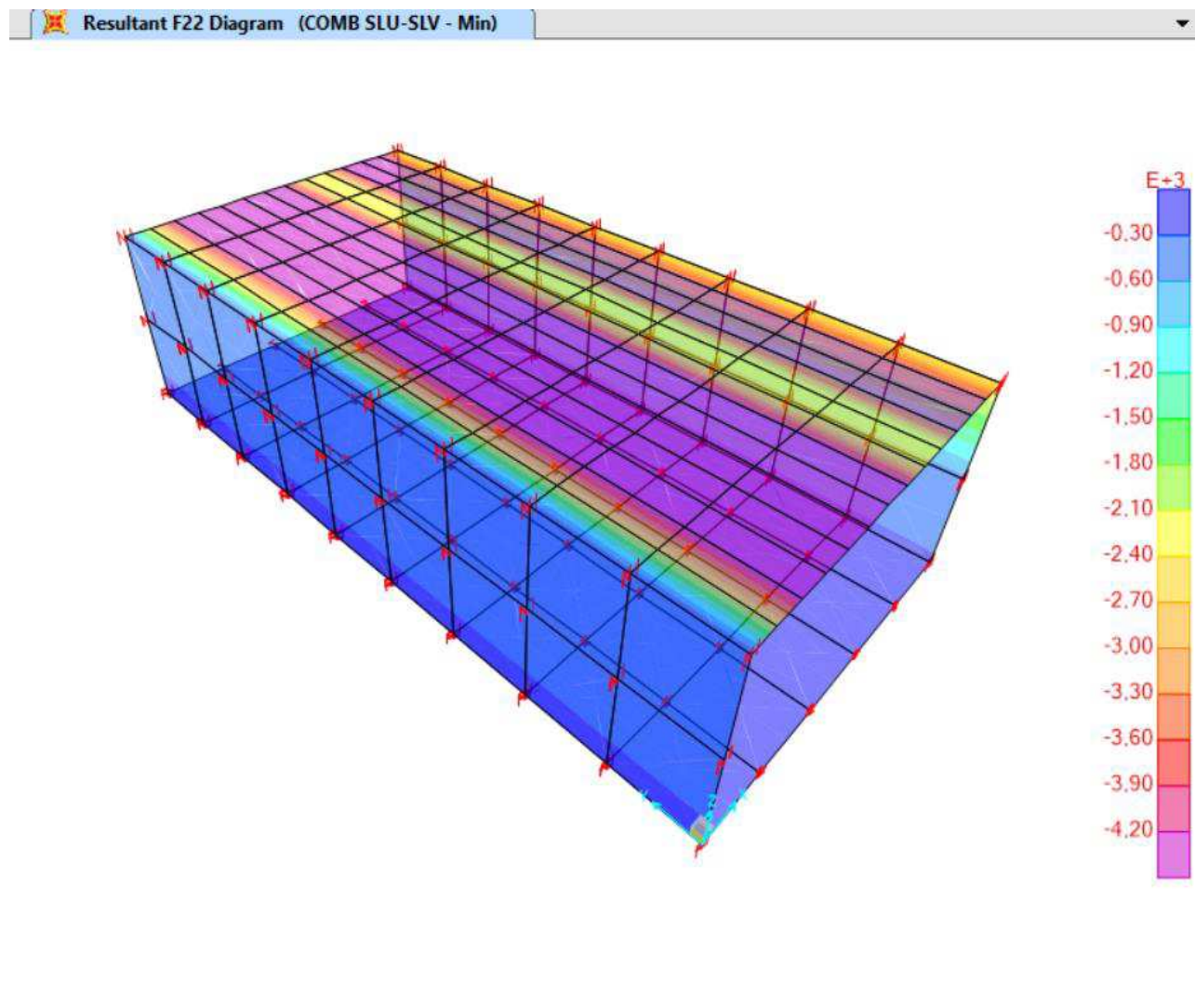


Figura 49 Diagramma dello sforzo normale F22 min (Inviluppo SLU-SLV)

Le verifiche agli stati limite ultimi SLU-SLV, agli stati limite di esercizio SLE/SLS, e di fessurazione, vengono effettuate con l'ausilio di appositi fogli di calcolo.

Le verifiche vengono effettuate dalle sollecitazioni provenienti dal programma di calcolo per tutti gli elementi considerati nel modello



### 8.6.2 Verifica Soletta Superiore SLU-SLV

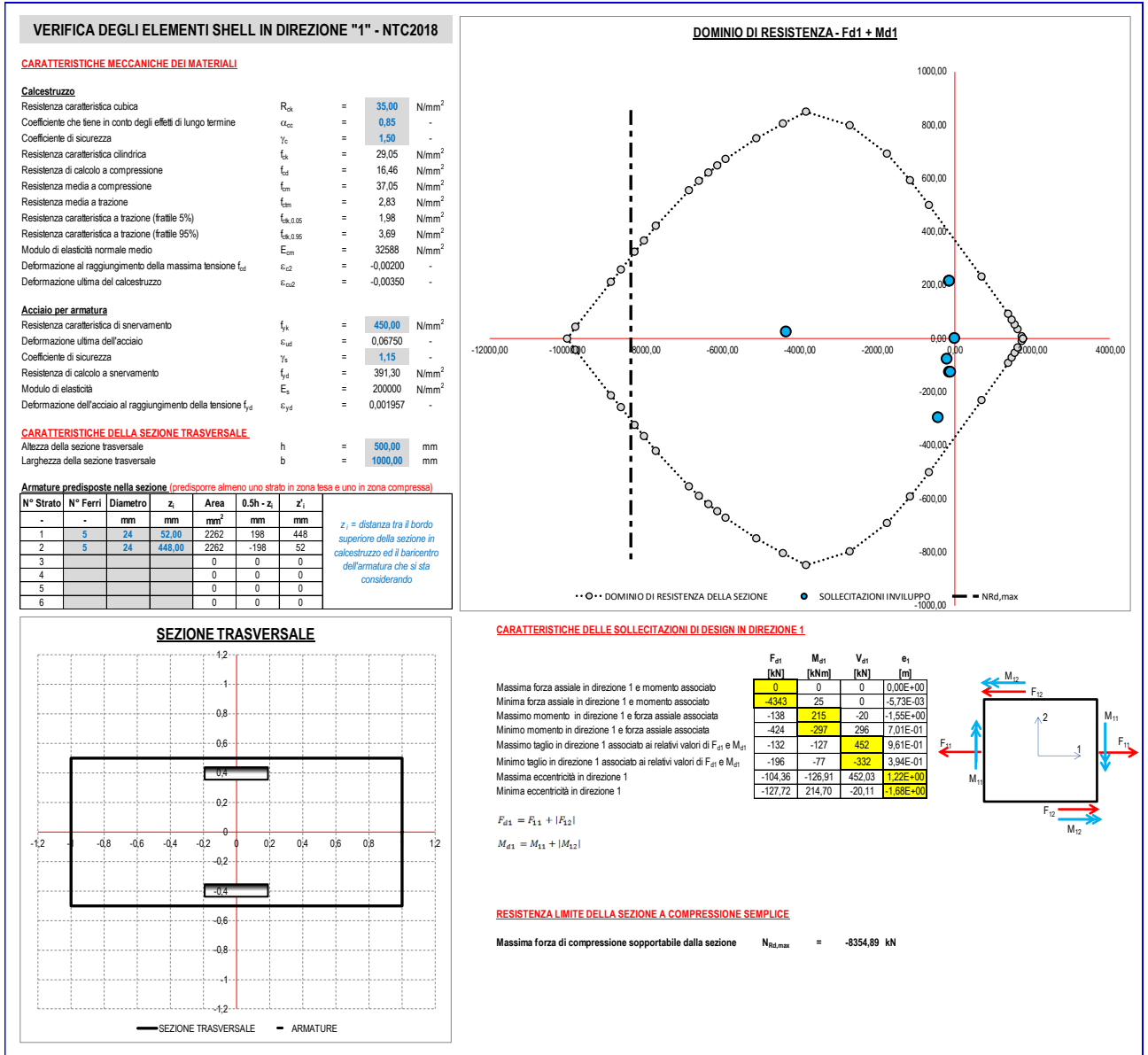


Figura 50 Tabulato verifica soletta

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

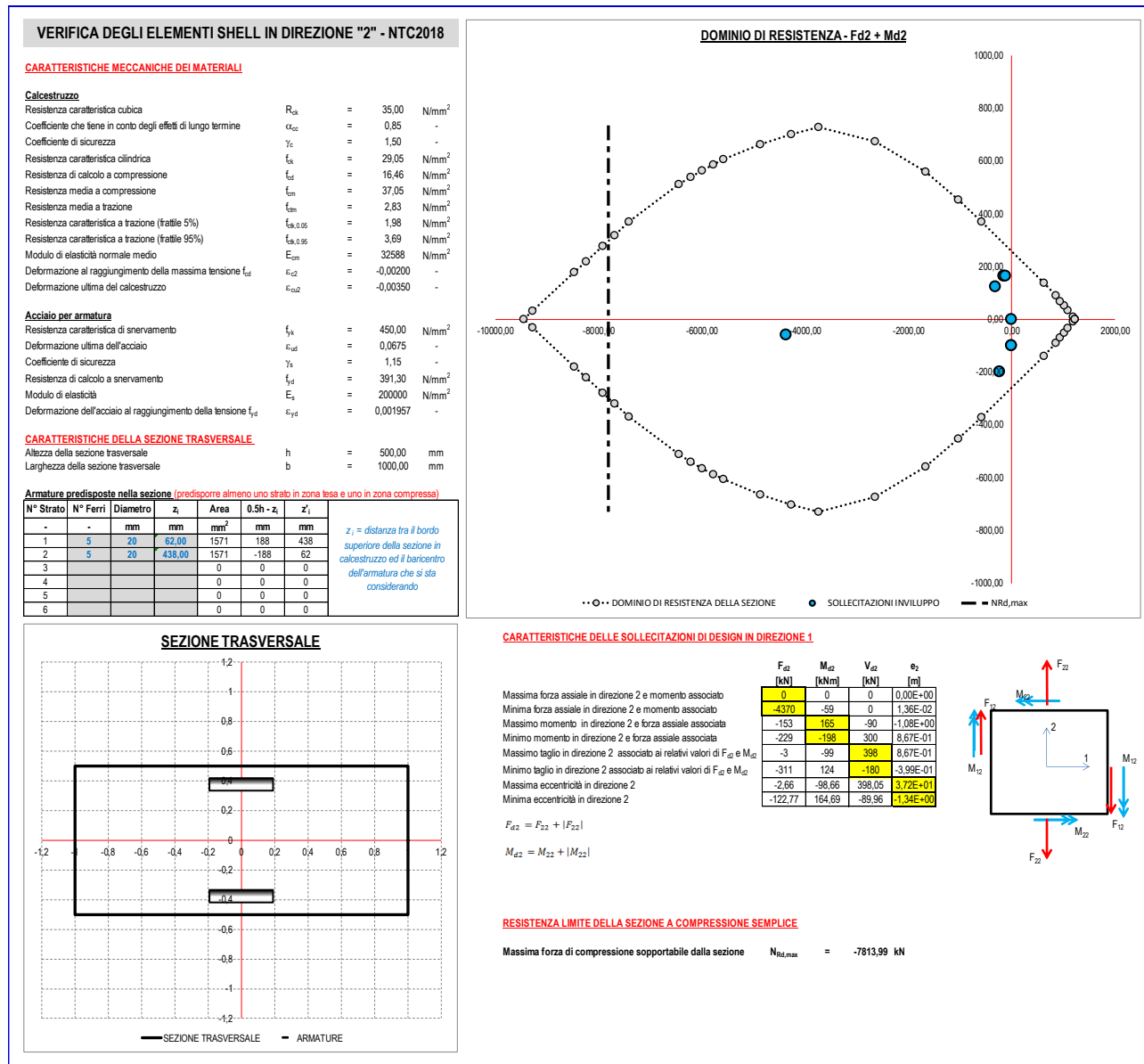


Figura 51 Tabulato verifica soletta

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

## VERIFICA A TAGLIO DEGLI ELEMENTI SHELL - NTC2018

### CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

#### Calcestruzzo

Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	=	35,00	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente che tiene in conto degli effetti di lungo termine	$\alpha_{cc}$	=	0,85	-
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_c$	=	1,50	-
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	=	29,05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	=	16,46	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione	$f_{cm}$	=	37,05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione	$f_{ctm}$	=	2,83	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk,0.05}$	=	1,98	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk,0.95}$	=	3,69	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità normale medio	$E_{cm}$	=	32588	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione al raggiungimento della massima tensione $f_{cd}$	$\varepsilon_{c2}$	=	-0,0020	-
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\varepsilon_{cu2}$	=	-0,0035	-

#### Acciaio per armatura

Resistenza caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione ultima dell'acciaio	$\varepsilon_{ud}$	=	0,0675	-
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_s$	=	1,15	-
Resistenza di calcolo a snervamento	$f_{yd}$	=	391,30	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	$E_s$	=	200000	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione dell'acciaio al raggiungimento della tensione $f_{yd}$	$\varepsilon_{yd}$	=	0,001957	-

### CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza della sezione trasversale	$h$	=	500	mm
Larghezza della sezione trasversale	$b$	=	1000	mm

### SOLLECITAZIONI DI TAGLIO

Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,1,pos}$	=	0,0	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,2,pos}$	=	179,9	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,1,neg}$	=	452,0	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,2,neg}$	=	179,9	kN

### RESISTENZA LIMITE A TAGLIO DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza utile in direzione 1 per momenti positivi	$d_{1,pos}$	=	448,00	mm
Altezza utile in direzione 2 per momenti positivi	$d_{2,pos}$	=	438,00	mm
Altezza utile in direzione 1 per momenti negativi	$d_{1,neg}$	=	448,00	mm
Altezza utile in direzione 2 per momenti negativi	$d_{2,neg}$	=	438,00	mm
Coefficiente di riduzione per effetto della fessurazione	$v$	=	0,500	-
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)	$V_{Rd1,max,pos}$	=	1843,7	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)	$V_{Rd2,max,pos}$	=	1802,6	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)	$V_{Rd1,max,neg}$	=	1843,7	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)	$V_{Rd2,max,neg}$	=	1802,6	kN
Verifica di idoneità della sezione	$\delta_{1,pos}$	=	✓ 0,00	-
	$\delta_{2,pos}$	=	✓ 0,10	-
	$\delta_{1,neg}$	=	✓ 0,25	-
	$\delta_{2,neg}$	=	✓ 0,10	-

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

**RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE PRIVA DI ARMATURA IDONEA A RESISTERE AL TAGLIO**

Coefficiente di resistenza al taglio	$C_{Rd,c}$	=	0,12	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti positivi	$k_{1,pos}$	=	1,668	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti positivi	$k_{2,pos}$	=	1,676	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti negativi	$k_{1,neg}$	=	1,668	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti negativi	$k_{2,neg}$	=	1,676	-
Armatura tesa inferiore in direzione 1	$A_{inf,1}$	=	2262	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa superiore in direzione 1	$A_{sup,1}$	=	2262	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa inferiore in direzione 2	$A_{inf,2}$	=	1571	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa superiore in direzione 2	$A_{sup,2}$	=	1571	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti positivi	$\rho_{1,pos}$	=	0,00505	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,pos}$	=	0,00359	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti negativi	$\rho_{1,neg}$	=	0,00505	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti negativi	$\rho_{2,neg}$	=	0,00359	-
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 1	$\sigma_1$	=	0,264	MPa
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 2	$\sigma_2$	=	0,005	MPa
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)</b>	$V_{Rd1,c,pos}$	=	<b>456,2</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)</b>	$V_{Rd2,c,pos}$	=	<b>306,2</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)</b>	$V_{Rd1,c,neg}$	=	<b>456,2</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)</b>	$V_{Rd2,c,neg}$	=	<b>306,2</b>	<b>kN</b>
Verifica di idoneità della sezione priva di armatura a taglio	$\delta_{1,pos}$	=	✓ 0,00	-
	$\delta_{2,pos}$	=	✓ 0,59	-
	$\delta_{1,neg}$	=	✓ 0,99	-
	$\delta_{2,neg}$	=	✓ 0,59	-

Figura 52 Tabulato verifica a taglio soletta

### 8.6.3 Verifica Soletta Inferiore SLU-SLV

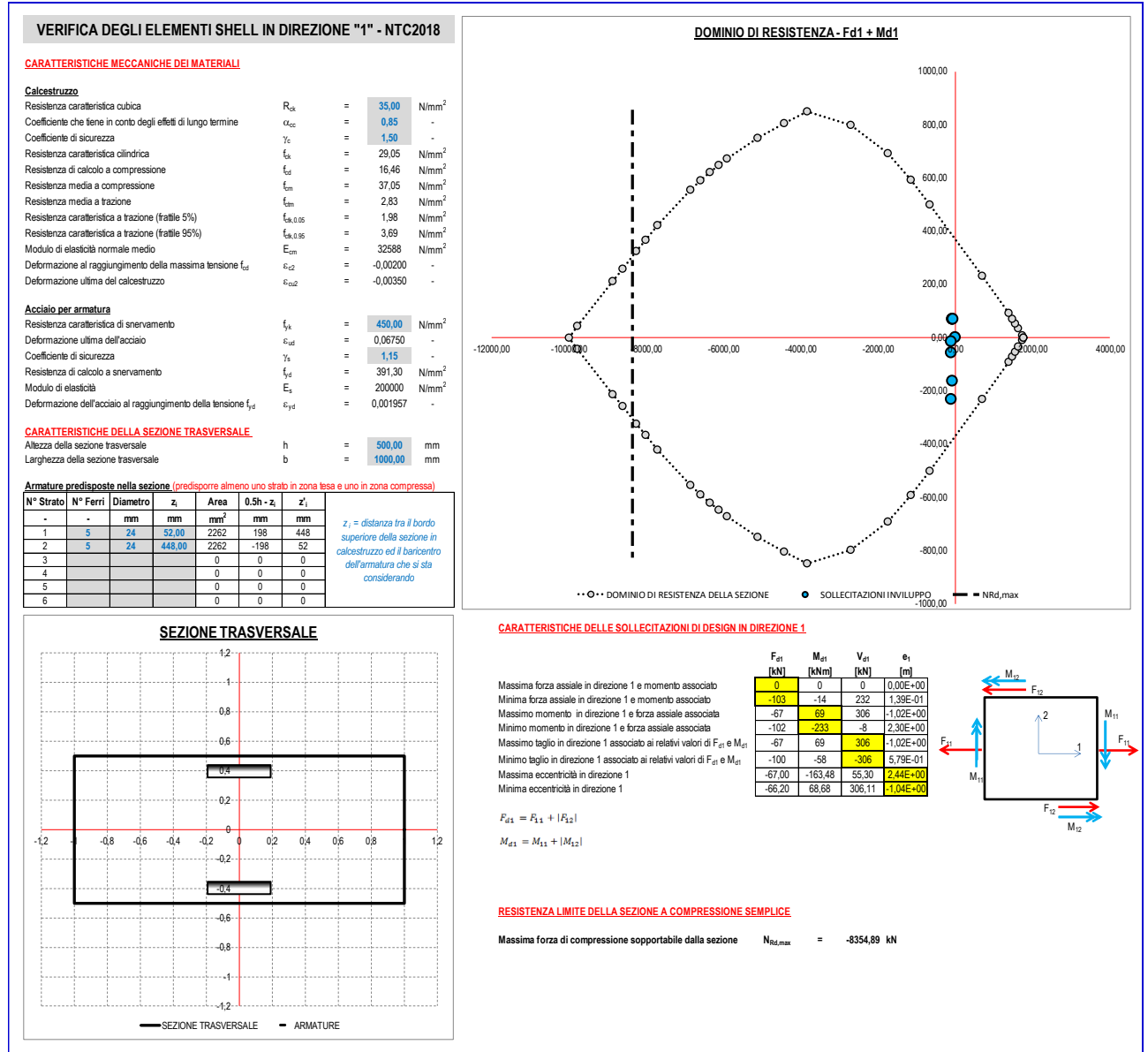


Figura 53 Tabulato verifica soletta

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

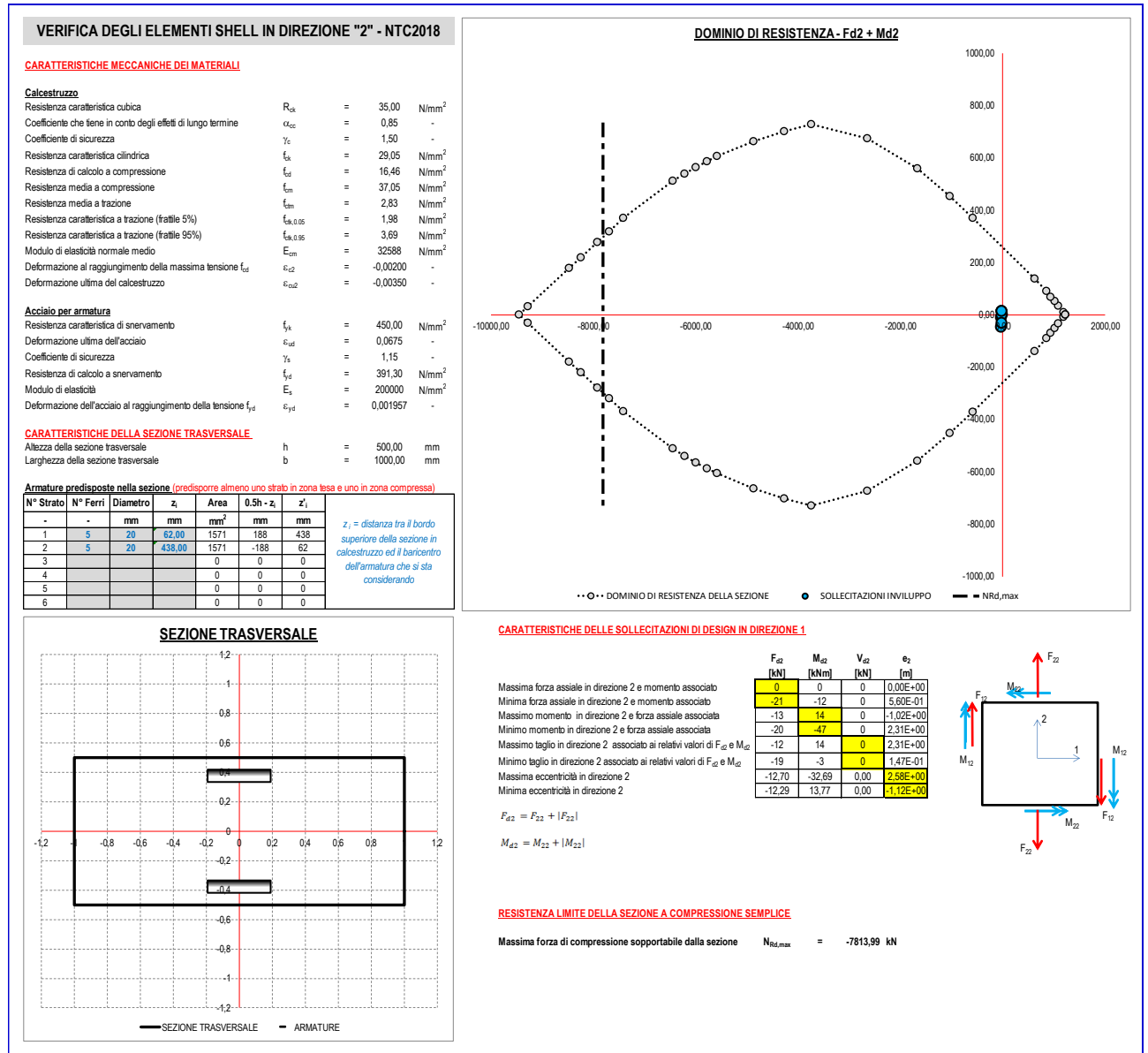


Figura 54 Tabulato verifica soletta

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

## VERIFICA A TAGLIO DEGLI ELEMENTI SHELL - NTC2018

### CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

#### Calcestruzzo

Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	=	35,00	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente che tiene in conto degli effetti di lungo termine	$\alpha_{cc}$	=	0,85	-
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_c$	=	1,50	-
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	=	29,05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	=	16,46	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione	$f_{cm}$	=	37,05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione	$f_{ctm}$	=	2,83	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk,0.05}$	=	1,98	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk,0.95}$	=	3,69	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità normale medio	$E_{cm}$	=	32588	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione al raggiungimento della massima tensione $f_{cd}$	$\varepsilon_{c2}$	=	-0,0020	-
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\varepsilon_{cu2}$	=	-0,0035	-

#### Acciaio per armatura

Resistenza caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione ultima dell'acciaio	$\varepsilon_{ud}$	=	0,0675	-
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_s$	=	1,15	-
Resistenza di calcolo a snervamento	$f_{yd}$	=	391,30	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	$E_s$	=	200000	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione dell'acciaio al raggiungimento della tensione $f_{yd}$	$\varepsilon_{yd}$	=	0,001957	-

### CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza della sezione trasversale	$h$	=	500	mm
Larghezza della sezione trasversale	$b$	=	1000	mm

### SOLLECITAZIONI DI TAGLIO

Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,1,pos}$	=	306,1	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,2,pos}$	=	0,0	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,1,neg}$	=	305,8	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,2,neg}$	=	0,0	kN

### RESISTENZA LIMITE A TAGLIO DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza utile in direzione 1 per momenti positivi	$d_{1,pos}$	=	448,00	mm
Altezza utile in direzione 2 per momenti positivi	$d_{2,pos}$	=	438,00	mm
Altezza utile in direzione 1 per momenti negativi	$d_{1,neg}$	=	448,00	mm
Altezza utile in direzione 2 per momenti negativi	$d_{2,neg}$	=	438,00	mm
Coefficiente di riduzione per effetto della fessurazione	$v$	=	0,500	-
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)	$V_{Rd1,max,pos}$	=	1843,7	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)	$V_{Rd2,max,pos}$	=	1802,6	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)	$V_{Rd1,max,neg}$	=	1843,7	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)	$V_{Rd2,max,neg}$	=	1802,6	kN

### Verifica di idoneità della sezione

	$\delta_{1,pos}$	=	✓	0,17	-
	$\delta_{2,pos}$	=	✓	0,00	-
	$\delta_{1,neg}$	=	✓	0,17	-
	$\delta_{2,neg}$	=	✓	0,00	-

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

**RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE PRIVA DI ARMATURA IDONEA A RESISTERE AL TAGLIO**

Coefficiente di resistenza al taglio	$C_{Rd,c}$	=	0,12	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti positivi	$k_{1,pos}$	=	1,668	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti positivi	$k_{2,pos}$	=	1,676	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti negativi	$k_{1,neg}$	=	1,668	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti negativi	$k_{2,neg}$	=	1,676	-
Armatura tesa inferiore in direzione 1	$A_{inf,1}$	=	2262	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa superiore in direzione 1	$A_{sup,1}$	=	2262	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa inferiore in direzione 2	$A_{inf,2}$	=	1571	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa superiore in direzione 2	$A_{sup,2}$	=	1571	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti positivi	$\rho_{1,pos}$	=	0,00505	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,pos}$	=	0,00359	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti negativi	$\rho_{1,neg}$	=	0,00505	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti negativi	$\rho_{2,neg}$	=	0,00359	-
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 1	$\sigma_1$	=	0,134	MPa
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 2	$\sigma_2$	=	0,025	MPa
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)</b>	<b><math>V_{Rd1,c,pos}</math></b>	=	<b>447,5</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)</b>	<b><math>V_{Rd2,c,pos}</math></b>	=	<b>307,5</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)</b>	<b><math>V_{Rd1,c,neg}</math></b>	=	<b>447,5</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)</b>	<b><math>V_{Rd2,c,neg}</math></b>	=	<b>307,5</b>	<b>kN</b>
<b>Verifica di idoneità della sezione priva di armatura a taglio</b>	<b><math>\delta_{1,pos}</math></b>	=	<b>✓ 0,68</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{2,pos}</math></b>	=	<b>✓ 0,00</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{1,neg}</math></b>	=	<b>✓ 0,68</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{2,neg}</math></b>	=	<b>✓ 0,00</b>	<b>-</b>

Figura 55 Tabulato verifica a taglio soletta



### 8.6.4 Verifica Piedritti SLU-SLV

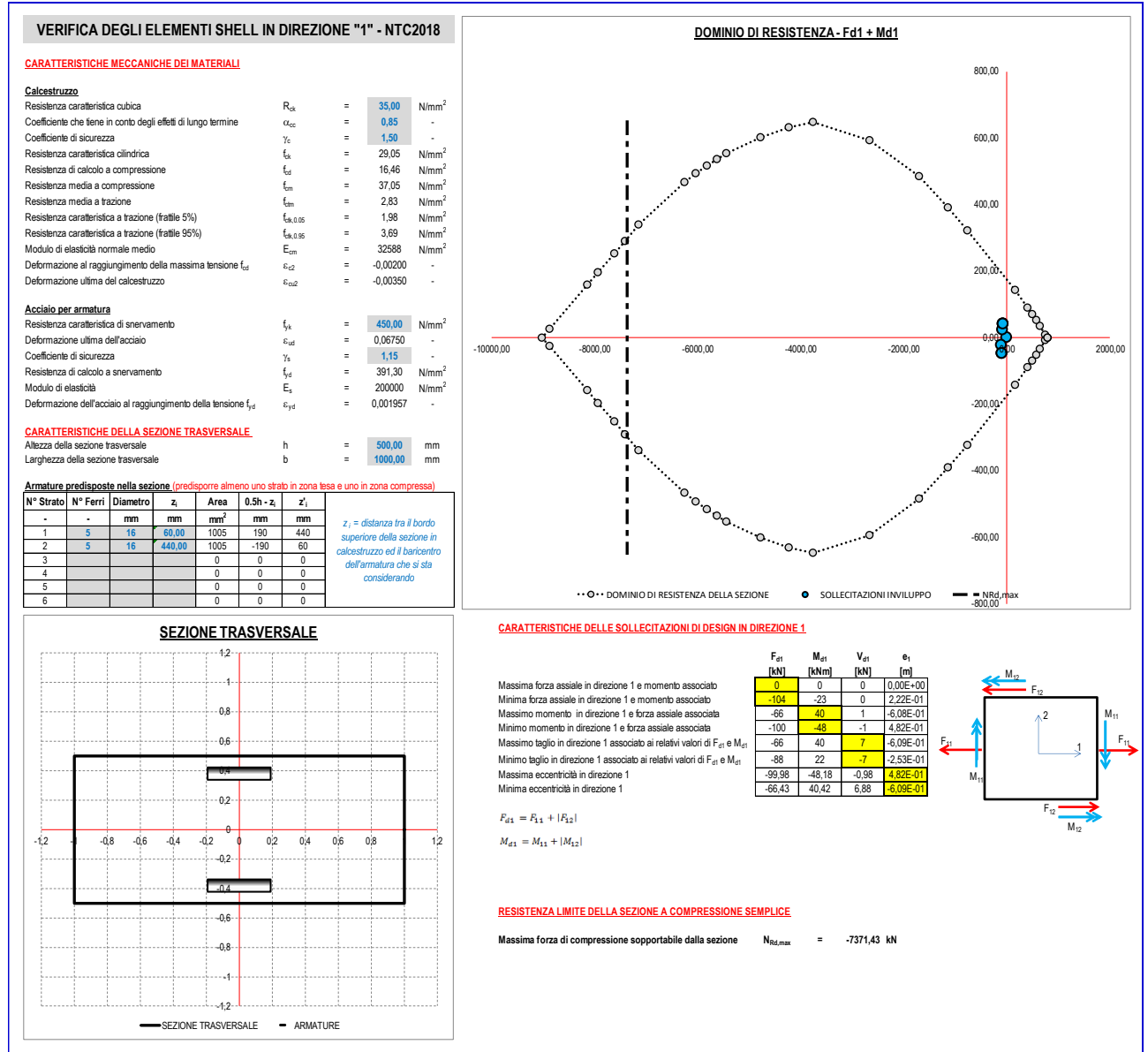


Figura 56 Verifica piedritti

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".  
**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3**

**TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo**

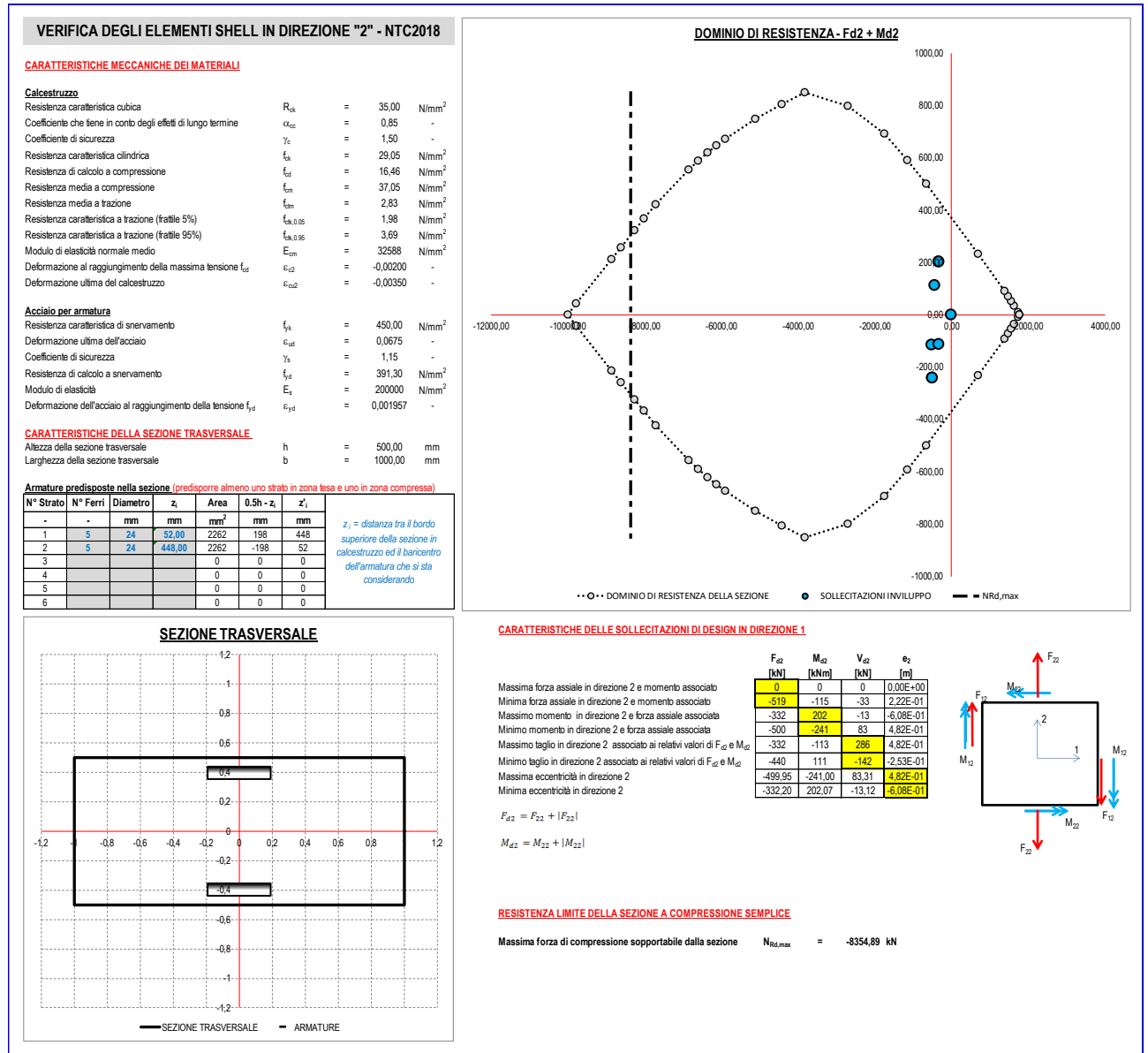


Figura 57 Tabulato verifica piedritti

## VERIFICA A TAGLIO DEGLI ELEMENTI SHELL - NTC2018

### CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

#### Calcestruzzo

Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	=	35,00	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente che tiene in conto degli effetti di lungo termine	$\alpha_{cc}$	=	0,85	-
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_c$	=	1,50	-
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	=	29,05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	=	16,46	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione	$f_{cm}$	=	37,05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione	$f_{ctm}$	=	2,83	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk,0.05}$	=	1,98	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk,0.95}$	=	3,69	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità normale medio	$E_{cm}$	=	32588	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione al raggiungimento della massima tensione $f_{cd}$	$\varepsilon_{c2}$	=	-0,0020	-
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\varepsilon_{cu2}$	=	-0,0035	-

#### Acciaio per armatura

Resistenza caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione ultima dell'acciaio	$\varepsilon_{ud}$	=	0,0675	-
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_s$	=	1,15	-
Resistenza di calcolo a snervamento	$f_{yd}$	=	391,30	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	$E_s$	=	200000	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione dell'acciaio al raggiungimento della tensione $f_{yd}$	$\varepsilon_{yd}$	=	0,001957	-

### CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza della sezione trasversale	$h$	=	500	mm
Larghezza della sezione trasversale	$b$	=	1000	mm

### SOLLECITAZIONI DI TAGLIO

Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,1,pos}$	=	6,9	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,2,pos}$	=	141,6	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,1,neg}$	=	0,0	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,2,neg}$	=	141,6	kN

### RESISTENZA LIMITE A TAGLIO DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza utile in direzione 1 per momenti positivi	$d_{1,pos}$	=	440,00	mm
Altezza utile in direzione 2 per momenti positivi	$d_{2,pos}$	=	448,00	mm
Altezza utile in direzione 1 per momenti negativi	$d_{1,neg}$	=	440,00	mm
Altezza utile in direzione 2 per momenti negativi	$d_{2,neg}$	=	448,00	mm
Coefficiente di riduzione per effetto della fessurazione	$\nu$	=	0,500	-
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)	$V_{Rd1,max,pos}$	=	1810,8	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)	$V_{Rd2,max,pos}$	=	1843,7	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)	$V_{Rd1,max,neg}$	=	1810,8	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)	$V_{Rd2,max,neg}$	=	1843,7	kN
Verifica di idoneità della sezione	$\delta_{1,pos}$	=	✓ 0,00	-
	$\delta_{2,pos}$	=	✓ 0,08	-
	$\delta_{1,neg}$	=	✓ 0,00	-
	$\delta_{2,neg}$	=	✓ 0,08	-

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

**RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE PRIVA DI ARMATURA IDONEA A RESISTERE AL TAGLIO**

Coefficiente di resistenza al taglio	$C_{Rd,c}$	=	0,12	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti positivi	$k_{1,pos}$	=	1,674	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti positivi	$k_{2,pos}$	=	1,668	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti negativi	$k_{1,neg}$	=	1,674	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti negativi	$k_{2,neg}$	=	1,668	-
Armatura tesa inferiore in direzione 1	$A_{inf,1}$	=	1005	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa superiore in direzione 1	$A_{sup,1}$	=	1005	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa inferiore in direzione 2	$A_{inf,2}$	=	2262	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa superiore in direzione 2	$A_{sup,2}$	=	2262	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti positivi	$\rho_{1,pos}$	=	0,00228	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,pos}$	=	0,00505	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti negativi	$\rho_{1,neg}$	=	0,00228	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti negativi	$\rho_{2,neg}$	=	0,00505	-
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 1	$\sigma_1$	=	0,133	MPa
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 2	$\sigma_2$	=	0,665	MPa
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)</b>	<b><math>V_{Rd1,c,pos}</math></b>	=	<b>204,3</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)</b>	<b><math>V_{Rd2,c,pos}</math></b>	=	<b>483,1</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)</b>	<b><math>V_{Rd1,c,neg}</math></b>	=	<b>204,3</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)</b>	<b><math>V_{Rd2,c,neg}</math></b>	=	<b>483,1</b>	<b>kN</b>
<b>Verifica di idoneità della sezione priva di armatura a taglio</b>	<b><math>\delta_{1,pos}</math></b>	=	<b>0,03</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{2,pos}</math></b>	=	<b>0,29</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{1,neg}</math></b>	=	<b>0,00</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{2,neg}</math></b>	=	<b>0,29</b>	<b>-</b>

Figura 58 Tabulato verifica a taglio piedritti

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

## 8.6.5 Verifica SLE Soletta superiore

Sollecitazioni da Inviluppo combinazioni SLE QP quasi permanenti, SLE FREQUENTE e SLE RARA/caratteristica :

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS		
Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica		
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	223,0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15,0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	500 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [mm]
Copriferro	$d'$	40 [mm]
Altezza utile della sezione	$d$	460 [mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2262 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	2262 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	128,44 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	4701572678 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	17,43 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>6,09 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>235,89 [MPa]</b>

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS		
Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente		
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	163,0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15,0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	500 [-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [-]
Copriferro	$d'$	40 [-]
Altezza utile della sezione	$d'$	460 [-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2262 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	2262 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	128,44 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	4701572678 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	13,0725 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>4,45 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>172,42 [MPa]</b>

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS		
Controllo tensionale per la Combinazione Frequente		
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	204,0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15,0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	500 [MPa]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [-]
Copriferro	$d'$	40 [kNm]
Altezza utile della sezione	$d'$	460 [kNm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2262 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	2262 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	128,44 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	4701572678 [mm <sup>4</sup> ]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>5,57 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>215,79 [MPa]</b>

**Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".**

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3**

**TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo**

<b>CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLS</b>			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	500	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	40	[mm]
Altezza utile della sezione	d	460	[mm]
Area dell'armatura tesa	A <sub>s</sub>	2262	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	A' <sub>s</sub>	2262	[mm <sup>2</sup> ]
Distanza tra il bordo del cls e l'armatura	c	40	[mm]
Distanza tra i baricentri delle barre	s	200	[mm]
Distanza massima di riferimento tra le barre	s <sub>rl,max</sub>	260	[mm]
<b>Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Quasi Permanente</b>			
<b>Momento sollecitante per la combinazione Quasi Permanente</b>	<b>M<sub>Ed,q.p.</sub></b>	<b>163</b>	<b>[kNm]</b>
Durata del carico		breve	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	128,44	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	172,42	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	2,8	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>t</sub>	0,6	[-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	100	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	100000	[mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0,02262	[-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6,32	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0,000420	[-]
		0,000502	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	24,00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0,8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0,5	[-]
	k <sub>3</sub>	3,4	[-]
	k <sub>4</sub>	0,425	[-]
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	316,38	[mm]
		316,38	[mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0,1587</b>	<b>[mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0,2</b>	<b>[mm]</b>
<b>Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente</b>			
<b>Momento sollecitante per la combinazione Frequente</b>	<b>M<sub>Ed,req.</sub></b>	<b>204</b>	<b>[kNm]</b>
Durata del carico		breve	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	128,44	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	215,79	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	2,8	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>t</sub>	0,6	[-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	100	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	100000	[mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0,02262	[-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6,32	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0,000630	[-]
		0,000630	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	24,00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0,8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0,5	[-]
	k <sub>3</sub>	3,4	[-]
	k <sub>4</sub>	0,425	[-]
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	316,38	[mm]
		316,38	[mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0,1994</b>	<b>[mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0,2</b>	<b>[mm]</b>
<b>Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica</b>			
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b>M<sub>Ed,char.</sub></b>	<b>223</b>	<b>[kNm]</b>
Durata del carico		breve	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	128,44	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	235,89	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	2,8	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>t</sub>	0,6	[-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	100	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	100000	[mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0,02262	[-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6,32	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0,000728	[-]
		0,000728	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	24,00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0,8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0,5	[-]
	k <sub>3</sub>	3,4	[-]
	k <sub>4</sub>	0,425	[-]
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	316,38	[mm]
		316,38	[mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0,2303</b>	<b>[mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0,3</b>	<b>[mm]</b>

**Figura 59 tabulato verifica soletta superiore SLE**

La sezione della soletta superiore di spessore pari a 50 cm., risulta verificata anche agli stati limiti di esercizio e fessurazione.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

## 8.6.6 Verifica SLE Soletta inferiore

Sollecitazioni massime da Inviluppo combinazioni SLE QP quasi permanenti, SLE FREQUENTE e SLE RARA/caratteristica :

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS			
Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	170,0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15,0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	500	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[mm]
Copriferro	$d'$	40	[mm]
Altezza utile della sezione	$d$	460	[mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2262	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	2262	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	128,44	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	4701572678	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	17,43	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	$\sigma_c$	<b>4,64</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	$\sigma_s$	<b>179,83</b>	<b>[MPa]</b>

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS			
Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	167,0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15,0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	500	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[-]
Copriferro	$d'$	40	[-]
Altezza utile della sezione	$d'$	460	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2262	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	2262	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	128,44	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	4701572678	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	13,0725	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	$\sigma_c$	<b>4,56</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	$\sigma_s$	<b>176,65</b>	<b>[MPa]</b>

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS			
Controllo tensionale per la Combinazione Frequente			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	169,0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15,0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	500	[MPa]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[-]
Copriferro	$d'$	40	[kNm]
Altezza utile della sezione	$d'$	460	[kNm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2262	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	2262	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	128,44	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	4701572678	[mm <sup>4</sup> ]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	$\sigma_c$	<b>4,62</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	$\sigma_s$	<b>178,77</b>	<b>[MPa]</b>

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLS			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	500	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	40	[mm]
Altezza utile della sezione	d	460	[mm]
Area dell'armatura tesa	A <sub>s</sub>	2262	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	A' <sub>s</sub>	2262	[mm <sup>2</sup> ]
Distanza tra il bordo del cls e l'armatura	c	40	[mm]
Distanza tra i baricentri delle barre	s	200	[mm]
Distanza massima di riferimento tra le barre	s <sub>ref,max</sub>	260	[mm]
Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Quasi Permanente			
<b>Momento sollecitante per la combinazione Quasi Permanente</b>	<b>M<sub>Ed,q.p.</sub></b>	<b>167</b>	<b>[kNm]</b>
Durata del carico		breve	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	128,44	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	176,65	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	2,8	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>1</sub>	0,6	[-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	100	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	100000	[mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0,02262	[-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6,32	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0,000440	[-]
		0,000515	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	24,00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0,8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0,5	[-]
		3,4	[-]
		0,425	[-]
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	316,38	[mm]
		316,38	[mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0,1628</b>	<b>[mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0,2</b>	<b>[mm]</b>
Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente			
<b>Momento sollecitante per la combinazione Frequente</b>	<b>M<sub>Ed,req.</sub></b>	<b>169</b>	<b>[kNm]</b>
Durata del carico		breve	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	128,44	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	178,77	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	2,8	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>1</sub>	0,6	[-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	100	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	100000	[mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0,02262	[-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6,32	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0,000451	[-]
		0,000521	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	24,00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0,8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0,5	[-]
		3,4	[-]
		0,425	[-]
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	316,38	[mm]
		316,38	[mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0,1647</b>	<b>[mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0,2</b>	<b>[mm]</b>
Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica			
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b>M<sub>Ed,charatt.</sub></b>	<b>170</b>	<b>[kNm]</b>
Durata del carico		breve	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	128,44	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	179,83	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	2,8	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>1</sub>	0,6	[-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	100	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	100000	[mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0,02262	[-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6,32	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0,000456	[-]
		0,000524	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	24,00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0,8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0,5	[-]
		3,4	[-]
		0,425	[-]
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	316,38	[mm]
		316,38	[mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0,1657</b>	<b>[mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0,3</b>	<b>[mm]</b>

Figura 60 tabulato verifica soletta inferiore SLE



Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

---

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

La sezione della soletta inferiore di spessore pari a 50 cm., risulta verificata anche agli stati limiti di esercizio e fessurazione.

### **8.6.7 Verifica SLE Piedritti**

Sollecitazioni da inviluppo combinazioni SLE QP quasi permanenti, SLE FREQUENTE e SLE RARA/caratteristica :

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

VERIFICA A FESSURAZIONE + TENSIONI DI ESERCIZIO - COND. Q. PERM.					
B	100 cm		Md	138 kNm	
H	50 cm		Nd	338,62 kN	
c	3 cm		Rck	35	
d	47 cm		fck	29,05	
nbarre	5		fctm	2,834993	
dmedio	2,40 cm		fctm/1.2	2,36 N/mm <sup>2</sup>	
c'	1,80 cm		fyd	391,31 N/mm <sup>2</sup>	
deff1	19,8 cm		fyk	450 N/mm <sup>2</sup>	
deff2	14,88 cm				
def	14,9 cm				
Determinazione asse neutro - sezione parzializzata - armatura simmetrica:					
PRESSOFLESSIONE RETTA			FLESSIONE SEMPLICE RETTA		
$y^3 + 3(e-H/2)y^2 + 12n\left(\frac{A_s}{b}\right)ey - 6\left(\frac{A_s}{b}\right)(hd+hc) = 0$			$\frac{by^2}{2} + nA'_s(y-c) - nA_s(d-y) = 0$		
TENSIONI DI ESERCIZIO - determinazione $\sigma_{se}$					
b [cm] =	100	d [cm] =	47	c [cm] =	3
Md=	138,00 kNm				
Nd=	338,62 kN				
e=	40,75 cm				
A's=	22,62 cm <sup>2</sup>				
As=	22,62 cm <sup>2</sup>				
AsI=	45,24 cm <sup>2</sup>				
h=	62,75 cm				
h'=	18,75 cm				
$\Delta$ =	0,00 cm <sup>3</sup>				
y=	20,23 cm				
Jid=	619847,3777 cm <sup>4</sup>				
$\sigma_{c\_max}$	4,50 N/mm <sup>2</sup>	<	0,45fck=	13,0725 N/mm <sup>2</sup>	OK
$\sigma_{s\_max}$	89,40 N/mm <sup>2</sup>				
determinazione $\sigma_{sr}$					
B	100 cm				
Cracking Moment	132,74 kNm				
b [cm] =	100	d [cm] =	47	c [cm] =	3
Md=	132,74 kNm	y_G =	25,00 cm	Jid =	1370101 cm <sup>4</sup>
Nd=	338,62 kN	H=	50 cm	Wid =	54804,05 cm <sup>3</sup>
e=	39,20095868 cm	h=	61,20 cm	Aid=	5678,584 cm <sup>2</sup>
A's=	22,62 cm <sup>2</sup>	h'=	61,20 cm		
As=	22,62 cm <sup>2</sup>				
AsI=	45,24 cm <sup>2</sup>				
$\Delta$ =	0,00 cm <sup>3</sup>				
y=	21,15 cm				
Jid=	654022,4024 cm <sup>4</sup>				
$\sigma_{c\_max}$	4,29 N/mm <sup>2</sup>				
$\sigma_{s\_max}$	78,69 N/mm <sup>2</sup>				
determinazione $\epsilon_{sm}$					
$\beta_1$	0,4			c'	1,80 cm
$\beta_2$	0,5			s	20,00 cm
$E_s$	206000 N/mm <sup>2</sup>			k2	0,4
$\epsilon_{sm}$	0,037%			k3	0,125
				$\phi$	2,40 cm
				nbarre	5
$s_{rm}$	15,49673708 cm			As	22,62 cm <sup>2</sup>
$w_{rm}$	0,056832359 mm			b	100 cm
				Ac,eff	1488,50 cm <sup>2</sup>
				$\rho_r$	0,015196
determinazione $w_d$					
$w_d$	0,097 mm	$w_{lim}$	0,2 mm		OK

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

VERIFICA A FESSURAZIONE + TENSIONI DI ESERCIZIO - COND. FREQ.					
B	100 cm	Md	158 kNm		
H	50 cm	Nd	387 kN		
c	3 cm	Rck	35		
d	47 cm	fck	29,05		
nbarre	5	fctm	2,834993		
dmedio	2,40 cm	fctm/1.2	2,36 N/mm <sup>2</sup>		
c'	1,80 cm	fyd	391,31 N/mm <sup>2</sup>		
deff1	19,8 cm	fyk	450 N/mm <sup>2</sup>		
deff2	14,89 cm				
deff	14,9 cm				
Determinazione asse neutro - sezione parzializzata - armatura simmetrica:					
PRESSOFLESSIONE RETTA			FLESSIONE SEMPLICE RETTA		
$y^3 + 3(e-H/2)y^2 + 12\left(\frac{A_s}{b}\right)ey - 6\left(\frac{A_s}{b}\right)(hd+hc) = 0 \quad \frac{by^2}{2} + nA'_s(y-c) - nA_s(d-y) = 0$					
TENSIONI DI ESERCIZIO - determinazione $\sigma_s$					
b [cm] =	100	d [cm] =	47	c [cm] =	3
Md=	158,00 kNm				
Nd=	387,00 kN				
e=	40,83 cm				
A's=	22,62 cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c\_max} = \frac{M_d}{J_{id}} y$		Risolvi sezione per $\sigma_{se}$	
As=	22,62 cm <sup>2</sup>				
Ast=	45,24 cm <sup>2</sup>	$\sigma_{s\_max} = n \frac{M_d}{J_{id}} (d-y)$		Risolvi sezione per $\sigma_{sr}$	
h=	62,83 cm				
h'=	18,83 cm				
$\Delta$ =	0,00 cm <sup>3</sup>				
y=	20,21 cm				
Jid=	619305,9001 cm <sup>4</sup>				
$\sigma_{c\_max}$	5,16 N/mm <sup>2</sup>				
$\sigma_{s\_max}$	102,51 N/mm <sup>2</sup>				
determinazione $\sigma_{sr}$					
B	100 cm	Sezione integra, zona di trazione			
Mfess	133,21 kNm				
b [cm] =	100	d [cm] =	47	c [cm] =	3
Md=	133,21 kNm	y_G =	25,00 cm	Jid =	1370101 cm <sup>4</sup>
Nd=	387,00 kN	H=	50 cm	Wid =	54804,05 cm <sup>3</sup>
e=	34,42098243 cm	h=	56,42 cm	Aid=	5678,584 cm <sup>2</sup>
A's=	22,62 cm <sup>2</sup>	h'=	56,42 cm		
As=	22,62 cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c\_max} = \frac{M_{fess}}{J_{id}} y$		Risolvi sezione per $\sigma_{sr}$	
Ast=	45,24 cm <sup>2</sup>				
$\Delta$ =	0,00 cm <sup>3</sup>	$\sigma_{s\_max} = n \frac{M_{fess}}{J_{id}} (d-y)$		Risolvi sezione per $\sigma_{sr}$	
y=	22,55 cm				
Jid=	714600,1236 cm <sup>4</sup>				
$\sigma_{c\_max}$	4,20 N/mm <sup>2</sup>				
$\sigma_{s\_max}$	68,37 N/mm <sup>2</sup>				
determinazione $\epsilon_{sm}$					
$\beta_1$	0,4			c'	1,80 cm
$\beta_2$	0,5			s	20,00 cm
E <sub>s</sub>	206000 N/mm <sup>2</sup>			k2	0,4
$\epsilon_{sm}$	0,045%			k3	0,125
				$\phi$	2,40 cm
S <sub>rm</sub>	15,5009113 cm			nbarre	5
W <sub>m</sub>	0,07026873 mm			As	22,62 cm <sup>2</sup>
				b	100 cm
				Ac,eff	1489,29 cm <sup>2</sup>
				$\rho_r$	0,015188
determinazione $w_d$					
$w_d$	0,119 mm	$w_{lim}$	0,2 mm	OK	

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

VERIFICA A FESSURAZIONE + TENSIONI DI ESERCIZIO - COND. CARATTERISTICA					
B	100 cm		Md	164 kNm	
H	50 cm		Nd	398 kN	
c	3 cm		Rck	35	
d	47 cm		fck	29,05	
nbarre	5		fctm	2,834993	
dmedio	2,40 cm		fctm/1.2	2,36 N/mm <sup>2</sup>	
c'	1,80 cm		fyd	391,31 N/mm <sup>2</sup>	
deff1	19,8 cm		fyk	450 N/mm <sup>2</sup>	
deff2	14,93 cm				
deff	14,9 cm				
Determinazione asse neutro - sezione parzializzata - armatura simmetrica:					
PRESSOFLESSIONE RETTA			FLESSIONE SEMPLICE RETTA		
$y^3 + 3(e-H/2)y^2 + 12n\left(\frac{A_s}{b}\right)ey - 6\left(\frac{A_s}{b}\right)(hd+hc) = 0$			$\frac{by^2}{2} + nA'_s(y-c) - nA_s(d-y) = 0$		
ULS - determinazione $\sigma_s$					
b [cm] =	100	d [cm] =	47	c [cm] =	3
				n =	15
Md=	164,00 kNm				
Nd=	398,00 kN				
e=	41,21 cm				
A's=	22,62 cm <sup>2</sup>				
As=	22,62 cm <sup>2</sup>				
Ast=	45,24 cm <sup>2</sup>				
h=	63,21 cm				
h'=	19,21 cm				
$\Delta$ =	0,00 cm <sup>3</sup>				
y=	20,13 cm				
Jid=	616559,2878 cm <sup>4</sup>				
$\sigma_{c\_max}$	5,36 N/mm <sup>2</sup>	<	0,6fck=	17,43 N/mm <sup>2</sup>	OK
$\sigma_{s\_max}$	107,19 N/mm <sup>2</sup>	<	0,8fck=	360 N/mm <sup>2</sup>	OK
determinazione $\sigma_{sr}$					
B	100 cm				
Mfess	133,32 kNm				
b [cm] =	100	d [cm] =	47	c [cm] =	3
				n =	15
Md=	133,32 kNm	y_G =	25,00 cm	Jid =	1370101 cm <sup>4</sup>
Nd=	398,00 kN	H=	50 cm	Wid =	54804,05 cm <sup>3</sup>
e=	33,49632238 cm	h=	55,50 cm	Aid=	5678,584 cm <sup>2</sup>
A's=	22,62 cm <sup>2</sup>	h'=	55,50 cm		
As=	22,62 cm <sup>2</sup>				
Ast=	45,24 cm <sup>2</sup>				
$\Delta$ =	0,00 cm <sup>3</sup>				
y=	22,87 cm				
Jid=	730297,8658 cm <sup>4</sup>				
$\sigma_{c\_max}$	4,18 N/mm <sup>2</sup>	<	0,6fc=	18 N/mm <sup>2</sup>	OK
$\sigma_{s\_max}$	66,07 N/mm <sup>2</sup>	<	fca=	500 N/mm <sup>2</sup>	OK
determinazione $\epsilon_{sm}$					
$\beta_1$	0,4			c'	1,80 cm
$\beta_2$	0,5			s	20,00 cm
E_s	206000 N/mm <sup>2</sup>			k2	0,4
				k3	0,125
$\epsilon_{sm}$ =	0,048%			$\phi$	2,40 cm
				nbarre	5
s <sub>rm</sub> =	15,52224567 cm			As	22,62 cm <sup>2</sup>
w <sub>m</sub> =	0,074633417 mm			b	100 cm
				Ac,eff	1493,31 cm <sup>2</sup>
				$\rho_r$	0,015147
determinazione w <sub>d</sub>					
w <sub>d</sub> =	0,127 mm	w <sub>lim</sub> =	0,3 mm		OK

Figura 61 tabulato verifica piedritti SLE

## 8.7 ARMATURA

Si riporta nel seguito uno stralcio dello schema di armatura del tombino scatolare, per il quale si rimanda agli elaborati grafici di progetto per maggiori dettagli.

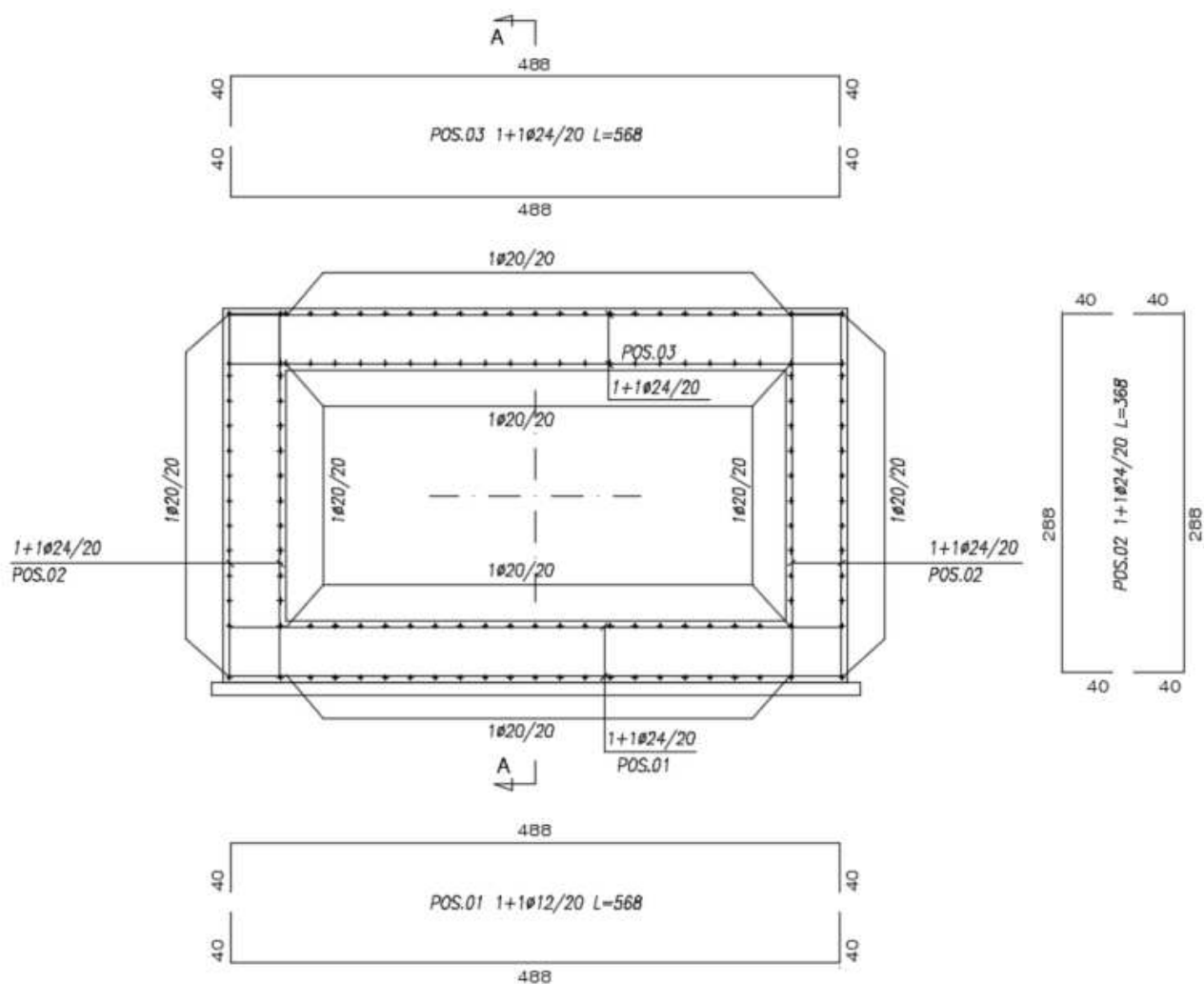


Figura 62 Armatura tombino scatolare

## 9 DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE TOMBINO SCATOLARE DI VALLE IN PROSECUZIONE TOMBINO SS121

Nel presente capitolo è contenuto il calcolo strutturale e le verifiche di resistenza dello scatolare in opera, posto al di sotto di una viabilità locale/parcheggio (a valle anche di una viabilità secondaria parallela alla SS121) in prosecuzione, dopo un pozzetto di raccordo, del tombino al di sotto della SS121 calcolato nel capitolo precedente. Non c'è rilevato sopra il tombino, la viabilità è appena al di sopra dell'estradosso del tombino.

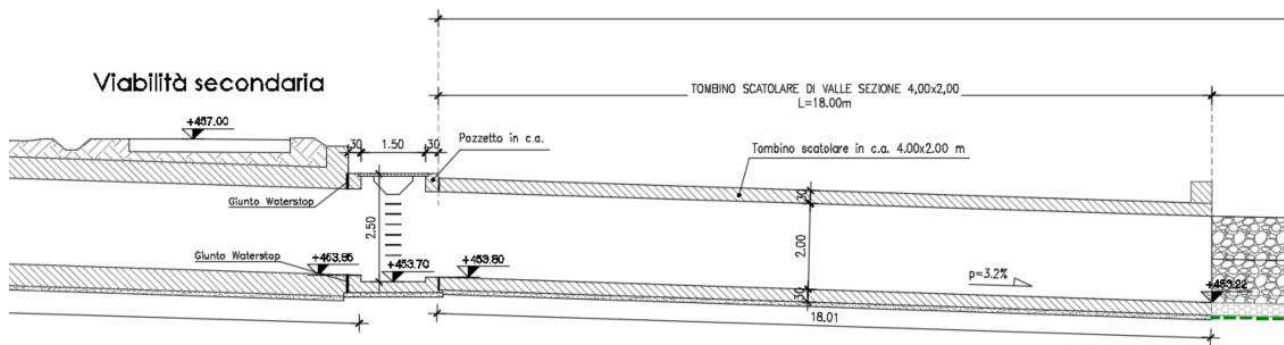


Figura 63 Tombino TP25 a valle della parte di tombino sotto il rilevato stradale

Il manufatto ha lo scopo di realizzare un cunicolo di dimensioni interne 4.00x2.00 m.

La struttura presenta delle dimensioni esterne 4,6(B)x2,6(H) m con uno spessore delle pareti di 30 cm

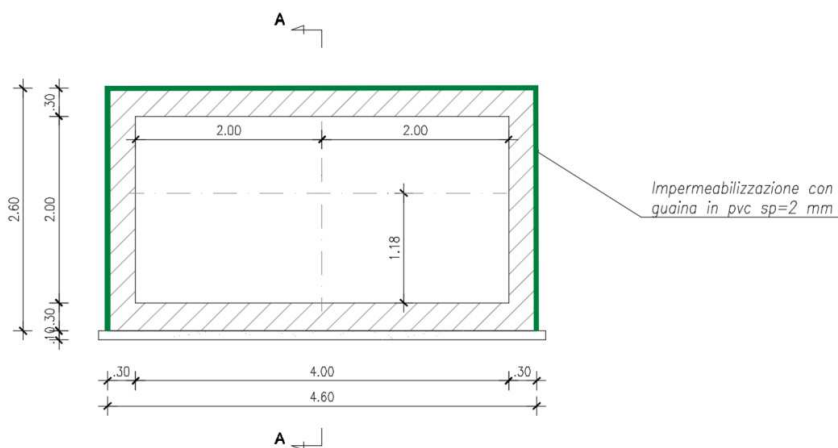


Figura 64 Sezione scatolare

## 9.1 CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo per fondazioni classe C30/37 (fck=30;Rck=37)  
 Calcestruzzo per magrone di sottofondo classe C12/15 (fck=12;Rck=15)

### Acciaio da cemento armato (DM 17/01/2018) e reti elettrosaldate

Acciaio ordinario per strutture in c.a e c.a.p. B450C

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk}$   $\geq 450$

Tensione caratterisitica di rottura  $f_t$   $\geq 540$

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{v, nom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t, nom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
$(f_y/f_{v, nom})_k$	$< 1,35$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$ :	$\geq 7,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 $\phi$	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 $\phi$	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 $\phi$	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 $\phi$	

prospetto 7.1N Valori raccomandati di  $w_{max}$  (mm)

Classe di esposizione	Elementi di calcestruzzo armato normale e precompresso con cavi non aderenti	Elementi precompressi con cavi aderenti
	Combinazione di carico quasi-permanente	Combinazione di carico frequente
X0, XC1	0,4 <sup>1</sup>	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2 <sup>2</sup>
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		Decompressione
Nota 1 Per le classi di esposizione X0, XC1, l'ampiezza delle fessure non influenza la durabilità e questo limite è posto per garantire un aspetto accettabile. In assenza di requisiti relativi all'aspetto questo limite può essere mitigato.		
Nota 2 Per queste classi di esposizione, inoltre, si raccomanda che la decompressione sia verificata sotto la combinazione di carico quasi-permanente.		

stato limite di apertura delle fessure, nel quale il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

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

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_k$	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	$\leq w_1$

## 9.2 CARATTERISTICHE DEI TERRENI DI APPOGGIO E DEL RILEVATO

I terreni di appoggio dovranno essere in grado di assicurare una reazione uniforme. Pertanto qualora ci fossero dei dubbi sulla sua omogeneità, sarà necessario realizzare uno stato di sabbia e/o ghiaia ed un magro di adeguato spessore.

Le caratteristiche sono riassunte di seguito:

### Caratteristiche rilevato:

$$\phi = 38^\circ$$

$$C = 0 \text{ kPa}$$

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

### Caratteristiche terreno di fondazione:

#### LSA

$$\phi = 20^\circ$$

$$C = 5 \text{ kPa}$$

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

La modellazione della struttura e la rielaborazione dei risultati del calcolo sono stati effettuati con: SAP2000 ©, versione 20 prodotto da Computers&Structures inc.

## 9.3 MODELLAZIONE STRUTTURALE

La modellazione strutturale considerata è quella tridimensionale completa dell'elemento scatolare attraverso elementi shell di spessore pari a quello relativo all'elemento strutturale considerato.



Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

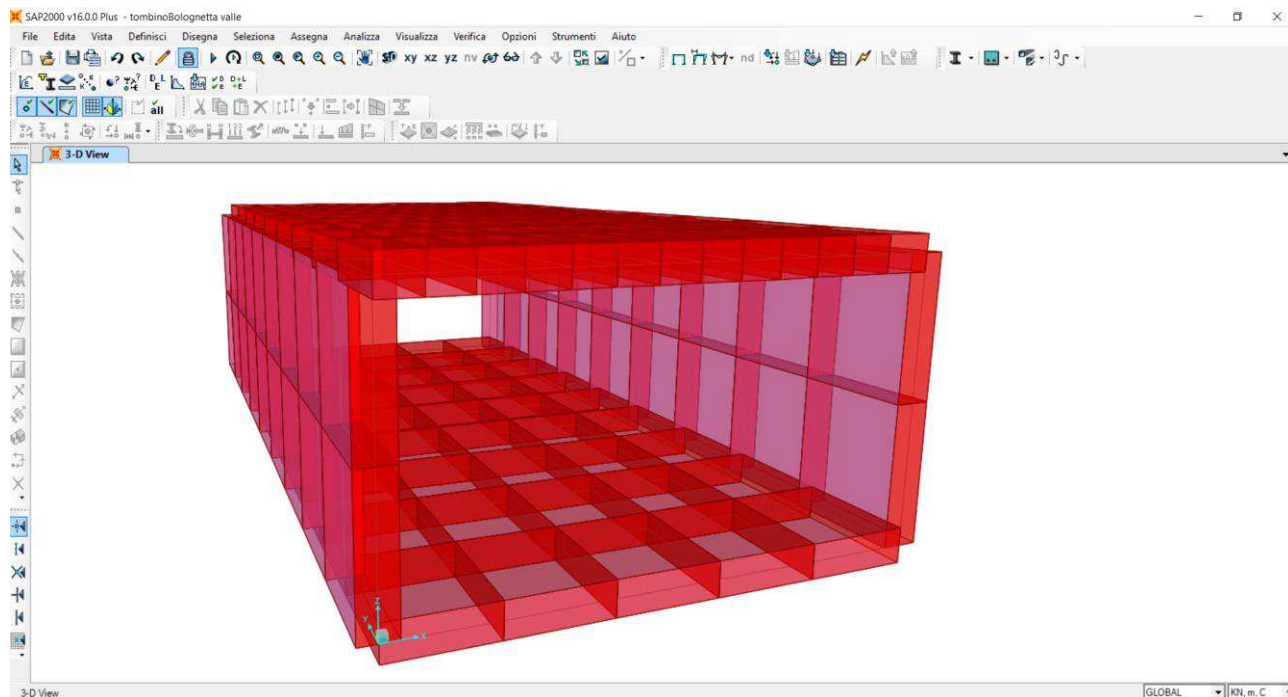


Figura 65 Modello scatolare

Lo scatolare è descritto come una struttura tridimensionale poggiata su suolo alla Winkler.

Per quanto riguarda la rigidità delle molle alla Winkler si riporta il calcolo effettuato (teoria di Bowles):

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

Parametri geotecnici del terreno				
Peso dell'unità di volume - terr. di fondazione saturo	$(\gamma_{sat})$	t/mc		2,00
Peso dell'unità di volume - terr. di fond. immerso	$(\gamma')$	t/mc		1,00
Angolo di attrito interno	$(\varphi)$	°		20,00
Coesione	$(c')$	t/m <sup>2</sup>		0,50
Kp				2,03961
Peso dell'unità di volume - terreno di riporto	$(\gamma_r)$	t/mc		2,00
Peso dell'unità di volume - terreno di riporto saturo	$(\gamma_{r sat})$	t/mc		2,00
Peso dell'unità di volume - terreno di riporto immerso	$(\gamma'_r)$	t/mc		1,00
Peso specifico dell'acqua	$(\gamma_w)$	t/mc		1,00
Caratteristiche geometriche della fondazione				
Larghezza fondazione	B	m		5,00
Lunghezza fondazione	L	m		10,00
Eccentricità larghezza	e <sub>x</sub>	m		0,00
Approfondimento	D	m		9,90
Inclinazione carico	i	°		0,00
Distanza (vedi schema)	a	m		9,90
Larghezza ridotta	B'	m		5,00
Coefficienti di fondazione				
N <sub>q</sub>				6,3994
N <sub>g</sub>				2,8709
N <sub>c</sub>				14,8347
Fattori di forma				
s <sub>c</sub>				1,2040
s <sub>q</sub> = s <sub>g</sub>				1,1020
Fattori di profondità				
d <sub>c</sub>				1,5655
d <sub>q</sub> = d <sub>g</sub>				1,2828
Fattori di inclinazione del carico				
i <sub>q</sub> = i <sub>c</sub>				1,0000
i <sub>g</sub>				1,0000

N <sub>q</sub>	$e^{(\pi \cdot \tan \varphi)}$	$\cdot \tan^2 (45^\circ + \varphi/2)$
N <sub>g</sub>	$(N_q - 1)$	$\tan (1,4 \varphi)$
N <sub>c</sub>	$(N_q - 1)$	$\cotg (\varphi)$
s <sub>c</sub>	$1 + 0,2 \cdot K_p (B/L)$	
s <sub>q</sub> = s <sub>g</sub>	$1 + 0,1 \cdot K_p (B/L)$	
d <sub>c</sub>	$1 + 0,2 K_p^{1/2} \cdot D/B$	
d <sub>q</sub> = d <sub>g</sub>	$1 + 0,1 K_p^{1/2} \cdot D/B$	
i <sub>q</sub> = i <sub>c</sub>	$(1 - i^\circ/90)^\alpha$	
i <sub>g</sub>	$(1 - i^\circ/\varphi)^\alpha$	

As =	C	x	(	Nc	x	c	x	sc	+	0,50	x	Ny	x	sy	x	B	x	γ	)	=
=	40,00	x	(	14,83	x	0,50	x	1,20	+	0,50	x	2,87	x	1,10	x	5,00	x	2000,00	)	=
=	40,00	x	(	8,93	+	15818,41	) =	633093,57												
Bs =	C	x	(	Nq	x	sq	x	γ	) =											
=	40,00	x	(	6,40	x	1,10	x	2000,00	) =	564160,03										
As +	Bs	x	z	=	6218277,88	kg/mc	=	6,22	kg/cmc	=	62182,78	KN/mc								

Tabella 13 Tabulato di calcolo modello di Winkler

La numerazione dei nodi e degli elementi è illustrata nella figura sotto riportata:

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

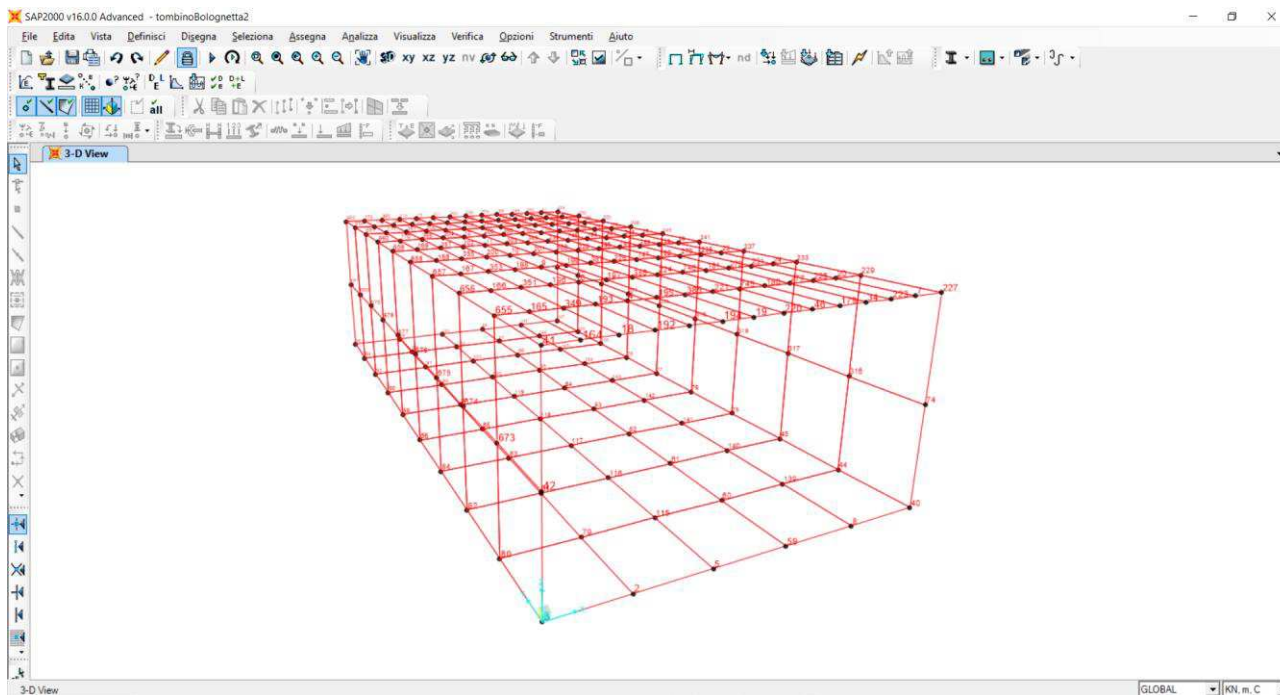


Figura 66 Schematizzazione modello – Numerazione nodi

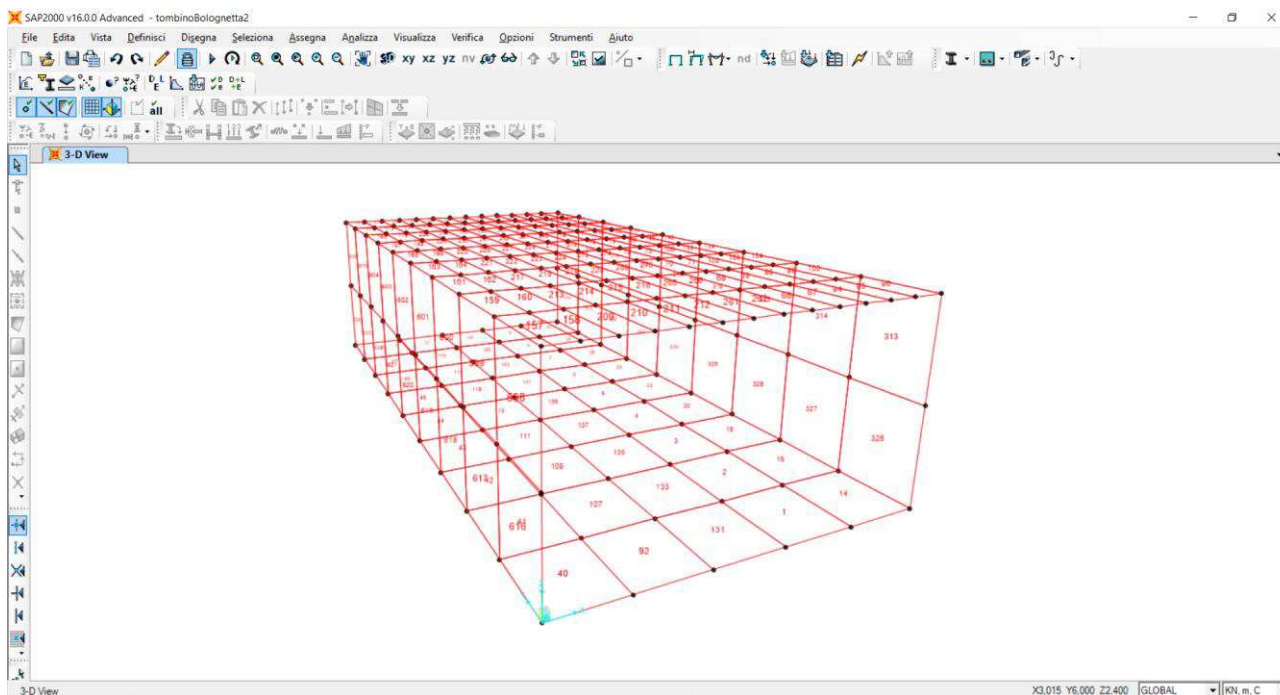


Figura 67 Schematizzazione modello – Numerazione elementi

Le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite. Non è stata considerata la pressione dell'acqua all'interno del manufatto in quanto opposta e della stessa entità di quella del terreno.

Limiti di apertura delle fessure in condizioni ambientali molto aggressive e per armature poco

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

sensibili:

-quasi permanente :

$w < 0.2 \text{ mm}$

Per strutture contenenti liquidi:  $x_d/h > 0.2$

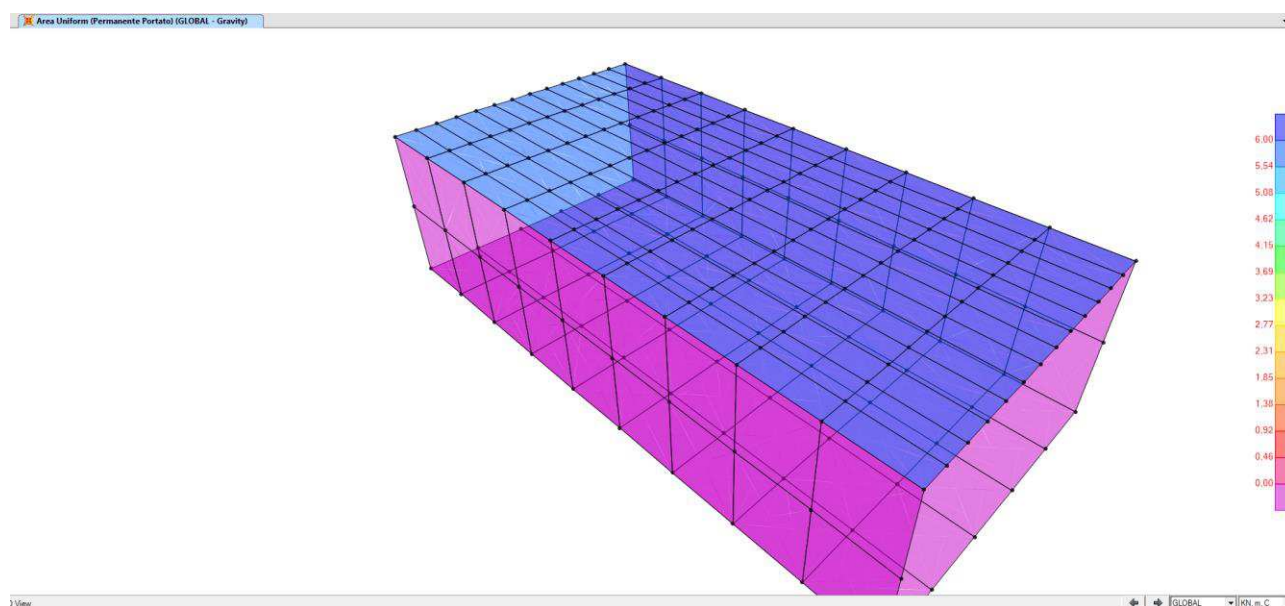
## 9.4 ANALISI DELLE AZIONI CHE AGISCONO SULLA STRUTTURA

### 9.4.1 Descrizione delle condizioni di carico elementari

Si riporta di seguito il calcolo dei carichi e sovraccarichi permanenti, dei carichi mobili, delle coazioni e delle azioni sismiche.

#### Condizioni di carico 1 e 2: Peso Permanente e Permanente portato

Carichi Permanenti				
peso specifico cls		$\gamma_{cls}$	25	KN/m <sup>3</sup>
soletta sup SSUP		P1	7,5	KN/m <sup>2</sup>
soletta inf SINF		P2	7,5	KN/m <sup>2</sup>
piedritti SP		P3	7,5	KN/m <sup>2</sup>
pacchetto stradale	0,3	P4	6	KN/m <sup>2</sup>
ricoprimento Hr	0	P5	0	KN/m <sup>2</sup>



Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

Figura 68 Schematizzazione modello di carico condizioni 1 e 2

### Condizioni di carico 3: spinta dovuta al terreno

Per la valutazione delle spinte laterali è stato considerato :

$$\gamma = 20 \text{ KN/mc}$$

$$\phi = 38^\circ$$

Nel caso in cui i terreni laterali non siano in grado di assicurare tali caratteristiche sarà cura della impresa esecutrice effettuare un rinterro con materiale di adeguate caratteristiche.

La spinta sui piedritti è stata valutata considerando il coefficiente di spinta a riposo:  $K_0 = 0.384$ .

<b>peso specifico terreno <math>\gamma_{ter}</math></b>	<b>20</b>	<b>KN/m<sup>3</sup></b>
<b>angolo d'attrito</b>	<b>38</b>	<b>gradi</b>
<b>coeff. di spinta a riposo <math>k_0</math></b>	0,384	
<b>pss</b>	3,459	<b>KN/m<sup>2</sup></b>
<b>pis</b>	21,14	<b>KN/m<sup>2</sup></b>
<b>coeff. di spinta attiva</b>	0,24	
<b>sovraccarico accidentale laterale del terreno</b>	7,69	<b>KN/m<sup>2</sup></b>

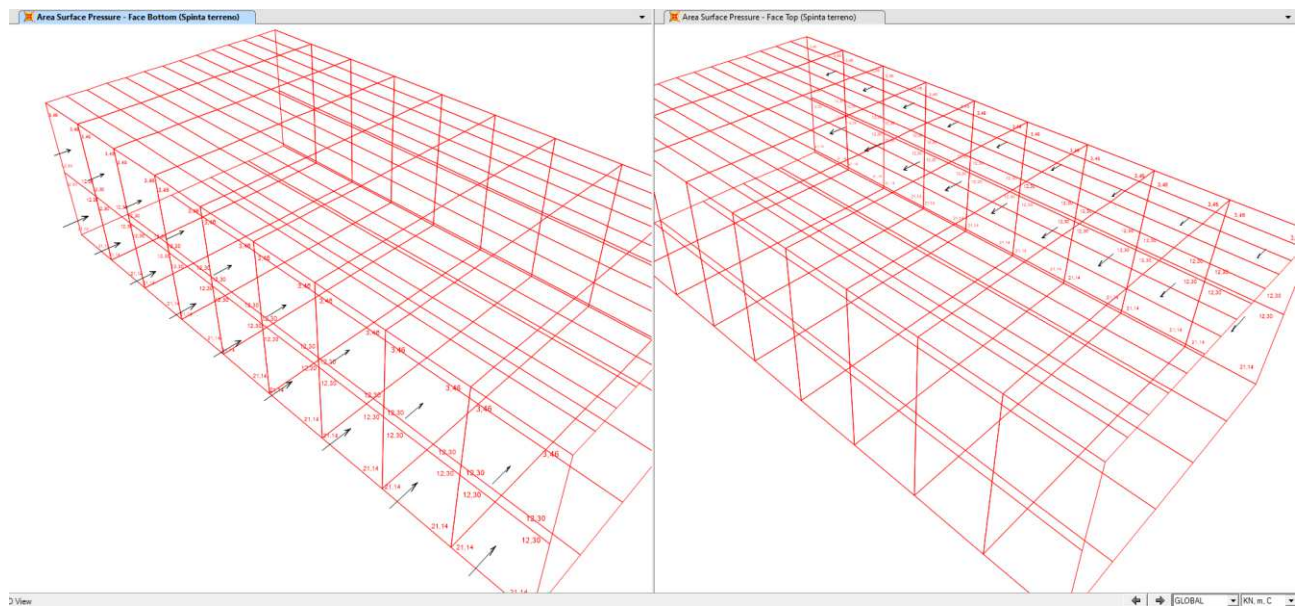


Figura 69 Schematizzazione condizione di carico 3

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

### **Condizione di Carico 4: Sovraccarichi accidentali sulla soletta superiore (carico veicolare)**

Non essendo un carico veicolare propriamente detto quello che sovrasta il tombino in esame, piuttosto un carico dovuto ad una viabilità secondaria e parcheggio si considera il carico massimo indicato nella tabella 3.1. Il delle NTC2018 ovvero massimo 5 KN/mq su tutta la soletta superiore.

### **Condizione di carico 5: variazione termica**

La condizione di carico 5 prende in esame gli effetti della variazione termica.

Si applica una variazione termica uniforme alla sola soletta superiore pari a:  $DT = \pm 15$  gradi ed una variazione termica differenziale tra estradosso ed intradosso pari a  $\pm 5$  gradi. Poiché la variazione di temperatura uniformi si può considerare come un fenomeno lento, valgono le stesse considerazioni svolte per il ritiro, ossia si assume una variazione pari a  $1/3$  di 15 gradi.

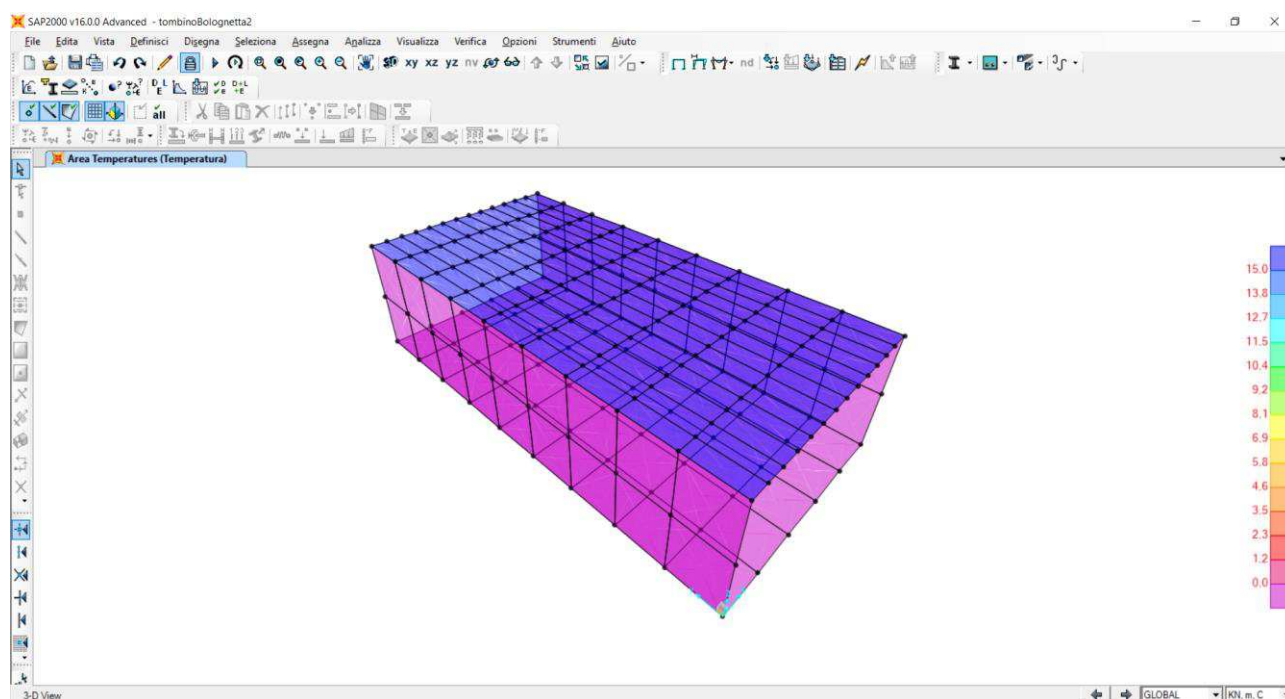


Figura 70 Schematizzazione condizione di carico 5

### **Condizione di carico 6: ritiro**

La condizione di carico 6 prende in esame gli effetti del ritiro.

La soletta superiore si considera soggetta ad un ritiro differenziale. Il ritiro finale viene posto pari a  $\epsilon_{cs} = 0.31E-3$ , valore di norma nel caso di  $\alpha \geq 60$  cm,  $t_o = 1/7$  gg, umidità relativa pari al 55%. Ai fini del calcolo gli effetti del ritiro si possono assimilare ad una variazione di temperatura. Nel

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

rispetto della normativa, trattandosi di un fenomeno lento, l'effetto del ritiro si può determinare considerando un modulo di elasticità del calcestruzzo pari a 1/3 di quello effettivo, ossia si assume il modulo all'infinito. Per semplice comodità di calcolo si preferisce mantenere il valore del modulo a tempo zero considerando una variazione termica pari a un terzo:

$$DT = (0.31E-3/1E-5)/3 = 10 \text{ gradi circa}$$

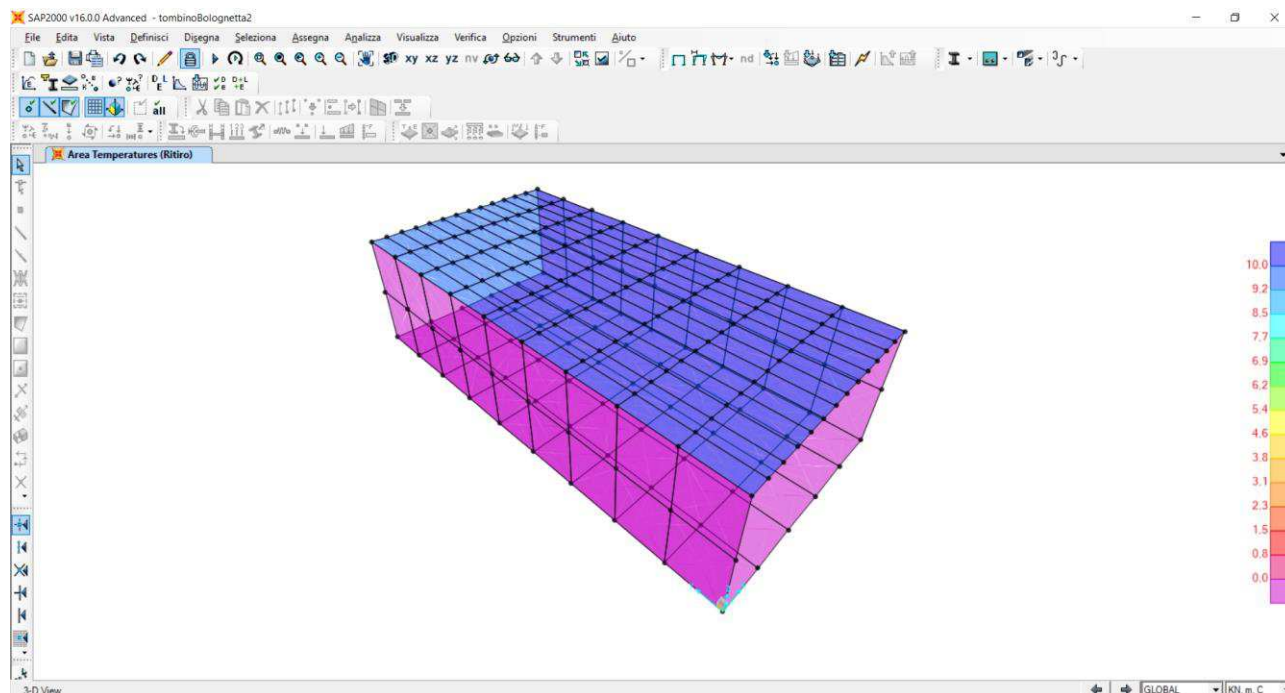


Figura 71 Schematizzazione condizione di carico 6

### Condizione di carico 7/8: frenatura (direzione X e direzione -X)

L'azione di frenamento, agente nella direzione dell'asse della strada e giacente sulla superficie stradale, deve essere la maggiore tra:

- 1/10 della singola colonna più pesante 16,98 KN/m
- 20% del totale del carico gravante sulla struttura 22,64 KN/m

L'azione di frenamento vale: 22,64 KN/m

### 9.4.2 Azione Sismica

Le sollecitazioni provocate dalle azioni sismiche sono valutate mediante analisi statica. In tale tipo d'analisi le azioni sismiche sono schematizzate attraverso forze statiche proporzionali alla massa dei seguenti elementi:

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

- elementi strutturali costituenti l'opera;
- elementi che costituiscono sovraccarichi permanenti;

### Condizione di carico 10: Azione sismica orizzontale

Le azioni sismiche si distinguono in orizzontali e verticali, sulla base delle caratteristiche dell'area in esame:

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 13,60570      LATITUDINE: 37,74800

Ricerca per comune

REGIONE: Sicilia      PROVINCIA: Palermo      COMUNE: Lercara Friddi

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

**Nodi del reticolo intorno al sito**

**Reticolo di riferimento**

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione: superficie rigata

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



Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

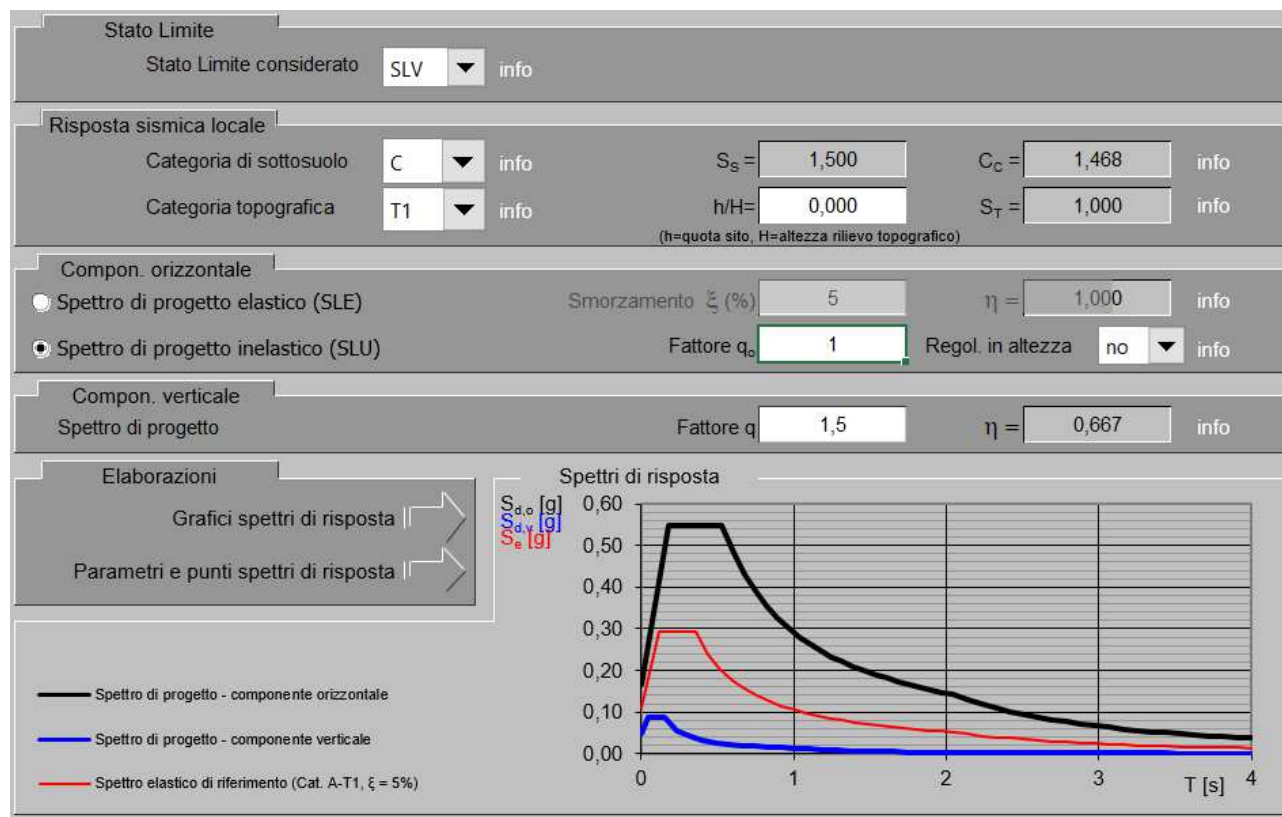


Figura 72 Caratteristiche sismiche dell'area

Il software SAP2000 applica l'azione sismica al modello tridimensionale della struttura considerando la sua massa, vengono aggiunti gli incrementi sismici dovuti alle altre componenti (terreno di ricoprimento):

Le spinte delle terre, sono calcolate in regime di spinta a riposo che comporta il calcolo delle spinte sismiche in tali condizioni;

. L'incremento di spinta sismico è stato valutato con la teoria di Mononobe-Okabe assumendo  $A=1$ :

- in condizioni normali :  $K_a = 0.383$
- in condizioni sismiche :  $K_a = 0.409$
- $\Delta K_a = 0.026$

L'incremento di spinta è stato applicato in modo triangolare con vertice verso il basso.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

## 9.5 DESCRIZIONE DELLE COMBINAZIONI DI CARICO

Combinazione di Carico	gruppo	P.P.	Permanenti non strutturali	Spinta terre	Carico Stradale	Variazione termica	ritiro	frenatura sx	frenatura dx	Azione Sismica
		1								
1	SLU	1,3	1,3	1,3	1,35	0,9	1,3	1,35	0	0,0
2	SLU	1,3	1,3	1,3	1,35	0,9	1,3	0	1,35	0,0
3	SLU	1,3	1,3	1,3	0	0,9	1,3	0	0	0,0
4	SISMICO	1	1	1	0	0,5	1	0	0	1,0
5	SISMICO	1	1	1	0,2	0,5	1	0,2	0	1,0
6	SISMICO	1	1	1	0,2	0,5	1	0	0,2	1,0
7	SLE QP	1	1	1	0	0,5	1	0	0	0,0
8	SLE FREQ	1	1	1	0,75	0,6	1	0,75	0	0,0
9	SLE FREQ	1	1	1	0,75	0,6	1	0	0,75	0,0
10	SLE RARA	1	1	1	1	0,6	1	1	0	0,0
11	SLE RARA	1	1	1	1	0,6	1	0	1	0,0

Tabella 14 Descrizione delle combinazioni di carico

## 9.6 VERIFICA SOLETTA SUPERIORE SLU-SLV

Le verifiche agli stati limite ultimi SLU-SLV, agli stati limite di esercizio SLE/SLS, e di fessurazione, vengono effettuate con l'ausilio di appositi fogli di calcolo.

Le verifiche vengono effettuate dalle sollecitazioni provenienti dal programma di calcolo per tutti gli elementi considerati nel modello

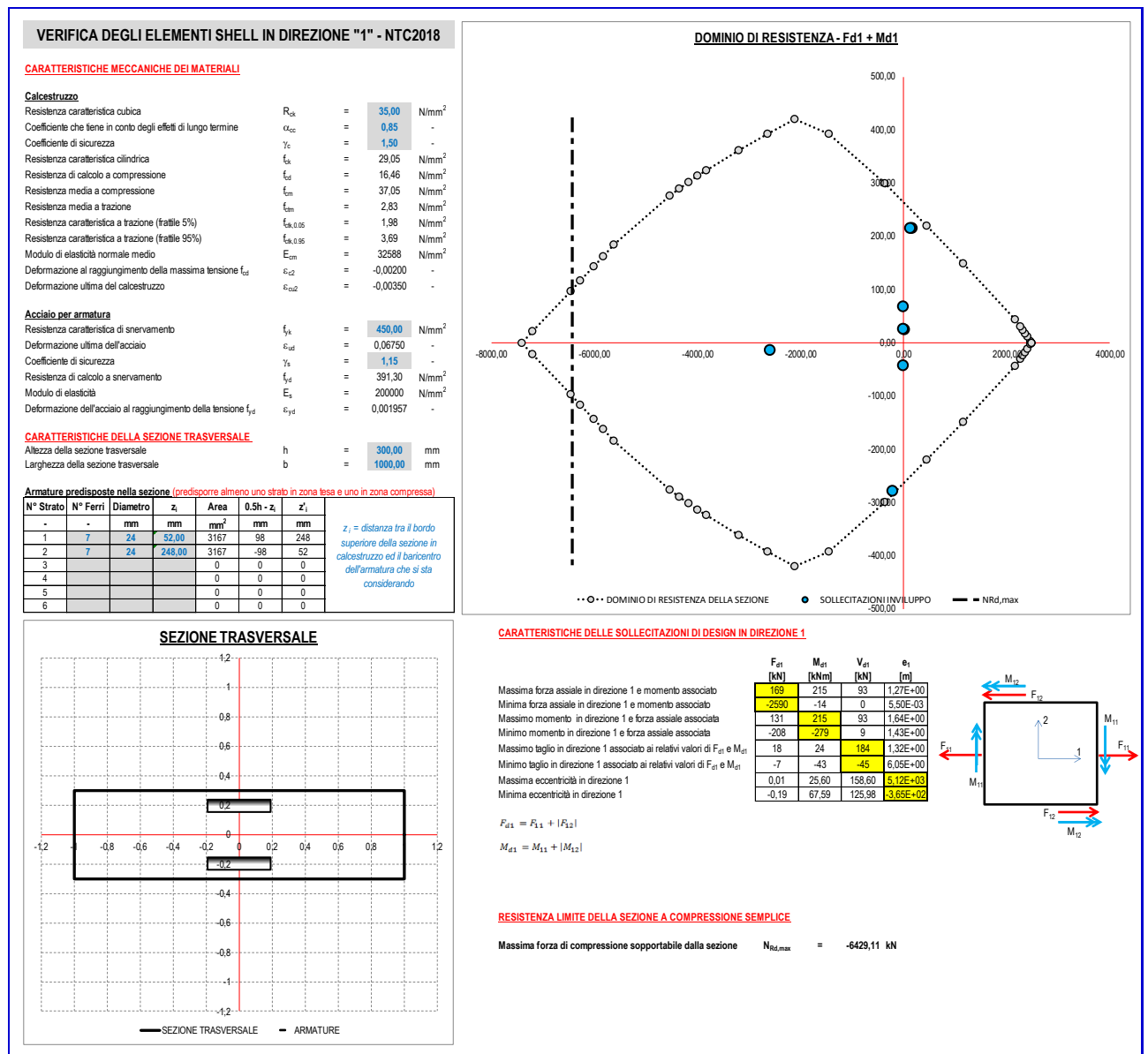


Figura 73 Tabulato verifica soletta

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".  
**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3**

**TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo**

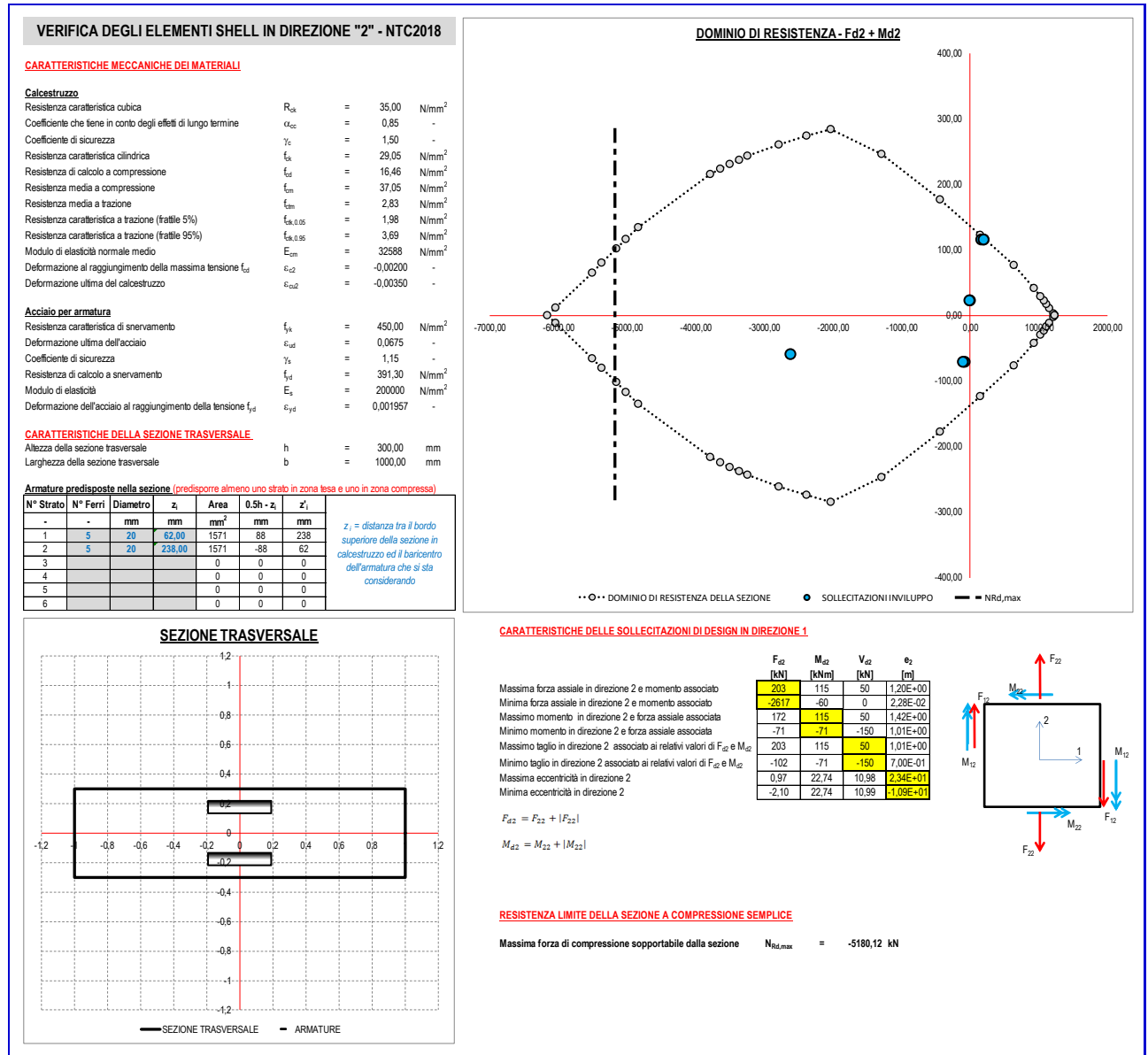


Figura 74 Tabulato verifica soletta

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

## VERIFICA A TAGLIO DEGLI ELEMENTI SHELL - NTC2018

### CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

#### Calcestruzzo

Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	=	35,00	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente che tiene in conto degli effetti di lungo termine	$\alpha_{cc}$	=	0,85	-
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_c$	=	1,50	-
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	=	29,05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	=	16,46	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione	$f_{cm}$	=	37,05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione	$f_{ctm}$	=	2,83	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk,0.05}$	=	1,98	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk,0.95}$	=	3,69	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità normale medio	$E_{cm}$	=	32588	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione al raggiungimento della massima tensione $f_{cd}$	$\varepsilon_{c2}$	=	-0,0020	-
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\varepsilon_{cu2}$	=	-0,0035	-

#### Acciaio per armatura

Resistenza caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione ultima dell'acciaio	$\varepsilon_{ud}$	=	0,0675	-
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_s$	=	1,15	-
Resistenza di calcolo a snervamento	$f_{yd}$	=	391,30	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	$E_s$	=	200000	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione dell'acciaio al raggiungimento della tensione $f_{yd}$	$\varepsilon_{yd}$	=	0,001957	-

### CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza della sezione trasversale	$h$	=	300	mm
Larghezza della sezione trasversale	$b$	=	1000	mm

### SOLLECITAZIONI DI TAGLIO

Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,1,pos}$	=	183,5	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,2,pos}$	=	50,0	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,1,neg}$	=	45,0	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,2,neg}$	=	150,3	kN

### RESISTENZA LIMITE A TAGLIO DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza utile in direzione 1 per momenti positivi	$d_{1,pos}$	=	248,00	mm
Altezza utile in direzione 2 per momenti positivi	$d_{2,pos}$	=	238,00	mm
Altezza utile in direzione 1 per momenti negativi	$d_{1,neg}$	=	248,00	mm
Altezza utile in direzione 2 per momenti negativi	$d_{2,neg}$	=	238,00	mm
Coefficiente di riduzione per effetto della fessurazione	$\nu$	=	0,500	-
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)	$V_{Rd1,max,pos}$	=	1020,6	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)	$V_{Rd2,max,pos}$	=	979,5	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)	$V_{Rd1,max,neg}$	=	1020,6	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)	$V_{Rd2,max,neg}$	=	979,5	kN
Verifica di idoneità della sezione	$\delta_{1,pos}$	=	✓ 0,18	-
	$\delta_{2,pos}$	=	✓ 0,05	-
	$\delta_{1,neg}$	=	✓ 0,04	-
	$\delta_{2,neg}$	=	✓ 0,15	-

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

**RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE PRIVA DI ARMATURA IDONEA A RESISTERE AL TAGLIO**

Coefficiente di resistenza al taglio	$C_{Rd,c}$	=	0,12	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti positivi	$k_{1,pos}$	=	1,898	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti positivi	$k_{2,pos}$	=	1,917	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti negativi	$k_{1,neg}$	=	1,898	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti negativi	$k_{2,neg}$	=	1,917	-
Armatura tesa inferiore in direzione 1	$A_{inf,1}$	=	3167	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa superiore in direzione 1	$A_{sup,1}$	=	3167	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa inferiore in direzione 2	$A_{inf,2}$	=	1571	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa superiore in direzione 2	$A_{sup,2}$	=	1571	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti positivi	$\rho_{1,pos}$	=	0,01277	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,pos}$	=	0,00660	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti negativi	$\rho_{1,neg}$	=	0,01277	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti negativi	$\rho_{2,neg}$	=	0,00660	-
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 1	$\sigma_1$	=	0,000	MPa
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 2	$\sigma_2$	=	0,000	MPa
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)</b>	<b><math>V_{Rd1,c,pos}</math></b>	=	<b>698,4</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)</b>	<b><math>V_{Rd2,c,pos}</math></b>	=	<b>349,8</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)</b>	<b><math>V_{Rd1,c,neg}</math></b>	=	<b>698,4</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)</b>	<b><math>V_{Rd2,c,neg}</math></b>	=	<b>349,8</b>	<b>kN</b>
<b>Verifica di idoneità della sezione priva di armatura a taglio</b>	<b><math>\delta_{1,pos}</math></b>	=	<b>0,26</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{2,pos}</math></b>	=	<b>0,14</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{1,neg}</math></b>	=	<b>0,06</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{2,neg}</math></b>	=	<b>0,43</b>	<b>-</b>

Figura 75 Tabulato verifica a taglio soletta

### 9.6.1 Verifica Soletta Inferiore SLU-SLV

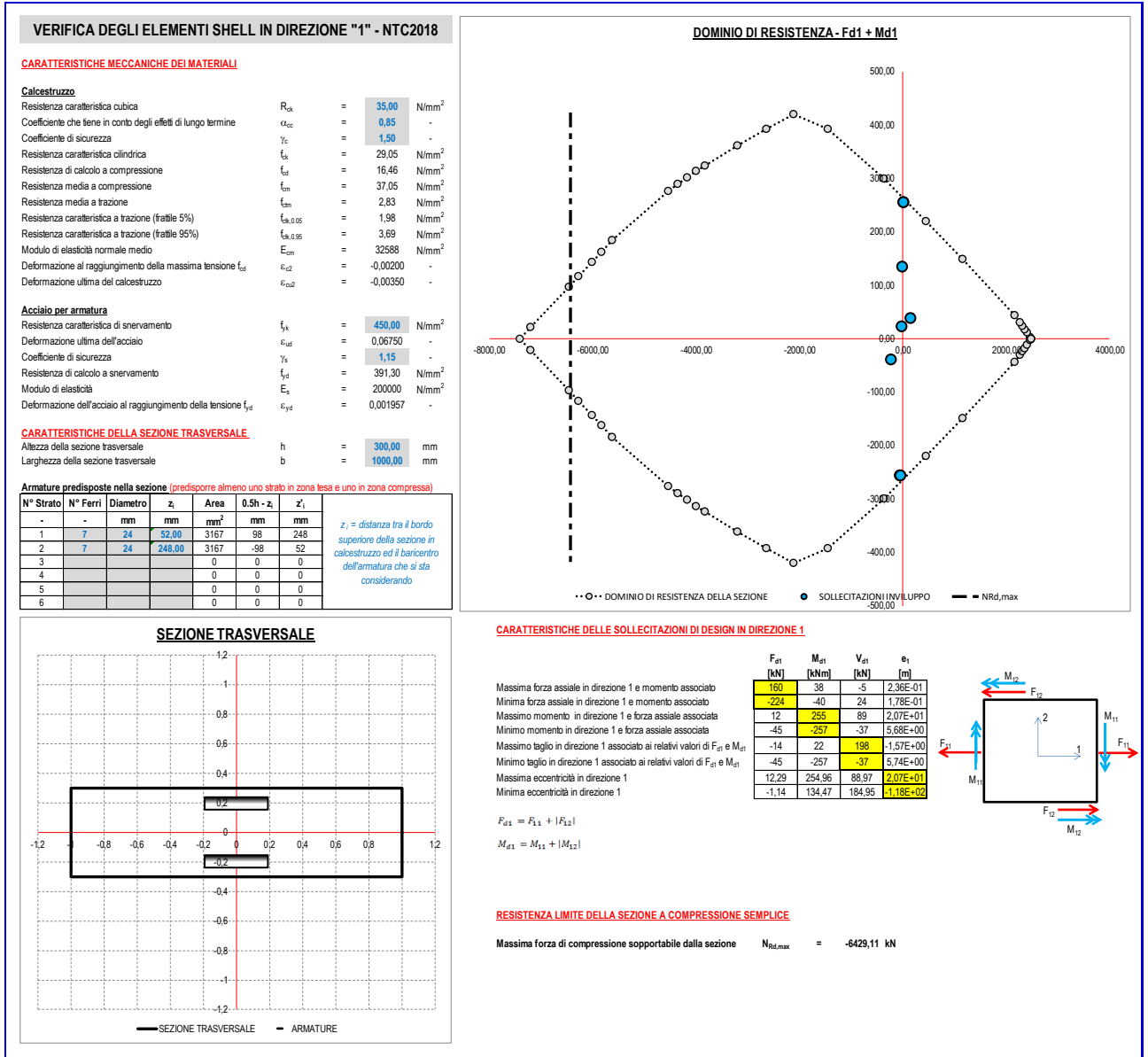


Figura 76 Tabulato verifica soletta

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

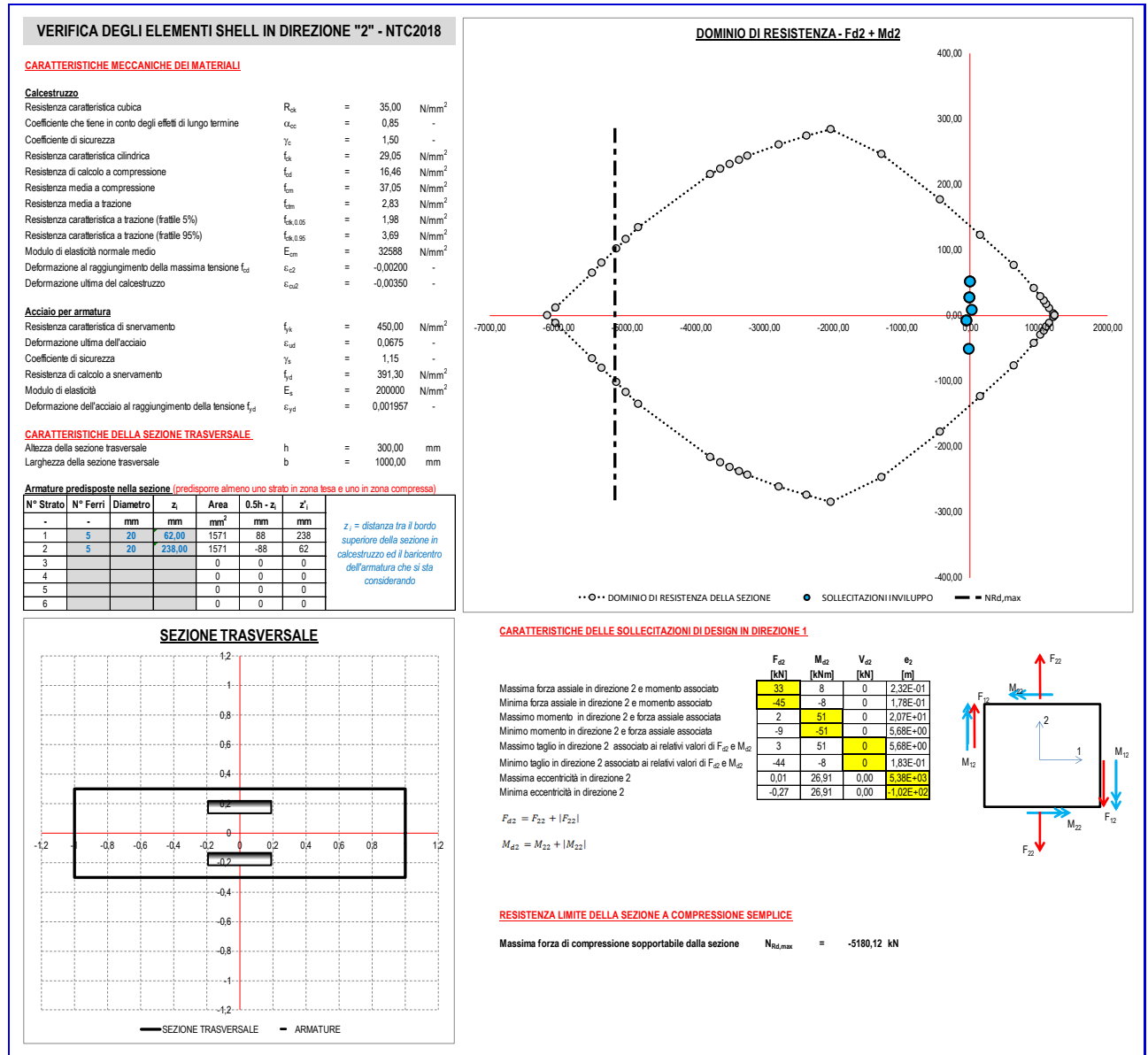


Figura 77 Tabulato verifica soletta



## VERIFICA A TAGLIO DEGLI ELEMENTI SHELL - NTC2018

### CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

#### Calcestruzzo

Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	=	35,00	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente che tiene in conto degli effetti di lungo termine	$\alpha_{cc}$	=	0,85	-
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_c$	=	1,50	-
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	=	29,05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	=	16,46	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione	$f_{cm}$	=	37,05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione	$f_{ctm}$	=	2,83	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk,0.05}$	=	1,98	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk,0.95}$	=	3,69	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità normale medio	$E_{cm}$	=	32588	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione al raggiungimento della massima tensione $f_{cd}$	$\epsilon_{c2}$	=	-0,0020	-
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu2}$	=	-0,0035	-

#### Acciaio per armatura

Resistenza caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{ud}$	=	0,0675	-
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_s$	=	1,15	-
Resistenza di calcolo a snervamento	$f_{yd}$	=	391,30	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	$E_s$	=	200000	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione dell'acciaio al raggiungimento della tensione $f_{yd}$	$\epsilon_{yd}$	=	0,001957	-

### CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza della sezione trasversale	$h$	=	300	mm
Larghezza della sezione trasversale	$b$	=	1000	mm

### SOLLECITAZIONI DI TAGLIO

Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,1,pos}$	=	197,8	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,2,pos}$	=	0,0	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,1,neg}$	=	36,7	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,2,neg}$	=	0,0	kN

### RESISTENZA LIMITE A TAGLIO DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza utile in direzione 1 per momenti positivi	$d_{1,pos}$	=	248,00	mm
Altezza utile in direzione 2 per momenti positivi	$d_{2,pos}$	=	238,00	mm
Altezza utile in direzione 1 per momenti negativi	$d_{1,neg}$	=	248,00	mm
Altezza utile in direzione 2 per momenti negativi	$d_{2,neg}$	=	238,00	mm
Coefficiente di riduzione per effetto della fessurazione	$v$	=	0,500	-
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)	$V_{Rd1,max,pos}$	=	1020,6	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)	$V_{Rd2,max,pos}$	=	979,5	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)	$V_{Rd1,max,neg}$	=	1020,6	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)	$V_{Rd2,max,neg}$	=	979,5	kN
Verifica di idoneità della sezione	$\delta_{1,pos}$	=	✓ 0,19	-
	$\delta_{2,pos}$	=	✓ 0,00	-
	$\delta_{1,neg}$	=	✓ 0,04	-
	$\delta_{2,neg}$	=	✓ 0,00	-

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

**RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE PRIVA DI ARMATURA IDONEA A RESISTERE AL TAGLIO**

Coefficiente di resistenza al taglio	$C_{Rd,c}$	=	0,12	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti positivi	$k_{1,pos}$	=	1,898	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti positivi	$k_{2,pos}$	=	1,917	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti negativi	$k_{1,neg}$	=	1,898	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti negativi	$k_{2,neg}$	=	1,917	-
Armatura tesa inferiore in direzione 1	$A_{inf,1}$	=	3167	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa superiore in direzione 1	$A_{sup,1}$	=	3167	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa inferiore in direzione 2	$A_{inf,2}$	=	1571	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa superiore in direzione 2	$A_{sup,2}$	=	1571	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti positivi	$\rho_{1,pos}$	=	0,01277	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,pos}$	=	0,00660	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti negativi	$\rho_{1,neg}$	=	0,01277	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti negativi	$\rho_{2,neg}$	=	0,00660	-
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 1	$\sigma_1$	=	0,047	MPa
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 2	$\sigma_2$	=	0,000	MPa
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)</b>	<b><math>V_{Rd1,c,pos}</math></b>	=	<b>700,2</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)</b>	<b><math>V_{Rd2,c,pos}</math></b>	=	<b>349,8</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)</b>	<b><math>V_{Rd1,c,neg}</math></b>	=	<b>700,2</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)</b>	<b><math>V_{Rd2,c,neg}</math></b>	=	<b>349,8</b>	<b>kN</b>
<b>Verifica di idoneità della sezione priva di armatura a taglio</b>	<b><math>\delta_{1,pos}</math></b>	=	<b>✓ 0,28</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{2,pos}</math></b>	=	<b>✓ 0,00</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{1,neg}</math></b>	=	<b>✓ 0,05</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{2,neg}</math></b>	=	<b>✓ 0,00</b>	<b>-</b>

Figura 78 Tabulato verifica a taglio soletta

### 9.6.2 Verifica Piedritti SLU-SLV

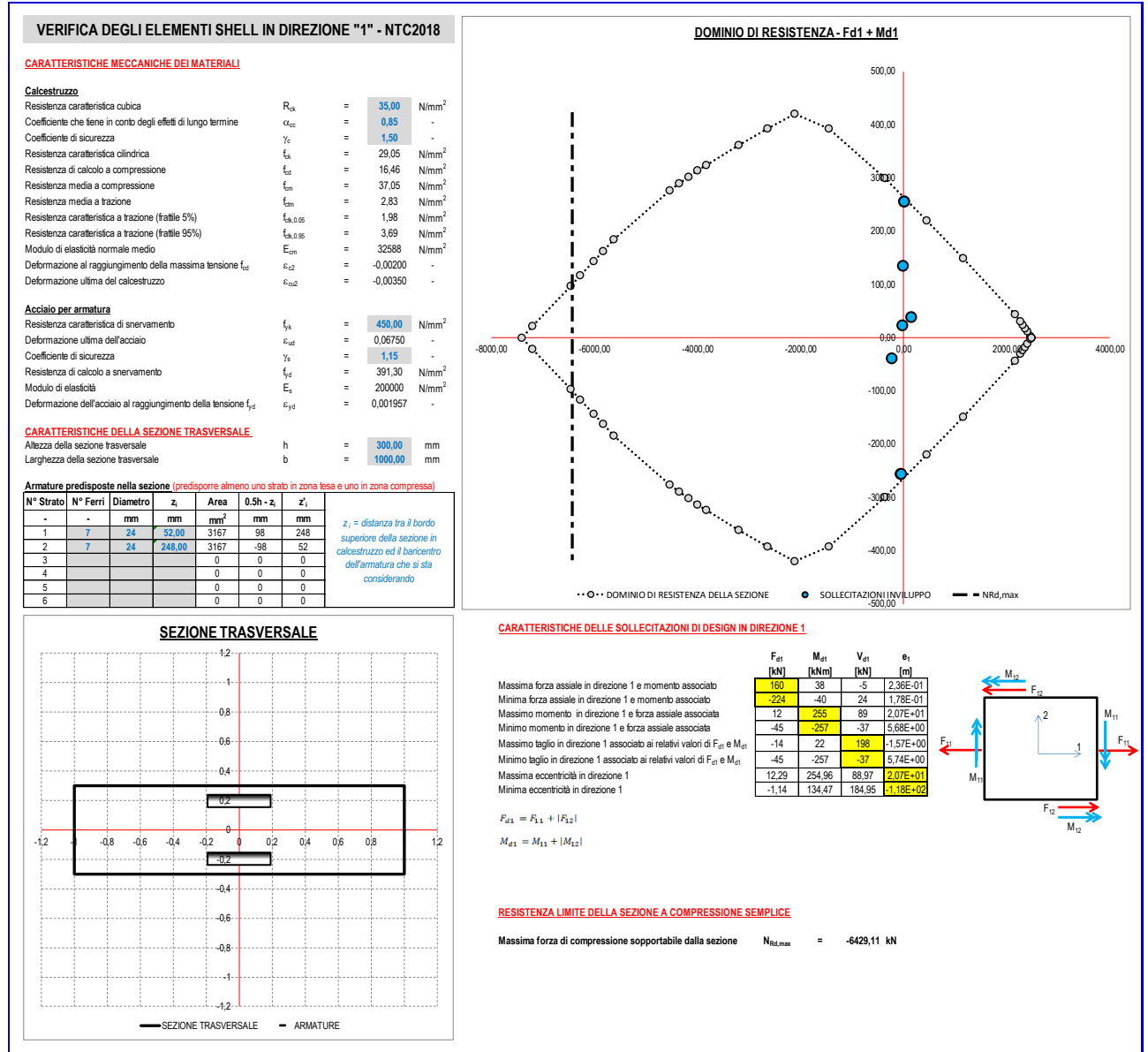


Figura 79 Verifica piedritti

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".  
**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3**

**TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo**

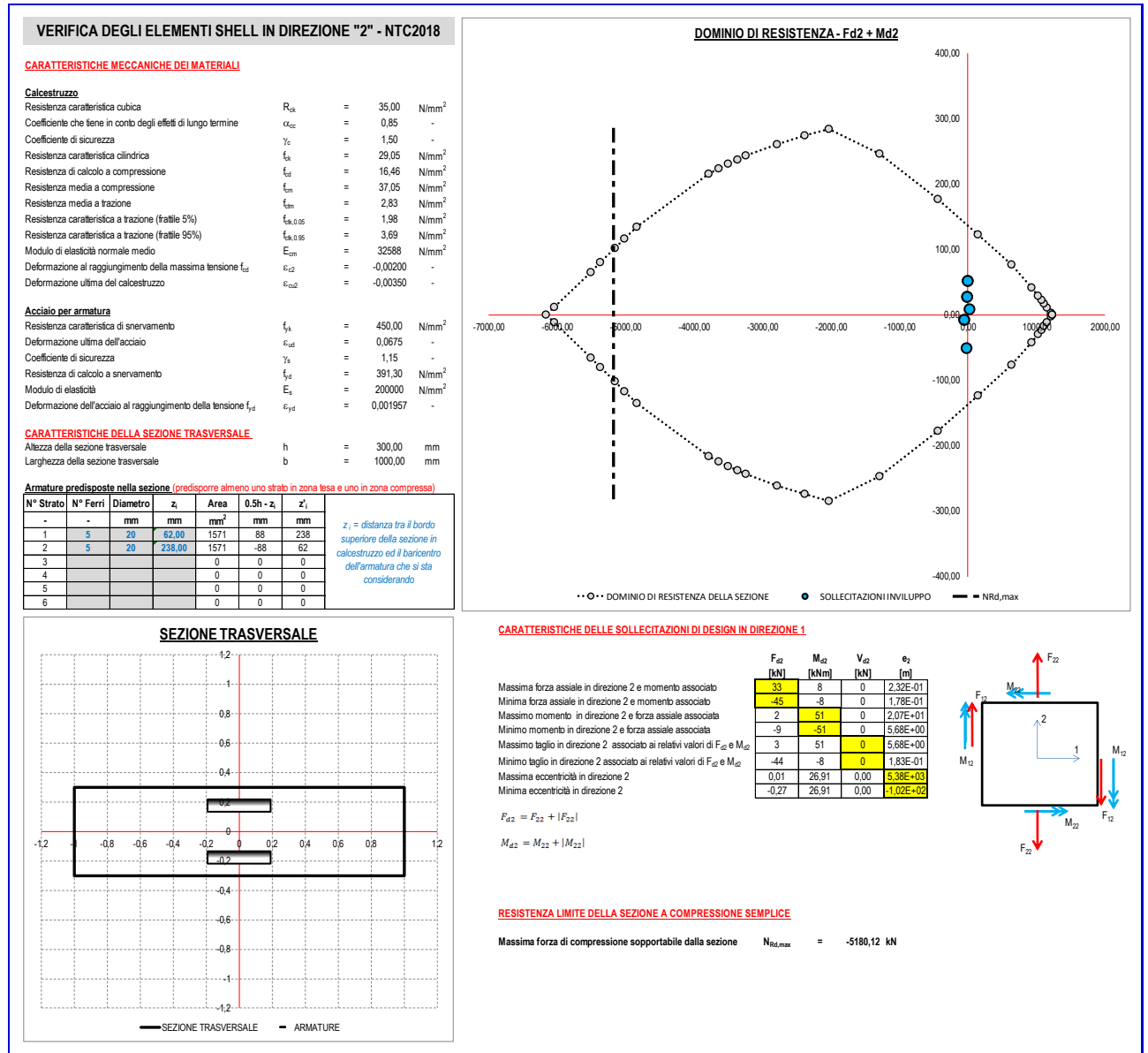


Figura 80 Tabulato verifica piedritti

## VERIFICA A TAGLIO DEGLI ELEMENTI SHELL - NTC2018

### CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

#### Calcestruzzo

Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	=	35,00	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente che tiene in conto degli effetti di lungo termine	$\alpha_{cc}$	=	0,85	-
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_c$	=	1,50	-
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	=	29,05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	=	16,46	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione	$f_{cm}$	=	37,05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione	$f_{ctm}$	=	2,83	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk,0.05}$	=	1,98	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk,0.95}$	=	3,69	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità normale medio	$E_{cm}$	=	32588	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione al raggiungimento della massima tensione $f_{cd}$	$\varepsilon_{c2}$	=	-0,0020	-
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\varepsilon_{cu2}$	=	-0,0035	-

#### Acciaio per armatura

Resistenza caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione ultima dell'acciaio	$\varepsilon_{ud}$	=	0,0675	-
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_s$	=	1,15	-
Resistenza di calcolo a snervamento	$f_{yd}$	=	391,30	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	$E_s$	=	200000	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione dell'acciaio al raggiungimento della tensione $f_{yd}$	$\varepsilon_{yd}$	=	0,001957	-

### CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza della sezione trasversale	$h$	=	300	mm
Larghezza della sezione trasversale	$b$	=	1000	mm

### SOLLECITAZIONI DI TAGLIO

Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,1,pos}$	=	197,8	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,2,pos}$	=	0,0	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,1,neg}$	=	36,7	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,2,neg}$	=	0,0	kN

### RESISTENZA LIMITE A TAGLIO DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza utile in direzione 1 per momenti positivi	$d_{1,pos}$	=	248,00	mm
Altezza utile in direzione 2 per momenti positivi	$d_{2,pos}$	=	238,00	mm
Altezza utile in direzione 1 per momenti negativi	$d_{1,neg}$	=	248,00	mm
Altezza utile in direzione 2 per momenti negativi	$d_{2,neg}$	=	238,00	mm
Coefficiente di riduzione per effetto della fessurazione	$\nu$	=	0,500	-
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)	$V_{Rd1,max,pos}$	=	1020,6	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)	$V_{Rd2,max,pos}$	=	979,5	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)	$V_{Rd1,max,neg}$	=	1020,6	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)	$V_{Rd2,max,neg}$	=	979,5	kN
Verifica di idoneità della sezione	$\delta_{1,pos}$	=	✓ 0,19	-
	$\delta_{2,pos}$	=	✓ 0,00	-
	$\delta_{1,neg}$	=	✓ 0,04	-
	$\delta_{2,neg}$	=	✓ 0,00	-

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

**RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE PRIVA DI ARMATURA IDONEA A RESISTERE AL TAGLIO**

Coefficiente di resistenza al taglio	$C_{Rd,c}$	=	0,12	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti positivi	$k_{1,pos}$	=	1,898	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti positivi	$k_{2,pos}$	=	1,917	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti negativi	$k_{1,neg}$	=	1,898	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti negativi	$k_{2,neg}$	=	1,917	-
Armatura tesa inferiore in direzione 1	$A_{inf,1}$	=	3167	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa superiore in direzione 1	$A_{sup,1}$	=	3167	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa inferiore in direzione 2	$A_{inf,2}$	=	1571	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa superiore in direzione 2	$A_{sup,2}$	=	1571	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti positivi	$\rho_{1,pos}$	=	0,01277	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,pos}$	=	0,00660	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti negativi	$\rho_{1,neg}$	=	0,01277	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti negativi	$\rho_{2,neg}$	=	0,00660	-
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 1	$\sigma_1$	=	0,047	MPa
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 2	$\sigma_2$	=	0,000	MPa
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)</b>	<b><math>V_{Rd1,c,pos}</math></b>	=	<b>700,2</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)</b>	<b><math>V_{Rd2,c,pos}</math></b>	=	<b>349,8</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)</b>	<b><math>V_{Rd1,c,neg}</math></b>	=	<b>700,2</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)</b>	<b><math>V_{Rd2,c,neg}</math></b>	=	<b>349,8</b>	<b>kN</b>
<b>Verifica di idoneità della sezione priva di armatura a taglio</b>	<b><math>\delta_{1,pos}</math></b>	=	<b>✓ 0,28</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{2,pos}</math></b>	=	<b>✓ 0,00</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{1,neg}</math></b>	=	<b>✓ 0,05</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{2,neg}</math></b>	=	<b>✓ 0,00</b>	<b>-</b>

Figura 81 Tabulato verifica a taglio piedritti

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

### 9.6.3 Verifica SLE Soletta superiore

Sollecitazioni da Involuppo combinazioni SLE QP quasi permanenti, SLE FREQUENTE e SLE RARA/caratteristica :

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS			
Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	165,0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15,0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	300	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	40	[mm]
Altezza utile della sezione	d	260	[mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	3167	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	3167	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	x	98,71	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	1720038221	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	17,43	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>9,47</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>232,08</b>	<b>[MPa]</b>

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS			
Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	150,0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15,0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	j	300	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[-]
Copriferro	d'	40	[-]
Altezza utile della sezione	d'	260	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	3167	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	3167	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	x	98,71	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	1720038221	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	13,0725	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>8,61</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>210,98</b>	<b>[MPa]</b>

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS			
Controllo tensionale per la Combinazione Frequente			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	160,0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15,0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	j	300	[MPa]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[-]
Copriferro	d'	40	[kNm]
Altezza utile della sezione	d'	260	[kNm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	3167	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	3167	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	x	98,71	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	1720038221	[mm <sup>4</sup> ]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>9,18</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>225,04</b>	<b>[MPa]</b>

**Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".**

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3**

**TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo**

<b>CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLS</b>			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	300	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	40	[mm]
Altezza utile della sezione	d	260	[mm]
Area dell'armatura tesa	A <sub>s</sub>	3167	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	A' <sub>s</sub>	3167	[mm <sup>2</sup> ]
Distanza tra il bordo del cls e l'armatura	c	40	[mm]
Distanza tra i baricentri delle barre	s	150	[mm]
Distanza massima di riferimento tra le barre	S <sub>ref,max</sub>	260	[mm]
<b>Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Quasi Permanente</b>			
<b>Momento sollecitante per la combinazione Quasi Permanente</b>	<b>M<sub>ed,q.p.</sub></b>	<b>150</b>	<b>[kNm]</b>
Durata del carico		breve	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	98,71	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	210,98	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	2,8	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>1</sub>	0,6	[-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	67,0952748	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	67095,2748	[mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0,04720	[-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6,32	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>snn</sub> - ε <sub>cm</sub>	0,000797	[-]
		0,000797	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	24,00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0,8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0,5	[-]
	k <sub>3</sub>	3,4	[-]
	k <sub>4</sub>	0,425	[-]
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	222,45	[mm]
		222,45	[mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0,1773</b>	<b>[mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0,2</b>	<b>[mm]</b>
<b>Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente</b>			
<b>Momento sollecitante per la combinazione Frequente</b>	<b>M<sub>ed,req.</sub></b>	<b>160</b>	<b>[kNm]</b>
Durata del carico		breve	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	98,71	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	225,04	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	2,8	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>1</sub>	0,6	[-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	67,0952748	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	67095,2748	[mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0,04720	[-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6,32	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>snn</sub> - ε <sub>cm</sub>	0,000865	[-]
		0,000865	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	24,00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0,8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0,5	[-]
	k <sub>3</sub>	3,4	[-]
	k <sub>4</sub>	0,425	[-]
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	222,45	[mm]
		222,45	[mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0,1925</b>	<b>[mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0,2</b>	<b>[mm]</b>
<b>Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica</b>			
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b>M<sub>ed,charatt.</sub></b>	<b>165</b>	<b>[kNm]</b>
Durata del carico		breve	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	98,71	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	232,08	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	2,8	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>1</sub>	0,6	[-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	67,0952748	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	67095,2748	[mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0,04720	[-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6,32	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>snn</sub> - ε <sub>cm</sub>	0,000899	[-]
		0,000899	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	24,00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0,8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0,5	[-]
	k <sub>3</sub>	3,4	[-]
	k <sub>4</sub>	0,425	[-]
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	222,45	[mm]
		222,45	[mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0,2001</b>	<b>[mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0,3</b>	<b>[mm]</b>

**Figura 82 tabulato verifica soletta superiore SLE**

La sezione della soletta superiore di spessore pari a 30 cm., risulta verificata anche agli stati limiti di esercizio e fessurazione.



Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

## 9.6.4 Verifica SLE Soletta inferiore

Sollecitazioni massime da Inviluppo combinazioni SLE QP quasi permanenti, SLE FREQUENTE e SLE RARA/caratteristica :

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS			
Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	145,0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15,0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	300	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[mm]
Copriferro	$d'$	40	[mm]
Altezza utile della sezione	$d$	260	[mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	3167	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	3167	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	98,71	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1720038221	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	17,43	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>8,32</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>203,95</b>	<b>[MPa]</b>

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS			
Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	135,0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15,0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	300	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[-]
Copriferro	$d'$	40	[-]
Altezza utile della sezione	$d'$	260	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	3167	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	3167	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	98,71	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1720038221	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	13,0725	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>7,75</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>189,88</b>	<b>[MPa]</b>

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS			
Controllo tensionale per la Combinazione Frequente			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	140,0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15,0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	300	[MPa]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[-]
Copriferro	$d'$	40	[kNm]
Altezza utile della sezione	$d'$	260	[kNm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	3167	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	3167	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	98,71	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1720038221	[mm <sup>4</sup> ]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>8,03</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>196,91</b>	<b>[MPa]</b>

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLS		
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	300 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000 [mm]
Copriferro	d'	40 [mm]
Altezza utile della sezione	d	260 [mm]
Area dell'armatura tesa	A <sub>s</sub>	3167 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	A' <sub>s</sub>	3167 [mm <sup>2</sup> ]
Distanza tra il bordo del cls e l'armatura	c	40 [mm]
Distanza tra i baricentri delle barre	s	150 [mm]
Distanza massima di riferimento tra le barre	s <sub>ref,max</sub>	260 [mm]
<b>Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Quasi Permanente</b>		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Quasi Permanente</b>	<b>M<sub>Ed,q.p.</sub></b>	<b>135 [kNm]</b>
Durata del carico		breve [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	98,71 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	189,88 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	2,8 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>1</sub>	0,6 [-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	67,0952748 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	67095,2748 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0,04720 [-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6,32 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0,000695 [-]
		0,000695 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	24,00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0,8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0,5 [-]
	k <sub>3</sub>	3,4 [-]
	k <sub>4</sub>	0,425 [-]
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	222,45 [mm]
		222,45 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0,1545 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0,2 [mm]</b>
<b>Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente</b>		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Frequente</b>	<b>M<sub>Ed,freq.</sub></b>	<b>140 [kNm]</b>
Durata del carico		breve [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	98,71 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	196,91 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	2,8 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>1</sub>	0,6 [-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	67,0952748 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	67095,2748 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0,04720 [-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6,32 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0,000729 [-]
		0,000729 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	24,00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0,8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0,5 [-]
	k <sub>3</sub>	3,4 [-]
	k <sub>4</sub>	0,425 [-]
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	222,45 [mm]
		222,45 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0,1621 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0,2 [mm]</b>
<b>Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica</b>		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b>M<sub>Ed,charatt.</sub></b>	<b>145 [kNm]</b>
Durata del carico		breve [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	98,71 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	203,95 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	2,8 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>1</sub>	0,6 [-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	67,0952748 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	67095,2748 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0,04720 [-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6,32 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0,000763 [-]
		0,000763 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	24,00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0,8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0,5 [-]
	k <sub>3</sub>	3,4 [-]
	k <sub>4</sub>	0,425 [-]
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	222,45 [mm]
		222,45 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0,1697 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0,3 [mm]</b>

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

---

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

### **Figura 83 tabulato verifica soletta inferiore SLE**

La sezione della soletta inferiore di spessore pari a 30 cm., risulta verificata anche agli stati limiti di esercizio e fessurazione.

### **9.6.5 Verifica SLE Piedritti**

Sollecitazioni da involuppo combinazioni SLE QP quasi permanenti, SLE FREQUENTE e SLE RARA/caratteristica :

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

VERIFICA A FESSURAZIONE + TENSIONI DI ESERCIZIO - COND. Q. PERM.					
B	100	cm	Md	138	kNm
H	30	cm	Nd	338,62	kN
c	3	cm	Rck	35	
d	27	cm	fck	29,05	
nbarre	7		fctm	2,834993	
dmedio	2,40	cm	fctm/1.2	2,36	N/mm <sup>2</sup>
c'	1,80	cm	fyd	391,31	N/mm <sup>2</sup>
deff1	19,8	cm	fyk	450	N/mm <sup>2</sup>
deff2	8,75	cm			
deff	8,8	cm			
Determinazione asse neutro - sezione parzializzata - armatura simmetrica:					
PRESSOFLESSIONE RETTA			FLESSIONE SEMPLICE RETTA		
$y^3 + 3(e-H/2)y^2 + 12n\left(\frac{A_s}{b}\right)ey - 6\left(\frac{A_s}{b}\right)(hd+hc) = 0$			$\frac{by^2}{2} + nA'_s(y-c) - nA_s(d-y) = 0$		
TENSIONI DI ESERCIZIO - determinazione $\sigma_{se}$					
b [cm] =	100	d [cm] =	27	c [cm] =	3
Md=	138,00	kNm			
Nd=	338,62	kN			
e=	40,75	cm			
A's=	31,67	cm <sup>2</sup>			
As=	31,67	cm <sup>2</sup>			
Ast=	63,33	cm <sup>2</sup>			
h=	52,75	cm			
h'=	28,75	cm			
$\Delta$ =	0,00	cm <sup>3</sup>			
y=	12,50	cm			
Jid=	207822,4662	cm <sup>4</sup>			
			$\sigma_{c\_max} = \frac{M_d}{J_{id}} y$		Risolvi sezione per $\sigma_{se}$
			$\sigma_{s\_max} = n \frac{M_d}{J_{id}} (d - y)$		
$\sigma_{c\_max}$	8,30	N/mm <sup>2</sup>	<	0,45fck=	13,0725 N/mm <sup>2</sup> OK
$\sigma_{s\_max}$	144,45	N/mm <sup>2</sup>			
determinazione $\sigma_{sr}$					
B	100	cm			
Cracking Moment	59,05	kNm			
b [cm] =	100	d [cm] =	27	c [cm] =	3
Md=	59,05	kNm	y_G =	15,00	cm
Nd=	338,62	kN	H=	30	cm
e=	17,43886722	cm	h=	29,44	cm
A's=	31,67	cm <sup>2</sup>	h'=	29,44	cm
As=	31,67	cm <sup>2</sup>			
Ast=	63,33	cm <sup>2</sup>			
$\Delta$ =	0,00	cm <sup>3</sup>			
y=	17,58	cm			
Jid=	324251,84	cm <sup>4</sup>			
$\sigma_{c\_max}$	3,20	N/mm <sup>2</sup>			
$\sigma_{s\_max}$	25,73	N/mm <sup>2</sup>			
			$\sigma_{c\_max} = \frac{M_{fess}}{J_{id}} y$		
			$\sigma_{s\_max} = n \frac{M_{fess}}{J_{id}} (d - y)$		
determinazione $\epsilon_{sm}$					
$\beta_1$	0,4			c'	1,80
$\beta_2$	0,5			s	14,29
$E_s$	206000	N/mm <sup>2</sup>		k2	0,4
$\epsilon_{sm}$	0,070%			k3	0,125
				$\phi$	2,40
				nbarre	7
$s_{rm}$	9,773251638	cm		As	31,67
$w_m$	0,068094614	mm		b	100
				Ac,eff	875,10
				$\rho_r$	0,036187
determinazione $w_d$					
$w_d$	0,116	mm	$w_{lim}$	0,2	mm
					OK

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

VERIFICA A FESSURAZIONE + TENSIONI DI ESERCIZIO - COND. FREQ.					
B	100 cm		Md	158 kNm	
H	30 cm		Nd	387 kN	
c	3 cm		Rck	35	
d	27 cm		fck	29,05	
nbarre	7		fctm	2,834993	
dmedio	2,40 cm		fctm/1.2	2,36 N/mm <sup>2</sup>	
c'	1,80 cm		fyd	391,31 N/mm <sup>2</sup>	
deff1	19,8 cm		fyk	450 N/mm <sup>2</sup>	
deff2	8,75 cm				
deff	8,8 cm				
Determinazione asse neutro - sezione parzializzata - armatura simmetrica:					
PRESSOFLESSIONE RETTA			FLESSIONE SEMPLICE RETTA		
$y^3 + 3(e-H/2)y^2 + 12i\left(\frac{A_s}{b}\right)ey - 6\left(\frac{A_s}{b}\right)(hd+hc)=0$ $\frac{by^2}{2} + nA'_s(y-c) - nA_s(d-y)=0$					
TENSIONI DI ESERCIZIO - determinazione $\sigma_s$					
b [cm] =	100	d [cm] =	27	c [cm] =	3
Md=	158,00 kNm			n =	15
Nd=	387,00 kN				
e=	40,83 cm				
A's=	31,67 cm <sup>2</sup>				
As=	31,67 cm <sup>2</sup>				
Ast=	63,33 cm <sup>2</sup>				
h=	52,83 cm				
h'=	28,83 cm				
$\Delta$ =	0,00 cm <sup>3</sup>				
y=	12,49 cm				
Jid=	207767,7074 cm <sup>4</sup>				
$\sigma_{c\_max}$	9,50 N/mm <sup>2</sup>				
$\sigma_{s\_max}$	165,48 N/mm <sup>2</sup>				
determinazione $\sigma_{sr}$					
B	100 cm	Sezione integra, zona di trazione			
Mfess	59,35 kNm				
b [cm] =	100	d [cm] =	27	c [cm] =	3
Md=	59,35 kNm	y_G =	15,00 cm	Jid =	361802,5 cm <sup>4</sup>
Nd=	387,00 kN	H=	30 cm	Wid =	24120,17 cm <sup>3</sup>
e=	15,3351207 cm	h=	27,34 cm	Aid=	3950,018 cm <sup>2</sup>
A's=	31,67 cm <sup>2</sup>	h'=	27,34 cm		
As=	31,67 cm <sup>2</sup>				
Ast=	63,33 cm <sup>2</sup>				
$\Delta$ =	0,00 cm <sup>3</sup>				
y=	18,77 cm				
Jid=	370684,8776 cm <sup>4</sup>				
$\sigma_{c\_max}$	3,00 N/mm <sup>2</sup>				
$\sigma_{s\_max}$	19,77 N/mm <sup>2</sup>				
determinazione $\epsilon_{sm}$					
$\beta_1$	0,4			c'	1,80 cm
$\beta_2$	0,5			s	14,29 cm
$E_s$	206000 N/mm <sup>2</sup>			k2	0,4
$\epsilon_{sm}$	0,080%			k3	0,125
				$\phi$	2,40 cm
				nbarre	7
$s_{rm}$	9,774207435 cm			As	31,67 cm <sup>2</sup>
$w_{rm}$	0,078292958 mm			b	100 cm
				Ac,eff	875,35 cm <sup>2</sup>
				$\rho_r$	0,036177
determinazione $w_d$					
$w_d$	0,133 mm	$w_{lim}$	0,2 mm		OK

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

VERIFICA A FESSURAZIONE + TENSIONI DI ESERCIZIO - COND. CARATTERISTICA					
B	100 cm		Md	164 kNm	
H	30 cm		Nd	398 kN	
c	3 cm		Rck	35	
d	27 cm		fck	29,05	
nbarre	7		fctm	2,834993	
dmedio	2,40 cm		fctm/1.2	2,36 N/mm <sup>2</sup>	
c'	1,80 cm		fyd	391,31 N/mm <sup>2</sup>	
deff1	19,8 cm		fyk	450 N/mm <sup>2</sup>	
deff2	8,77 cm				
deff	8,8 cm				
Determinazione asse neutro - sezione parzializzata - armatura simmetrica:					
PRESSOFLESSIONE RETTA			FLESSIONE SEMPLICE RETTA		
$y^3 + 3(e-H/2)y^2 + 12n\left(\frac{A_s}{b}\right)ey - 6\left(\frac{A_s}{b}\right)(hd+hc) = 0$			$\frac{by^2}{2} + nA'_s(y-c) - nA_s(d-y) = 0$		
ULS - determinazione $\sigma_s$					
b [cm] =	100	d [cm] =	27	c [cm] =	3
Md=	164,00 kNm				
Nd=	398,00 kN				
e=	41,21 cm				
A's=	31,67 cm <sup>2</sup>				
As=	31,67 cm <sup>2</sup>				
Ast=	63,33 cm <sup>2</sup>				
h=	53,21 cm				
h'=	29,21 cm				
$\Delta$ =	0,00 cm <sup>3</sup>				
y=	12,47 cm				
Jid=	207489,2543 cm <sup>4</sup>				
$\sigma_{c\_max}$	9,85 N/mm <sup>2</sup>	<	0,6fck=	17,43 N/mm <sup>2</sup>	OK
$\sigma_{s\_max}$	172,30 N/mm <sup>2</sup>	<	0,8fck=	360 N/mm <sup>2</sup>	OK
determinazione $\sigma_{sr}$					
B	100 cm				
Mfess	59,41 kNm				
b [cm] =	100	d [cm] =	27	c [cm] =	3
Md=	59,41 kNm	y_G =	15,00 cm	Jid =	361802,5 cm <sup>4</sup>
Nd=	398,00 kN	H=	30 cm	Wid =	24120,17 cm <sup>3</sup>
e=	14,92816254 cm	h=	26,93 cm	Aid=	3950,018 cm <sup>2</sup>
A's=	31,67 cm <sup>2</sup>	h'=	26,93 cm		
As=	31,67 cm <sup>2</sup>				
Ast=	63,33 cm <sup>2</sup>				
$\Delta$ =	0,00 cm <sup>3</sup>				
y=	19,04 cm				
Jid=	382347,4368 cm <sup>4</sup>				
$\sigma_{c\_max}$	2,96 N/mm <sup>2</sup>	<	0,6fc=	18 N/mm <sup>2</sup>	OK
$\sigma_{s\_max}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	<	fca=	500 N/mm <sup>2</sup>	OK
determinazione $\epsilon_{sm}$					
$\beta_1$	0,4			c'	1,80 cm
$\beta_2$	0,5			s	14,29 cm
E <sub>s</sub>	206000 N/mm <sup>2</sup>			k2	0,4
				k3	0,125
$\epsilon_{sm}$ =	0,083%			$\phi$	2,40 cm
				nbarre	7
S <sub>sm</sub> =	9,779098316 cm			As	31,67 cm <sup>2</sup>
w <sub>m</sub> =	0,081604448 mm			b	100 cm
				Ac,eff	876,64 cm <sup>2</sup>
				$\rho_r$	0,036123
determinazione w <sub>d</sub>					
w <sub>d</sub> =	0,139 mm	w <sub>lim</sub> =	0,3 mm		OK

Figura 84 tabulato verifica piedritti SLE

## 9.7 ARMATURA

Si riporta nel seguito uno stralcio dello schema di armatura del tombino scatolare, per il quale si rimanda agli elaborati grafici di progetto per maggiori dettagli.

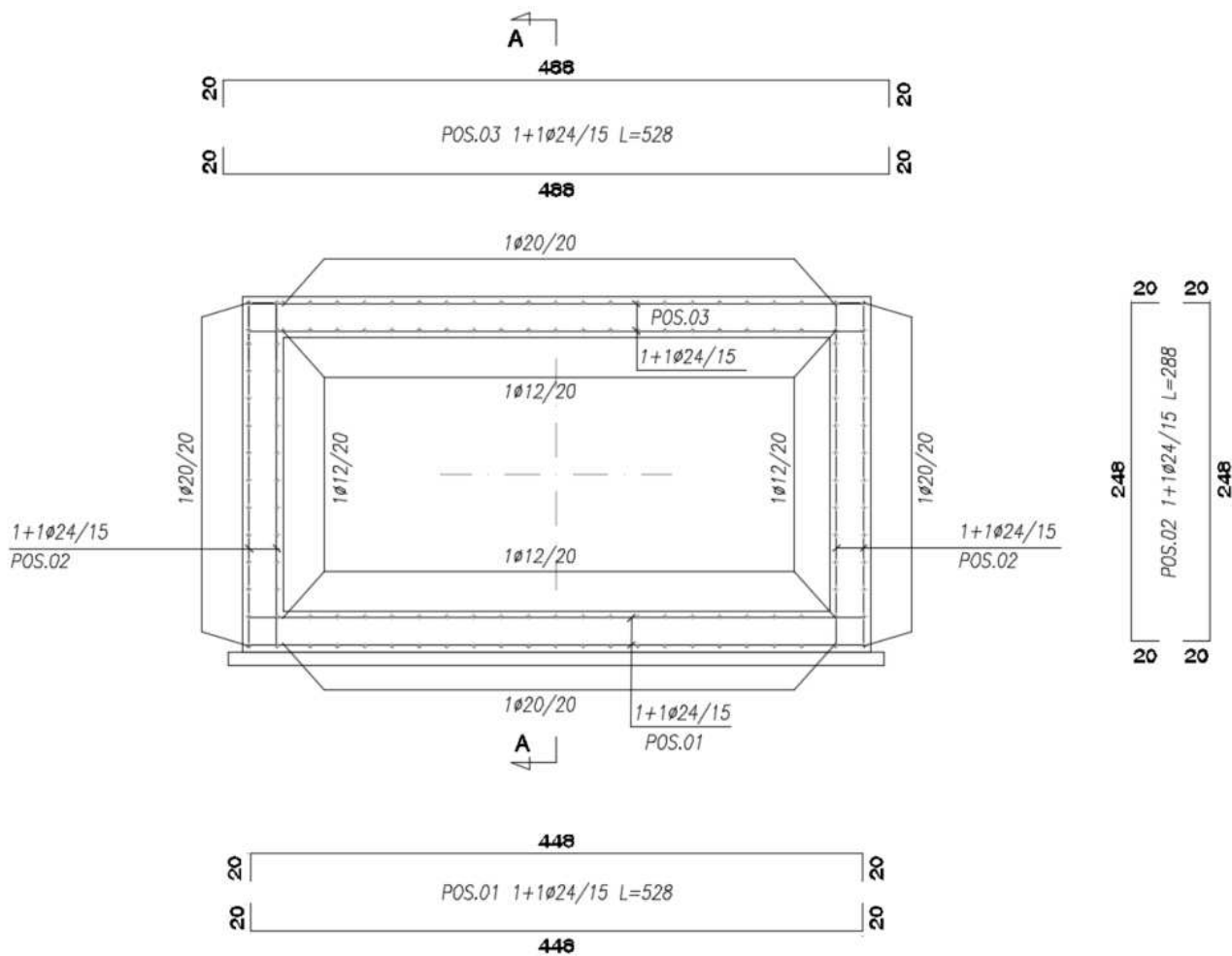


Figura 85 Armatura tombino scatolare

## 10 DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE POZZETTO DI RACCORDO TRA TOMBINI

Nel presente capitolo è contenuto il calcolo strutturale e le verifiche di resistenza del tombino di raccordo tra i due scatolari calcolati nei precedenti capitoli. I carichi sono i medesimi del tombino calcolato al precedente paragrafo, fatta eccezione per la copertura costituita da un grigliato metallico. Si verificano i piedritti e la soletta di base del manufatto, considerando i carichi e il peso del grigliato.

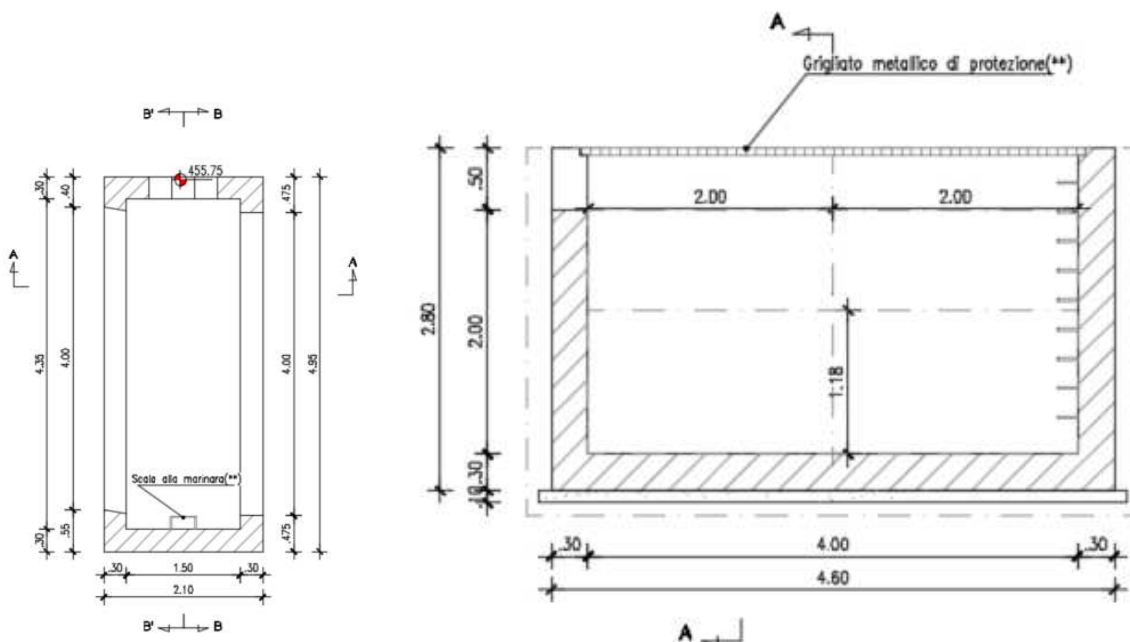


Figura 86 Tombino TP25 pozzetto di raccordo tra gli scatolari – pianta e sezione

### 10.1 CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo per fondazioni classe C30/37 (fck=30;Rck=37)  
 Calcestruzzo per magrone di sottofondo classe C12/15 (fck=12;Rck=15)

#### **Acciaio da cemento armato (DM 17/01/2018) e reti elettrosaldate**

Acciaio ordinario per strutture in c.a. e c.a.p.		B450C
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	$\geq 450$
Tensione caratteristica di rottura	$f_t$	$\geq 540$



Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y, nom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t, nom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
$(f_y/f_{y, nom})_k$	$< 1,35$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 $\phi$	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 $\phi$	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 $\phi$	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 $\phi$	

prospetto 7.1N Valori raccomandati di  $w_{max}$  (mm)

Classe di esposizione	Elementi di calcestruzzo armato normale e precompresso con cavi non aderenti	Elementi precompressi con cavi aderenti
	Combinazione di carico quasi-permanente	Combinazione di carico frequente
X0, XC1	0,4 <sup>1</sup>	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2 <sup>2</sup>
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		Decompressione

Nota 1 Per le classi di esposizione X0, XC1, l'ampiezza delle fessure non influenza la durabilità e questo limite è posto per garantire un aspetto accettabile. In assenza di requisiti relativi all'aspetto questo limite può essere mitigato.

Nota 2 Per queste classi di esposizione, inoltre, si raccomanda che la decompressione sia verificata sotto la combinazione di carico quasi-permanente.

stato limite di apertura delle fessure, nel quale il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0,2 \text{ mm} \quad w_2 = 0,3 \text{ mm} \quad w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

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

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_k$	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	$\leq w_1$

## 10.2 CARATTERISTICHE DEI TERRENI DI APPOGGIO E DEL RILEVATO

I terreni di appoggio dovranno essere in grado di assicurare una reazione uniforme. Pertanto qualora ci fossero dei dubbi sulla sua omogeneità, sarà necessario realizzare uno stato di sabbia e/o ghiaia ed un magro di adeguato spessore.

Le caratteristiche sono riassunte di seguito:

### **Caratteristiche rilevato:**

$$\phi = 38^\circ$$

$$C = 0 \text{ kPa}$$

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

### **Caratteristiche terreno di fondazione:**

#### **LSA**

$$\phi = 20^\circ$$

$$C = 5 \text{ kPa}$$

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

La modellazione della struttura e la rielaborazione dei risultati del calcolo sono stati effettuati con: SAP2000 ©, versione 20 prodotto da Computers&Structures inc.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

## 10.3 MODELLAZIONE STRUTTURALE

La modellazione strutturale considerata è quella tridimensionale completa dell'elemento scatolare attraverso elementi shell di spessore pari a quello relativo all'elemento strutturale considerato.

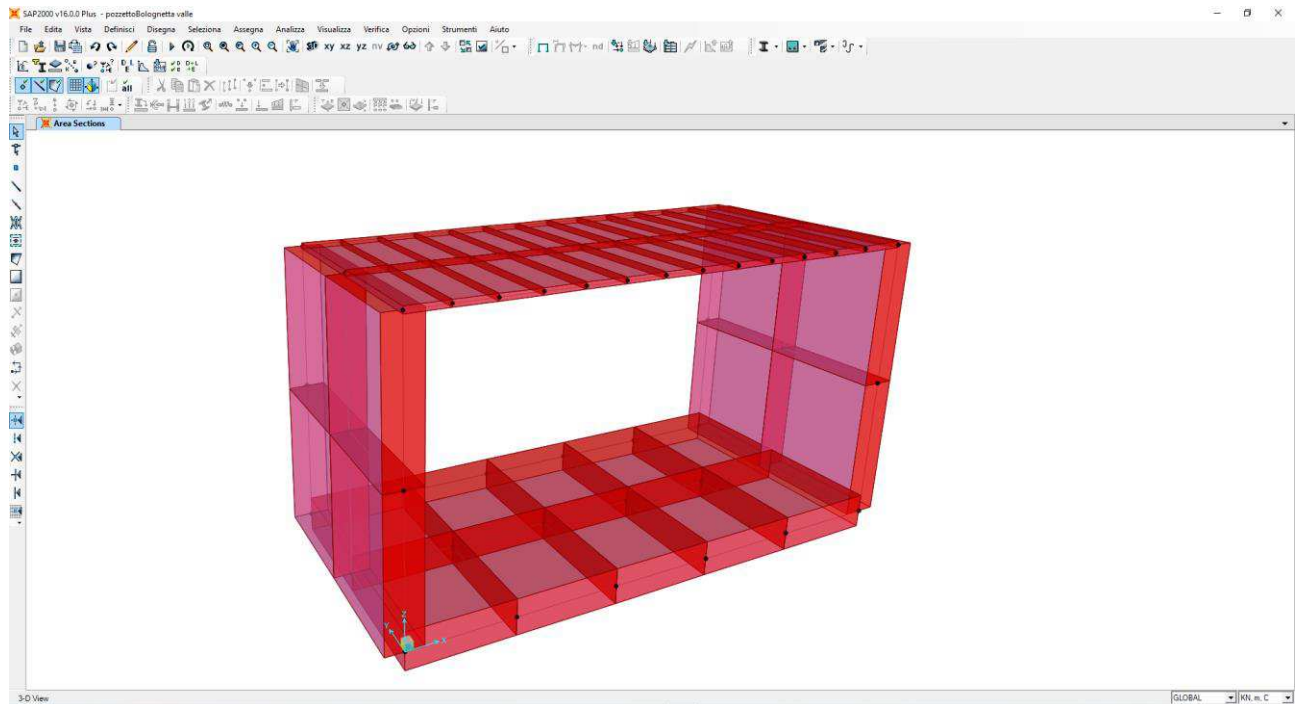


Figura 87 Modello pozzetto

Lo scatolare è descritto come una struttura tridimensionale poggiata su suolo alla Winkler.

Per quanto riguarda la rigidità delle molle alla Winkler si riporta il calcolo effettuato (teoria di Bowles):

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

Parametri geotecnici del terreno																				
Peso dell'unità di volume - terr. di fondazione saturo	$(\gamma_{sat})$	t/mc	2,00																	
Peso dell'unità di volume - terr. di fond. immerso	$(\gamma')$	t/mc	1,00																	
Angolo di attrito interno	$(\varphi)$	°	20,00																	
Coesione	$(c')$	t/m <sup>2</sup>	0,50																	
Kp			2,03961																	
Peso dell'unità di volume - terreno di riporto	$(\gamma_r)$	t/mc	2,00																	
Peso dell'unità di volume - terreno di riporto saturo	$(\gamma_{r sat})$	t/mc	2,00																	
Peso dell'unità di volume - terreno di riporto immerso	$(\gamma'_r)$	t/mc	1,00																	
Peso specifico dell'acqua	$(\gamma_w)$	t/mc	1,00																	
Caratteristiche geometriche della fondazione																				
Larghezza fondazione	B	m	5,00																	
Lunghezza fondazione	L	m	10,00																	
Eccentricità larghezza	e <sub>x</sub>	m	0,00																	
Approfondimento	D	m	9,90																	
Inclinazione carico	i	°	0,00																	
Distanza (vedi schema)	a	m	9,90																	
Larghezza ridotta	B'	m	5,00																	
Coefficienti di fondazione																				
N <sub>q</sub>			6,3994	$e^{(\pi \cdot \text{tg } \varphi)} \cdot \text{tg}^2(45^\circ + \varphi/2)$																
N <sub>g</sub>			2,8709	$(N_q - 1) \text{tg}(1,4 \varphi)$																
N <sub>c</sub>			14,8347	$(N_q - 1) \text{ctg}(\varphi)$																
Fattori di forma																				
s <sub>c</sub>			1,2040	$1 + 0,2 * K_p (B/L)$																
s <sub>q</sub> = s <sub>g</sub>			1,1020	$1 + 0,1 * K_p (B/L)$																
Fattori di profondità																				
d <sub>c</sub>			1,5655	$1 + 0,2 K_p^{1/2} * D/B$																
d <sub>q</sub> = d <sub>g</sub>			1,2828	$1 + 0,1 K_p^{1/2} * D/B$																
Fattori di inclinazione del carico																				
i <sub>q</sub> = i <sub>c</sub>			1,0000	$(1 - i^\circ/90)^\circ$																
i <sub>g</sub>			1,0000	$(1 - i^\circ/\varphi)^\circ$																
As =	C	x	(	Nc	x	c	x	sc	+	0,50	x	Ny	x	sy	x	B	x	γ	)	=
=	40,00	x	(	14,83	x	0,50	x	1,20	+	0,50	x	2,87	x	1,10	x	5,00	x	2000,00	)	=
=	40,00	x	(	8,93	+	15818,41	) =	633093,57												
Bs =	C	x	(	Nq	x	sq	x	γ	) =											
=	40,00	x	(	6,40	x	1,10	x	2000,00	) =	564160,03										
As +	Bs	x	z	=	6218277,88	kg/mc	=	6,22	kg/cmc	=	62182,78	KN/mc								

Tabella 15 Tabulato di calcolo modello di Winkler

La numerazione dei nodi e degli elementi è illustrata nella figura sotto riportata:

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

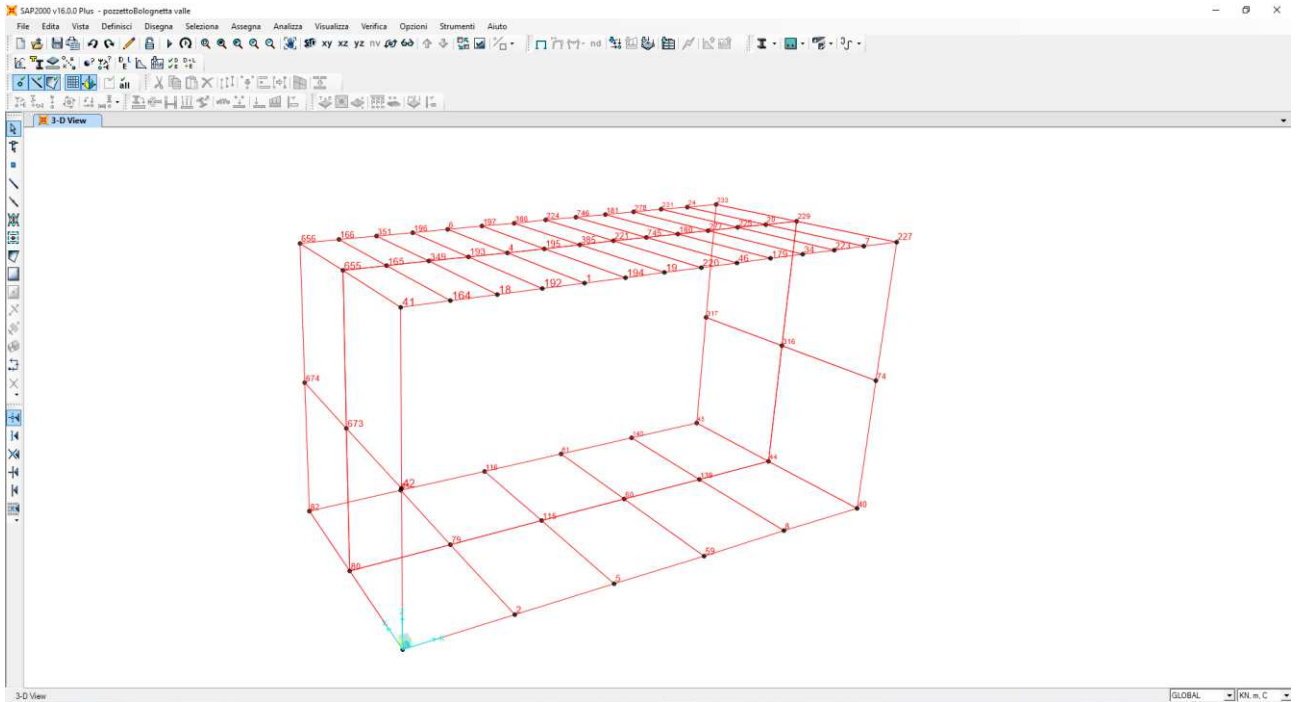


Figura 88 Schematizzazione modello – Numerazione nodi

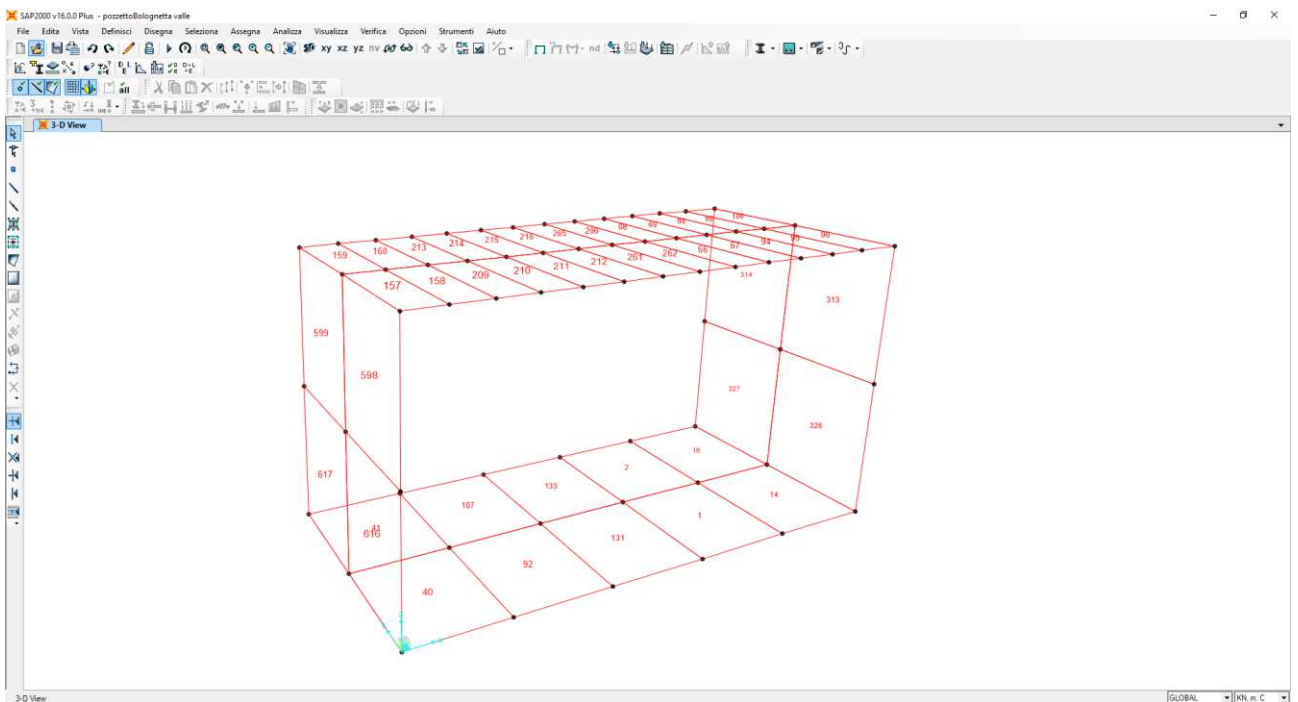


Figura 89 Schematizzazione modello – Numerazione elementi

Le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite. Non è stata considerata la pressione dell’acqua all’interno del manufatto in quanto opposta e della stessa entità di quella del terreno.

Limiti di apertura delle fessure in condizioni ambientali molto aggressive e per armature poco

sensibili:

-quasi permanente :

$w < 0.2 \text{ mm}$

Per strutture contenenti liquidi:  $x_d/h > 0.2$

## 10.4 ANALISI DELLE AZIONI CHE AGISCONO SULLA STRUTTURA

### 10.4.1 Descrizione delle condizioni di carico elementari

Si riporta di seguito il calcolo dei carichi e sovraccarichi permanenti, dei carichi mobili, delle coazioni e delle azioni sismiche.

#### Condizioni di carico 1 e 2: Peso Permanente e Permanente portato

Carichi Permanenti				
peso specifico cls	$\gamma_{cls}$	25		KN/m <sup>3</sup>
soletta inf SINF	P2	7,5		KN/m <sup>2</sup>
pedritti SP	P3	7,5		KN/m <sup>2</sup>
pacchetto stradale	0	P4	0	KN/m <sup>2</sup>
grigliato Hr =	0,05	P5	0,6	KN/m <sup>2</sup>

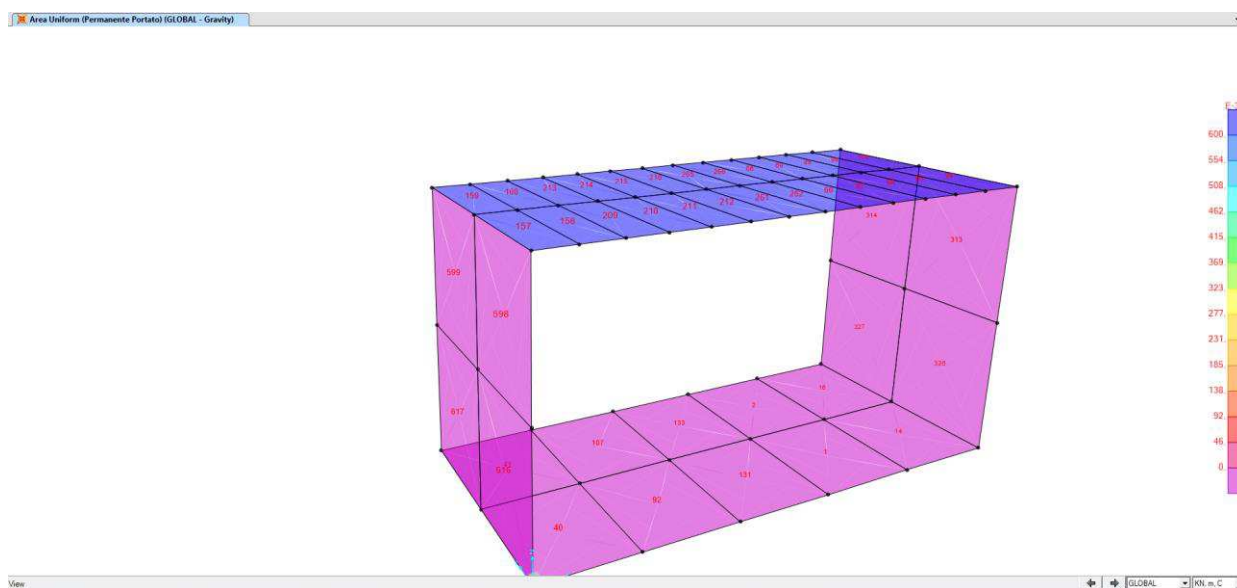


Figura 90 Schematizzazione modello di carico condizioni 1 e 2

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

### Condizioni di carico 3: spinta dovuta al terreno

Per la valutazione delle spinte laterali è stato considerato :

$$\gamma = 20 \text{ KN/mc}$$

$$\phi = 38^\circ$$

Nel caso in cui i terreni laterali non siano in grado di assicurare tali caratteristiche sarà cura della impresa esecutrice effettuare un rinterro con materiale di adeguate caratteristiche.

La spinta sui piedritti è stata valutata considerando il coefficiente di spinta a riposo:  $K_0 = 0.384$ .

<b>peso specifico terreno <math>\gamma_{ter}</math></b>	<b>20</b>	<b>KN/m<sup>3</sup></b>
<b>angolo d'attrito</b>	<b>38</b>	<b>gradi</b>
<b>coeff. di spinta a riposo <math>k_0</math></b>	0,384	
<b>pss</b>	3,459	<b>KN/m<sup>2</sup></b>
<b>pis</b>	21,14	<b>KN/m<sup>2</sup></b>
<b>coeff. di spinta attiva</b>	0,24	
<b>sovraccarico accidentale laterale del terreno</b>	7,69	<b>KN/m<sup>2</sup></b>

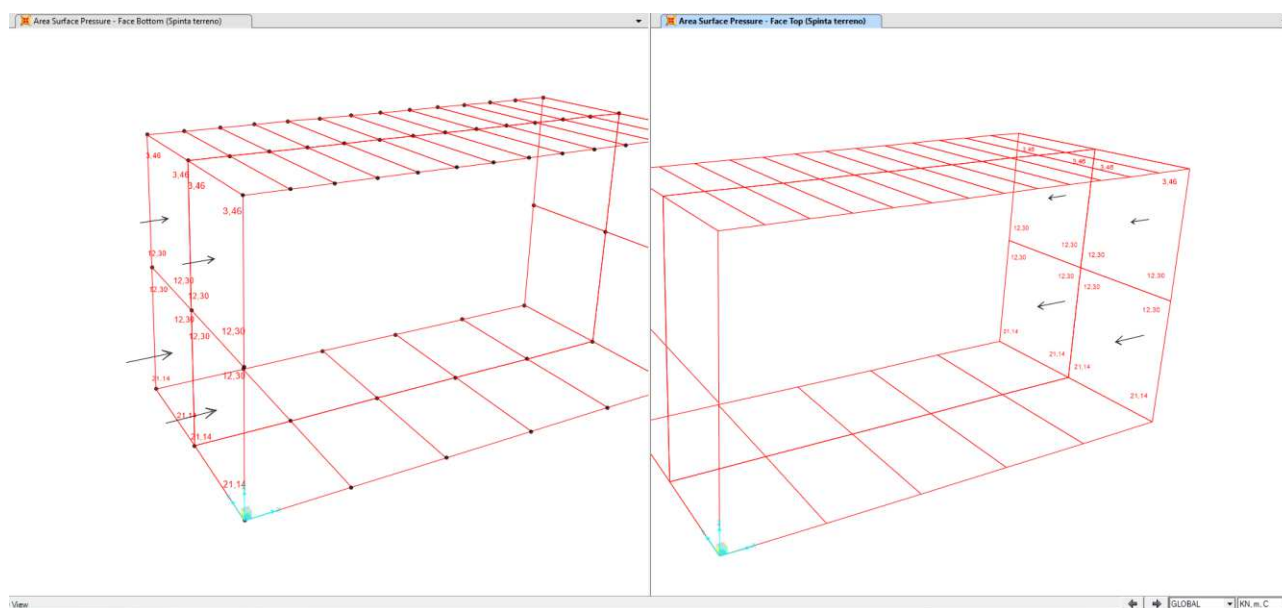


Figura 91 Schematizzazione condizione di carico 3

#### **Condizione di Carico 4: Sovraccarichi accidentali sulla soletta superiore (carico veicolare)**

Non essendo un carico veicolare propriamente detto quello che sovrasta il tombino in esame, piuttosto un carico dovuto ad una viabilità secondaria e parcheggio si considera il carico massimo indicato nella tabella 3.1.11 delle NTC2018 ovvero massimo 5 KN/mq su tutto il grigliato.

#### **Condizione di carico 5/6: frenatura (direzione X e direzione -X)**

L'azione di frenamento, agente nella direzione dell'asse della strada e giacente sulla superficie stradale, deve essere la maggiore tra:

- |  |       |      |
|--|-------|------|
| - 1/10 della singola colonna più pesante             | 16,98 | KN/m |
| - 20% del totale del carico gravante sulla struttura | 22,64 | KN/m |

L'azione di frenamento vale:	22,64	KN/m
------------------------------	-------	------

#### **10.4.2 Azione Sismica**

Le sollecitazioni provocate dalle azioni sismiche sono valutate mediante analisi statica. In tale tipo d'analisi le azioni sismiche sono schematizzate attraverso forze statiche proporzionali alla massa dei seguenti elementi:

- elementi strutturali costituenti l'opera;
- elementi che costituiscono sovraccarichi permanenti;

#### **Condizione di carico 10: Azione sismica orizzontale**

Le azioni sismiche si distinguono in orizzontali e verticali, sulla base delle caratteristiche dell'area in esame:



Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

---

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

---

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

---

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri →

---

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata ▼

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

---

Stato Limite

Stato Limite considerato  [info](#)

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo  [info](#)       $S_s =$         $C_c =$   [info](#)

Categoria topografica  [info](#)       $h/H =$         $S_T =$   [info](#)

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

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)      Smorzamento  $\xi$  (%)        $\eta =$   [info](#)

Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore  $q_0$        Regol. in altezza  [info](#)

Compon. verticale

Spettro di progetto      Fattore  $q$         $\eta =$   [info](#)

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta →

Parametri e punti spettri di risposta →

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

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

Figura 92 Caratteristiche sismiche dell'area

120/137

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

Il software SAP2000 applica l'azione sismica al modello tridimensionale della struttura considerando la sua massa, vengono aggiunti gli incrementi sismici dovuti alle altre componenti (terreno di ricoprimento):

Le spinte delle terre, sono calcolate in regime di spinta a riposo che comporta il calcolo delle spinte sismiche in tali condizioni;

. L'incremento di spinta sismico è stato valutato con la teoria di Mononobe-Okabe assumendo  $A=1$ :

- in condizioni normali :  $K_a = 0.383$

- in condizioni sismiche :  $K_a = 0.409$

-  $\Delta K_a = 0.026$

L'incremento di spinta è stato applicato in modo triangolare con vertice verso il basso.

## 10.5 DESCRIZIONE DELLE COMBINAZIONI DI CARICO

Combinazione di Carico	gruppo	P.P.	Permanenti non strutturali	Spinta terre	Carico Stradale	frenatura sx	frenatura dx	Azione Sismica
1	SLU	1,3	1,3	1,3	1,35	1,35	0	0,0
2	SLU	1,3	1,3	1,3	1,35	0	1,35	0,0
3	SLU	1,3	1,3	1,3	0	0	0	0,0
4	SISMICO	1	1	1	0	0	0	1,0
5	SISMICO	1	1	1	0,2	0,2	0	1,0
6	SISMICO	1	1	1	0,2	0	0,2	1,0
7	SLE QP	1	1	1	0	0	0	0,0
8	SLE FREQ	1	1	1	0,75	0,75	0	0,0
9	SLE FREQ	1	1	1	0,75	0	0,75	0,0
10	SLE RARA	1	1	1	1	1	0	0,0
11	SLE RARA	1	1	1	1	0	1	0,0

Tabella 16 Descrizione delle combinazioni di carico

## 10.6 VERIFICA SOLETTA INFERIORE SLU-SLV

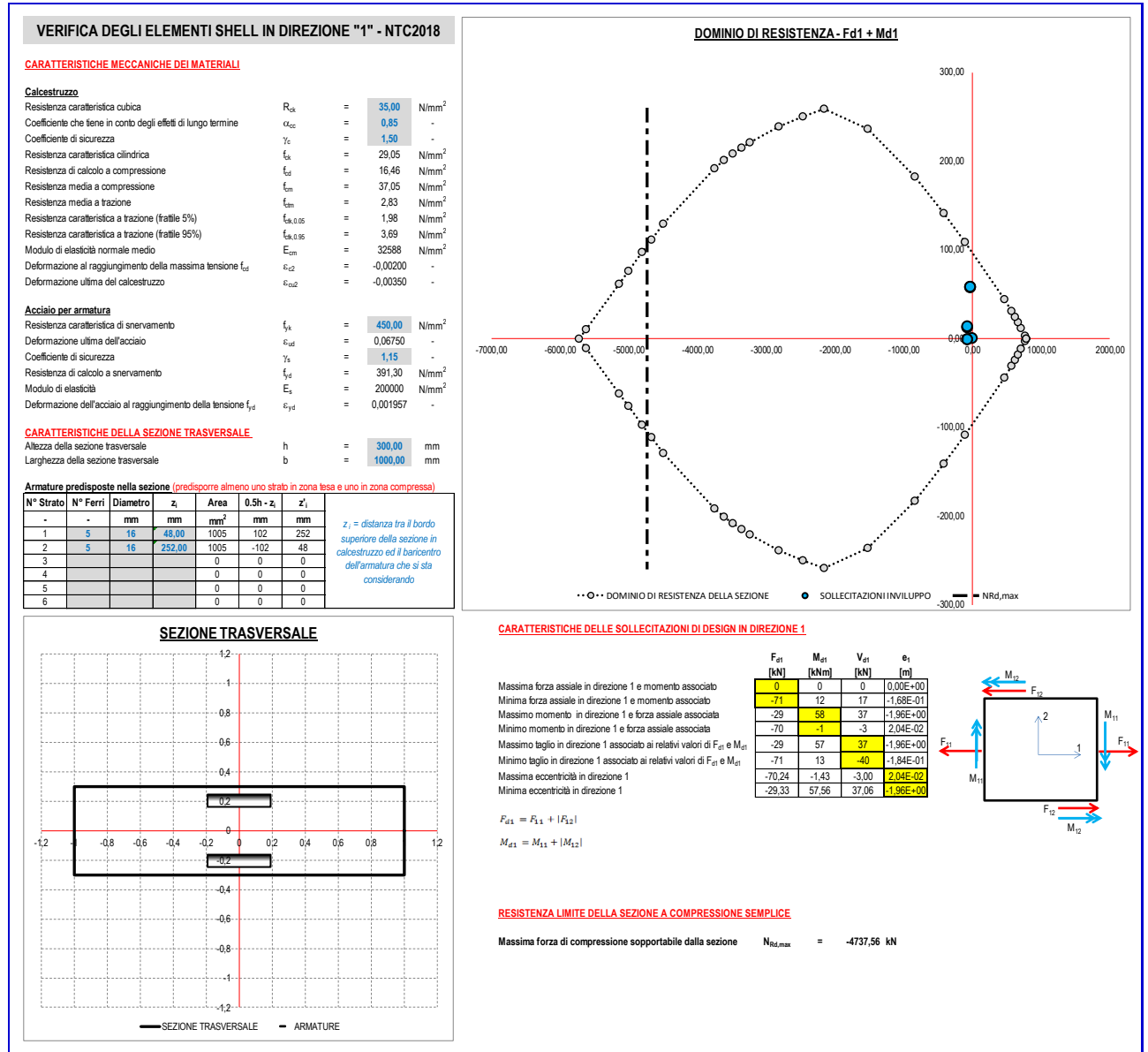


Figura 93 Tabulato verifica soletta

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

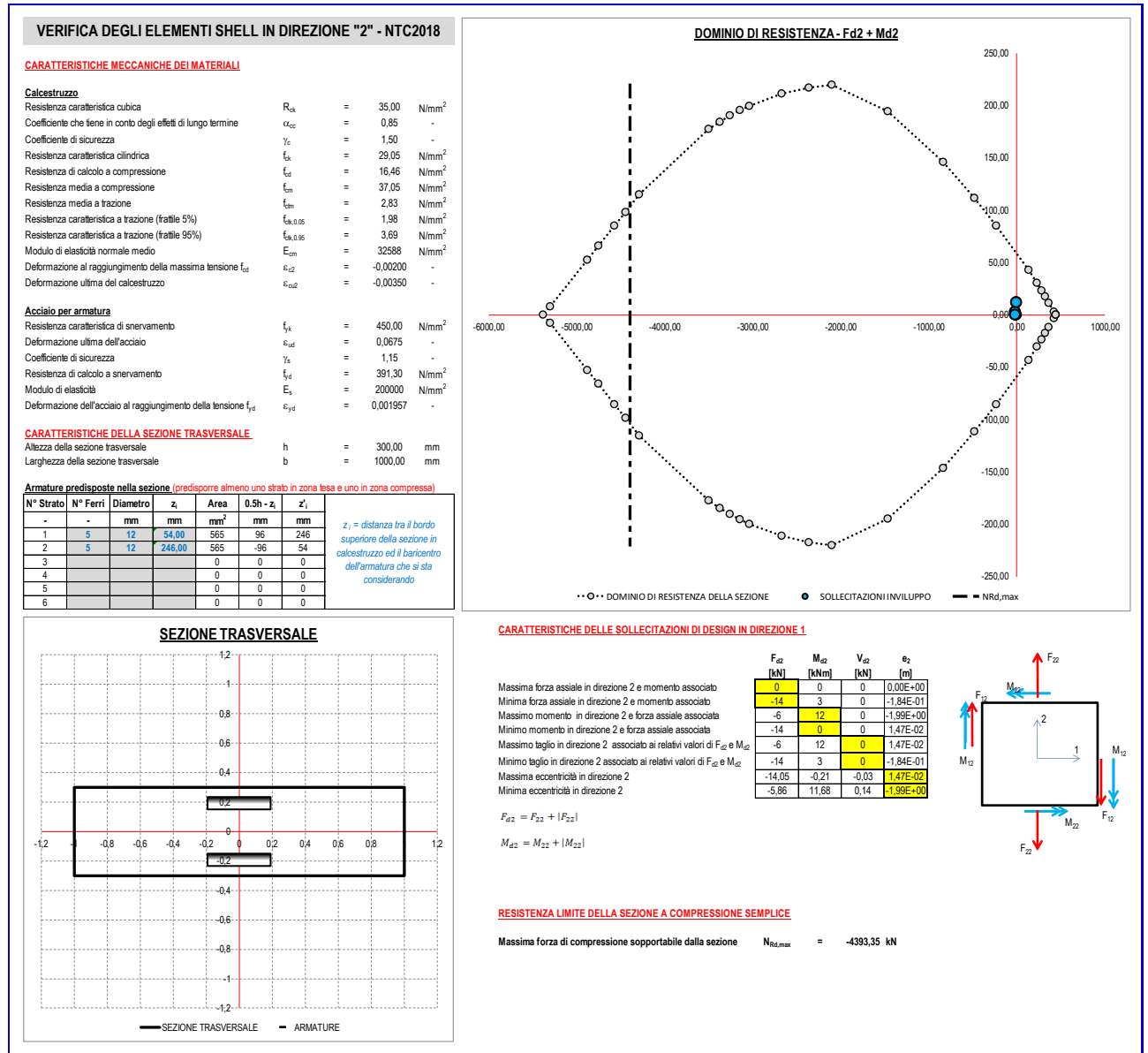


Figura 94 Tabulato verifica soletta

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

## VERIFICA A TAGLIO DEGLI ELEMENTI SHELL - NTC2018

### CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

#### Calcestruzzo

Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	=	35,00	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente che tiene in conto degli effetti di lungo termine	$\alpha_{cc}$	=	0,85	-
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_c$	=	1,50	-
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	=	29,05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	=	16,46	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione	$f_{cm}$	=	37,05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione	$f_{ctm}$	=	2,83	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk,0,05}$	=	1,98	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk,0,95}$	=	3,69	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità normale medio	$E_{cm}$	=	32588	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione al raggiungimento della massima tensione $f_{cd}$	$\varepsilon_{c2}$	=	-0,0020	-
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\varepsilon_{cu2}$	=	-0,0035	-

#### Acciaio per armatura

Resistenza caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione ultima dell'acciaio	$\varepsilon_{ud}$	=	0,0675	-
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_s$	=	1,15	-
Resistenza di calcolo a snervamento	$f_{yd}$	=	391,30	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	$E_s$	=	200000	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione dell'acciaio al raggiungimento della tensione $f_{yd}$	$\varepsilon_{yd}$	=	0,001957	-

### CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza della sezione trasversale	$h$	=	300	mm
Larghezza della sezione trasversale	$b$	=	1000	mm

### SOLLECITAZIONI DI TAGLIO

Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,1,pos}$	=	39,8	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,2,pos}$	=	0,2	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,1,neg}$	=	0,0	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,2,neg}$	=	0,0	kN

### RESISTENZA LIMITE A TAGLIO DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza utile in direzione 1 per momenti positivi	$d_{1,pos}$	=	252,00	mm
Altezza utile in direzione 2 per momenti positivi	$d_{2,pos}$	=	246,00	mm
Altezza utile in direzione 1 per momenti negativi	$d_{1,neg}$	=	252,00	mm
Altezza utile in direzione 2 per momenti negativi	$d_{2,neg}$	=	246,00	mm
Coefficiente di riduzione per effetto della fessurazione	$v$	=	0,500	-
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)	$V_{Rd1,max,pos}$	=	1037,1	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)	$V_{Rd2,max,pos}$	=	1012,4	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)	$V_{Rd1,max,neg}$	=	1037,1	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)	$V_{Rd2,max,neg}$	=	1012,4	kN
Verifica di idoneità della sezione	$\delta_{1,pos}$	=	✓ 0,04	-
	$\delta_{2,pos}$	=	✓ 0,00	-
	$\delta_{1,neg}$	=	✓ 0,00	-
	$\delta_{2,neg}$	=	✓ 0,00	-

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

**RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE PRIVA DI ARMATURA IDONEA A RESISTERE AL TAGLIO**

Coefficiente di resistenza al taglio	$C_{Rd,c}$	=	0,12	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti positivi	$k_{1,pos}$	=	1,891	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti positivi	$k_{2,pos}$	=	1,902	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti negativi	$k_{1,neg}$	=	1,891	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti negativi	$k_{2,neg}$	=	1,902	-
Armatura tesa inferiore in direzione 1	$A_{inf,1}$	=	1005	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa superiore in direzione 1	$A_{sup,1}$	=	1005	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa inferiore in direzione 2	$A_{inf,2}$	=	565	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa superiore in direzione 2	$A_{sup,2}$	=	565	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti positivi	$\rho_{1,pos}$	=	0,00399	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,pos}$	=	0,00230	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti negativi	$\rho_{1,neg}$	=	0,00399	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti negativi	$\rho_{2,neg}$	=	0,00230	-
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 1	$\sigma_1$	=	0,098	MPa
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 2	$\sigma_2$	=	0,020	MPa
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)</b>	<b><math>V_{Rd1,c,pos}</math></b>	=	<b>224,6</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)</b>	<b><math>V_{Rd2,c,pos}</math></b>	=	<b>125,7</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)</b>	<b><math>V_{Rd1,c,neg}</math></b>	=	<b>224,6</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)</b>	<b><math>V_{Rd2,c,neg}</math></b>	=	<b>125,7</b>	<b>kN</b>
<b>Verifica di idoneità della sezione priva di armatura a taglio</b>	<b><math>\delta_{1,pos}</math></b>	=	<b>0,18</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{2,pos}</math></b>	=	<b>0,00</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{1,neg}</math></b>	=	<b>0,00</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{2,neg}</math></b>	=	<b>0,00</b>	<b>-</b>

Figura 95 Tabulato verifica a taglio soletta

### 10.6.1 Verifica Piedritti SLU-SLV

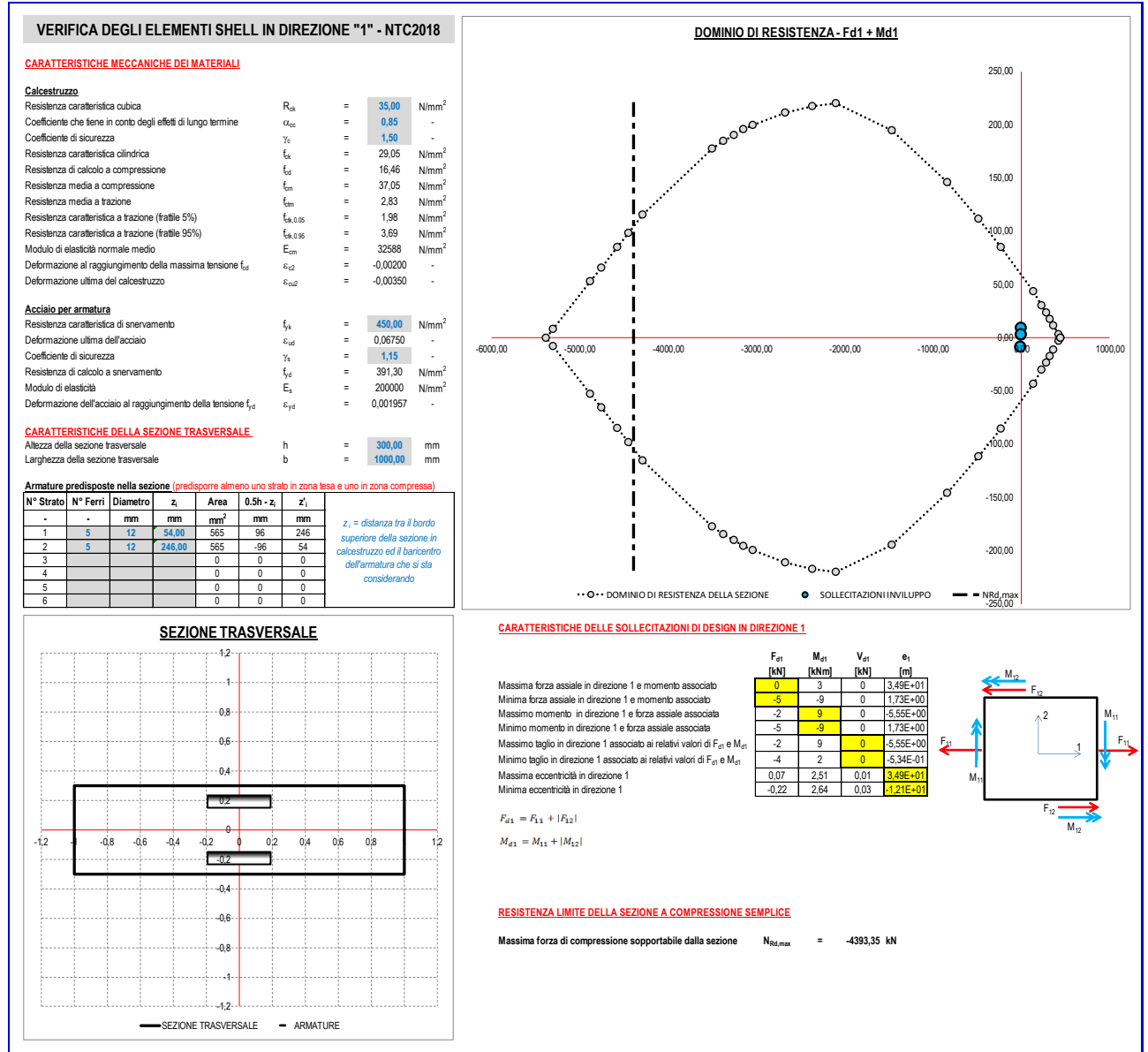


Figura 96 Verifica piedritti

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

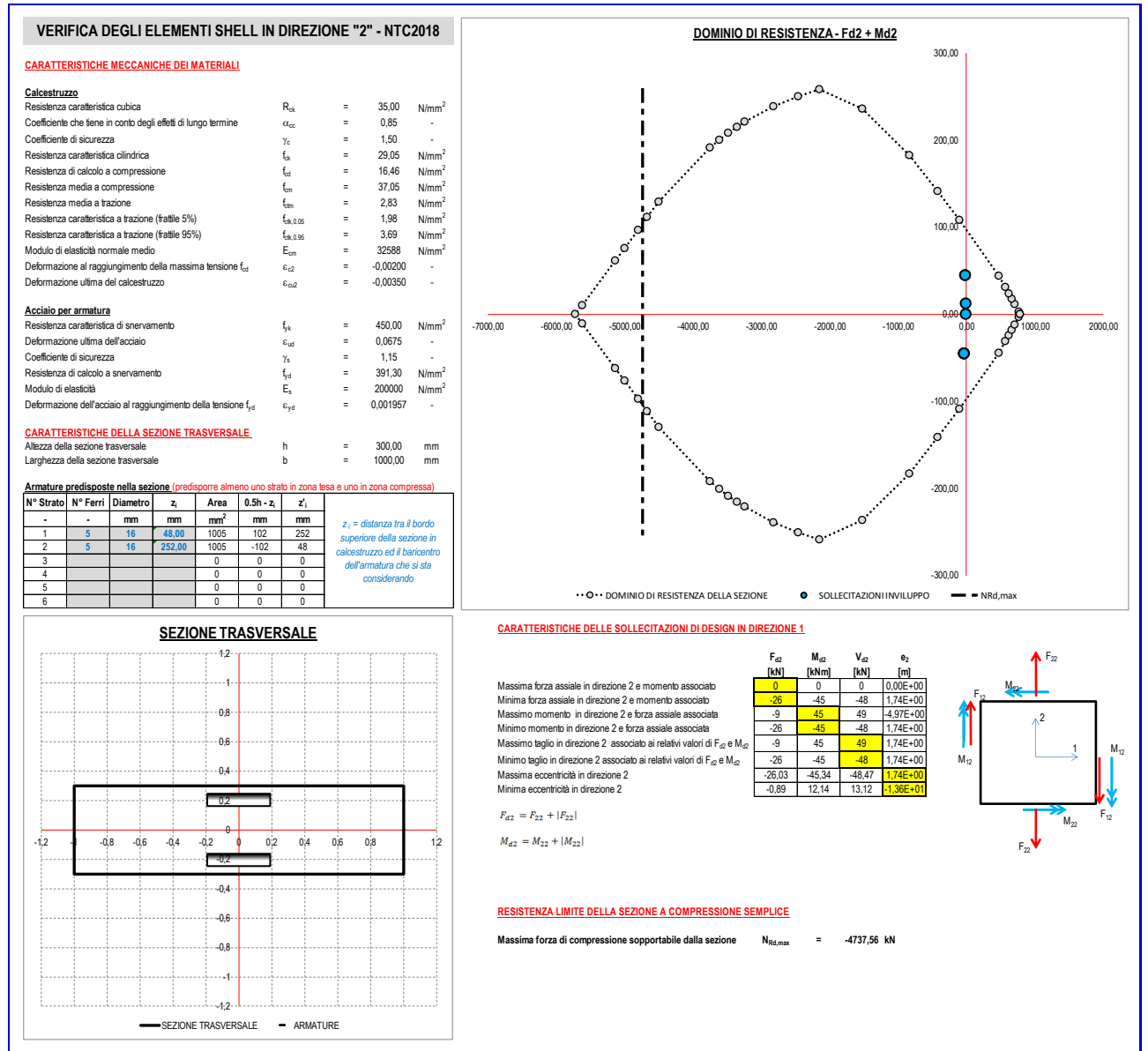


Figura 97 Tabulato verifica piedritti



## VERIFICA A TAGLIO DEGLI ELEMENTI SHELL - NTC2018

### CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

#### Calcestruzzo

Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	=	35,00	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente che tiene in conto degli effetti di lungo termine	$\alpha_{cc}$	=	0,85	-
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_c$	=	1,50	-
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	=	29,05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	=	16,46	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione	$f_{cm}$	=	37,05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione	$f_{ctm}$	=	2,83	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk,0.05}$	=	1,98	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk,0.95}$	=	3,69	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità normale medio	$E_{cm}$	=	32588	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione al raggiungimento della massima tensione $f_{cd}$	$\varepsilon_{c2}$	=	-0,0020	-
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\varepsilon_{cu2}$	=	-0,0035	-

#### Acciaio per armatura

Resistenza caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione ultima dell'acciaio	$\varepsilon_{ud}$	=	0,0675	-
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_s$	=	1,15	-
Resistenza di calcolo a snervamento	$f_{yd}$	=	391,30	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	$E_s$	=	200000	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione dell'acciaio al raggiungimento della tensione $f_{yd}$	$\varepsilon_{yd}$	=	0,001957	-

### CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza della sezione trasversale	$h$	=	300	mm
Larghezza della sezione trasversale	$b$	=	1000	mm

### SOLLECITAZIONI DI TAGLIO

Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,1,pos}$	=	0,1	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,2,pos}$	=	48,5	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,1,neg}$	=	0,0	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,2,neg}$	=	48,5	kN

### RESISTENZA LIMITE A TAGLIO DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza utile in direzione 1 per momenti positivi	$d_{1,pos}$	=	246,00	mm
Altezza utile in direzione 2 per momenti positivi	$d_{2,pos}$	=	252,00	mm
Altezza utile in direzione 1 per momenti negativi	$d_{1,neg}$	=	246,00	mm
Altezza utile in direzione 2 per momenti negativi	$d_{2,neg}$	=	252,00	mm
Coefficiente di riduzione per effetto della fessurazione	$v$	=	0,500	-
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)	$V_{Rd1,max,pos}$	=	1012,4	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)	$V_{Rd2,max,pos}$	=	1037,1	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)	$V_{Rd1,max,neg}$	=	1012,4	kN
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)	$V_{Rd2,max,neg}$	=	1037,1	kN
Verifica di idoneità della sezione	$\delta_{1,pos}$	=	✓ 0,00	-
	$\delta_{2,pos}$	=	✓ 0,05	-
	$\delta_{1,neg}$	=	✓ 0,00	-
	$\delta_{2,neg}$	=	✓ 0,05	-

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

**RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE PRIVA DI ARMATURA IDONEA A RESISTERE AL TAGLIO**

Coefficiente di resistenza al taglio	$C_{Rd,c}$	=	0,12	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti positivi	$k_{1,pos}$	=	1,902	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti positivi	$k_{2,pos}$	=	1,891	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti negativi	$k_{1,neg}$	=	1,902	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti negativi	$k_{2,neg}$	=	1,891	-
Armatura tesa inferiore in direzione 1	$A_{inf,1}$	=	565	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa superiore in direzione 1	$A_{sup,1}$	=	565	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa inferiore in direzione 2	$A_{inf,2}$	=	1005	mm <sup>2</sup>
Armatura tesa superiore in direzione 2	$A_{sup,2}$	=	1005	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti positivi	$\rho_{1,pos}$	=	0,00230	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,pos}$	=	0,00399	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti negativi	$\rho_{1,neg}$	=	0,00230	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti negativi	$\rho_{2,neg}$	=	0,00399	-
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 1	$\sigma_1$	=	0,005	MPa
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 2	$\sigma_2$	=	0,030	MPa
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)</b>	<b><math>V_{Rd1,c,pos}</math></b>	=	<b>125,2</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)</b>	<b><math>V_{Rd2,c,pos}</math></b>	=	<b>222,0</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)</b>	<b><math>V_{Rd1,c,neg}</math></b>	=	<b>125,2</b>	<b>kN</b>
<b>Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)</b>	<b><math>V_{Rd2,c,neg}</math></b>	=	<b>222,0</b>	<b>kN</b>
<b>Verifica di idoneità della sezione priva di armatura a taglio</b>	<b><math>\delta_{1,pos}</math></b>	=	<b>0,00</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{2,pos}</math></b>	=	<b>0,22</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{1,neg}</math></b>	=	<b>0,00</b>	<b>-</b>
	<b><math>\delta_{2,neg}</math></b>	=	<b>0,22</b>	<b>-</b>

Figura 98 Tabulato verifica a taglio piedritti

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

## 10.6.2 Verifica SLE Soletta inferiore

Sollecitazioni massime da Inviluppo combinazioni SLE QP quasi permanenti, SLE FREQUENTE e SLE RARA/caratteristica :

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS			
Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	43,0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15,0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	300	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[mm]
Copriferro	$d'$	40	[mm]
Altezza utile della sezione	$d$	260	[mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	56,36	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	413699844,2	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	17,43	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>5,86</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>317,49</b>	<b>[MPa]</b>

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS			
Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	28,0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15,0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	300	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[-]
Copriferro	$d'$	40	[-]
Altezza utile della sezione	$d'$	260	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	56,36	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	413699844,2	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	13,0725	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>3,81</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>206,74</b>	<b>[MPa]</b>

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS			
Controllo tensionale per la Combinazione Frequente			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	37,0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15,0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	300	[MPa]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[-]
Copriferro	$d'$	40	[kNm]
Altezza utile della sezione	$d'$	260	[kNm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	56,36	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	413699844,2	[mm <sup>4</sup> ]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>5,04</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>273,19</b>	<b>[MPa]</b>

**Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".**

**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3**

**TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo**

CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLS		
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	300 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000 [mm]
Copriferro	d'	40 [mm]
Altezza utile della sezione	d	260 [mm]
Area dell'armatura tesa	A <sub>s</sub>	1005 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	A' <sub>s</sub>	1005 [mm <sup>2</sup> ]
Distanza fra il bordo del cls e l'armatura	c	40 [mm]
Distanza fra i baricentri delle barre	s	200 [mm]
Distanza massima di riferimento tra le barre	S <sub>ref,max</sub>	240 [mm]
Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Quasi Permanente		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Quasi Permanente</b>	<b>M<sub>ed,q.p.</sub></b>	<b>28 [kNm]</b>
Durata del carico		breve [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	69,63 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	118,94 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	2,8 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>1</sub>	0,6 [-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	76,7908888 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	76790,8888 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	p <sub>p,eff</sub>	0,01309 [-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6,32 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	-0,000106 [-]
		0,000346 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	16,00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0,8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0,5 [-]
	k <sub>3</sub>	3,4 [-]
	k <sub>4</sub>	0,425 [-]
Distanza massima fra le fessure	S <sub>r,max</sub>	343,77 [mm]
		343,77 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0,1191 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0,2 [mm]</b>
Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Frequente</b>	<b>M<sub>ed,req.</sub></b>	<b>37 [kNm]</b>
Durata del carico		breve [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	69,63 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	157,17 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	2,8 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>1</sub>	0,6 [-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	76,7908888 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	76790,8888 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	p <sub>p,eff</sub>	0,01309 [-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6,32 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0,000080 [-]
		0,000458 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	16,00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0,8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0,5 [-]
	k <sub>3</sub>	3,4 [-]
	k <sub>4</sub>	0,425 [-]
Distanza massima fra le fessure	S <sub>r,max</sub>	343,77 [mm]
		343,77 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0,1574 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0,2 [mm]</b>
Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b>M<sub>ed,caratt.</sub></b>	<b>43 [kNm]</b>
Durata del carico		breve [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	69,63 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	182,65 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	2,8 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>1</sub>	0,6 [-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	76,7908888 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	76790,8888 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	p <sub>p,eff</sub>	0,01309 [-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6,32 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0,000204 [-]
		0,000532 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	16,00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0,8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0,5 [-]
	k <sub>3</sub>	3,4 [-]
	k <sub>4</sub>	0,425 [-]
Distanza massima fra le fessure	S <sub>r,max</sub>	343,77 [mm]
		343,77 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0,1829 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0,3 [mm]</b>

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

---

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

### **Figura 99 tabulato verifica soletta inferiore SLE**

La sezione della soletta inferiore di spessore pari a 30 cm., risulta verificata anche agli stati limiti di esercizio e fessurazione.

### **10.6.3 Verifica SLE Piedritti**

Sollecitazioni da involuppo combinazioni SLE QP quasi permanenti, SLE FREQUENTE e SLE RARA/caratteristica :

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

VERIFICA A FESSURAZIONE + TENSIONI DI ESERCIZIO - COND. Q. PERM.					
B	100	cm	Md	17	kNm
H	30	cm	Nd	19	kN
c	3	cm	Rck	35	
d	27	cm	fck	29,05	
nbarre	5		fctm	2,834993	
dmedio	1,60	cm	fctm/1.2	2,36	N/mm <sup>2</sup>
c'	2,20	cm	fyd	391,31	N/mm <sup>2</sup>
deff1	14,2	cm	fyk	450	N/mm <sup>2</sup>
deff2	11,08	cm			
deff	11,1	cm			
Determinazione asse neutro - sezione parzializzata - armatura simmetrica:					
PRESSOFLESSIONE RETTA			FLESSIONE SEMPLICE RETTA		
$y^3 + 3(e-H/2)y^2 + 12i\left(\frac{A_s}{b}\right)ey - 6\left(\frac{A_s}{b}\right)(hd+hc) = 0$			$\frac{by^2}{2} + nA'_s(y-c) - nA_s(d-y) = 0$		
TENSIONI DI ESERCIZIO - determinazione $\sigma_{se}$					
b [cm] =	100	d [cm] =	27	c [cm] =	3
n =	15				
Md=	17,00	kNm			
Nd=	19,00	kN			
e=	89,47	cm			
A's=	10,05	cm <sup>2</sup>			
As=	10,05	cm <sup>2</sup>			
Ast=	20,11	cm <sup>2</sup>			
h=	101,47	cm			
h'=	77,47	cm			
$\Delta$ =	0,00	cm <sup>3</sup>			
y=	7,84	cm			
Jid=	74948,14337	cm <sup>4</sup>			
			$\sigma_{c\_max} = \frac{M_d}{J_{id}} y$		
			$\sigma_{s\_max} = n \frac{M_d}{J_{id}} (d - y)$		
					Risolvi sezione per $\sigma_{se}$
$\sigma_{c\_max}$	1,78	N/mm <sup>2</sup>	<	0,45fck=	13,0725 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{s\_max}$	65,20	N/mm <sup>2</sup>			
					OK
determinazione $\sigma_{sr}$					
B	100	cm			
Cracking Moment	42,38	kNm			
b [cm] =	100	d [cm] =	27	c [cm] =	3
n =	15				
Md=	42,38	kNm	y_G =	15,00	cm
Nd=	19,00	kN	H=	30	cm
e=	223,0553072	cm	h=	235,06	cm
A's=	10,05	cm <sup>2</sup>	h'=	235,06	cm
As=	10,05	cm <sup>2</sup>			
Ast=	20,11	cm <sup>2</sup>			
$\Delta$ =	0,00	cm <sup>3</sup>			
y=	7,35	cm			
Jid=	74315,97707	cm <sup>4</sup>			
			$\sigma_{c\_max} = \frac{M_{fess}}{J_{id}} y$		
			$\sigma_{s\_max} = n \frac{M_{fess}}{J_{id}} (d - y)$		
$\sigma_{c\_max}$	4,19	N/mm <sup>2</sup>			
$\sigma_{s\_max}$	168,08	N/mm <sup>2</sup>			
determinazione $\epsilon_{sm}$					
$\beta_1$	0,4		c'	2,20	cm
$\beta_2$	0,5		s	20,00	cm
E_s	206000	N/mm <sup>2</sup>	k2	0,4	
$\epsilon_{sm}$	-0,010%		k3	0,125	
			$\phi$	1,60	cm
			nbarre	5	
$s_{rm}$	17,21840172	cm	As	10,05	cm <sup>2</sup>
$w_m$	0,01793434	mm	b	100	cm
			Ac,eff	1108,15	cm <sup>2</sup>
			$\rho_r$	0,009072	
determinazione $w_d$					
$w_d$	0,000	mm	$w_{lim}$	0,2	mm
					OK

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

VERIFICA A FESSURAZIONE + TENSIONI DI ESERCIZIO - COND. FREQ.					
B	100 cm	Md	30 kNm		
H	30 cm	Nd	19 kN		
c	3 cm	Rck	35		
d	27 cm	fck	29,05		
nbarre	5	fctm	2,834993		
dmedio	1,60 cm	fctm/1.2	2,36 N/mm <sup>2</sup>		
c'	2,20 cm	fyd	391,31 N/mm <sup>2</sup>		
deff1	14,2 cm	fyk	450 N/mm <sup>2</sup>		
deff2	11,28 cm				
deff	11,3 cm				
Determinazione asse neutro - sezione parzializzata - armatura simmetrica:					
PRESSOFLESSIONE RETTA			FLESSIONE SEMPLICE RETTA		
$y^3 + 3(e-H/2)y^2 + 12\left(\frac{A_s}{b}\right)ey - 6\left(\frac{A_s}{b}\right)(hd+hc) = 0 \quad \frac{by^2}{2} + nA'_s(y-c) - nA_s(d-y) = 0$					
TENSIONI DI ESERCIZIO - determinazione $\sigma_s$					
b [cm] =	100	d [cm] =	27	c [cm] =	3
Md=	30,00 kNm			n =	15
Nd=	19,00 kN				
e=	157,89 cm				
A's=	10,05 cm <sup>2</sup>				
As=	10,05 cm <sup>2</sup>				
Ast=	20,11 cm <sup>2</sup>				
h=	169,89 cm				
h'=	145,89 cm				
$\Delta$ =	0,00 cm <sup>3</sup>				
y=	7,45 cm				
Jid=	74400,99192 cm <sup>4</sup>				
$\sigma_{c\_max}$	3,00 N/mm <sup>2</sup>				
$\sigma_{s\_max}$	118,26 N/mm <sup>2</sup>				
determinazione $\sigma_{sr}$					
B	100 cm	Sezione integra, zona di trazione			
Mfess	42,38 kNm				
b [cm] =	100	d [cm] =	27	c [cm] =	3
Md=	42,38 kNm	y_G =	15,00 cm	Jid =	268429,4 cm <sup>4</sup>
Nd=	19,00 kN	H=	30 cm	Wid =	17895,29 cm <sup>3</sup>
e=	223,0553072 cm	h=	235,06 cm	Aid=	3301,593 cm <sup>2</sup>
A's=	10,05 cm <sup>2</sup>	h'=	235,06 cm		
As=	10,05 cm <sup>2</sup>				
Ast=	20,11 cm <sup>2</sup>				
$\Delta$ =	0,00 cm <sup>3</sup>				
y=	7,35 cm				
Jid=	74315,97702 cm <sup>4</sup>				
$\sigma_{c\_max}$	4,19 N/mm <sup>2</sup>				
$\sigma_{s\_max}$	168,08 N/mm <sup>2</sup>				
determinazione $\epsilon_{sm}$					
$\beta_1$	0,4			c'	2,20 cm
$\beta_2$	0,5			s	20,00 cm
E <sub>s</sub>	206000 N/mm <sup>2</sup>			k2	0,4
				k3	0,125
$\epsilon_{sm}$	0,034%			$\phi$	1,60 cm
				nbarre	5
s <sub>rm</sub>	17,37358395 cm			As	10,05 cm <sup>2</sup>
w <sub>rm</sub>	0,059448629 mm			b	100 cm
				Ac,eff	1127,65 cm <sup>2</sup>
				$\rho_r$	0,008915
determinazione w <sub>d</sub>					
w <sub>d</sub> =	0,000 mm	w <sub>lim</sub> =	0,2 mm		OK

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

VERIFICA A FESSURAZIONE + TENSIONI DI ESERCIZIO - COND. CARATTERISTICA					
B	100 cm		Md	34 kNm	
H	30 cm		Nd	19 kN	
c	3 cm		Rck	35	
d	27 cm		fck	29,05	
nbarre	5		fctm	2,834993	
dmedio	1,60 cm		fctm/1.2	2,36 N/mm <sup>2</sup>	
c'	2,20 cm		fyd	391,31 N/mm <sup>2</sup>	
deff1	14,2 cm		fyk	450 N/mm <sup>2</sup>	
deff2	11,31 cm				
deff	11,3 cm				
Determinazione asse neutro - sezione parzializzata - armatura simmetrica:					
PRESSOFLESSIONE RETTA			FLESSIONE SEMPLICE RETTA		
$y^3 + 3(e-H/2)y^2 + 12n\left(\frac{A_s}{b}\right)ey - 6\left(\frac{A_s}{b}\right)(hd+hc) = 0$			$\frac{by^2}{2} + nA'_s(y-c) - nA_s(d-y) = 0$		
ULS - determinazione $\sigma_s$					
b [cm] =	100	d [cm] =	27	c [cm] =	3
Md=	34,00 kNm			n =	15
Nd=	19,00 kN				
e=	178,95 cm				
A's=	10,05 cm <sup>2</sup>				
As=	10,05 cm <sup>2</sup>				
Ast=	20,11 cm <sup>2</sup>				
h=	190,95 cm				
h'=	166,95 cm				
$\Delta$ =	0,00 cm <sup>3</sup>				
y=	7,39 cm				
Jid=	74346,73264 cm <sup>4</sup>				
$\sigma_{c\_max}$	3,38 N/mm <sup>2</sup>	<	0,6fck=	17,43 N/mm <sup>2</sup>	OK
$\sigma_{s\_max}$	134,53 N/mm <sup>2</sup>	<	0,8fck=	360 N/mm <sup>2</sup>	OK
determinazione $\sigma_{sr}$					
B	100 cm				
Mfess	42,38 kNm				
b [cm] =	100	d [cm] =	27	c [cm] =	3
Md=	42,38 kNm	y_G =	15,00 cm	Jid =	268429,4 cm <sup>4</sup>
Nd=	19,00 kN	H=	30 cm	Wid =	17895,29 cm <sup>3</sup>
e=	223,0553072 cm	h=	235,06 cm	Aid=	3301,593 cm <sup>2</sup>
A's=	10,05 cm <sup>2</sup>	h'=	235,06 cm		
As=	10,05 cm <sup>2</sup>				
Ast=	20,11 cm <sup>2</sup>				
$\Delta$ =	0,00 cm <sup>3</sup>				
y=	7,35 cm				
Jid=	74315,97702 cm <sup>4</sup>				
$\sigma_{c\_max}$	4,19 N/mm <sup>2</sup>	<	0,6fc=	18 N/mm <sup>2</sup>	OK
$\sigma_{s\_max}$	168,08 N/mm <sup>2</sup>	<	fca=	500 N/mm <sup>2</sup>	OK
determinazione $\epsilon_{sm}$					
$\beta_1$	0,4			c'	2,20 cm
$\beta_2$	0,5			s	20,00 cm
E <sub>s</sub>	206000 N/mm <sup>2</sup>			k2	0,4
$\epsilon_{sm}$	0,045%			k3	0,125
				$\phi$	1,60 cm
				nbarre	5
S <sub>sm</sub>	17,39682935 cm			As	10,05 cm <sup>2</sup>
w <sub>m</sub>	0,078144218 mm			b	100 cm
				Ac,eff	1130,57 cm <sup>2</sup>
				$\rho_r$	0,008892
determinazione w <sub>d</sub>					
w <sub>d</sub>	0,000 mm	w <sub>lim</sub>	0,3 mm		OK

Figura 100 tabulato verifica piedritti SLE



Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

TP25 – TOMBINI ASSE PRINCIPALE LOTTO 2A - Relazione descrittiva e di calcolo

## 10.7 ARMATURA

Si riporta nel seguito uno stralcio dello schema di armatura del pozzetto di raccordo, per il quale si rimanda agli elaborati grafici di progetto per maggiori dettagli.

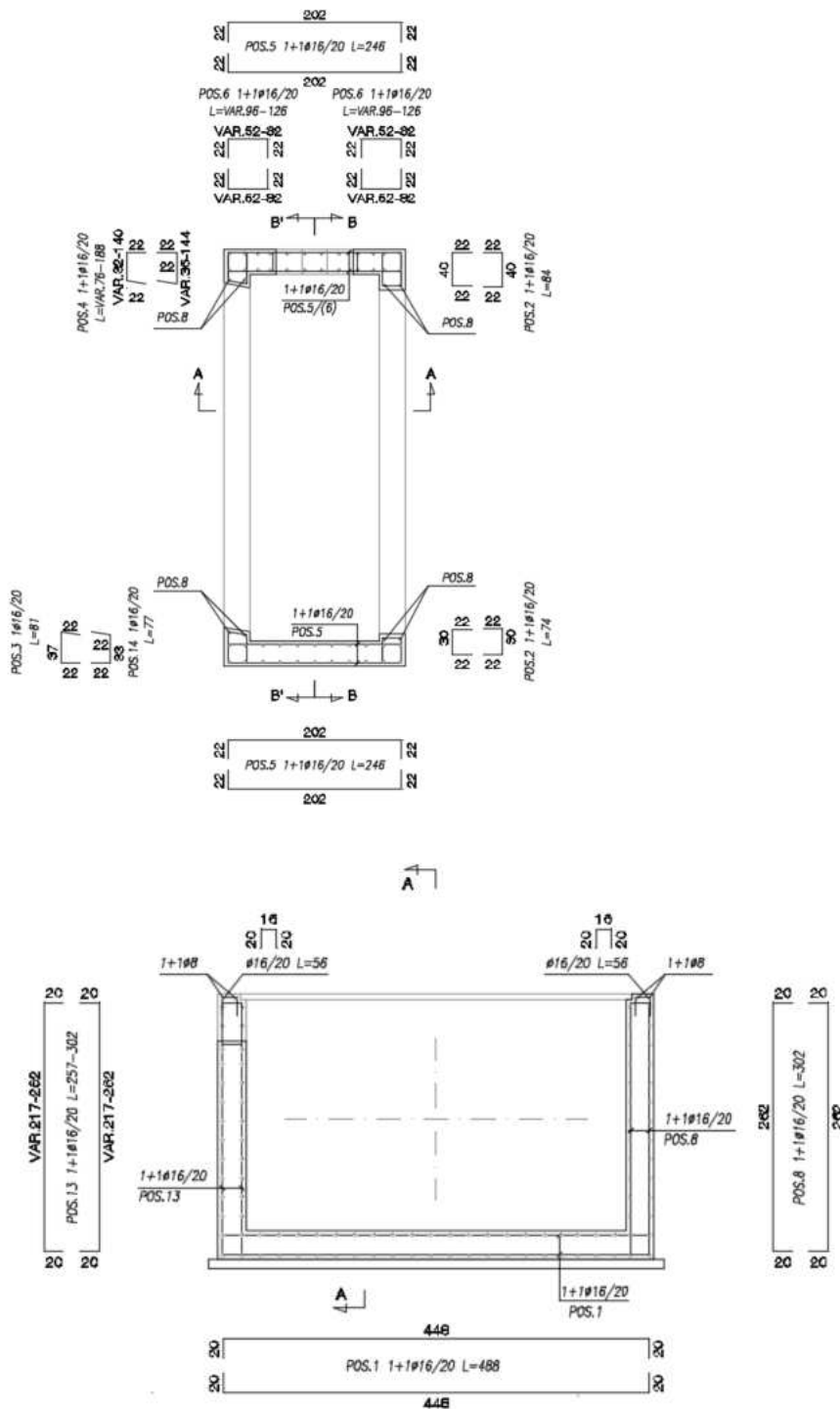


Figura 101 Armatura pozzetto di raccordo

## 11 CONCLUSIONI

---

Nella presente *Relazione descrittiva e di calcolo*, sono state condotte le verifiche, relative all'opera TP25 e alle inalveazioni afferenti IN36 IN37.

A valle di una breve panoramica circa i danneggiamenti causati dall'evento alluvionale del Novembre 2018, è stata descritta la metodologia per il calcolo delle portate di progetto.

La verifica delle opere in esame è stata condotta considerando la portata corrispondente al tempo di ritorno di 100 anni, in accordo con quanto previsto nel CSA e dal Genio Civile di Palermo.

Il dimensionamento, e la conseguente verifica delle sezioni, sono stati condotti con l'ausilio del codice di calcolo Macra Studio sviluppato da Officine Maccaferri S.p.a.. Il codice di calcolo, per il quale approfondimento si rimanda al paragrafo 5 della presente relazione, ha consentito di verificare le sezioni di deflusso in termini di franco idraulico.

Il dimensionamento strutturale del tombino scatolare (sia sotto SS121 che a valle) e del pozzetto di raccordo tra i due tombini sono stati condotti con l'ausilio del codice di calcolo SAP 2000 ai sensi della vigente normativa.

Alla luce dei risultati ottenuti, presentati nei precedenti paragrafi, gli interventi di progetto si ritengono verificati sia dal punto di vista strutturale che idraulico, ai fini del deflusso della piena di progetto.

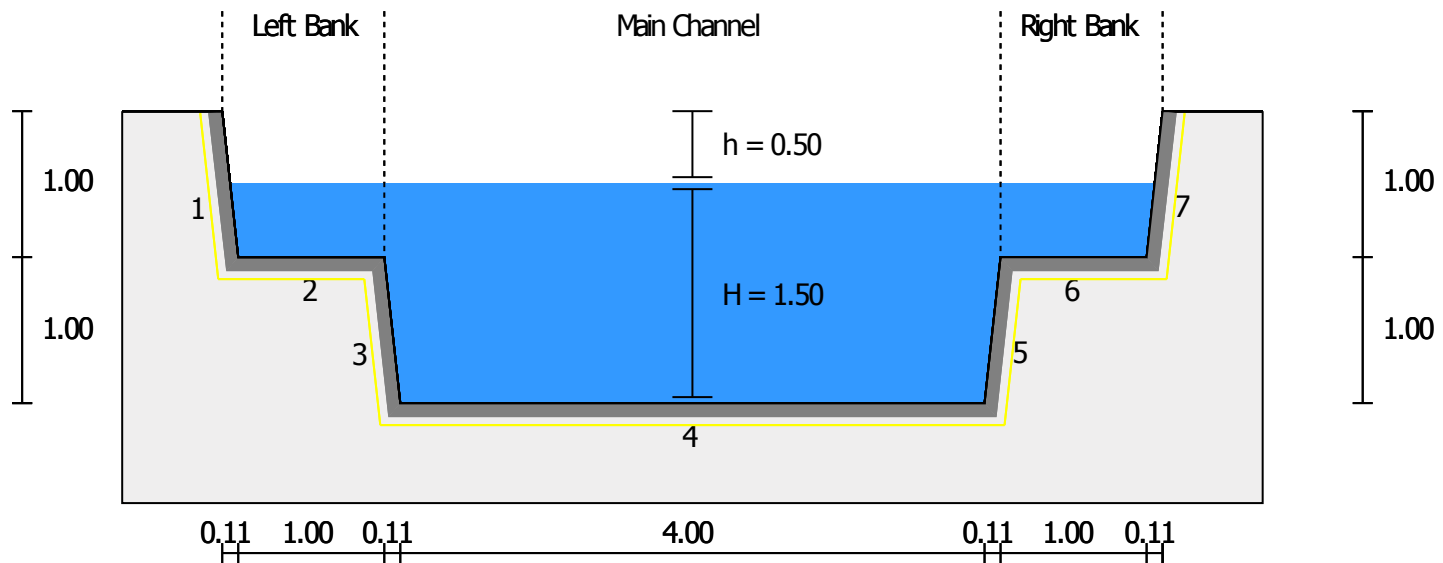
## ● Project Information

Date	Description
20/01/2020	
Title IN37	
Number	
Client	
Author/Designer	

## ● Input

Discharge [m <sup>3</sup> /s]	34
Longitudinal Slope [%]	2
Freeboard [m]	0.00
Bending Radius [m]	-
Bending Side	-

## Channel Design



## ● Results

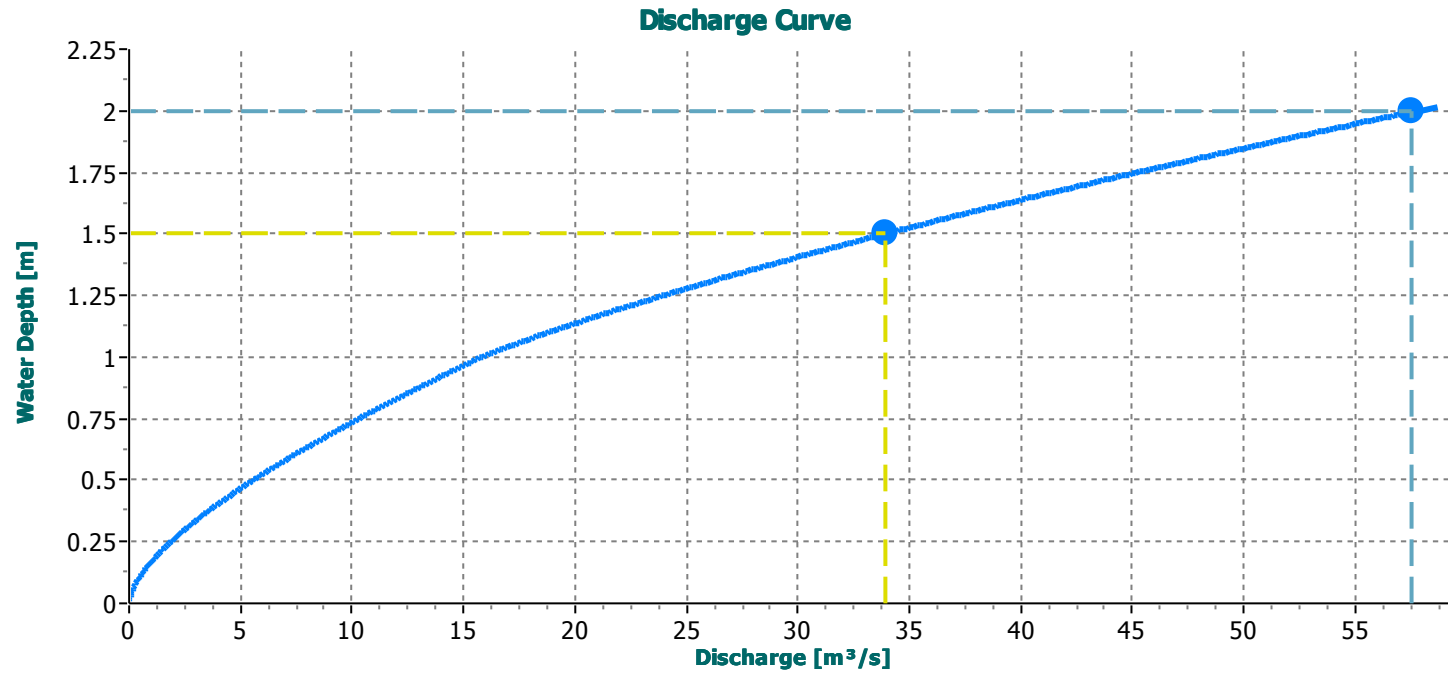
Freeboard [m]	0.5	Freeboard Satisfied
Longitudinal Slope [%]	2	
Water Depth [m]	1.50	
Froude Number	1.4	Supercritical Flow

	<b>Total</b>	<b>Left Overbank</b>	<b>Main Channel</b>	<b>Right Overbank</b>
Discharge [m <sup>3</sup> /s]	34.00	1.18	31.56	1.18
Cross Sectional Area [m <sup>2</sup> ]	7.24	0.51	6.22	0.51
Wetted Perimeter [m]	9.01	1.5	6.01	1.5
Hydraulic Radius [m]	0.8	0.34	1.03	0.34
Water Velocity [m/s]	4.68	2.3	5.07	2.3
Average Roughness	-	0.0301	0.0285	0.0301

## Materials

	ID	Bed materials	Vegetated	Roughness	Shear Stress [N/m <sup>2</sup> ]		Geotextile	Velocity Under Lining [m/s]		Length [m]	
					Allowed	Calculated					
<b>Left Overbank</b>	1	Gabions (1.00m) PoliMac™	-	0.0301	288.68	51.27	✓	Yes	0.52	✓	1.01
<b>Left Overbank</b>	2	Gabions (1.00m) PoliMac™	-	0.0301	470.40	68.36	✓	Yes	0.52	✓	1.00
<b>Main Channel</b>	3	Gabions (1.00m) PoliMac™	-	0.0301	288.68	155.19	✓	Yes	0.52	✓	1.01
<b>Main Channel</b>	4	Reno mattress (0.30m) PoliMac™	-	0.0277	336.00	206.92	✓	Yes	0.42	✓	4.00
<b>Main Channel</b>	5	Gabions (1.00m) PoliMac™	-	0.0301	288.68	155.19	✓	Yes	0.52	✓	1.01
<b>Right Overbank</b>	6	Gabions (1.00m) PoliMac™	-	0.0301	470.40	68.36	✓	Yes	0.52	✓	1.00
<b>Right Overbank</b>	7	Gabions (1.00m) PoliMac™	-	0.0301	288.68	51.27	✓	Yes	0.52	✓	1.01

## Discharge Curve



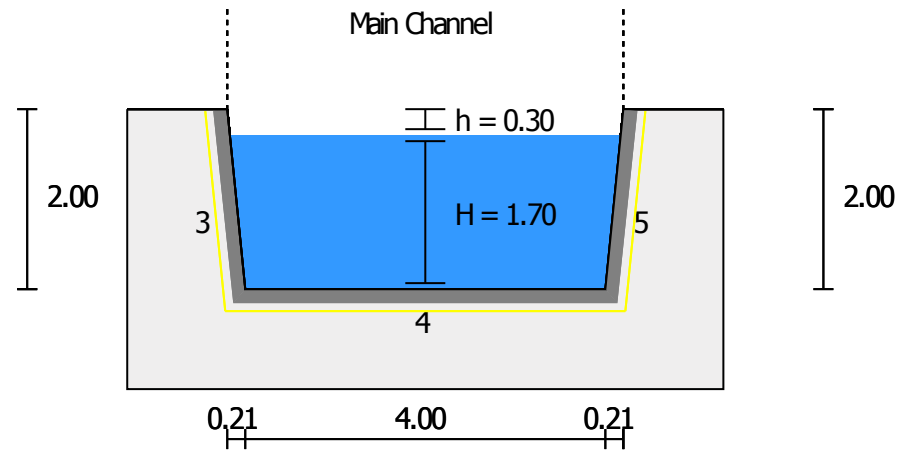
### ● Project Information

Date	Description
20/01/2020	
Title IN36	
Number	
Client	
Author/Designer	

### ● Input

Discharge [m <sup>3</sup> /s]	34.00
Longitudinal Slope [%]	2
Freeboard [m]	0.00
Bending Radius [m]	-
Bending Side	-

### Channel Design



## ● Results

Freeboard [m]	0.3	Freeboard Satisfied
Longitudinal Slope [%]	2	
Water Depth [m]	1.70	
Froude Number	1.19	Supercritical Flow

### Total

### Main Channel

Discharge [m <sup>3</sup> /s]	34.00		34.00	
Cross Sectional Area [m <sup>2</sup> ]	7.12		7.12	
Wetted Perimeter [m]	7.43		7.43	
Hydraulic Radius [m]	0.96		0.96	
Water Velocity [m/s]	4.77		4.77	
Average Roughness	-		0.0288	

## Materials

	ID	Bed materials	Vegetated	Roughness	Shear Stress [N/m <sup>2</sup> ]		Geotextile	Velocity Under Lining [m/s]		Length [m]	
					Allowed	Calculated					
Main Channel	3	Gabions (1.00m) PoliMac™	-	0.0301	288.68	143.88	✓	Yes	0.52	✓	2.01
Main Channel	4	Reno mattress (0.30m) PoliMac™	-	0.0277	336.00	191.84	✓	Yes	0.42	✓	4.00
Main Channel	5	Gabions (1.00m) PoliMac™	-	0.0301	288.68	143.88	✓	Yes	0.52	✓	2.01

## Discharge Curve

