



REGIONE LIGURIA

autostrade // per l'italia

COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA
E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA

PROGETTO DEFINITIVO

OPERE D'ARTE MAGGIORI

RAMPE SVINCOLO A12

RAMPE "C" - "D" (Tratto da Sp1 a D5)

RELAZIONE DI CALCOLO

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Lucio Ferretti Torricelli Ord. Ingg. Brescia N.2188 RESPONSABILE UFFICIO STR	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A CAPO COMMESSA	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE DIREZIONE OPERATIVA TECNICA E PROGETTAZIONE
--	--	---

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO						DATA: DICEMBRE 2014	REVISIONE	
	DIRETTORIO		FILE					n.	data
-	codice commessa	N.Prog.	unita'	ufficio	n. progressivo	Rev.			
-	11001302			STR0057	--		SCALA: -		

	ingegneria europea	RESPONSABILE PROGETTO GENOVA Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	-
		ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	Ing. Roberta Stucchi - O.I. Milano n° A 28579	
CONSULENZA A CURA DI :		IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA'		Ing. Lucio Ferretti Torricelli - O.I. Brescia N. 2188

	VISTO DEL COMMITTENTE R.U.P. - Ing. Andrea Frediani	VISTO DEL CONCEDENTE Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti <small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small>
--	---	---

1.	Introduzione	5
1.1	Generalità	5
1.2	Descrizione generale dell'opera	5
1.2.1	Sottostrutture	8
1.2.2	Sistema di vincolo	12
1.3	Normative di riferimento	12
1.4	Contestualizzazione dell'opera	13
1.4.1	Condizioni ambientali	13
1.4.2	Classi di esposizione	13
1.4.3	Classificazione traffico	14
1.4.4	Caratteristiche materiali	14
1.4.5	Classe di esecuzione	15
1.5	Software di calcolo	15
1.6	Convenzioni generali	16
1.7	Impostazioni generali delle analisi	17
1.7.1	Fasi di analisi	17
1.7.2	Analisi e verifiche eseguite	18
1.7.3	Modalità di verifica sezioni in acciaio e acciaio cls	19
1.8	Caratteristiche e proprietà sezioni	25
1.8.1	Stato della soletta	25
1.8.2	Larghezze collaboranti	26
1.8.3	Larghezze collaboranti alle travi longitudinali	26
1.9	Sistema di irrigidimento (stiffeners e ribs)	32
2.	Analisi dei carichi	32
2.1	Carichi agenti in fase 1	32
2.1.1	Pesi propri acciaio (g_{k1}')	32
2.1.2	Peso proprio soletta (g_{k1}'')	33
2.2	Carichi agenti in fase 2	33
2.2.1	Sovraccarichi permanenti (g_{k2})	33
2.2.2	Reologia calcestruzzo ($g_{sh,k}$)	34
2.3	Carichi agenti in fase 3	35
2.3.1	Variazioni termiche (T_k)	35
2.3.2	Carichi mobili (Q_k)	37
2.3.3	Azione del vento (F_w)	40
2.3.4	Attrito appoggi (Q_{frict})	42
2.3.5	Azione sismica (E_d)	42
2.4	Combinazioni di carico	43
3.	Analisi strutturale	46
3.1	Analisi statica globale	46

3.1.1	Risultati salienti	47
3.2	Analisi dinamica	115
4.	Verifica impalcato metallico	117
4.1	Verifica travi longitudinali	117
4.1.1	S.L.U. - resistenza delle sezioni – rapporti di sfruttamento	117
4.1.2	S.L.E. - limitazione delle tensioni – rapporti di sfruttamento	121
4.1.3	S.L.E. frequente- "web breathing" – rapporti di sfruttamento	124
4.1.4	Verifiche a fatica – calcolo $\Delta\sigma_E$	125
4.1.5	Verifica connessione trave/soletta	128
4.2	Verifica stiffeners trasversali e ribs longitudinali	132
4.2.1	Irrigidenti intermedi	132
4.2.2	Irrigidenti d'appoggio	135
5.	Deformazioni e controfrecce	140
5.1	Contromonte di progetto	144
6.	Apparecchiature di appoggio e giunto	145
6.1	Generalità	145
6.2	Portate appoggi	147
6.3	Deformazioni agli appoggi	148
6.3.1	Spostamenti orizzontali	148
6.3.2	Rotazioni	149
6.4	Dimensionamento varchi e giunti	152
7.	Spalle	153
7.1	Generalità	153
7.2	Analisi dei carichi	155
7.3	Calcolo sollecitazioni	157
7.3.1	Sollecitazioni lungo l'elevazione	159
7.3.2	Sollecitazioni in fondazione	164
8.	Reazioni in fondazione	166
8.1	Rampa C e D - Elevazione D1-C3	166
8.2	Rampa C - Elevazione C2	167
8.3	Rampa C - Elevazione C1	167
8.4	Rampa D - Elevazione D2	168
8.5	Rampa D - Elevazione D3	169
8.6	Rampa D - Elevazione D4	169
8.7	Rampa D - Elevazione D5	170
9.	Verifica pile	171
9.1	Descrizione della struttura	171
9.2	Sollecitazioni di verifica – Pila D1-C3	175

9.2.1	Verifiche della sezione di spiccato	176
9.3	Sollecitazioni di verifica – Pila C2	183
9.3.1	Verifiche della sezione di spiccato	184
9.4	Sollecitazioni di verifica – Pila C1	190
9.4.1	Verifiche della sezione di spiccato	191
9.5	Sollecitazioni di verifica – Pila D2a	197
9.5.1	Verifiche della sezione di spiccato	198
9.6	Sollecitazioni di verifica – Pila D2b	204
9.6.1	Verifiche della sezione di spiccato	205
9.7	Sollecitazioni di verifica – Pila D3a	211
9.7.1	Verifiche della sezione di spiccato	212
9.8	Sollecitazioni di verifica – Pila D3b	218
9.8.1	Verifiche della sezione di spiccato	219
9.9	Sollecitazioni di verifica – Pila D4	225
9.9.1	Verifiche della sezione di spiccato	226
9.10	Sollecitazioni di verifica – Pila-spalla D5	232
9.10.1	Verifiche della sezione di spiccato	233

1. Introduzione

1.1 Generalità

La presente relazione riporta i calcoli statici effettuati nell'ambito delle attività di progettazione strutturale definitiva delle opere afferenti l'intervento di realizzazione della bretella Autostradale Rapallo Fontanabuona, con riferimento alle rampe di svincolo C e D, da realizzarsi nell'ambito della riqualificazione di tracciato della strada SP 22.

1.2 Descrizione generale dell'opera

L'opera consta di quattro campate per la rampa di svincolo C e di 5 campate per la rampa di svincolo D, ordite tra spalle in c.a Sp2 e Sp1 per la rampa di svincolo C e tra la spalla Sp2 e la pila spalla D5 per la rampa di svincolo D. La luce complessiva delle rampe di svincolo sono pertanto di 127 m (32+40+30+25 m) per la rampa C e di 174 m per la rampa D. Entrambe le rampe hanno larghezza d'impalcato complessiva di soletta pari a 9.80 m tranne per il tratto comune in cui la larghezza di impalcato è di 19.08 m.

La tipologia strutturale prescelta è quella del grigliato composto acciaio calcestruzzo, formato da:

- 2 allineamenti di travi longitudinali a doppio T per ciascuna rampa, in composizione strutturale con la soletta, disposte ad interasse trasversali pari a 4.8 m.
- 2 traversi di spalla, disposti a collegare i 4 allineamenti di trave sulla spalla Sp2 (direzione Val Fontanabuona) e i 2 allineamenti di trave sulla spalla Sp1 (direzione Genova)
- 1 trasverso di pia-spalla D5 (direzione Livorno), disposti a collegare i 2 allineamenti di trave
- 5 traversi di pila, disposti a collegare i 2 allineamenti di trave in corrispondenza delle elevazioni
- 1 trasverso di pila, disposto a collegare i 4 allineamenti di trave in corrispondenza dell'elevazione D1-C3
- 26+36 traversi intermedi reticolari verticali a K formati da doppi profili L in composizione bullonata, disposti a collegare a coppie gli allineamenti delle travi principali rispettivamente delle rampe di svincolo C e D.

Lo schema statico adottato è quello di travi semplicemente appoggiate in corrispondenza delle spalle e delle pile. L'impalcato è composto da due cassoncini torsio-rigidi per la prima campata comune e da un cassoncino torsio-rigido realizzati con due travi ad altezza costante connesse fra loro mediante traversi reticolari verticali a K e da un controvento orizzontale di torsione, disposto inferiormente.

Le luci nette delle travi longitudinali, che risultano ordite parallelamente, sono pari a 32, 40, 30 e 25 m per la rampa di svincolo C e pari a 37, 35, 40, 35 e 27 m per la rampa di svincolo D; la luce complessiva, considerato il retrotrave da 50 cm, è pari a 128 m e 175 m rispettivamente per le rampe C e D.

L'altezza complessiva dell'opera è pari a 2.00 m (trave metallica da 1.70 m + soletta da 0.30 m), per cui conseguono rapporti luce-altezza da 1/12.5 a 1/20.

L'insieme formato da travi e traversi è stabilizzato, prima della realizzazione della soletta, da un sistema di controventi di montaggio formato da profili 100x10, che collegano orizzontalmente le due travi.

Tutte le giunzioni tra conchi delle travi longitudinali sono previste realizzate mediante saldature p.p. a piè d'opera.

La soletta in calcestruzzo è realizzata con l'ausilio di predalla collaborante in calcestruzzo, di spessore da 60 mm. Lo spessore complessivo del pacchetto in calcestruzzo è pari a 300 mm.

La soletta, di larghezza costante pari a 19.08 per la prima campata comune e a 9.80 m per le restanti campate, ospita un piano viabile da 8.40 m, due cordoli laterali di larghezza pari a 0.70 m che accolgono le barriere di sicurezza.

Le figure seguenti riportano schematicamente la configurazione dell'opera.

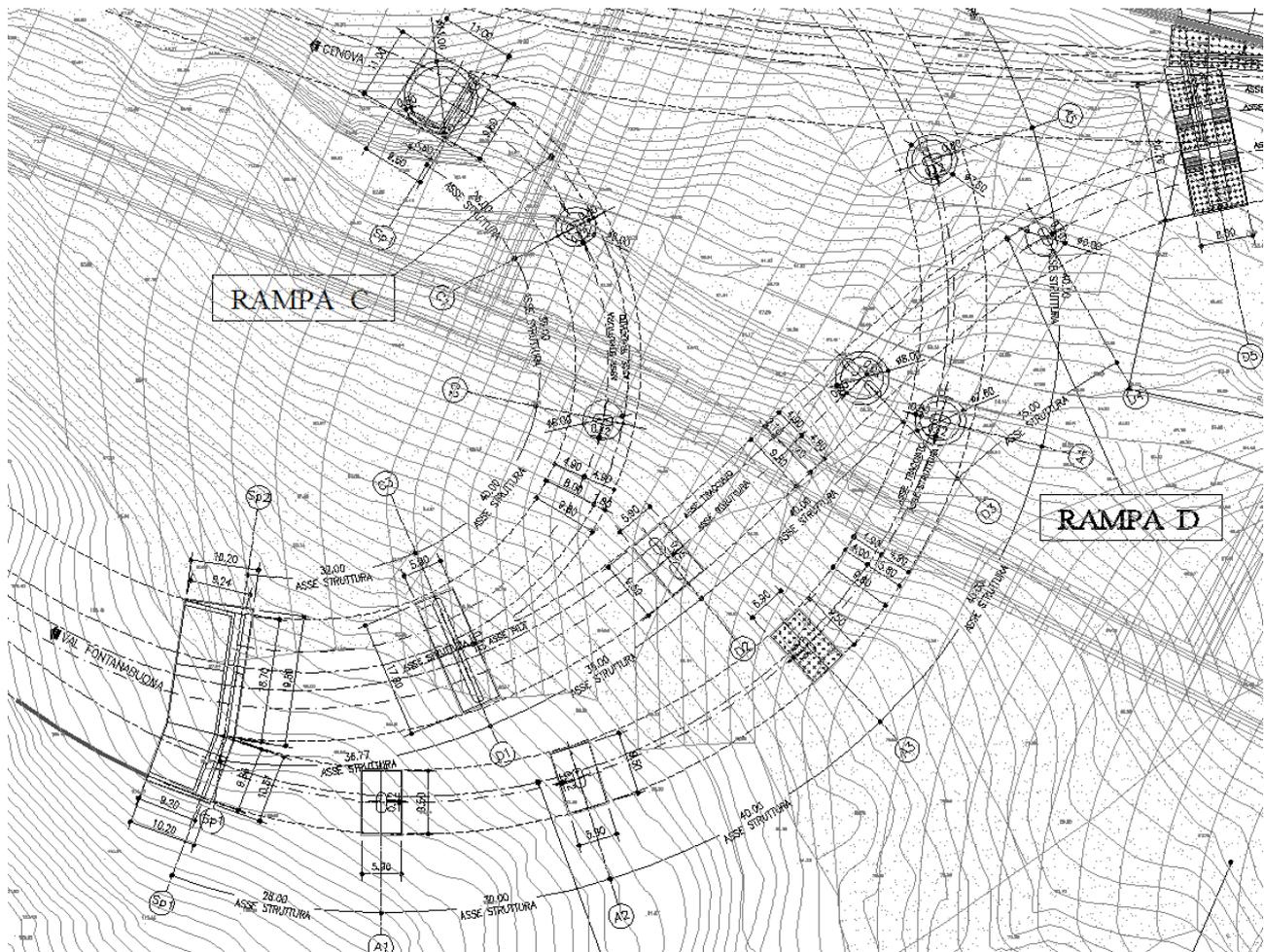


Fig. 1 – Planimetria della rampa di svincolo C e D.

1.2.1 Sottostrutture

La travata è supportata da spalle in c.a. in direzione Genova e Val Fontanabuona, mentre poggia su di una pila spalla lato Livorno. Le spalle sono formate da suola di base, fondate su fondazione diretta (Sp2 lato Val fontana buona) o su pozzo (Sp1 lato Genova), paramento, dello spessore di 1.90 m, e paraghiaia di spessore 40 cm, mentre la pila-spalla D5 risulta fondata su un sistema di micropali.

Le elevazioni hanno dimensioni geometriche in pianta ed altezza variabile e sono su fondazione diretta (per le elevazioni D1-C3 e D2), o su pozzi (per le restanti elevazioni).

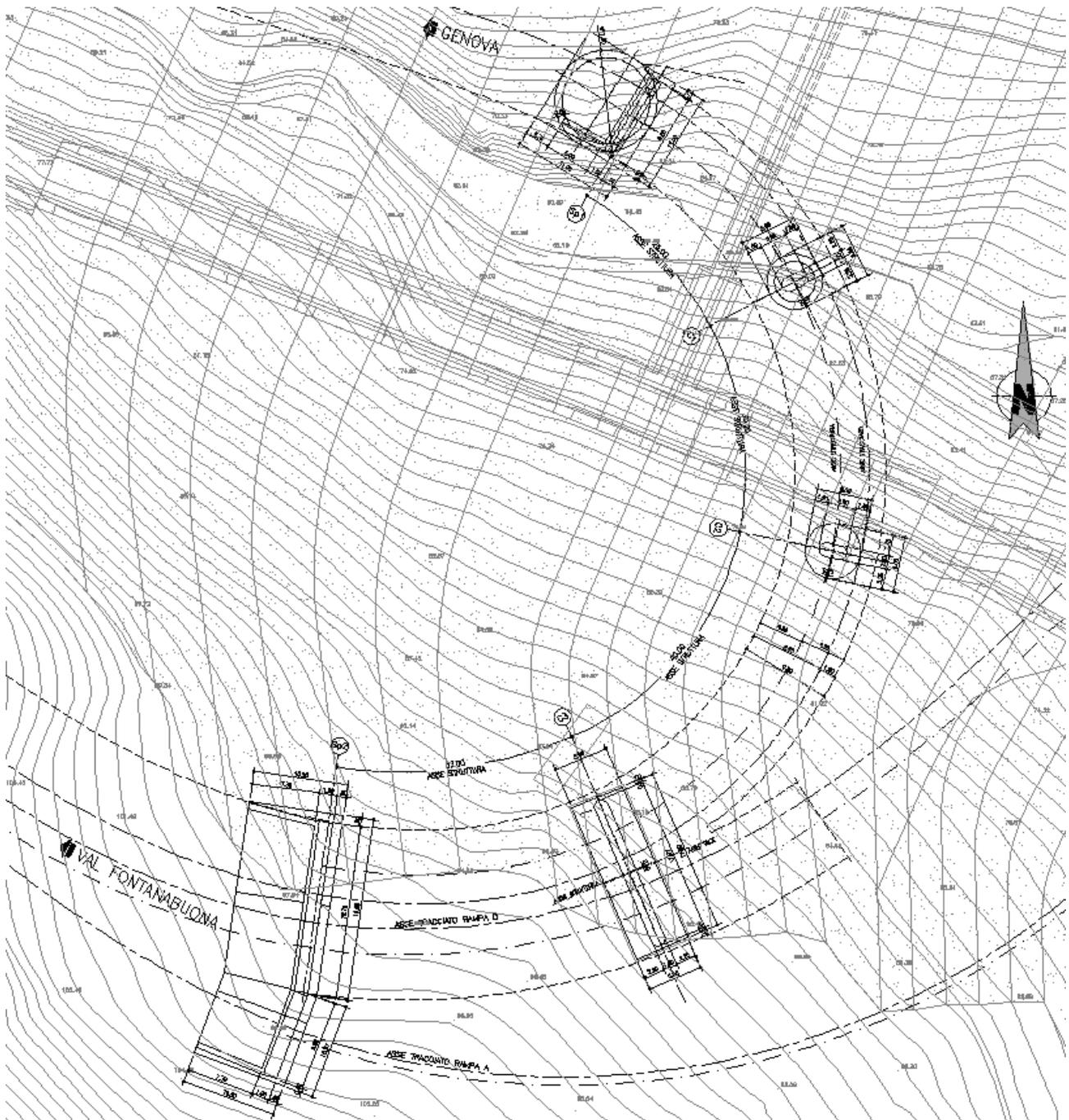


Fig. 4 – Pianta delle fondazioni rampa C.

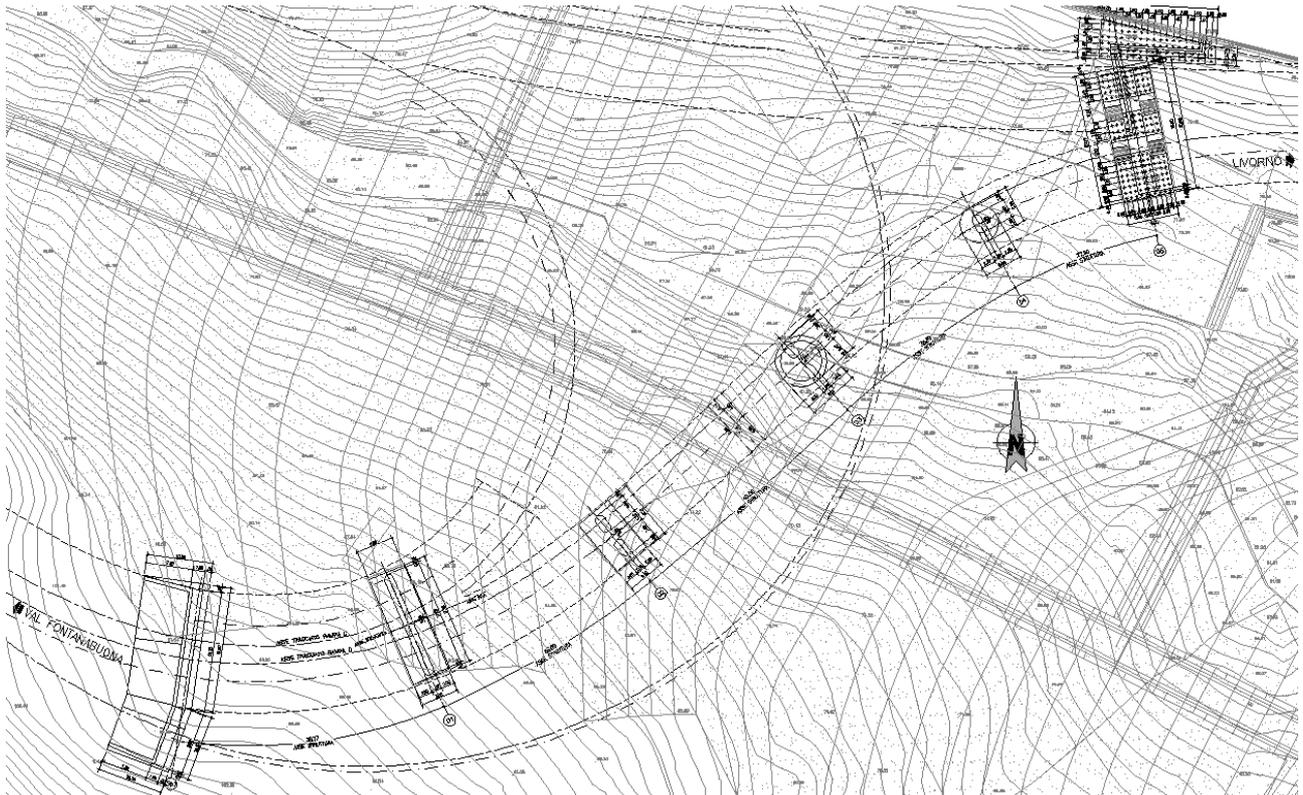


Fig. 5 – Pianta delle fondazioni rampa D.

PROSPETTO A-A
scala (1:100)

SEZIONE C-C
scala (1:100)

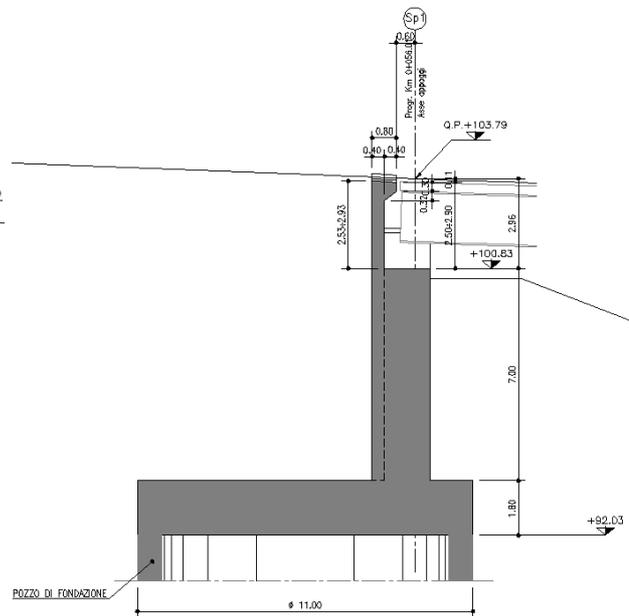
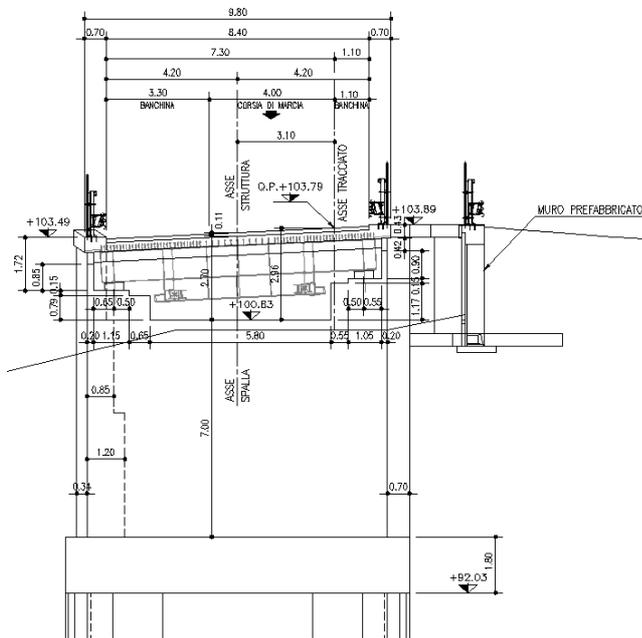


Fig. 6 – Sezioni della spalla 1 lato Genova.

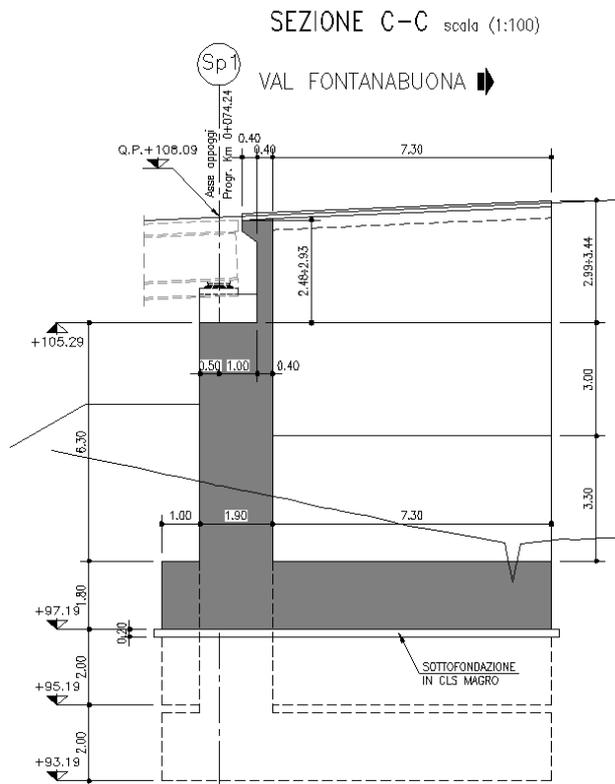
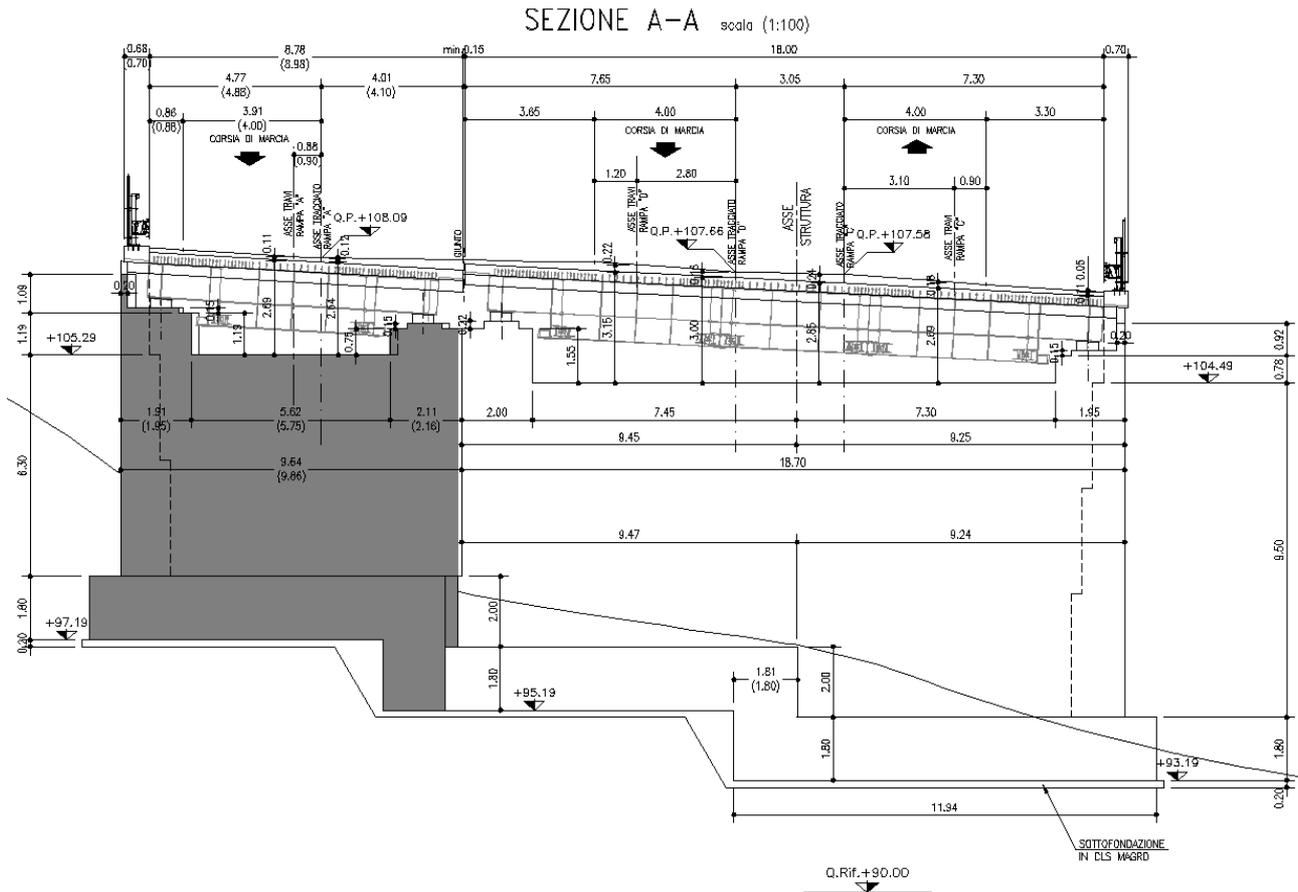


Fig. 7 – Sezioni della spalla 2 lato Val Fontanabuona.

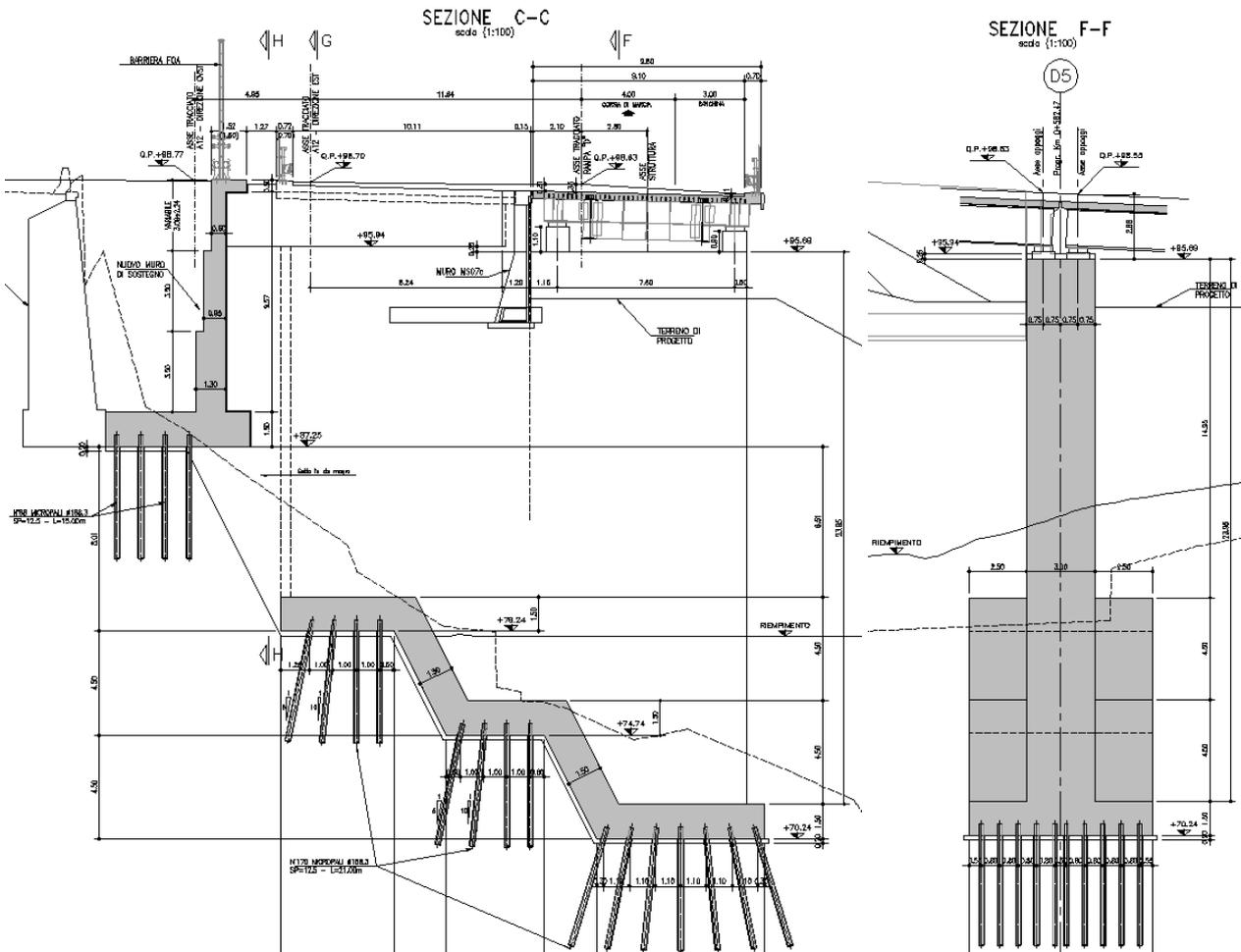


Fig. 8 – Sezioni della pila-spalla D5 lato Livorno.

1.2.2 Sistema di vincolo

La struttura è vincolata ai sostegni mediante dispositivi di isolamento in neoprene armato ad alta dissipazione, disposti in corrispondenza di ciascuna spalla ed elevazione.

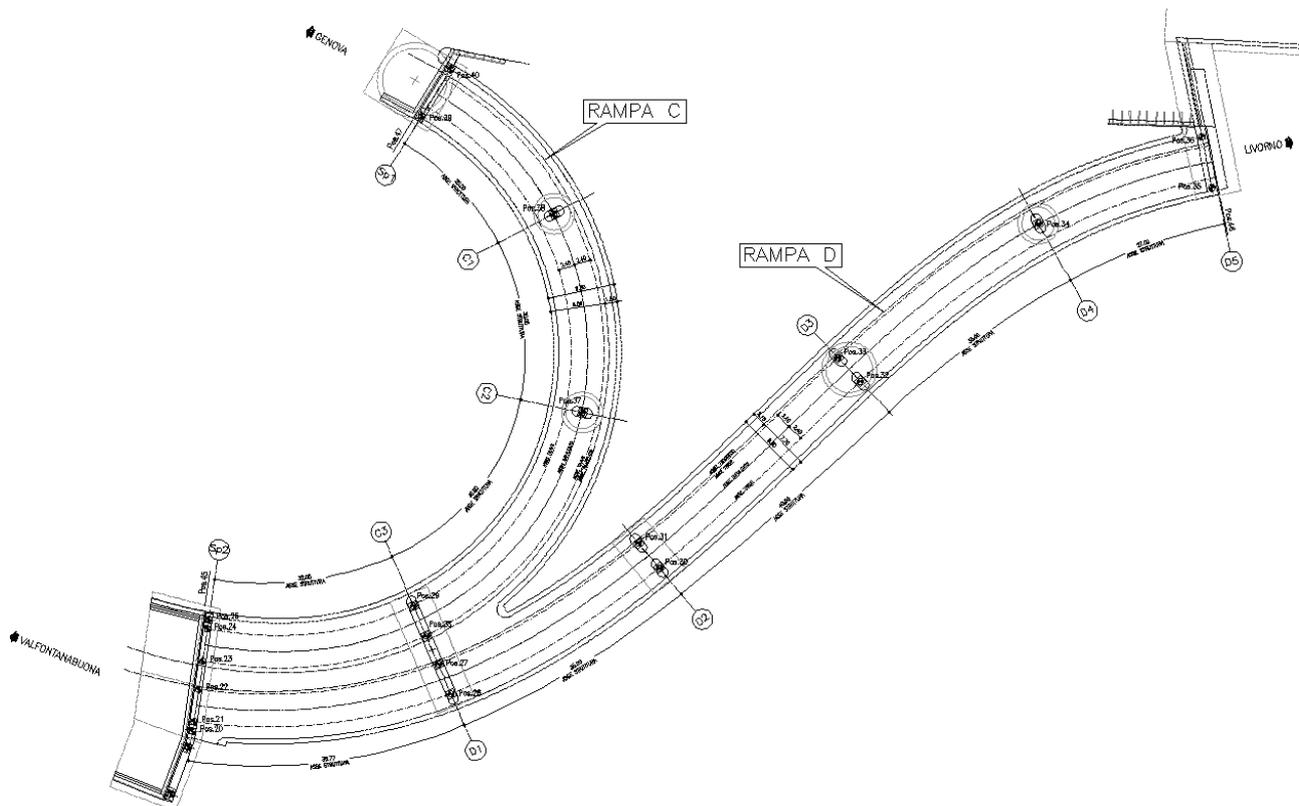


Fig. 9 – Pianta appoggi della rampa C e D.

Le caratteristiche indicative del sistema di vincolo sono le seguenti:

$k_h = 2.68 \text{ N/mm}$	rigidezza orizzontale dei dispositivi posti in corrispondenza delle spalle Sp1 e Sp2 e della pila spalla D5
$k_h = 4.11 \text{ N/mm}$	rigidezza orizzontale dei dispositivi posti in corrispondenza delle elevazioni
$\xi = 16 \%$	smorzamento equivalente per tutti i dispositivi adottati

1.3 Normative di riferimento

Le analisi strutturali e le relative verifiche vengono eseguite secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite in accordo alle disposizioni normative previste dalla vigente normativa italiana e da quella europea (Eurocodici). In particolare, al fine di conseguire un approccio il più unitario possibile relativamente alle prescrizioni ed alle metodologie/criteri di verifica, si è fatto diretto riferimento alle varie parti degli Eurocodici, unitamente ai relativi National Application Documents, verificando puntualmente l'armonizzazione del livello di sicurezza conseguito con quello richiesto dalla vigente normativa nazionale.

In dettaglio si sono presi in esame quindi i seguenti documenti, che volta in volta verranno opportunamente richiamati:

D.M. 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC-08")

Circ. 2 febbraio 2009 n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008

D.M. 31 luglio 2012: Approvazione della Appendici Nazionali recanti i parametri tecnici per l'approvazione degli Eurocodici

UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale

UNI EN 1991-1-4: Azioni sulle strutture – Azione del vento

UNI EN 1991-1-5: Azioni sulle strutture – Azioni termiche

UNI EN 1991-2: Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti

UNI EN 1992-1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - regole generali e regole per gli edifici

UNI EN 1992-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo

UNI EN 1993-1-1: Progettazione delle strutture di acciaio – Regole generali e regole per gli edifici

UNI EN 1993-2: Progettazione delle strutture di acciaio – Ponti di acciaio

UNI EN 1993-1-5: Progettazione delle strutture di acciaio – Elementi strutturali a lastra

UNI EN 1993-1-8: Progettazione delle strutture di acciaio – Progettazione dei collegamenti

UNI EN 1993-1-9: Progettazione delle strutture di acciaio – Fatica

UNI EN 1994-1-1: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Regole generali e regole per gli edifici

UNI EN 1994-2: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Ponti

UNI EN 1998-2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti

UNI EN 1090-1: Esecuzione di strutture in acciaio e di alluminio – Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali

UNI EN 1090-2: Esecuzione di strutture in acciaio e di alluminio – Requisiti tecnici per strutture in acciaio.

1.4 Contestualizzazione dell'opera

1.4.1 Condizioni ambientali

Per l'opera in esame si prevede l'esposizione al seguente "range" di temperature (NAD EN 1991-1-4):

$$T_{\min} = -9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\max} = 39 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Per l'umidità ambientale si assume:

$$\text{RH} = 80 \%$$

1.4.2 Classi di esposizione

Per quanto riguarda le classi di esposizione, si prevede l'alternarsi di cicli di gelo/disgelo, in presenza di agenti disgelanti, per cui, applicheranno le seguenti classi di esposizione:

soletta: XF4

baggioli: XF4

Le caratteristiche del calcestruzzo dovranno pertanto rispettare, oltre i requisiti di resistenza indicati al punto seguente, anche i criteri previsti dalla vigente normativa (EN 11104 e EN 206) per quanto riguarda l'esposizione alle classi indicate.

1.4.3 Classificazione traffico

Con riferimento ai carichi mobili, il ponte è classificato di prima categoria.

Si considerano pertanto, ai fini delle verifiche per tutti gli S.L. (eccetto fatica) carichi di classe 1 secondo EN 1991-2 cap.4.

Le verifiche nei confronti dello S.L.: di fatica vengono effettuate con riferimento al metodo dei coefficienti λ (EN 1993-2, cap. 9.5.2.).

Per la definizione dei parametri base, si fa riferimento ai seguenti criteri (EN 1991-2, EN 1993-2):

categoria traffico: 2 (asse viario con media intensità di pesante) EN 1991-2 4.6.1.(3)

N_{obs} : $0.5 \cdot 10^6$

Composizione traffico: Medium Distance

vita di progetto: $t_{id} = 100$ anni

approccio: safe life (γ_M) 1.35

1.4.4 Caratteristiche materiali

Le caratteristiche prestazionali dei materiali impiegati sono di seguito specificate, unitamente ai soli parametri distintivi impiegati nell'analisi della struttura.

Calcestruzzo soletta:

cls classe C35/45 MPa

$E_c = 34077$ MPa modulo elastico a breve termine

$\nu = 0.2$ modulo di Poisson

$\alpha_t = 1.0 \cdot 10^{-5}$ coefficiente dilatazione termica

$f_{ck} = 35.0$ MPa resistenza caratteristica cilindrica a compressione

$f_{ctm} = 3.2$ MPa resistenza media a trazione

Acciaio in barre nervate

Acciaio tipo B450C

Acciaio per carpenteria

Acciaio tipo S355 autoprotetto

$E_s = 210000$ MPa modulo elastico

$\nu = 0.27$ modulo di Poisson

$\alpha_t = 1.2 \cdot 10^{-5}$ coefficiente dilatazione termica

Bulloni

Bulloni cl 10.9.

Ad esclusione delle controventature di montaggio, tutte le bullonature sono da considerarsi di categoria "B" ai sensi della EN 1993-1.8 ("slip resistant at serviceability"), con classe di preparazione "C" secondo EN 1090.

Saldature

Le giunzioni di assemblaggio dei conci metallici sono realizzate in opera a piena penetrazione.

Salvo diversamente specificato negli elaborati di dettaglio, le rimanenti unioni saldate sono ad angolo.

1.4.5 Classe di esecuzione

La classe generale di esecuzione dell'opera è EXC3 secondo EN 1090-2.

Per le saldature delle travi, e per le tolleranze geometriche degli elementi principali si prevede classe EXC4

1.5 Software di calcolo

Per l'analisi strutturale dell'impalcato e delle sottostrutture si adotta il metodo degli elementi finiti; si utilizza, a tale fine, il pacchetto software denominato "LUSAS (vers. 15.0)", fornito da F.E.A. (U.K.) su piattaforma windows NT. Il pacchetto software comprende pre-post processore grafico interattivo destinato all'input della geometria di base e all'interpretazione dei risultati di output ed un risolutore ad elementi finiti.

Per le verifiche delle sezioni in acciaio ed acciaio calcestruzzo si adotta il programma "Ponti EC4" sviluppato da Alhambra s.r.l.. Il programma opera sulla base di un database di sezioni opportunamente sincronizzato con quello del sistema ad elementi finiti, ed effettua le verifiche di resistenza e di stabilità locale di membrature in acciaio ed acciaio-clt sulla base dei criteri contenuti negli Eurocodici di riferimento (EN 1993, EN 1994), e in osservanza a quanto previsto da NTC-08.

In particolare, la procedura opera, per ciascuna sezione, le seguenti verifiche:

- calcolo proprietà geometrico - statiche delle sezioni nelle varie fasi considerate.

S.L.U.:

- identificazione delle sezioni, consistente nella preclassificazione dei singoli componenti, e nella classificazione effettiva, effettuata sulla base di ciascuna combinazione di carico.
- verifica per tensioni normali (interazione N/M):
 1. sezioni classe 1 e 2: analisi e verifica plastica di ciascuna sezione, e deduzione del rapporto di sfruttamento plastico;
 2. sezioni classe 3: analisi tensionale elastica su sezione lorda, con calcolo del rapporto di sfruttamento elastico;
 3. sezioni classe 4: analisi tensionale elastica su sezione efficace, con calcolo del rapporto di sfruttamento elastico.
- taglio: verifica a taglio plastico, includendo i fenomeni di shear buckling.
- interazione pressoflessione - taglio (N-M-V): deduzione del rapporto di sfruttamento finale della sezione.
- verifica rapporto v_{Ed}/v_{Rd} piolature (sezioni con rapporto di sfruttamento plastico a flessione ≤ 1).
- calcolo plastico piolature (sezioni con rapporto di sfruttamento plastico a flessione > 1).

S.L.E. :

- verifica elastica S.L. delle tensioni in esercizio.
- verifica Web Breathing.
- fessurazione soletta.
- verifica elastica piolature.

Fatica:

- verifica, con il metodo dei coefficienti λ , per preselezionate categorie di dettaglio.
- verifica, con il metodo dei coefficienti λ , della connessione travi/soletta.

1.6 Convenzioni generali

Nel prosieguo del presente elaborato si adotteranno le notazioni contemplate dalle varie norme EN di riferimento.

Le unità di misura sono quelle relative al sistema internazionale, ovvero:

lunghezze:	m
forze - coppie:	kN
tensioni:	MPa

Per quanto riguarda le convenzioni di segno, si considerano, in generale, positive le trazioni.

Convenzioni specifiche verranno riportate nel prosieguo della presente relazione.

Si farà riferimento, di norma, a sistemi di tipo cartesiano ortogonale, in cui, in generale, si ha piano x-y orizzontale, con x posto tangente al tracciato nel punto in esame ed asse z verticale.

In generale, per quanto riguarda le azioni interne nell'impalcato, salvo diversamente specificato, si indicherà con:

F_x	azione assiale
F_y	azione tagliante agente nel piano orizzontale
F_z	azione tagliante agente nel piano verticale
M_x	momento torcente
M_y	momento flettente agente nel piano verticale
M_z	momento flettente agente nel piano orizzontale

Le verifiche dell'impalcato verranno eseguite esclusivamente con riferimento alle caratteristiche F_x , F_z , M_y , dal momento che risultano non significativi i contributi F_y , M_x ed M_z .

In particolare, per le sollecitazioni verrà impiegata anche la seguente notazione alternativa:

M (M_f)	in luogo di M_y
V	in luogo di F_z
T	in luogo di M_x

Nell'ambito dell'adozione del sistema di riferimento elementare, si precisa che le azioni flettenti di trave sono da intendersi:

- POSITIVE: se le fibre tese sono rivolte all'estradosso trave
- NEGATIVE: se le fibre tese sono rivolte all'intradosso trave

1.7 Impostazioni generali delle analisi

1.7.1 Fasi di analisi

Per l'analisi della sovrastruttura si ricorre, in generale a modellazione agli elementi finiti. La travata viene modellata mediante elementi di tipo "thick beam" come un grigliato di travi e traversi (in corrispondenza delle spalle e delle elevazioni), collegati alle spalle mediante elementi di tipo "joint" opportunamente orientati allo scopo di restituire gli effettivi gradi di libertà forniti dalle apparecchiature di vincolo. A ciascuna trave viene attribuita una rigidità torsionale fittizia equivalente a quella del cassone torsorigido. Tali travi sono collegate trasversalmente con elementi "discreti" rigidi.

L'analisi globale dell'impalcato viene eseguita con la metodologia classica riservata alle strutture acciaio calcestruzzo. Le aree di calcestruzzo vengono omogeneizzate ad equivalenti aree in acciaio attraverso coefficienti variabili a seconda delle caratteristiche dipendenti dalla reologia.

Gli effetti dei vari carichi vengono quindi linearmente sovrapposti con riferimento alle varie "fasi" di vita della struttura, ciascuna caratterizzata da differenti caratteristiche della sezione resistente ed da ben precise tipologie di carico.

La tabella seguente riepiloga, per ciascuna fase, i carichi considerati in linea generale, e le rispettive sezioni resistenti.

fase	carico	sigla	sezione resistente
1	peso proprio elementi in acciaio peso proprio coppelle peso proprio getto soletta in c.a.	G_{k1}' G_{k1}'' G_{k1}'''	trave metallica
2a	carichi permanenti portati	G_{k2}	trave metallica con soletta in c.a. omogeneizzata ($n=n_{2a}$)
2b	ritiro cedimenti vincolari	$G_{sh,k}$ $G_{settl,k}$	trave metallica con soletta in c.a. omogeneizzata ($n=n_{2b}$)
3	Variazioni termiche uniformi Variazioni termiche lineari Azione del vento Carchi mobili gr. i (*) Accelerazione centrifuga Frenatura	$T_{k,N}$ $T_{k,M}$ $F_{w,k}$ Q_k' Q_k'' Q_k'''	trave metallica con soletta in c.a. omogeneizzata ($n=n_0$)

(*)Azione multicomponente

Il calcolo dei vari coefficienti di omogeneizzazione è riportato nel capitolo "analisi dei carichi".

In dettaglio:

Fase 1

Tale fase coincide con la posa in opera delle travi, dei traversi metallici e il getto delle solette in calcestruzzo; la sezione resistente della trave è relativa al solo acciaio così come quella dei traversi, essendo le solette in calcestruzzo non ancora collaboranti; i carichi agenti sono quelli dovuti al peso proprio di travi e traversi ed al getto delle solette in calcestruzzo.

Fase 2

In fase 2 vengono esaminati i carichi di tipo permanente, ovvero:

- pesi permanenti portati (peso dei cordoli, dei guardavia, del manto di finitura, delle barriere e degli impianti previsti nella zona di bordo dell'impalcato adibito al traffico veicolare)
- cedimenti vincolari dei sostegni
- ritiro della soletta in calcestruzzo

Tali carichi sono stati considerati in due differenti condizioni in base alla loro durata:

- o fase 2a: si considerano i soli carichi permanenti;
- o fase 2b: si considerano agenti il ritiro ed i cedimenti vincolari.

La sezione resistente è quella composta acciaio/calcestruzzo; si tiene conto, per i carichi di tale fase, dell'influenza della viscosità omogeneizzando le aree in calcestruzzo ad acciaio secondo i coefficienti di omogeneizzazione descritti nel seguito.

Fase 3

In tale fase si considera, di volta in volta, la presenza di tutti i contributi di carico di tipo istantaneo, ovvero:

- carichi mobili
- variazioni termiche
- azioni di breve durata in genere (vento)

La sezione resistente è anche in questo caso quella composta acciaio/calcestruzzo; in questo caso, però, l'omogeneizzazione delle aree in calcestruzzo avviene secondo il coefficiente n_0 di breve durata, definito nel seguito.

Ai soli fini della suddivisione dei carichi in tipologie, la medesima suddivisione in fasi viene considerata anche per gli elementi metallici.

1.7.2 Analisi e verifiche eseguite

Sono state effettuate le verifiche necessarie al corretto dimensionamento degli elementi afferente ad un livello di progettazione definitivo.

In linea generale, sono state pertanto effettuate le seguenti analisi/verifiche:

- analisi globale, statica e dinamica dell'intera struttura
- ciclo completo di verifica S.L.U. , S.L.E., S.L.E.fr., S.L.F. di travi principali, connessione trave soletta e traversi (cfr. dettaglio par. successivo)
- verifica sistema di irrigidimento travi (stiffeners)
- valutazione frecce e contromonte impalcato
- calcolo sollecitazioni pile (sezione di spiccato)
- calcolo sollecitazioni spalle (elevazione ed intradosso fondazioni)
- sollecitazioni e spostamenti apparecchi di appoggio e giunto

1.7.3 Modalità di verifica sezioni in acciaio e acciaio cls

Il ciclo completo di verifiche delle sezioni in acciaio calcestruzzo (o solo acciaio) viene effettuato secondo le modalità contenute in EN 1993 - 1994.

1.7.3.1 Verifica sezioni

I criteri di riferimento per la verifica della resistenza delle sezioni (cross section checks) sono quelli contenuti in EN 1993-1-1, EN1993-1-5, EN 1993-2, EN1994-1-1, EN 1994-2/NTC-08 cap 4.2., 4.3 e relative Istruzioni.

Si fornisce di seguito una breve descrizione delle verifiche effettuate nell'ambito dei vari S.L. considerati.

S.L.U. Fondamentale: verifica di resistenza delle sezioni (incluse verifiche di local buckling)

Le verifica S.L.U. di resistenza delle sezioni viene effettuata sistematicamente considerando le combinazioni S.L.U. – $M_{max}/M_{min}/V_{max}/V_{min}$, tenendo ovviamente conto, di volta in volta, delle rispettive caratteristiche di sollecitazione concomitanti. Si sintetizzano di seguito i passi principali della verifica:

- Preclassificazione della sezione

Effettuata sulla base delle caratteristiche geometriche dei singoli sottocomponenti

- Analisi plastica

Tracciamento dei domini di resistenza della sezione N/M_{rd} ed $N/M_{f,rd}$ (dominio della sezione privata dell'anima)

- Classificazione effettiva della sezione

Effettuata sulla base dell'effettivo valore di N_{Ed} , M_{Ed} per la combinazione in esame (max/min M_{Ed} , max/min V_{Ed} , con i rispettivi valori concomitanti)

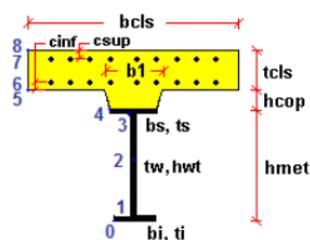
- Verifica plastica a pressoflessione (sezioni cl. 1 e 2):

Valutazione del massimo rapporto di sfruttamento plastico $\eta_{1,2}$; effettuata con riferimento a N_{Ed} , M_{Ed} agenti isolatamente, e per effetto combinato.

- Verifica elastica a pressoflessione (sezioni cl. 3-4)

valutazione del massimo rapporto di sfruttamento elastico η_1 , effettuata rispettivamente per le sezioni in classe 3/4 con riferimento alle caratteristiche geometriche lorde/efficaci. Le caratteristiche geometriche efficaci vengono dedotte in maniera iterativa, tenendo conto delle flessioni parassite che nascono per effetto dell'eccentricità assunta dall'azione assiale di progetto causata dallo "shift" progressivo dell'a.n.e..

Le tensioni vengono valutate in corrispondenza delle 8 fibre indicate nello schema seguente.



Nell'ambito del calcolo tensionale, la soletta viene considerata "cracked" (non reagente) all'atto dell'annullamento della tensione di compressione valutata in corrispondenza della fibra media.

Contestualmente all'annullamento della soletta, si annullano anche le sollecitazioni da ritiro primario.

- Verifica a taglio - sezioni non soggette a "shear buckling"

Viene valutata la suscettibilità o meno delle sezioni allo shear buckling, procedendo quindi come segue:

sezioni non soggette a "shear buckling"

Viene effettuato il calcolo del taglio resistente plastico, ed il calcolo del rapporto di sfruttamento a taglio.

sezioni suscettibili di "shear buckling"

per sezioni soggette a "shear buckling" viene valutato il coefficiente di riduzione χ_w , e successivamente valutato il taglio resistente $V_{b,Rd}$ come somma dei contributo resistenti dell'anima $V_{bw,Rd}$ e, se applicabile, delle flange $V_{bf,Rd}$.

- Verifica interazione azione assiale - flessione - taglio (tutte le classi)

Si adotta univocamente, per tutte le classi di sezione, l'approccio proposto da EN 1993-1-5, cap. 7.1, che consiste nella valutazione di un rapporto di sfruttamento modificato in funzione dei singoli rapporti di sfruttamento valutati per pressoflessione e taglio agenti separatamente. L'adozione di questa formulazione risulta a rigore solo leggermente più cautelativa di quella riservata alle sezioni di classe 1 - 2, per le quali l'interazione N-M-V si risolverebbe con la deduzione di un rapporto di sfruttamento elastico per tensioni normali valutato con riferimento ad una anima opportunamente ridotta per tenere conto dell'influenza del taglio (cfr. EN 1994-2 cap. 6.2.2.4.(2)).

Un'ulteriore ipotesi cautelativa, riservata alla verifica di sezioni in classe 3-4, è l'utilizzo sistematico del rapporto di sfruttamento elastico η_1 in luogo di quello plastico $\bar{\eta}_1$, indipendentemente dall'andamento delle tensioni lungo l'anima (a rigore la EN 1993-1-5, cap. 7.1.(4) e (5) prevede tale accortezza solo qualora l'anima risulta interamente in compressione).

Come già evidenziato relativamente al calcolo del contributo resistente a taglio delle flange, le resistenze plastiche della sezione completa e della sezione privata dell'anima sono rilevate direttamente dai rispettivi domini di interazione, per cui:

$$M_{pl,Rd} = M_{pl(N),Rd}$$

$$M_{f,Rd} = M_{f(N),Rd}$$

S.L.E. Caratteristico: verifica limitazione delle tensioni

La verifica viene condotta con riferimento alle tensioni di Von Mises valutate sotto la combinazione fondamentale S.L.E., applicando il coefficiente di materiale $\gamma_{m,ser} = 1.0$.

S.L.E. Frequente: verifica web breathing

La verifica è volta alla limitazione della snellezza dei singoli sottopannelli. Per i criteri di verifica, si rimanda a EN 1993-2, cap. 7.4/istr. NTC08, cap. 4.2.4.1.3.4.

La verifica viene effettuata mediante il metodo rigoroso, consistente nella verifica diretta della stabilità dei sottopannelli con riferimento al quadro tensionale della combinazione S.L.E. frequente.

Viene pertanto confrontato il quadro tensionale indotto dalla combinazione S.L.E. frequente, rappresentato da $\sigma_{x,Ed,ser}$ (calcolate però con riferimento all'area efficace, se pertinente) e $\tau_{xy,Ed,ser}$, con le tensioni normali e tangenziali critiche del pannello, mediante la relazione (cfr. 1993-2 cap. 7.4.(3)):

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

In cui:

$\sigma_E = 186200(t/h)^2$ tensione critica Euleriana

$k_{\sigma}, k_{\tau} =$ coefficienti di imbozzamento per tensioni normali e per taglio, funzione della geometria e stato di sforzo del pannello.

La verifica viene effettuata in automatico dal programma Ponti EC4, sulla base delle combinazioni S.L.E. frequenti elaborate per tutte le sezioni di verifica, rispettivamente per Mmax/min e Vmax/min.

La tensione normale critica viene valutata a partire da quella Euleriana, tenendo conto della eventuale sovrapposizione dei fenomeni di instabilità di piastra e di colonna tramite il coefficiente ξ , seguendo i criteri contenuti in EN 1993-1-5 - 4.5.4.(1).

S.L.Fatica

Le verifiche a fatica vengono effettuate con l'impiego del metodo dei coefficienti λ , associato al veicolo a fatica FLM3 (EN 1993-2 cap. 9/istr. NTC-08, cap. 4.2.4.1.4.6.3.).

In estrema sintesi, il metodo consiste nell'estrazione, per i vari punti di interesse, del range di sforzi $\Delta\sigma_p$ dovuto al singolo transito di uno specifico modello di carico (FLM3), da calibrarsi opportunamente mediante l'applicazione dei fattori equivalenti di danno, in modo da fornire il medesimo impatto del traffico reale.

Si ha pertanto:

$\Delta\sigma_p = |\sigma_{p,max} - \sigma_{p,min}|$ ampiezza escursione tensioni, valutata dalla combinazione di progetto a fatica (comp. non ciclica + comp. ciclica da FLM3).

$\Delta\sigma_{E,2} = \lambda \Delta\sigma_p$ range di progetto: ampiezza equivalente allo spettro di danneggiamento per 2E6 cicli

con:

$\lambda = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4$ fattore equivalente di danno

Verifica:

$$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$$

In ottemperanza a quanto previsto dalle istruzioni e dal N.A.D. e nell'ottica del concetto "safe life", si pone:

$$\gamma_{Ff} = 1$$

Si pone inoltre, per lo specifico caso:

$\gamma_{Mf} = 1.35$ alta conseguenza a seguito della rottura del dettaglio (fail safe)

$\gamma_{Mf} = 1.15$ bassa conseguenza a seguito della rottura del dettaglio (non fail safe)

Tutti i dettagli vengono ascritti alla categoria fail safe ad eccezione dei pioli.

L'ampiezza dei $\Delta\sigma_p$ di tensione viene calcolata sulla base di σ_{max} e σ_{min} derivanti dalla combinazione di carico a fatica, elaborata con riferimento a EN 1992-1-1 cap. 6.8.3.(2), che prevede la sovrapposizione della

componente “non ciclica” delle sollecitazioni, derivata dalla combinazione S.L.E. frequente, con la componente “ciclica”, derivata dall'involuppo delle sollecitazioni dovute al transito del veicolo FLM3.

Relativamente alle sollecitazioni di input, il programma gestisce in automatico le sollecitazioni derivanti dalla combinazione S.L.E. frequente, elaborata come d'uso per M_{max}/min e V_{max}/min , sovrapponendole alle sollecitazioni derivanti dall'involuppo per M_{max}/min V_{max}/min derivanti dal transito di FLM3, con l'obiettivo di estrarre il massimo valore di ampiezza di $\Delta\sigma_p$. Il programma procede quindi al calcolo del range di progetto $\Delta\sigma_E$, tramite applicazione dei coefficienti λ , ed al confronto del valore calcolato con i $\Delta\sigma_c$ tabellari, opportunamente modificati mediante l'applicazione del size effect k_s , quando rilevante, e del coefficiente di sicurezza γ_{Mf} .

Il valore dei coefficienti $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ viene determinato secondo quanto previsto in EN 1993-2 cap. 9 e EN 1994-2 cap. 6.8.6.2 rispettivamente per i dettagli di carpenteria e per le piolature (in quest'ultimo caso i coefficienti λ verranno indicati con il pedice aggiuntivo "v").

Per l'individuazione delle caratteristiche distintive la tipologia di traffico ed il modello di carico, si fa riferimento a EN 1991-2 cap. 4.6 (NTC-08, cap. 5).

1.7.3.2 Verifica connessione trave - soletta

Ai fini delle verifiche, si fa riferimento a quanto contenuto in EN 1994-1/EN 1994-2/NTC-08, 4.3.4.1.2 + istr. cap. C.4.3.4.

Le piolature adottate sono tutte a completo ripristino di resistenza.

Il ciclo di verifica completo delle piolature comprende i seguenti passi:

Verifica tensioni S.L.U. (valido per sezioni con $\eta_1 \leq 1$)

Deduzione del massimo scorrimento "elastico" a taglio allo S.L.U. sul singolo piolo, nell'ambito delle condizioni M_{max}/M_{min} , V_{max}/V_{min} , e confronto con la portanza del piolo allo S.L.U.:

$$v_{L,Ed}(x) = V_{Ed}(x) S/J$$

$$v_{L,Ed}^{ULS} \leq 1.1 N_f/I_i P_{Rd}$$

In cui S e J sono univocamente definite sulla base delle caratteristiche "uncracked"

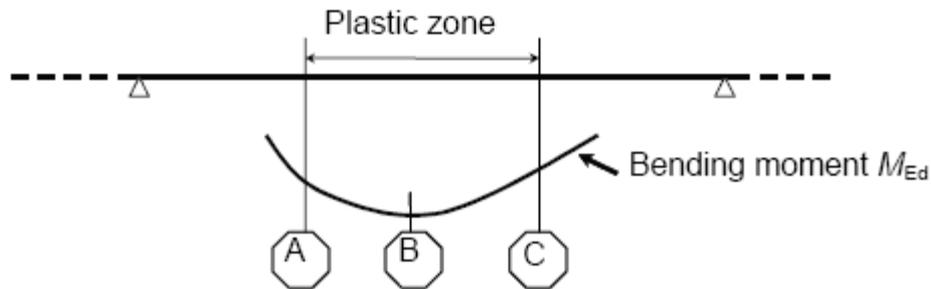
Tale approccio risulta ovviamente valido solamente per le sezioni che non attingono alle proprie risorse extra elastiche ($\eta_1 \leq 1$). Per sezioni di classe 1-2, qualora il rapporto di sfruttamento elastico η_1 risulta maggiore di 1, non risulta più valido l'approccio di calcolo dello scorrimento ($v = VS/J$), ed è quindi necessario tenere conto in maniera non lineare della relazione tra azione tagliante V_e scorrimento v_L mediante l'approccio non lineare indicato al punto seguente.

Verifica plastica S.L.U. (obbligatorio per sezioni con $\eta_1 > 1$)

Nelle zone plasticizzate (in generale a momento negativo) non risulta più valido l'approccio di calcolo dell'azione nei pioli basata sul flusso elastico: in questo caso, infatti, il legame fra il taglio per unità di lunghezza, le forze interne della soletta ed il momento flettente non è più lineare (EN 1994-2 cap. 6.6.2.2).

Il calcolo viene effettuato individuando, propedeuticamente, la regione entro la quale le sezioni attingono alle proprie risorse extra-elastiche. Tale regione (simmetrica nel caso in esame), è schematicamente rappresentata dai due punti di boundary A e C e dal punto di minimo momento (mezzzeria) indicati nello

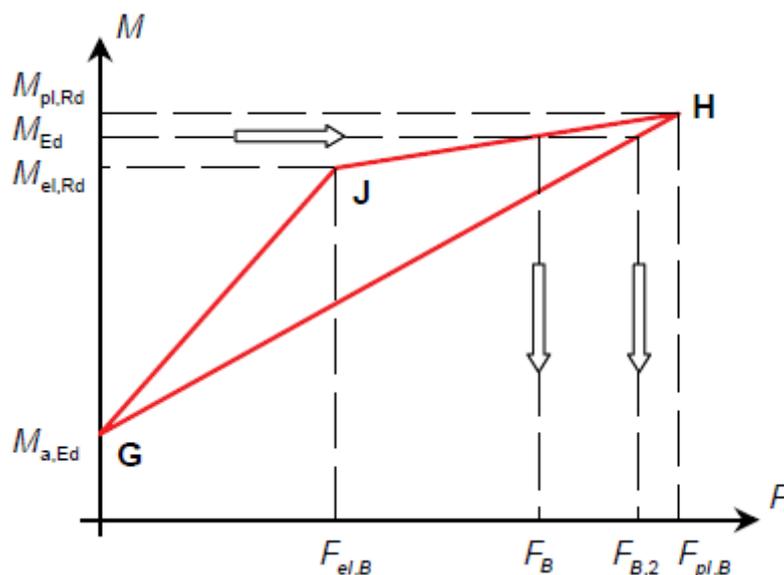
schema seguente. I punti di boundary sono individuate dalle sezioni nelle quali la massima tensione è pari allo snervamento del materiale.



La verifica è di tipo "globale", e comprende la valutazione dello scorrimento in maniera diretta, mediante considerazioni di equilibrio del concio dei conci di soletta compresi tra la boundary ed il punto di minimo momento (concio di soletta compreso tra A e B e concio di soletta compreso tra B e C).

L'azione assiale insistente ai confini della zona plastica (punti A / B) è pari all'integrale delle tensioni rilevate lungo la soletta in calcestruzzo; a tale azione va aggiunta l'effetto del ritiro primario.

L'azione assiale N_B è la risultante delle azioni in soletta, da valutarsi con riferimento all'effettivo stato, parzialmente "plastico" della sezione. Per il calcolo, si fa riferimento ai criteri di "non linear resistance to bending" contenuti in EN 1994-2 cap. 6.2.1.4.(6), con l'ausilio della costruzione riportata nel diagramma seguente, che riporta in un sistema d'assi M/N , i possibili stati della sezione di minimo momento flettente.



Si indica con:

$M_{a,Ed}$	momento flettente agente sulla sola trave metallica
$M_{el,Rd}$	momento flettente elastico
M_{Ed}	momento flettente di progetto
$M_{pl,Rd}$	momento plastico della sezione
$F_{el,B}$	azione assiale agente nella soletta, al raggiungimento del momento elastico (N_B)

Il diagramma è caratterizzato dai seguenti punti notevoli:

G punto corrispondente al momento flettente della trave in fase 1

H punto che individua il raggiungimento dello stato plastico della sezione, caratterizzato da $M_{pl,Rd}$ ed $F_{pl,B}$ (azione assiale plastica in soletta).

J punto corrispondente allo yielding del prima fibra della sezione, caratterizzato da $M_{el,Rd}$ ed $F_{el,B}$ (risultante tensioni in soletta sotto l'azione di $M_{el,Rd}$).

Come si nota dal diagramma, l'effettiva azione assiale F_B insistente in soletta nel reale stato della sezione è rappresentato dalla linea verticale che interseca la retta JH all'ordinata corrispondente al momento di progetto M_{Ed} . In alternativa, operando in maniera semplificata, risulta possibile stabilire un limite superiore a N_B , intercettando direttamente la retta GH.

In linea generale, si segue l'approccio "rigoroso" che, pur comportando la necessità di valutare $M_{el,Rd}$, comporta una stima più accurata di N_B .

Per il calcolo di $M_{el,Rd}$ ed $F_{el,B}$, viene valutato il fattore "k" (≤ 1) che, applicato al momento flettente agente sulla sezione composta $M_{c,Ed}$ (derivante da fase 2 e fase 3) comporta un quadro tensionale al limite di snervamento, e che implica pertanto l'espressione:

$$M_{el,Rd} = M_{a,Ed} + k M_{c,Ed}$$

Si avrà pertanto, con riferimento alle fibre estreme della sezione:

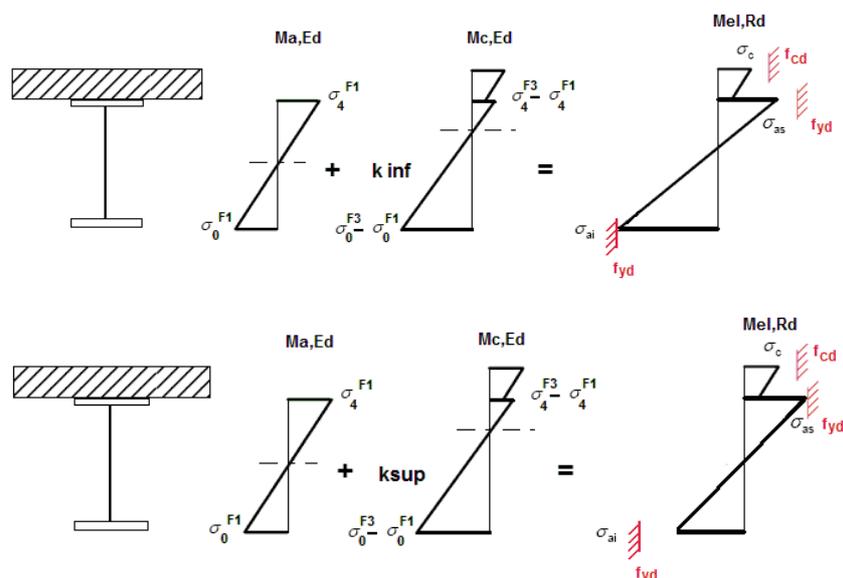
$$k = f_{yd} - \sigma_{if1} / \Delta\sigma_i$$

i = 1 o 4 (lombo inferiore/superiore trave metallica)

σ_{if1} = tensione alla fibra "i" della sezione in fase 1

$\Delta\sigma_i$ = variazione di tensione alla fibra "i" tra la fase 3 e la fase 1

Si utilizza uno dei due schemi di calcolo riportati nelle figure sottostanti, a seconda che la tensione di snervamento sia stata superata nella fibra inferiore oppure in quella superiore.



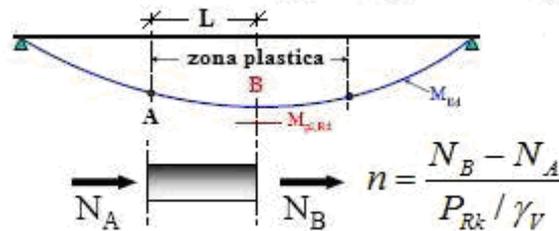
Quando la sezione è plasticizzata il coefficiente k risulta compreso fra 0 ed 1, e rappresenta il coefficiente moltiplicativo che riporta il diagramma di tensioni in fase 3 ad un diagramma al limite elastico.

Noto k è immediato valutare $M_{el,Ed}$ e la corrispondente azione assiale di soletta, tramite integrazione delle tensioni:

$$N_{el,Ed} = k \cdot (\sigma_5 + \sigma_8) / 2 \cdot A_{soletta}$$

Essendo σ_5 e σ_8 le tensioni normali nella soletta in fase 3, calcolate a partire da $M_{el,Ed}$.

Il numero di pioli necessario nella zona plastica è infine calcolabile, con riferimento allo schema ed alla formula seguente.



Si evidenzia che, per il caso in esame, non risultano sfruttate le risorse plastiche di alcuna sezione, pertanto, questa verifica non risulta necessaria.

Verifica tensioni S.L.E.

Deduzione del massimo scorrimento "elastico" a taglio allo S.L.E. sul singolo piolo, nell'ambito delle condizioni M_{max}/M_{min} , V_{max}/V_{min} , e confronto con la portanza del piolo allo S.L.E..

Il criterio di confronto dello scorrimento con la portanza della piolatura è identico a quello visto per la verifica delle tensioni S.L.U. , con ovvia sostituzione delle grandezze.

$$V_{L,Ed}^{SLS}(x) \leq N_i/l_i \cdot (k_s P_{Rd})$$

Verifica a S.L.fatica

Per la verifica a fatica si seguono i criteri generali contenuti in EN 1994-2. Vengono presi in esame i seguenti dettagli (EN 1993-1-9- cap. 8.):

Saldatura piolo - rottura piatt. categoria/dettaglio: 80/9 (*) tab. 8.4 EN 1993-1-9

Saldatura piolo - rottura piolo categoria/dettaglio: 90/10

Il ciclo di verifica segue quanto previsto in EN 1994-2 cap. 6.8.7.2.(2), comprendendo la verifica separata per rottura del piolo e per rottura della piattabanda.

Per le piattabande in tensione si tiene conto dell'interazione dei due fenomeni, sfruttando la relazione:

$$\frac{\gamma_{FF} \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_c / \gamma_{MF}} + \frac{\gamma_{FF} \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}} \leq 1.3$$

$$\frac{\gamma_{FF} \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_c / \gamma_{MF}} \leq 1.0 \quad \frac{\gamma_{FF} \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}} \leq 1.0$$

1.8 Caratteristiche e proprietà sezioni

1.8.1 Stato della soletta

Ai fini della valutazione delle proprietà delle sezioni, l'effetto del cracking della soletta viene valutato con riferimento ai criteri contenuti in EN 1994-2, 5.4.2.3..

Ai fini dell'analisi globale, le sezioni ove la massima tensione nella fibra estrema della soletta, in combinazione S.L.E. caratteristica, supera il valore $\sigma_{c,lim}$ verranno considerate "cracked", e pertanto, ai fini del calcolo delle proprietà delle sezioni, si terrà conto delle sole armature longitudinali presenti.

Il valore limite di riferimento risulta (EN 1994-2, 5.4.3.2(2)):

$$\sigma_{c,lim} = 2 f_{ctm} = 6.4 \text{ MPa}$$

Operativamente verrà quindi effettuata una valutazione della tensione rilevata alla fibra estrema, sotto l'effetto dei carichi afferenti alla combinazione S.L.E. rara.

Alle sezioni, od alle parti di struttura ove si riscontrasse il superamento del valore $\sigma_{c,lim}$, verranno quindi assegnata le rispettive proprietà "cracked", valutate con riferimento alla presenza delle sole armature metalliche.

1.8.2 Larghezze collaboranti

L'effettiva larghezza di soletta collaborante viene valutata in accordo a quanto esposto nella norma UNI EN 1994-2 al punto 5.4.1.2.

1.8.3 Larghezze collaboranti alle travi longitudinali

Per semplicità, l'analisi strutturale viene condotta considerando l'ampiezza di soletta lorda, staccata dalla trave tipo, caratterizzata dalla larghezza complessiva mostrata in figura.

Ai fini delle verifiche strutturali, si considerano le effettive larghezza collaboranti previste da EN 1994-2.

La larghezza lorda effettiva risulta:

$$b_{tot} = 2400 + 2500 = 4900 \text{ mm}$$

si considera inoltre:

$$b_0 = 600 \text{ mm} \quad \text{larghezza impegnata dal sistema di connessione}$$

L'andamento della larghezza collaborante viene valutato mediante il programma PontiEC4, che restituisce una larghezza costante per l'intero sviluppo dell'opera.

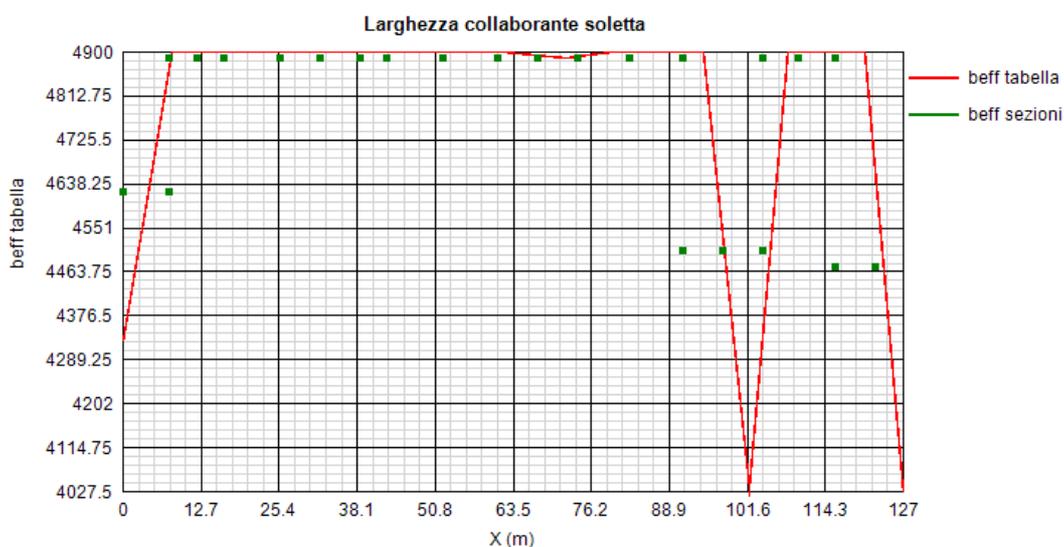


Fig. 10 – Larghezza collaborante della soletta per la rampa di svincolo C

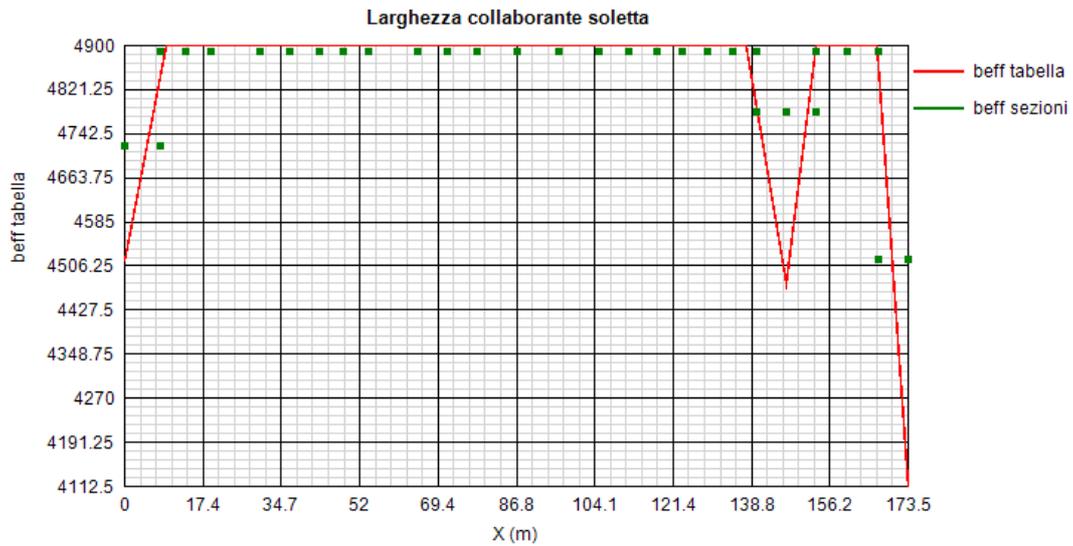


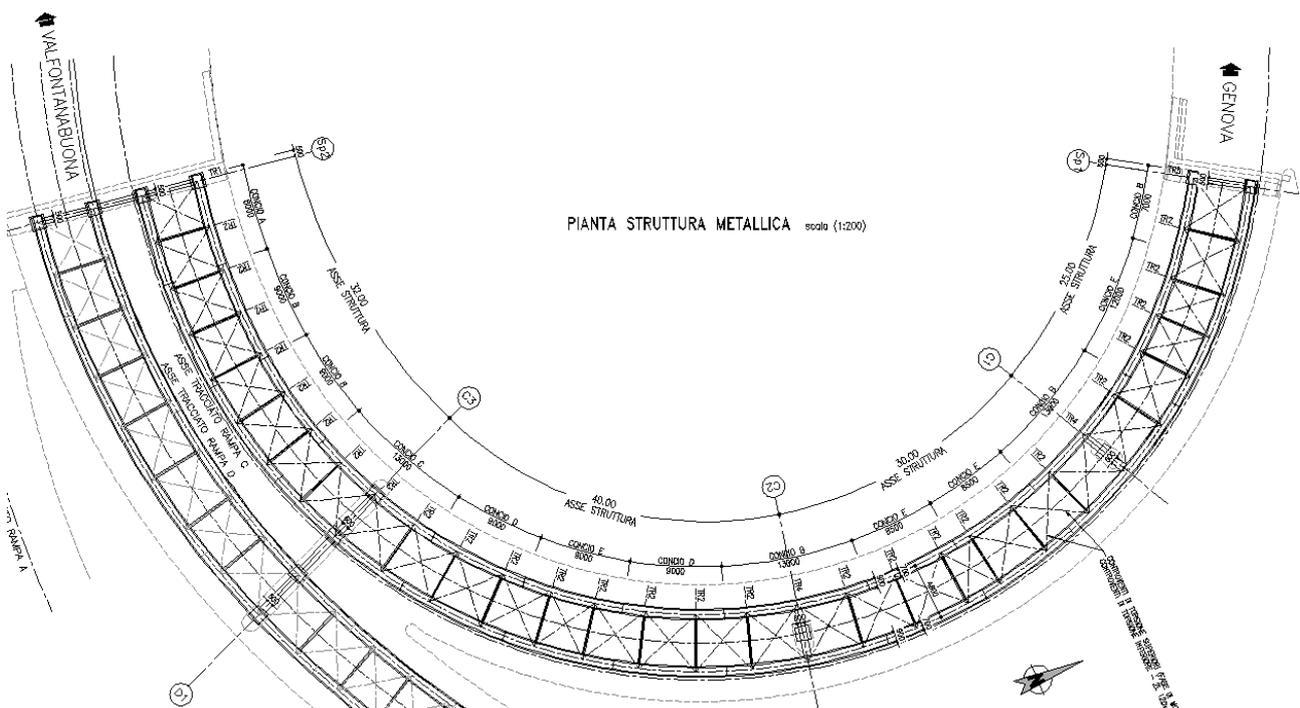
Fig. 11 – Larghezza collaborante della soletta per la rampa di svincolo D

L’impalcato della rampa di svincolo C risulta suddiviso in 5 tipologie di conci di caratteristiche variabili. Per ragioni di economia si è cercato di ottimizzare le larghezze e gli spessori dei vari piatti di acciaio costituenti le piattabande e le anime delle travi principali, modulando lo spessore in base all’effettivo impegno statico.

La lunghezza complessiva della trave è pari a 128 m

Vengono adottate le seguenti tipologie di conci:

- concio A: L 8.0 m spalla 2 (Lato Val Fontanabuona)
- concio B: L 9.0/13.0/7.0 m centrale (1° campata), elevazione C2 e C1, terminale Sp1
- concio C: L 13.0 m elevazione C3
- concio D: L 9.0 m intermedio
- concio E: L 9.0/12.0 m centrale



Le caratteristiche costituenti le lamiere delle travi principali di ciascun concio sono riportate nella tabella seguente (valori espressi in mm).

Conci	h_t (mm)	b_s (mm)	t_s (mm)	h_w (mm)	t_w (mm)	b_i (mm)	t_i (mm)	t_{cls} (mm)	h_{cop} (mm)	b_{eff} (mm)
A	1'700	700	35	1'625	20	900	40	240	60	4'635
B	1'700	700	35	1'625	20	900	40	240	60	4'900/4'519/4'487
C	1'700	700	60	1'560	22	900	80	240	60	4'900
D	1'700	700	35	1'625	20	900	40	240	60	4'900
E	1'700	700	35	1'625	18	900	40	240	60	4'900

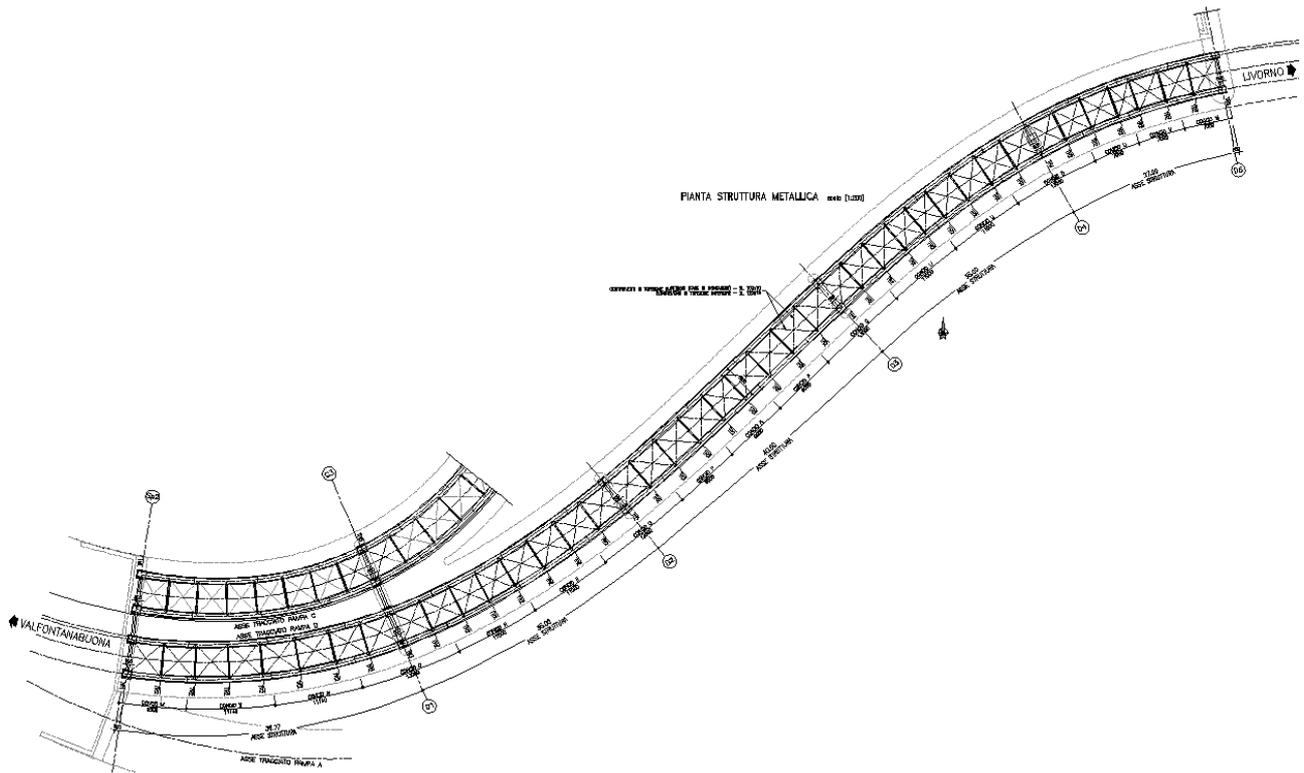
Scansione Conci	\varnothing_{sup} (mm)	pb_{sup} (mm)	c_{sup} (mm)	\varnothing_{inf} (mm)	pb_{inf} (mm)	c_{inf} (mm)
A	20	100	55	20	100	22
B	20	200	55	20	200	22
B	20	200	55	20	200	22
C	20	100	55	20	100	22
D	20	200	55	20	200	22
E	20	200	55	20	200	22
D	20	200	55	20	200	22
B	20	100	55	20	100	22
E	20	200	55	20	200	22
E	20	200	55	20	200	22
B	20	100	55	20	100	22
E	20	200	55	20	200	22
B	20	100	55	20	100	22

L'impalcato della rampa di svincolo D risulta suddiviso in 6 tipologie di conci di caratteristiche variabili. Per ragioni di economia si è cercato di ottimizzare le larghezze e gli spessori dei vari piatti di acciaio costituenti le piattabande e le anime delle travi principali, modulando lo spessore in base all'effettivo impegno statico.

La lunghezza complessiva della trave è pari a 175 m

Vengono adottate le seguenti tipologie di conci:

- concio M: L 8.5/7.0 m spalla 2 (Lato Val Fontanabuona) e pila-spalla D5 (Lato Livorno)
- concio N: L 11.14/11.0/9.0 m centrale (campate 1, 2 e 3)
- concio O: L 13.0 m elevazioni D1, D2 e D4
- concio P: L 9.0 m intermedio (campata 3)
- concio Q: L 13.0 m elevazioni D3
- concio U: L 11.0/7.0 m centrale (campate 4 e 5)



Le caratteristiche costituenti le lamiere delle travi principali di ciascun concio sono riportate nella tabella seguente (valori espressi in mm).

Conci	h_t (mm)	b_s (mm)	t_s (mm)	h_w (mm)	t_w (mm)	b_i (mm)	t_i (mm)	t_{cls} (mm)	h_{cop} (mm)	b_{eff} (mm)
M	1'700	700	35	1'625	20	900	40	240	60	4'731/4'529
N	1'700	700	35	1'655	18	900	40	240	60	4'900
O	1'700	700	35	1'605	20	900	60	240	60	4'900/4'792
P	1'700	700	35	1'615	20	900	50	240	60	4'900
Q	1'700	700	40	1'600	20	900	60	240	60	4'900
U	1'700	700	35	1'615	18	900	50	240	60	4'900

Scansione Conci	\varnothing_{sup} (mm)	pb_{sup} (mm)	c_{sup} (mm)	\varnothing_{inf} (mm)	pb_{inf} (mm)	c_{inf} (mm)
M	20	100	55	20	100	22
N	20	200	55	20	200	22
N	20	200	55	20	200	22
O	20	100	55	20	100	22
N	20	200	55	20	200	22
N	20	200	55	20	200	22
O	20	100	55	20	100	22
P	20	200	55	20	200	22
N	20	200	55	20	200	22
P	20	200	55	20	200	22
Q	20	100	55	20	100	22

Scansione Conci	\varnothing_{sup} (mm)	pb_{sup} (mm)	c_{sup} (mm)	\varnothing_{inf} (mm)	pb_{inf} (mm)	c_{inf} (mm)
U	20	200	55	20	200	22
U	20	200	55	20	200	22
O	20	100	55	20	100	22
U	20	200	55	20	200	22
U	20	200	55	20	200	22
M	20	100	55	20	100	22

Nelle tabelle precedenti, si è indicato con:

b_i larghezza piattabanda superiore

t_i spessore piattabanda superiore

b_s larghezza piattabande superiori

t_s spessore piattabande superiori

h_w altezza anime

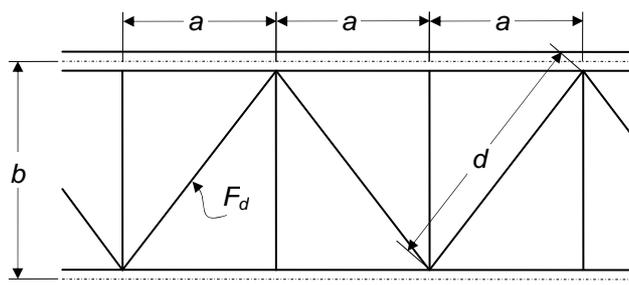
t_w spessore anime

Nell'ambito della modellazione adottata (grigliato a due travi torsiorigide), le proprietà geometrico statiche delle sezioni di impalcato sono determinate con riferimento al cassoncino metallico, composto da una coppia di travi e dalla relativa porzione di soletta collaborante.

L'inerzia trasversale di ciascuna trave è calibrata in modo da restituire l'effettiva inerzia trasversale della travata di impalcato.

La rigidezza torsionale del singolo cassone è stata dedotta calcolando lo fittizio equivalente equivalente alla controventatura inferiore ($t^* = t_{inf}$) in accordo con quanto previsto in *Torsion in Structures* di C.F.Kollbrunner e K. Basler:

$$t^* = E/G \cdot ab / [d^3/F_d + a^3/3 \cdot (1/F_o + 1/F_u)]$$



F_d è l'area dei profili del controvento torsionale inferiore (2L120x12).

Sulla base dei dati riportati di seguito si è dedotto lo spessore fittizio della controventatura inferiore e la rigidezza torsionale del cassone nelle diverse fasi modellate.

Dati generali comuni a tutto il cassone

h_s	1700	Altezza complessiva parte metallica cassone (per calcolo propr. torsionali)
ec. ctrv. sup	0	distanza asse ctrv. tors. superiore da estradosso (per calcolo propr. torsionali)
Fd inf	5508	Area profili ctrv. tors. inferiore (2L120x12) per calcolo spessore ctrv. Inf.
int. lg	4000	interasse lg trasversi per calcolo spessore ctrv. sup.
t eq. sup.	60	spessore equivalente traliccio superiore per calcolo propr. torsionali
interasse tra	4800	interasse travi celle
h_{cls}	300	Spessore tot. soletta
t_{inf}	1	Spessore anima1
anima f. A	20	Spessore anime esterne 20.00

La tabella seguente riporta il valore della costante di torsione valutata per le varie tipologie di concio, in funzione dello spessore anime e dello spessore del controvento equivalente inferiore. Tutti i valori sono espressi in mm.

Concio	tweb	tinf	k1 f.1	k1 f.2a	k1 f.2b	k1 f.2c	k1 f.3	k1 f.cracked
A	20	1.127	5.70E+10	6.74E+10	6.75E+10	6.43E+10	6.95E+10	6.95E+10
B	20	1.127	5.70E+10	6.74E+10	6.75E+10	6.43E+10	6.95E+10	6.95E+10
C	22	1.127	5.72E+10	6.76E+10	6.78E+10	6.45E+10	6.98E+10	6.98E+10
D	20	1.086	5.50E+10	6.52E+10	6.53E+10	6.23E+10	6.71E+10	6.71E+10
E	18	1.086	5.48E+10	6.49E+10	6.50E+10	6.20E+10	6.68E+10	6.68E+10

Concio	tweb	tinf	k1 f.1	k1 f.2a	k1 f.2b	k1 f.2c	k1 f.3	k1 f.cracked
M	20	1.086	5.50E+10	6.52E+10	6.53E+10	6.23E+10	6.71E+10	6.71E+10
N	18	1.086	5.48E+10	6.49E+10	6.50E+10	6.20E+10	6.68E+10	6.68E+10
O	20	1.086	5.50E+10	6.52E+10	6.53E+10	6.23E+10	6.71E+10	6.71E+10
P	20	1.086	5.50E+10	6.52E+10	6.53E+10	6.23E+10	6.71E+10	6.71E+10
Q	20	1.127	5.70E+10	6.74E+10	6.75E+10	6.43E+10	6.95E+10	6.95E+10
U	18	1.127	5.68E+10	6.71E+10	6.72E+10	6.41E+10	6.92E+10	6.92E+10

I trasversi di spalla ed i trasversi tipo, formati da profili a doppio T, sono collegati agli irrigidenti delle travi mediante rispettivamente connessioni saldate e bullonate. La distanza tra intradosso trasverso e intradosso travi principali è rispettivamente pari 700 mm e 0 mm per i trasversi di spalla ed i trasversi intermedi. I trasversi reticolari intermedi sono invece composti da doppi L di dimensioni 120x12 per i correnti inferiori e i diagonali, mentre 2L di dimensioni 100x8 sono adottati per i correnti superiori.

La tabella seguente riporta le caratteristiche dei piatti componenti i profili strutturali dei trasversi.

		Traverso pila	Traverso spalla	Traverso oriz.	Traverso diag.
Sezione metallica	h_{tot}	1700	1000	2L=120x12	2L=120x12
	b_{bot}	600	500	2L=100x8	
	t_{bot}	40	30		
	b_{top}	600	500		
	t_{top}	35	30		
	h_{web}	1625	940		
	t_{web}	20	30		

1.9 Sistema di irrigidimento (stiffeners e ribs)

Le caratteristiche dimensionali degli irrigidimenti d'anima vengono predefinite sulla base dei criteri contenuti in EN 1993-1-5, cap. 9.

Le anime delle travi vengono irrigidite mediante un sistema irrigidimenti così composto:

- **Irrigidimenti verticali d'appoggio**

Formati da un piatto 300x25, posto simmetricamente rispetto all'anima

- **Irrigidimenti verticali intermedi**

Formati da un piatto semplice 250x20 mm, disposto lato giunzione con i traversi (la larghezza di tale piatto, per ragioni costruttive potrà eventualmente essere incrementata).

- **Irrigidimenti longitudinali**

È presente un ordine di ribs longitudinali sui traversi posti in corrispondenza delle pile, formato da un piatto semplice 160x16 mm, ordito a distanza pari a 850 mm rispetto all'estradosso della plattabanda superiore.

2. Analisi dei carichi

Nel presente capitolo si riportano i contributi di carico presi in esame fase per fase.

L'analisi dei carichi viene fatta in accordo a quanto previsto dalla norma UNI EN 1990.

2.1 Carichi agenti in fase 1

2.1.1 Pesì propri acciaio (g_{k1})

Il peso dei vari elementi strutturali metallici è stato conteggiato con riferimento ad un peso specifico convenzionale di 78.50 kN/m³.

Il peso complessivo a metro lineare di trave per ciascuna tipologia di concio è risultato:

concio tipo	A (mm ²)	L _{tot} (m)	P _{netto} (kN/m)	P _{lordo} (kN/m)	P _{tot} (kN)	P _{proprio} g _{k1} ' (N/m/tr)
Concio A	93'000	16	7.30	9.52	152	9520
Concio B	93'000	102	7.30	9.52	971	9520
Concio C	96'250	26	7.56	9.78	254	9775
Concio D	93'000	36	7.30	9.52	343	9520
Concio E	89'750	76	7.05	9.26	704	9265
Concio M	93'000	31	7.30	9.52	295	9520
Concio N	89'750	107	7.05	9.26	987	9265
Concio O	110'600	78	8.68	10.90	850	10902
Concio P	93'000	36	7.30	9.52	343	9520
Concio Q	114'000	26	8.95	11.17	290	11169
Concio U	89'750	72	7.05	9.26	667	9265
Traverso PILE	77'500	43	6.08	6.69	287	6692
Traverso SPALLE	58'200	25	4.57	4.80	118	4797
Peso complessivo struttura in acciaio:					totale	6262 kN
					incidenza	213 kg/m²

I valori indicati tengono conto, per le travi principali, del peso della vestizione indicato in tabella:

Per le travi		kN/m	forf.
Vestizione			
1)	saldature	0.15	2%
2)	piastrame	0.36	5%
3)	lrr. An. pr.	0.19	2%
4)	lrr. An. ser	0.00	
5)	pioli	0.13	2%
6)	Trv. Princ.	0.85	
9)	Ctrv. Tors.	0.55	
10)	Ctrv. Mont	0.00	
totale		2.22 kN/m	

Per i traversi in corrispondenza delle elevazioni si è assunto per la vestizione un incremento di peso forfetario pari al 10%, mentre per i traversi di spalle l'incremento assunto è pari al 5%.

I pesi indicati vengono computati automaticamente dal programma ad elementi finiti a partire dalle dimensioni geometriche degli elementi strutturali modellati, tramite applicazione di un opportuno valore di densità equivalente.

2.1.2 Peso proprio soletta (g_{k1})

Per il contributo del getto in calcestruzzo (spessore 0.2 m), si ha:

$$g_{1,\text{getto}} = 25.0 \times 0.24 = 6.0 \text{ kN/m}^2$$

Per le coppelle prefabbricate, si ha:

$$g_{1,\text{coppelle}} = 25.0 \times 0.06 = 1.5 \text{ kN/m}^2$$

I contributi di carico dovuti al peso del calcestruzzo della soletta vengono applicati sotto forma di "patch load", come pressioni/mq sulla superficie di competenza della soletta, ed automaticamente ripartiti sulle travi longitudinali.

La massa complessiva dell'impalcato, per effetto dei pesi propri risulta:

$$M(G_{k,\text{acciaio}}) = 622200 \text{ kg}$$

$$M(G_{k,\text{cls}}) = 2210880 \text{ kg}$$

2.2 Carichi agenti in fase 2

2.2.1 Sovraccarichi permanenti (g_{k2})

Si sono considerati i seguenti contributi:

- Manto asfaltatura carreggiata $g_2^I = 3.0 \text{ kN/m}^2$
- Marciapiedi (spessore 0.16 m) $g_2^{II} = 25 \times 0.16 = 4.00 \text{ kN/m}^2$ (*)
- Guardavia $g_2^{IV} = 1.5 \text{ kN/m}$
- Veletta $g_2^{IV} = 0.5 \text{ kN/m}$

(*) I carichi, linearmente distribuiti, dovuti a barriere e veletta vengono per semplicità implementati come carico uniformemente distribuito con riferimento alle seguenti larghezze di distribuzione:

marciapiede sinistro: 0.70 m

marciapiede destro: 0.70 m

Anche in questo caso, tutti i contributi vengono implementati nel modello E.F. come patch load, insistente sulle rispettiva aree di competenza (piano viabile e marciapiedi).

La massa complessiva dovuta ai sovraccarichi permanenti risulta:

$$M(G_k) = 1139496 \text{ kg}$$

2.2.2 Reologia calcestruzzo ($g_{sh,k}$)

Gli effetti dovuti alle reologia del calcestruzzo (ritiro, viscosità) hanno influenza unicamente sul quadro tensionale dei traversi.

Il calcolo delle deformazioni conseguenti alla viscosità e al ritiro viene effettuato in accordo ai criteri presentati nell'Appendice B della norma UNI EN 1992-1-1.

Viscosità

Le deformazioni viscosive subite dalla soletta per effetto dei carichi di tipo permanente generano all'interno della sezione una redistribuzione delle tensioni con generale migrazione delle tensioni dal calcestruzzo all'acciaio e conseguente nascita, sulle strutture iperstatiche, di sollecitazioni "parassite". Come d'uso, si terrà conto di tale redistribuzione, eseguendo l'analisi della struttura sotto l'effetto dei carichi di lunga durata (fase 2a-b) tenendo conto di un modulo elastico ridotto della soletta.

Di seguito si riporta il calcolo della deformazione finale da ritiro e il calcolo dei coefficienti di viscosità valutati con l'aiuto di un foglio elettronico con riferimento ai carichi di fase 2, ossia permanenti, cedimenti e ritiro.

Soletta impalcato adibito al traffico veicolare:

Dati soletta cls per valutazione effetti ritiro/viscosità

t	300 mm	- Spessore complessivo soletta
t _{calc}	240 mm	- spessore per calcolo az. ritiro (escl. coppella)
b	9'800 mm	Larghezza reale soletta
A _c	2940000 mm ²	- Area per calcolo spessore eq
u	11800 mm	- Perimetro di calcolo (intradosso+laterali+marciapiedi)
h _o	498.31 mm	- Spessore fittizio

Dati e parametri per valutazione ritiro	
h_o	498.31 mm
t_s	2
α_{ds1}	4 cemento tipo N
α_{ds2}	0.12 cemento tipo N
β_{RH}	0.7564 (1992-1-1- B.12)
$\epsilon_{cd}(0)$	2.533E-04 ϵ_{sh} essiccamento (EN1992-1-1 B.11)
$\epsilon_{ca}(\infty)$	6.250E-05 ϵ_{sh} autogeno (EN1992-1-1 - 3.11)
k_h	0.70 EN 1992-1-1 - prospett 3.3
$\epsilon_{cs}(\infty)$	-2.369E-04

Azione compl. da ritiro

Nr (kN)	-7670.30 Azione complessiva gravante sull'intera soletta
nr	-782.68 Azione unitaria (per metro in trasversale della soletta)

Valutazione coefficienti di viscosità (annex B EN 1992-1-1)

α_1	0.866			B.8c
α_2	0.960			B.8c
α_3	0.902			B.8c
α	0			B.9
$\beta(f_{cm})$	2.56			B.4
β_h	1331.49			B.8a / B.8b
φ_{RH}	1.169			B.3a / B.3b
	t_{01}	t_{02}	t_{03}	
t_{0i}	30	1	50	
$t_{0i,mod}$	30	1	50	B.5
$\beta(t_0)$	0.482	0.909	0.437	B.2
φ_0	1.444	2.723	1.310	B.2
$\varphi(t_0, t_w)$	1.422	2.682	1.290	B.1

Il calcolo e l'applicazione degli effetti primari del ritiro (azione assiale e momento flettente su sezione composta) viene effettuato in automatico dal programma di calcolo PontiEC4 in fase di verifica sezione; il calcolo degli effetti secondari da ritiro (dovuti all'iperstaticità della struttura) viene effettuato applicando sui traversi il sistema di variazioni termiche equivalenti di seguito riportato in tabella.

Valutazione azioni termiche equivalenti al ritiro

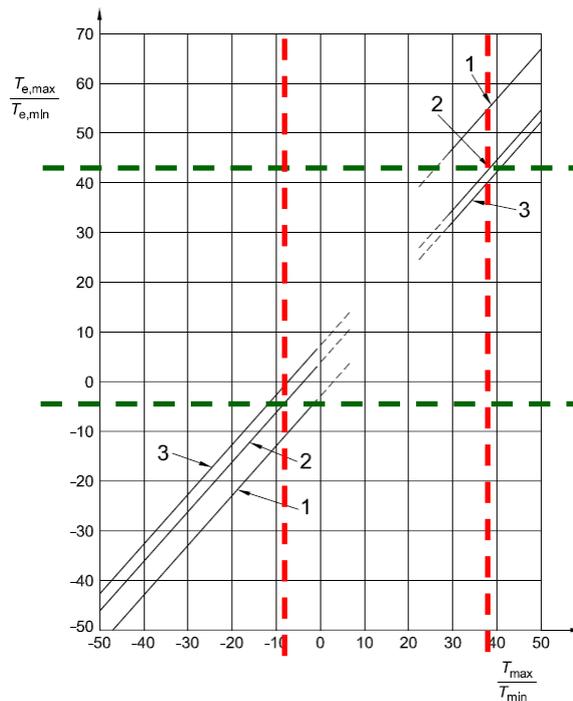
concio tipo	$\Delta \text{cls/omog}$ [mm]	$\eta (b_{eff}/b)$ [-]	Nr [kN]	A [mm ²]	J [mm ⁴]	ϵ_{runif} [-]	ϵ_{rgrad} [-]	Δt_{uni} [°C]	Δt_{grad} [°C]
Concio A	541.9	0.95	-3628	195052	1.10E+11	-8.4E-05	-8.0E-05	-7.0	-6.7
Concio B	568.6	1.00	-3835	185492	1.07E+11	-9.8E-05	-9.7E-05	-8.2	-8.1
Concio C	534.3	1.00	-3835	204136	1.13E+11	-8.9E-05	-8.6E-05	-7.5	-7.2
Concio D	568.6	1.00	-3835	185492	1.07E+11	-9.8E-05	-9.7E-05	-8.2	-8.1
Concio E	560.4	1.00	-3835	182242	1.06E+11	-1.0E-04	-9.6E-05	-8.4	-8.0
Concio M	536.2	0.97	-3702	197154	1.11E+11	-8.6E-05	-8.2E-05	-7.2	-6.9
Concio N	560.4	1.00	-3835	182242	1.06E+11	-1.0E-04	-9.6E-05	-8.4	-8.0
Concio O	631.3	1.00	-3835	218486	1.39E+11	-8.4E-05	-8.3E-05	-7.0	-6.9
Concio P	568.6	1.00	-3835	185492	1.07E+11	-9.8E-05	-9.7E-05	-8.2	-8.1
Concio Q	625.0	1.00	-3835	221886	1.40E+11	-8.2E-05	-8.2E-05	-6.9	-6.8
Concio U	560.4	1.00	-3835	182242	1.06E+11	-1.0E-04	-9.6E-05	-8.4	-8.0

2.3 Carichi agenti in fase 3**2.3.1 Variazioni termiche (T_k)**

Si fa riferimento ai criteri contenuti in EN 1991-1-5/NTC-08, cap. 3.5, unitamente all'annesso nazionale, sia per quanto riguarda il calcolo del range di temperatura, sia per quanto riguarda l'approccio di calcolo.

2.3.1.1 Variazioni termiche uniformi (Δt_N)

Per l'Italia, il "range" di temperatura dell'aria è definito dai seguenti valori (NTC-08 cap. 3.5 – EN 1991-1-5+N.A.D.):



$$T_{\min} = -9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\max} = +39 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Per strutture da ponte di gruppo 2 (EN 1991-1-5, 6.1.1.), la temperatura della struttura risulta pertanto:

$$T_{e,\min} = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{e,\max} = +44 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Fissando T_0 a $15.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (N.A.D.), si ottiene l'escursione termica effettiva subita dall'impalcato:

$$q_{\text{TN,cool}} = -20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$q_{\text{TN,heat}} = +29 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

a cui corrisponde complessivamente un'escursione pari a:

$$\Delta T_N = 49.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2.3.1.2 Variazioni termiche lineari (Δt_M)

Relativamente alle metodologie proposte in EN 1991-1-5, cap. 6.1.4, si adotta l'approccio 1 (cfr. cap. 6.1.4.1.) confermato dal N.A.D., che prevede l'applicazione di un gradiente equivalente di temperatura.

Per ponti di gruppo 2 (composite deck), i valori caratteristici delle variazioni lineari di temperatura (gradiente tra intradosso ed estradosso) risultano:

$$q_{\text{TM,heat}} = 15.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

estradosso piú caldo dell'intradosso

$$q_{\text{TM,cool}} = -18.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

estradosso piú freddo dell'intradosso

A valle dell'applicazione di k_{sur} ($t = 100.0 \text{ mm}$), si ha pertanto:

$$q_{\text{TM,heat}} = 15.0/1.7 = 8.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

estradosso piú caldo dell'intradosso

$$q_{\text{TM,cool}} = -18.0/1.7 = 10.59 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

estradosso piú freddo dell'intradosso

2.3.1.3 Combinazione degli effetti uniformi e lineari

Con riferimento a EN 1991-1-5 6.1.5(1), la combinazione degli effetti uniformi con i lineari verrà effettuata nel seguente modo:

$$C1: q_{TM} + 0.35 q_{TN}$$

$$C2: 0.75 q_{TM} + q_{TN}$$

2.3.2 Carichi mobili (Q_k)

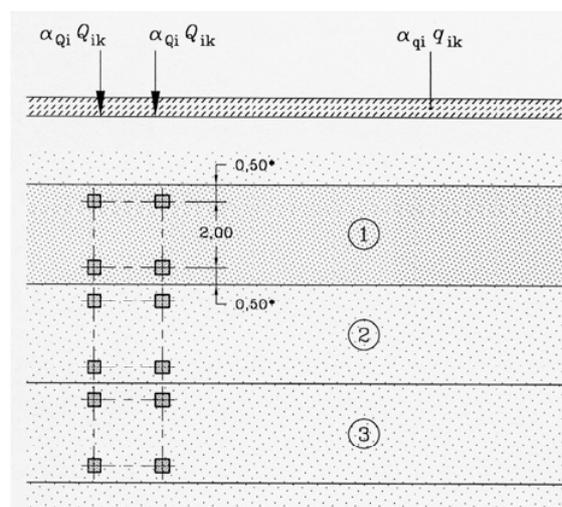
2.3.2.1 Azioni da carico veicolare

I carichi da traffico transitanti sui ponti sono definiti nella norma UNI EN 1991-2. Si fa riferimento in particolare ai ponti di I categoria.

Nel caso in esame, la carreggiata presenta larghezza utile pari a 8.4 m, ed è in grado quindi di ospitare un minimo di 2 corsie di carico di larghezza convenzionale pari a 3.0 m ed una remaining area di larghezza pari a 2.4 m.

Modelli di carico per S.L. esercizio

Per le verifiche globali dell'impalcato si ricorre al Modello di carico 1 (LM1), mostrato in figura, composto da due sistemi accoppiati: un tandem system (TS) formato da un veicolo a due assi, avente ciascuno un peso pari a Q_{ik} , e un carico uniformemente distribuito (UDL system), avente un peso per unità di superficie pari a q_{ik} . In funzione del numero di corsie di volta in volta caricate, i valori di Q_{ik} e q_{ik} sono quelli riportati in tabella.



Location	Tandem system TS	UDL system
	Axle loads Q_{ik} (kN)	q_{ik} (or q_k) (kN/m ²)
Lane Number 1	300	9
Lane Number 2	200	2,5
Lane Number 3	100	2,5
Other lanes	0	2,5
Remaining area (q_{ik})	0	2,5

Ai fini della massimizzazione/minimizzazione delle sollecitazioni per carico mobile, si predispongono specifici patterns di carico, corrispondenti a vari schemi organizzazione trasversale delle corsie, che vengono fatti "muovere" longitudinalmente lungo l'impalcato. In questo modo è possibile ottenere la massimizzazione/minimizzazione di tutte le caratteristiche di sollecitazione sui vari elementi strutturali.

In particolare, si predispongono i seguenti patterns:

Pattern TS

TS: formato dai 2 veicoli (TS1, TS2) affiancati, con veicolo TS1 posto lato bordo.

Pattern UDL

Si considera in questo caso un pattern di carico distribuito, di lunghezza pari a 2 m, viaggiante sulla traiettoria di carico. La massimizzazione/minimizzazione viene ottenuta combinando i soli pattern in grado di fornire un effetto di volta in volta sfavorevole.

Il pattern UDL elementare è formato da:

1 una stesa da 9 kN/m^2 , larga 3 m, disposta lato bordo esterno.

n. 1 una stesa da 2.5 kN/m^2 , larga 3 m

n. 1 una stesa da 2.5 kN/m^2 , larga 2.4 m

In via preliminare, si considera la simultaneità di tutte le corsie di carico, nell'ambito di due condizioni principali, caratterizzate rispettivamente da massima eccentricità della corsia 1, rispettivamente in sinistra e in destra.

Le eccentricità considerate per dette stese, rispetto all'asse soletta, sono le seguenti:

corsia 1 (TS1 e UDL1): 2.70 m / -2.70 m

corsia 2 (TS2 e UDL2): -0.3 m / -0.3 m

remaining (UDL) -3.0 m / 3.0 m

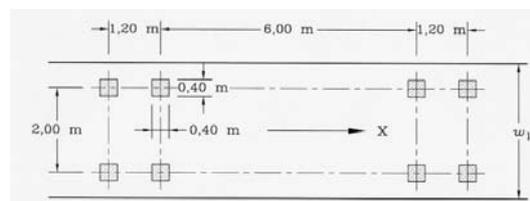
N.B.: Il patch load risultante agisce solamente sul piano viabile e pertanto la parte eccedente non viene conteggiata.

Modelli di carico per verifica a fatica

Le verifiche a fatica vengono effettuate con riferimento al metodo dei coefficienti λ , approccio "safe life", considerando quale modello di carico base il veicolo FLM3 previsto da EN 1991-2, cap. 4.6.4.

Il veicolo a 4 assi da 120 kN, viene fatto viaggiare in asse alla carreggiata effettiva, alternativamente nelle due direzioni di marcia, incrementando la posizione longitudinale di 1 m.

Di seguito si riporta la configurazione in pianta e la disposizione trasversale del veicolo FLM3.



Si considerano trasversalmente due posizioni di carico, afferenti alle due traiettorie individuate, lungo cui viene fatto viaggiare il veicolo FLM3. In ambedue i casi il veicolo viaggia al centro della corsia "reale", avente asse posizionato a distanza $b = 2.7 \text{ m}$ rispetto all'asse della soletta rispettivamente a destra e a sinistra.

Pertanto, l'eccentricità della linea di transito del FLM3 risulta pari a:

$$e = 2.7 / -2.7 \text{ m}$$

Il $\Delta\sigma$ di progetto viene dedotto involuppendo separatamente i risultati del transito sulle due traiettorie.

2.3.2.2 Azioni associate ai carichi mobili

Di seguito si riportano le azioni che, associate ai carichi veicolari, concorrono a formare l'azione multicomponente di carico mobile.

Frenatura (Q_{fk})

La forza di frenatura, valutata in accordo alla norma UNI EN 1991-2, è data da un'azione longitudinale funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1. La sua intensità è pari a:

$$Q_{fk} = 0.6 \times (2 \times Q_{1k}) + 0.10 \times q_{1k} \times w_1 \times L \quad 180 \leq Q_{fk} \leq 900 \text{ kN}$$

con:

$$Q_{1k} = 300 \text{ kN}$$

$$q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$$

$$w_1 = 3.0 \text{ m}$$

$$L_C = 127 \text{ m} \quad \text{lunghezza totale della rampa di svincolo C}$$

$$L_D = 174 \text{ m} \quad \text{lunghezza totale della rampa di svincolo D}$$

$$L_{tot} = 301 \text{ m} \quad \text{lunghezza totale della rampa di svincolo D}$$

Si ha pertanto

$$Q_{fk} = \min (0.6 \times (2 \times 300) + 0.10 \times 9 \times 3 \times 301; 900) = 900 \text{ kN}$$

L'azione viene uniformemente ripartita sulle 2 travi, con intensità per metro lineare pari a: $q_{lk} = 1495 \text{ N/m}$

Forza centrifuga (Q_{fk})

Nei ponti con asse curvo di raggio R, la forza centrifuga, applicata a livello della pavimentazione e agente in direzione normale all'asse del ponte, corrispondente ad ogni colonna di carico è valutata come indicato nelle NTC'08 §5.1.3.6:

$$Q_{fk} = 0.2 \cdot Q_v \quad \text{se } R < 200 \text{ m}$$

$$Q_{fk} = 40 \cdot Q_v / R \quad \text{se } 200 \text{ m} \leq R < 1500 \text{ m}$$

$$Q_{fk} = 0 \quad \text{se } R \geq 1500 \text{ m}$$

dove:

$$Q_v = \sum_i 2 \cdot Q_{ik}$$

L'azione centrifuga viene uniformemente ripartita sulle 2 travi, con intensità per metro lineare pari riportata in tabella.

Rampa	Campata	Travi	Luce campata [m]	Raggio campata [m]	N° corsie	Q_v [kN]	Az base (N/m)/trave
C-D	1	4	34	63	4	1200	1765
C	2	2	40	42	2	1000	2500
C	3	2	30	44	2	1000	3333
C	4	2	25	46	2	1000	4000
D	2	2	35	121	2	1000	2857
D	4	2	35	143	2	1000	2857
D	5	2	27	84	2	1000	3704

2.3.2.3 Gruppi di azioni da traffico

Le azioni da traffico vengono definite, in base a quanto specificato nella norma EN 1991-2 al paragrafo 4.5, come azioni multi-componenti che combinano tra loro i singoli carichi agenti sulla carreggiata, ed in particolare i modelli di carico mobile (LM1 e LM2), il carico da folla sui marciapiedi, l'azione di frenatura e la forza centrifuga.

Nel presente caso, i gruppi di azioni da traffico presi in esame risultano quelli indicati nella seguente tabella.

	LM1	LM2	LM4	Frenatura	Forza centrifuga
Gruppo 1a	Val. caratt.				
Gruppo 1b		Val. caratt.			
Gruppo 2a	Val. frequente			Val. caratt.	
Gruppo 2b	Val. frequente				Val. caratt.
Gruppo 3			Val. caratt.		

In particolare i valori dei coefficienti di combinazione adottati per il modello LM1 sono i seguenti:

LM1	ψ_0	ψ_1
TS	0.75	0.75
UDL	0.40	0.40

mentre quelli relativi al modello LM2 e al carico da folla LM4 risultano i seguenti:

	ψ_0	ψ_1
LM2	0.00	0.75
LM4	0.00	0.75

2.3.3 Azione del vento (F_w)

L'azione del vento viene valutata in accordo alla norma UNI EN 1991-1-4 e all'Annesso Nazionale.

Al fini del calcolo dell'azione del vento, si considerano i seguenti parametri di base:

Categoria sito: II

Zona: 7

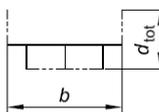
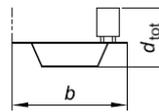
Le caratteristiche della struttura riportano quanto segue:

$b_{imp} = 9.8$ m (larghezza media)

$d_{carico} = 5.16$ m altezza sagoma impalcato carico

Per semplicità il calcolo dell'azione del vento verrà effettuato sempre con riferimento all'impalcato carico.

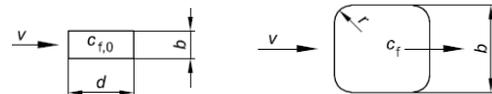
La tabella seguente riporta il calcolo della pressione del vento (si adottano le medesime notazioni previste dalla EN).

Calcolo azioni del vento su impalcato da ponte secondo EN 1991-1-4 + NAD	
Calcolo parametri di base	
Categoria sito	II I-II-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)
Zona	7 UNI EN 1991-1-4
a_s	100 m - quota sito
v_{b0}	28 4.1.(1) P
a_0	1000 m (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
k_a	0.015 1/s (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
v_{b0}	28 4.1.(1) P
v_b	31.5 velocità di base del vento
C_{dir}	1.00 4.2.(2) P - nota 2
C_{season}	1.00 4.2.(2) P - nota 3
C_r	1.18 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)
C_{scd}	1.00 fattore di struttura
k_t	1.00 fattore di turbolenza (valore raccomandato da N.A.D.)
C_o	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3
T_r	200 periodo di ritorno
k_1	0.14
n	1
α_r	1.13
z_0	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2
z_{0II}	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2 prosp. 4.1
z_{min}	4.00 EN 1991-1-4 §4.3.2
z_{max}	200 EN 1991-1-4 §4.3.2
k_r	0.19 fattore di terreno EN 1991-1-4 §4.3.2 (4.5)
$v_m(z)$	37.2 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)
σ_v	5.99 scarto comp. turbolenta vel. vento EN 1991-1-4 §4.4 (4.6)
ρ	1.25 densità aria (4.5 nota 2 e N.A.D.)
$l_v(z)$	0.16 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)
$c_e(z)$	2.96 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione
$q_p(z)$	1842.48 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)
v_b^*	28.38 EN 1991-1-4 §8.1 (4) + NAD
$v_m^*(z)$	33.51 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)
$l_v^*(z)$	0.18 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)
$c_e^*(z)$	3.14 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione
$q_p^*(z)$	1580.25 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)
Caratteristiche impalcato	
b_{imp}	9.8 m (cfr. figura)
z	25 m quota baricentro struttura da p.c.
d_{sagoma}	3 (m) EN 1991-1-4 §8.1. (5) + NAD
$d_{scarico}$	2.16 (m) d_{ref} A ponte scarico (cfr. figura)
d_{carico}	5.16 (m) d_{ref} a ponte carico (cfr. figura)
ψ_0	0.6 coefficiente di combinazione (EN 1990)
$C_{fx,scarico}$	1.30 EN 1991-1-4 - cap. 8.3.1 fig. 8.3
$C_{fx,carico}$	1.88
$b/d_{scarico}$	4.54
b/d_{carico}	1.90
$f_{w,scarico}$	2395 (N/m ²) pressione specifica nominale
$f_{w,carico}$	3460
f_w^*	2054 (N/m ²) pressione specifica nominale (EN 1991-1-4 cap. 8.1 (4))
$F_{w,scarico}$	5174 (N/m) Risultante a ponte scarico, caratteristico
$F_{w,carico}$	17852 (N/m) Ris. a ponte carico, caratteristico
$min(\psi_0 F_w; F_w^*)$	10600 (N/m) Ris. a ponte scarico, valore di combinazione ($min \psi_0 F_w; F_w^*$)
L'altezza della sagoma in transito non sarebbe a rigore oggetto di decisione nazionale	
Esempi di calcolo di dtot per impalcato con barriera e con sagoma stradale	
EN 1991-1-4 - figura 8.3	
	

Ai fini dell'implementazione nel modello E.F., l'azione orizzontale di 17852 N/m viene ripartita sulle uniformemente sulle travi. Per le elevazioni si condirera invece un'altezza di riferimento di 25m e una larghezza di impatto dell'azione da vento di 1.5m.

Calcolo azioni del vento su pile prismatiche EN 1991-1-4 + NAD		
Calcolo parametri di base		Caratteristiche sezione
Categoria sito	II II-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)	b 1.5 m (cfr. figura)
Zona	7 UNI EN 1991-1-4	d 25 (m) EN 1991-1-4 §8.1. (5) + NAD
a_s	100 m - quota sito	r 0.75 raggio smusso (m)
v_{b0}	28 4.1.(1) P	z_{max} 25 m quota testa pila
a_0	1000 m (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)	d/b 16.667
k_a	0.015 1/s (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)	l/b 16.67
v_{b0}	28 4.1.(1) P	r/b 0.5000
v_b	31.5 velocità di base del vento	λ 70.00 snellezza effettiva EN 1991-1-4 cap. 7.13(2) prosp. 7.16 caso 4
C_{dir}	1.00 4.2.(2) P - nota 2	$c_{r,0}$ 0.90 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) fig. 7.23
C_{season}	1.00 4.2.(2) P - nota 3	Ψ_r 0.50 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) fig. 7.24
C_r	1.18 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)	Ψ_λ 1.00 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) fig. 7.36
$C_r(0)$	0.83 Coeff. Rugosità terreno, q_0 (EN 1991-1-4 §4.3.2)	C_f 0.45 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) (7.9)
C_{scd}	1.00 fattore di struttura	$f_{w,0}$ 503.55
k_l	1.00 fattore di turbolenza (valore raccomandato da N.A.D.)	$f_{w,(zmax)}$ 829.12
C_0	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3	
T_r	200 periodo di ritorno	
k_1	0.14	
n	1	
α_r	1.13	
Z_0	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2	
Z_{0II}	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2 prosp. 4.1	
Z_{min}	4.00 EN 1991-1-4 §4.3.2	
Z_{max}	200 EN 1991-1-4 §4.3.2	
k_r	0.19 fattore di terreno EN 1991-1-4 §4.3.2 (4.5)	
$v_m(z)$	37.2 Velocità media del vento quota z max	
$v_m(0)$	26.3 Velocità media del vento quota p.c.	
σ_v	5.99 scarto comp. turbolenta vel. vento EN 1991-1-4 §4.4 (4.6)	
ρ	1.25 densità aria (4.5 nota 2 e N.A.D.)	
$l_v(z)$	0.16	
$l_v(0)$	0.23	
$C_e(z)$	2.9647	
$q_p(z)$	1842.48	
$q_p(0)$	1119.00	

EN 1991-1-4 figura 7.24



2.3.4 Attrito appoggi (Q_{frict})

Data la tipologia di appoggi, il contributo di tale azione non è pertinente.

2.3.5 Azione sismica (E_d)

La caratterizzazione dell'azione sismica dell'opera in esame viene effettuata ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 e relative istruzioni. In particolare si fa riferimento ai seguenti parametri legati all'opera in sé:

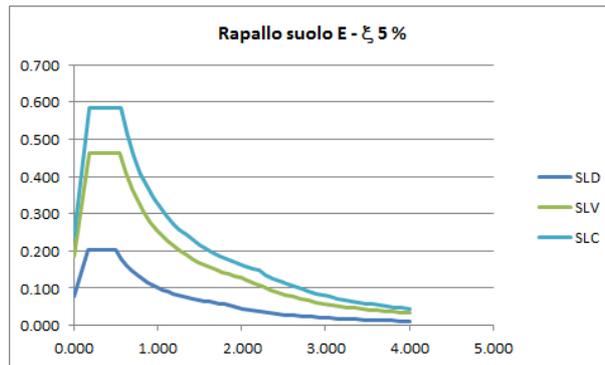
- o Vita utile dell'opera 50 anni
- o Classe d'uso IV $C_u = 2.0$
- o Vita di riferimento 100 anni

I parametri legati al sito e alle caratteristiche del terreno risultano i seguenti:

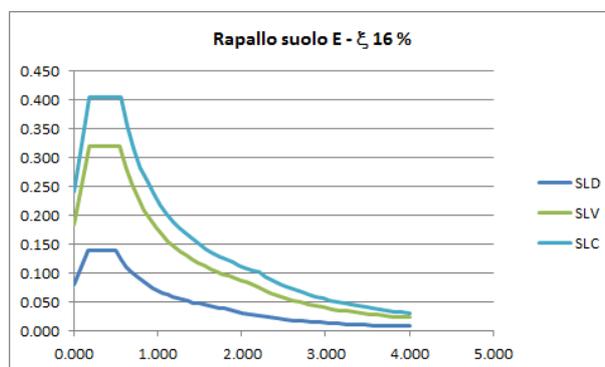
- o Comune: Rapallo (GE)
- o Categoria di sottosuolo: E
- o Condizione topografica: T1

Per la definizione dello spettro elastico di progetto si adotta la procedura di calcolo "Spettri-NTCver.1.0.3.xlsx" messo a punto dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Le figure seguenti riportano gli spettri orizzontali di base, rispettivamente per le diverse per dei vari S.L. (SLD, SLV, SLC).



L'utilizzo di isolatori elastomerici per vincolare l'opera alle sottostrutture, fanno sì che la dinamica sia essenzialmente dominata da questi dispositivi. Appare pertanto lecito riferirsi, nel prosieguo, agli spettri di progetto estratti sulla base dello smorzamento degli isolatori stessi, di seguito riportati.



I parametri identificativi degli spettri di progetto sono i seguenti.

	SLD	SLV	SLC
ag	0.050	0.116	0.151
F0	2.535	2.492	2.417
Tc	0.253	0.291	0.298
Ss	1.600	1.600	1.598
Cc	1.994	1.883	1.867
St	1.000	1.000	1.000
q	1.449	1.449	1.449
S	1.600	1.600	1.598
eta	0.690	0.690	0.690
Tb	0.168	0.183	0.185
Tc	0.504	0.549	0.556
Td	1.799	2.063	2.205

2.4 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico vengono elaborate con riferimento a:

- EN 1990 tab. A.2.4.B + N.A.D./NTC-08, tab. 5.1.V per i coefficienti moltiplicativi
- EN 1990 tab. A.2.1+N.A.D./NTC-08 tab. 5.1.VI per i coefficienti di combinazione

Per la formulazione generale delle combinazioni di carico si rimanda a EN 1990-annex.A2, cap. A2.3, A2.4/NTC-08 cap. 2.5.3.+ N.A.D..

Per il particolare tipo di struttura, le azioni variabili dominanti di interesse sono le seguenti:

- carichi mobili Q_k (gruppo 1 e 2) per impalcato, sottostrutture ed apparecchiature di appoggio.
- azione del vento F_{wk} limitatamente alle sottostrutture ed apparecchiature di appoggio.

Esse verranno considerate di volta in volta dominanti, nell'elaborazione delle combinazioni S.L.U., S.L.E. caratteristica e S.L.E. frequente.

Di seguito si riepilogano le combinazioni di carico utilizzate nelle verifiche.

S.L.U. - STR

Si considera, nell'ambito dello S.L.U. (STR) l'inviluppo le seguenti combinazioni.

S.L.U. - Q_k dominante

$$E_d = \gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_{G3} Q_{frict,k} + \gamma_{sett.} G_{ksett.} + \gamma_{sh} G_{sh} + \gamma_{q,1} Q_{k,gr1/2} + \gamma_{q,2} 0.6 T_k + \gamma_{q,3} 0.6 F_{w,k}$$

(*) Per $Q_{kgr1/2}$ si intende l'inviluppo delle sollecitazioni, elaborato sulla base dei carichi di gruppo 1 e 2

S.L.U. - F_{wk} dominante

$$E_d = \gamma_{G1} G_k + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_{G3} Q_{frict,k} + \gamma_{sett.} G_{ksett.} + \gamma_{sh} G_{sh} + \gamma_{q,3} F_{wk} + \gamma_{q,1} (0.75 Q_{k,TS} + 0.4 Q_{k,UDL}) + \gamma_{q,2} 0.6 T_{,k}$$

I parametri di scelta nazionale indicati dal N.A.D. sono i seguenti:

γ_{G1}	1.35 - 1	coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso proprio
γ_{G2}	1.35 - 1	coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso permanente
γ_{G3}	1.5 - -1.5	coefficiente moltiplicativo per le azioni di attrito
γ_{shLT}	1.2 - 1.2	coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute al ritiro
$\gamma_{sett.}$	0 - 1.2	coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute ai cedimenti vincolari
γ_{Q1}	1.35 - 0	coefficiente moltiplicativo per i carichi da traffico.
γ_{Q2}	1.2	coefficiente moltiplicativo per i carichi di origine termica.
γ_{Q3}	1.5	coefficiente moltiplicativo per i carichi da vento

S.L.U. - GEO

Ai soli fini delle verifiche geotecniche, si considerano le medesime combinazioni viste per lo S.L.U. – STR, impiegando i seguenti coefficienti di combinazione:

γ_{G1}	1 - 1	coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso proprio e di pretensione stralli
γ_{G2}	1 - 1	coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso permanente
γ_{G3}	1 - -1	coefficiente moltiplicativo per le azioni di attrito
γ_{shLT}	1 - 1	coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute al ritiro, nell'analisi long term
γ_{shST}	0	coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute al ritiro, nell'analisi short term
$\gamma_{sett.}$	0 - 1	coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute ai cedimenti vincolari
γ_{Q1}	1.15 - 0	coefficiente moltiplicativo per i carichi da traffico.
γ_{Q2}	1.0 - 0	coefficiente moltiplicativo per i carichi di origine termica.
γ_{Q3}	1.3	coefficiente moltiplicativo per i carichi da vento

S.L.E. – fondamentale

Si considera l'inviluppo le seguenti combinazioni.

S.L.E. fond. - Q_k dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksett.} + G_{sh} + Q_{k,gr1/2} + 0.6 T_k + 0.6 F_{w,k}$$

S.L.E. fond. - T_k dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksett.} + G_{sh} + T_k + (0.75 Q_{k,TS} + 0.4 Q_{k,UDL}) + 0.6 F_{w,k}$$

S.L.E. fond. - F_{wk} dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksett.} + G_{sh} + F_{wk} + (0.75 Q_{k,TS} + 0.4 Q_{k,UDL}) + 0.6 T_k$$

S.L.E. - frequente

Si considera l'involuppo le seguenti combinazioni.

S.L.E. freq. - Q_k dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksett.} + G_{sh} + (0.75 Q_{k,TS} + 0.4 Q_{k,UDL}) + 0.5 T_k$$

S.L.E. freq. - F_{wk} dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksett.} + G_{sh} + 0.2 F_{wk} + 0.5 T_k$$

S.L.E. - quasi permanente

Si considera la seguente combinazione.

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksett.} + G_{sh} + 0.5 T_k$$

S.L.U. - fatica

L'approccio scelto per le verifiche a fatica è quello relativo alla "vita illimitata", per i cui criteri di base si rimanda alle Istruzioni NTC-08 cap. C.4.2.4.1.4.6.1..(EN 1991-1-9 cap. 3(1)/(7)b)

Per la modellazione della parte ciclica dei carichi si adotta il modello di carico per fatica n.3 (FLM3), unitamente al metodo dei coefficienti λ , i cui criteri generali sono contenuti in EN1993-1-8 cap. 6.3/EN1993-2 cap. 9.5.2 (istr. NTC-08 C.4.2.4.1.4.6.3).

L'elaborazione della combinazione di verifica a fatica viene effettuata con riferimento a quanto previsto in EN 1992-1-1 6.8.3(1), sovrapponendo le sollecitazioni indotte dalla parte ciclica dei carichi a quello indotto dalla parte non ciclica. Relativamente alla parte non ciclica, si fa riferimento alla combinazione S.L.E. frequente, in cui i carichi variabili sono costituiti dai contributi non dominanti significativi (T_k , F_{wk}), mentre la parte ciclica è costituita dalle sollecitazioni indotte dal transito del veicolo FLM3, alternativamente sulle corsie lente predisposte sul piano viabile.

Pertanto, l'ampiezza del Δ di tensione viene valutata sulla base di:

$$\Sigma G_{k,j} + G_{kp} \gamma_{sett.} G_{ksett.} + G_{sh} + 0.5 T_k + 0.2 F_{wk} + Q_{fat(FLM3)}$$

Si evidenzia che, come necessario, si terrà conto, nell'ambito del calcolo del massimo/minimo effetto, dell'eventuale cambio di "stato" (cracked/uncracked) della soletta.

S.L.U. - sismica

Ai fini delle verifiche in fase sismica, si considera la combinazione derivata dalla somma degli effetti della S.L.E. quasi permanente e delle azioni, ovvero:

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksett.} + G_{sh} + 0.5 T_k + E_d$$

E_d rappresenta l'effetto sismico, in questo caso, valutato sulla base di una semplice analisi statica equivalente.

Tutte le combinazioni ed involuppi indicati vengono effettuati in automatico dal sistema ad elementi finiti Lusas, che provvede inoltre a selezionare, nell'ambito dei coefficienti di combinazione quello di volta in volta più gravoso.

3. Analisi strutturale

3.1 Analisi statica globale

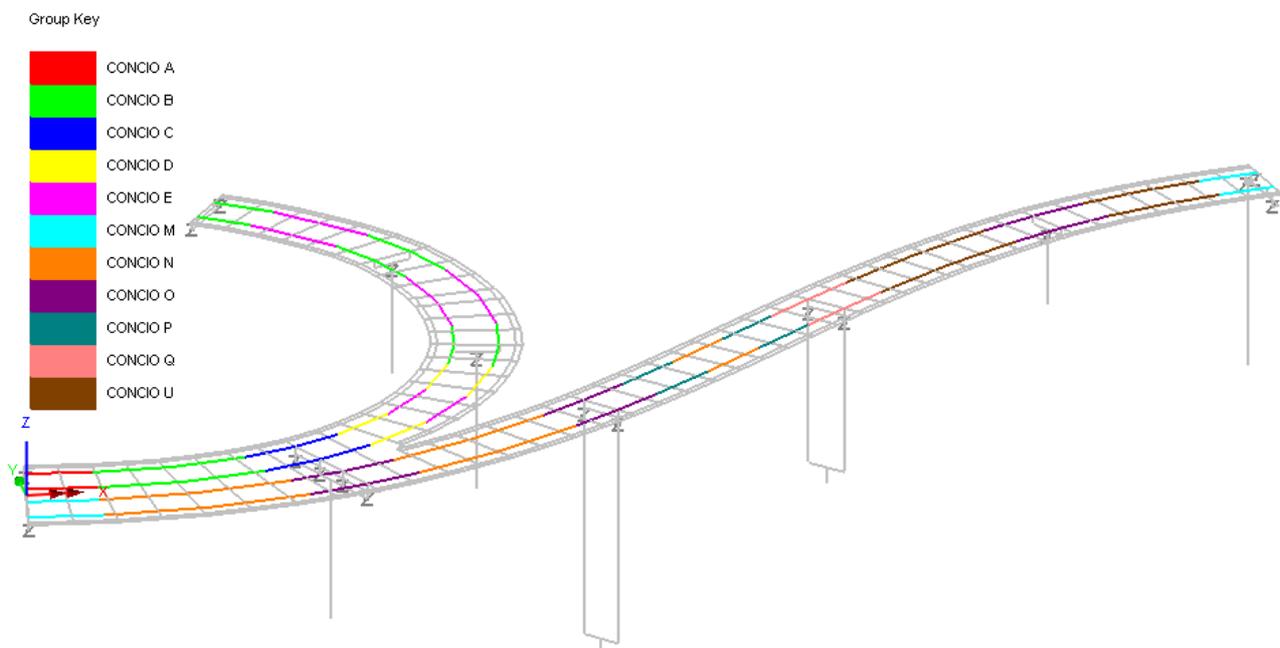
La modellazione E.F. si basa sulla risoluzione di un semplice grigliato di travi e traversi; trasversalmente il collegamento fra le travi avviene per mezzo di elementi rigidi. Grazie a questi elementi l'azione torcente letta in corrispondenza delle travi dx e sx risulta essere la stessa.

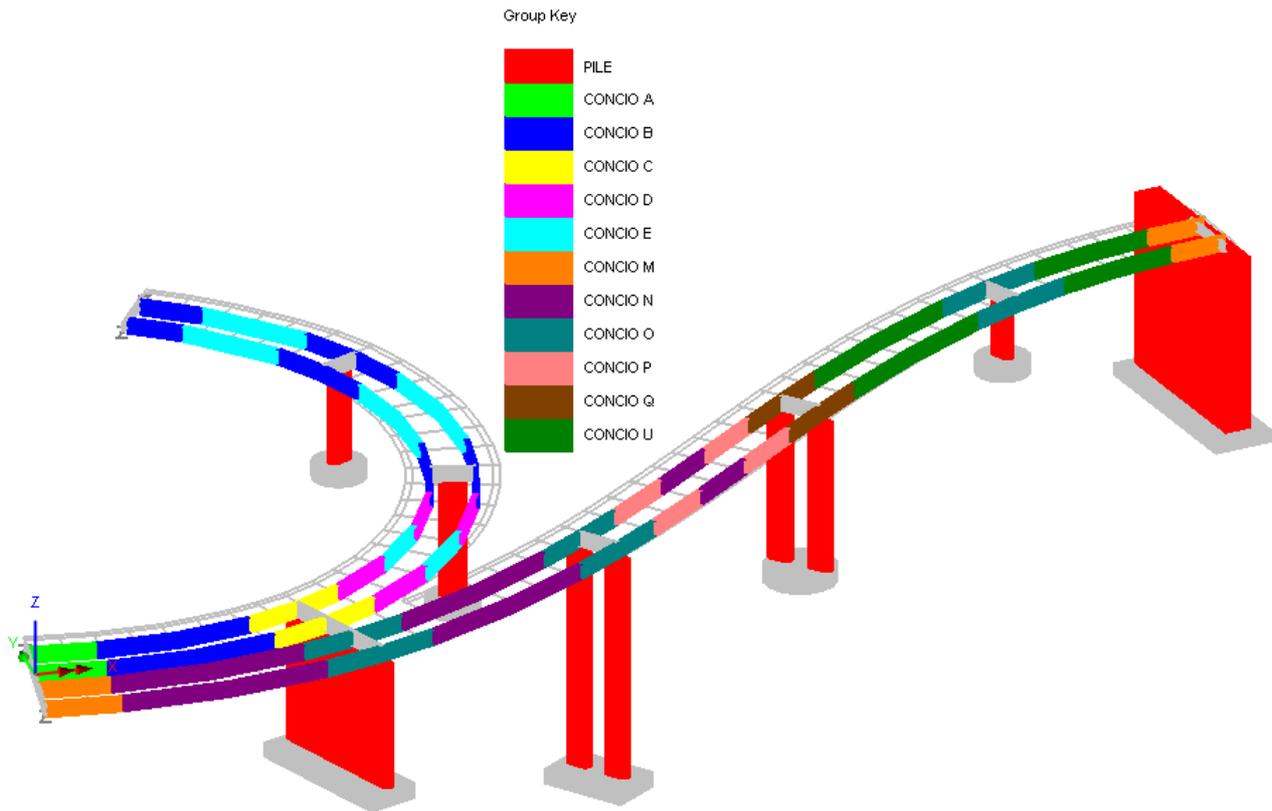
Il piano nodale viene assunto convenzionalmente coincidente con l'estradosso delle travi metalliche principali. La formulazione degli elementi finiti consente di tenere conto implicitamente dell'offset delle effettive linee d'asse di tutti gli elementi strutturali. L'eccentricità del piano nodale rispetto al piano appoggi viene restituita attraverso elementi rigidi di opportuna lunghezza.

Il medesimo modello, previa opportuna implementazione delle rispettive caratteristiche geometriche, viene impiegato per l'analisi di tutte le fasi.

La discretizzazione prevede elementi tipo "beam" lineari a due nodi, di lunghezza massima pari a 2 m.

Di seguito si riporta il modello ad elementi finiti, in forma schematica e renderizzata (soletta non presente).



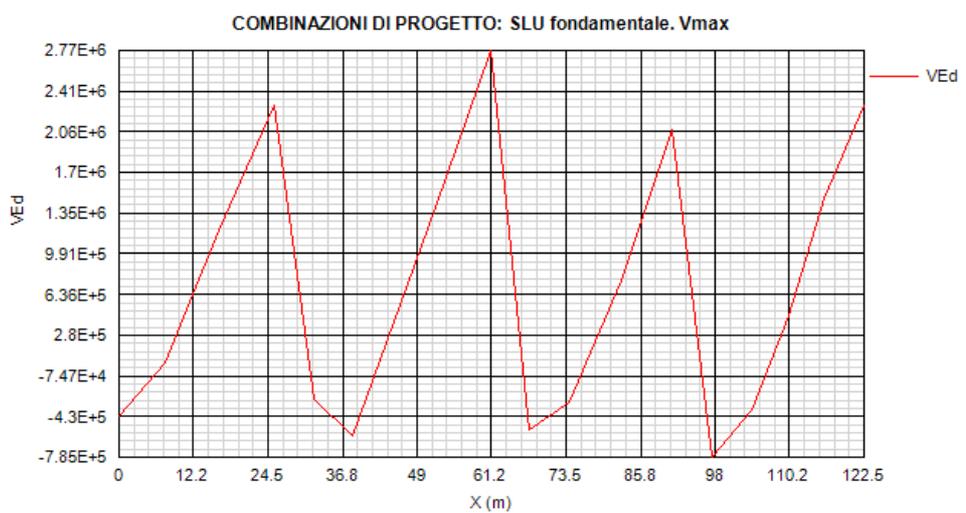
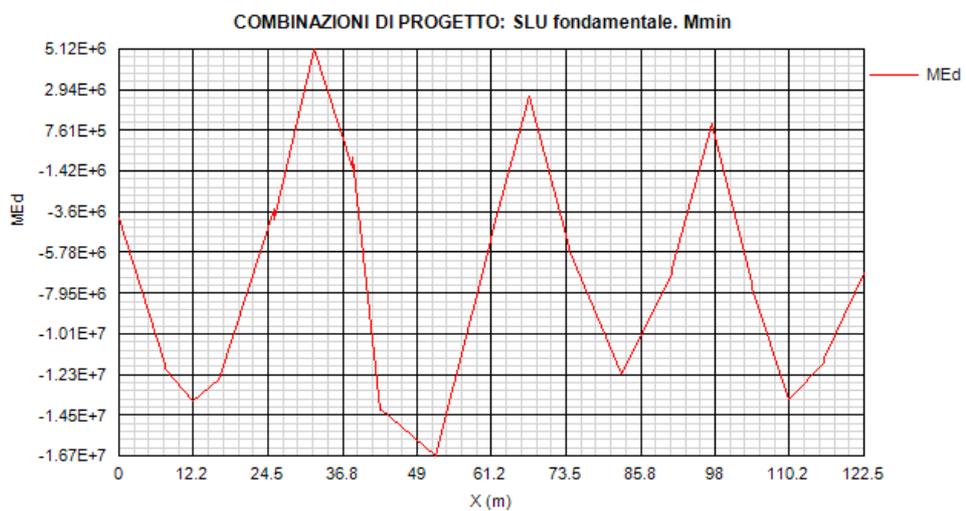
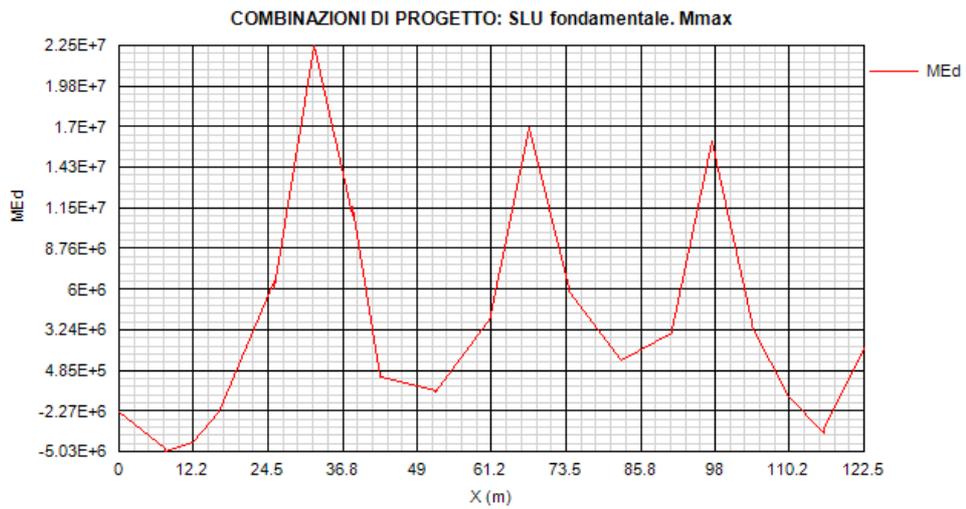


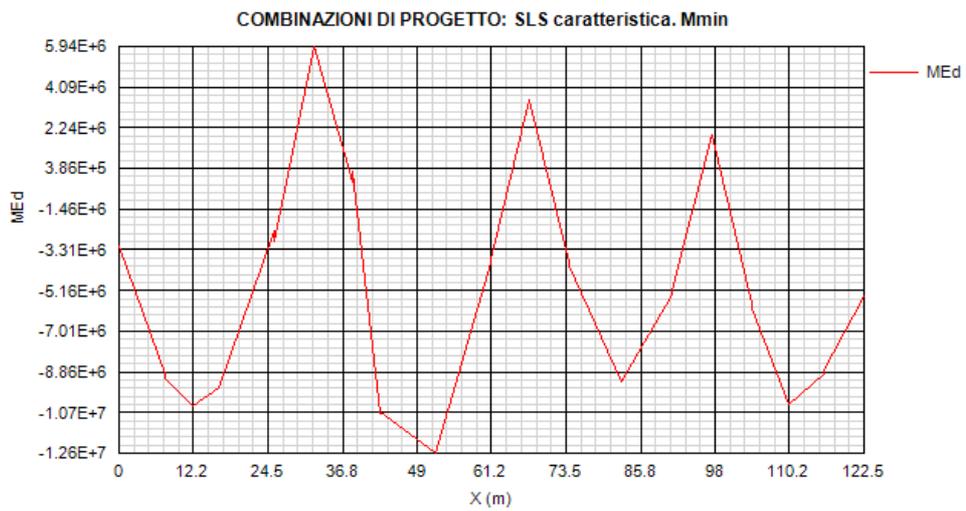
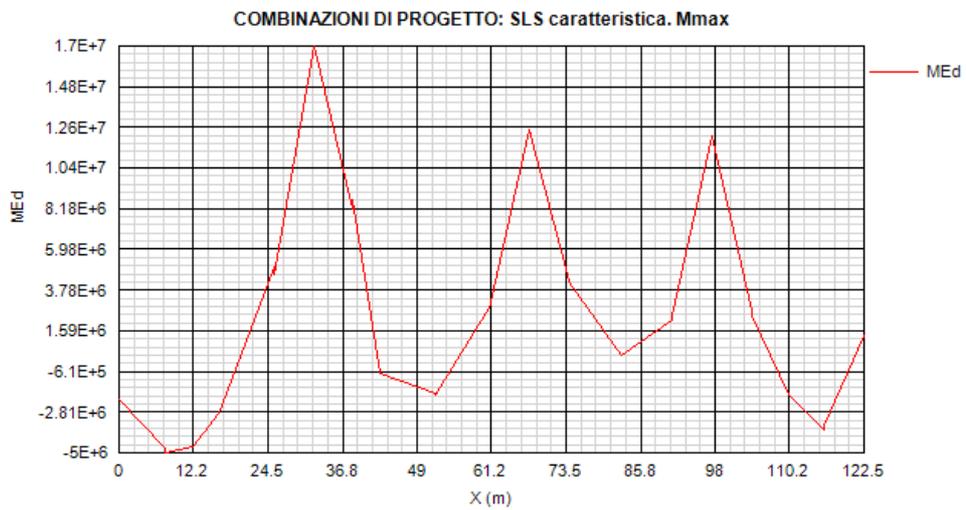
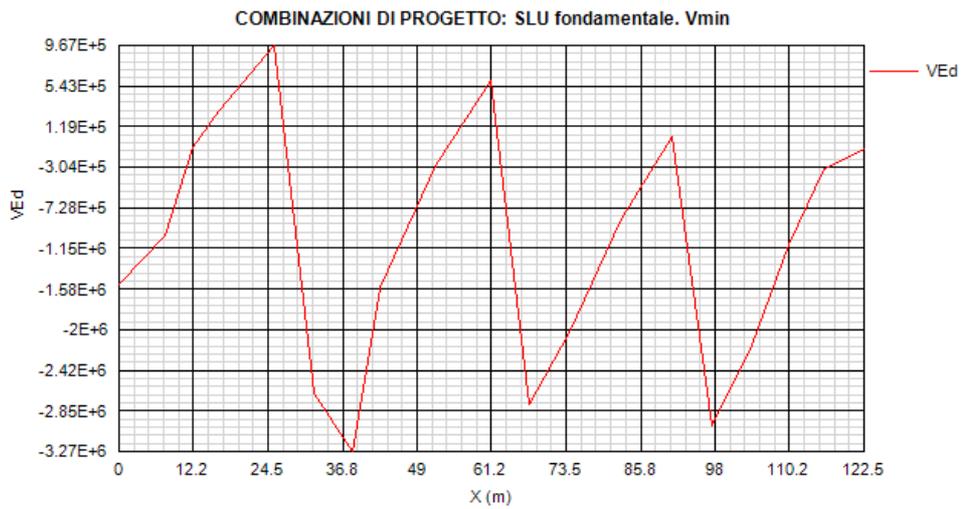
3.1.1 Risultati salienti

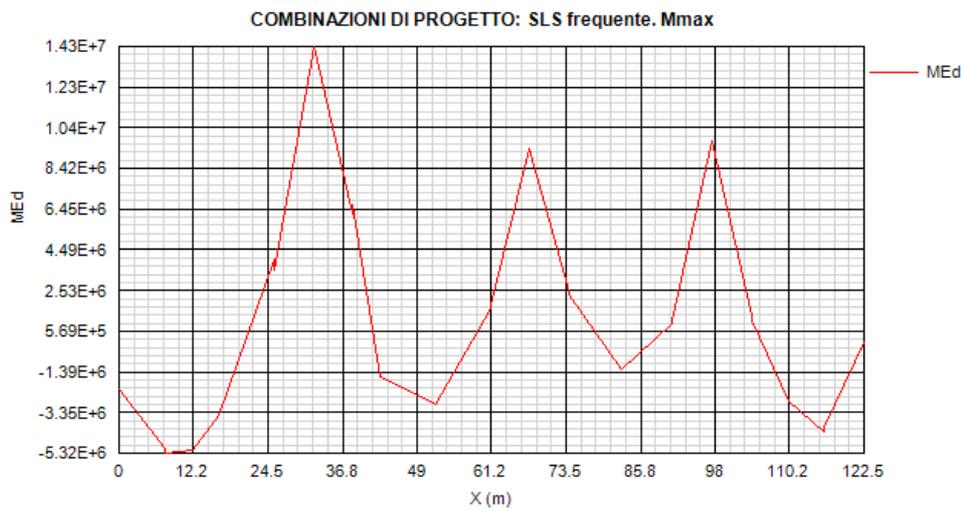
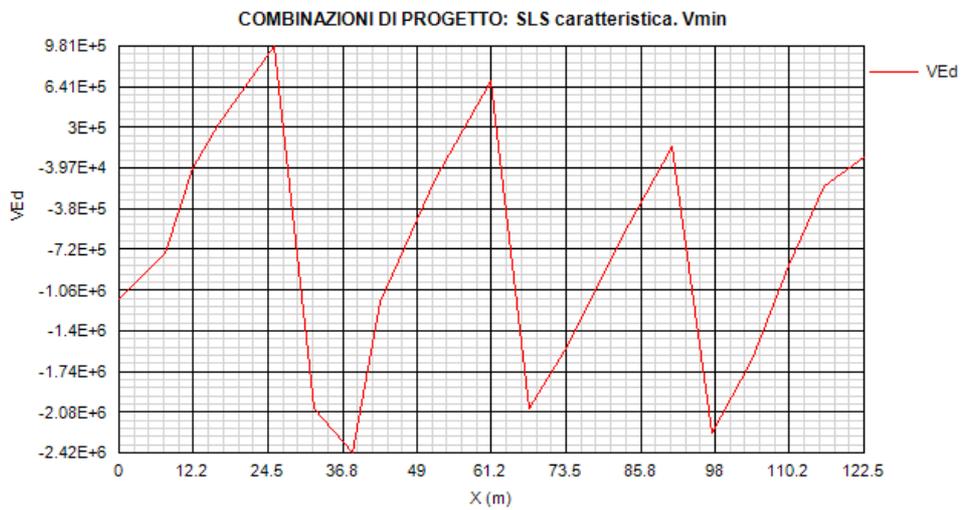
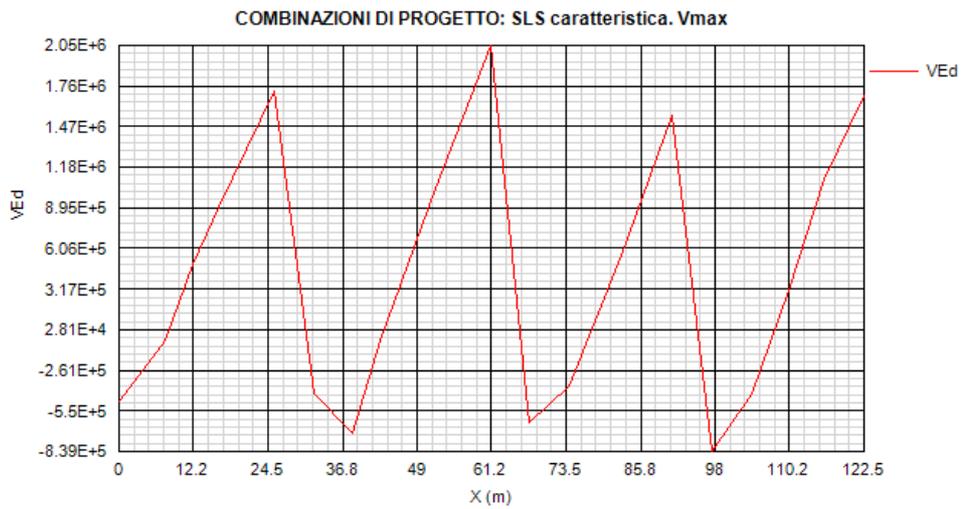
Di seguito si riportano i principali diagrammi di azione interna rilevati sulle travi e risp. sui traversi a valle delle combinazioni per max/min M e max/min V nei vari S.L. considerati. I diagrammi vengono estratti direttamente dal programma PontiEC4, nel quale vengono direttamente implementati i risultati dell'analisi E.F. ed i rispettivi valori sono espressi in N e Nm.

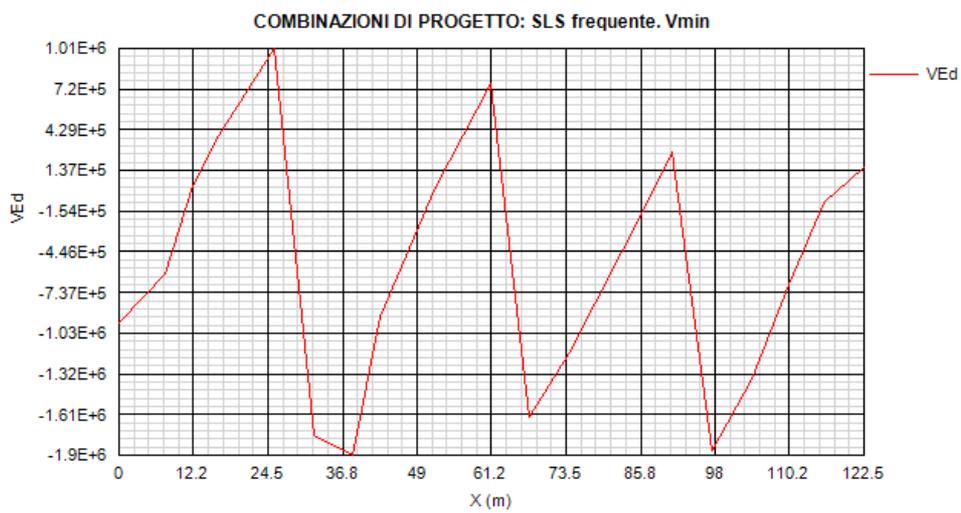
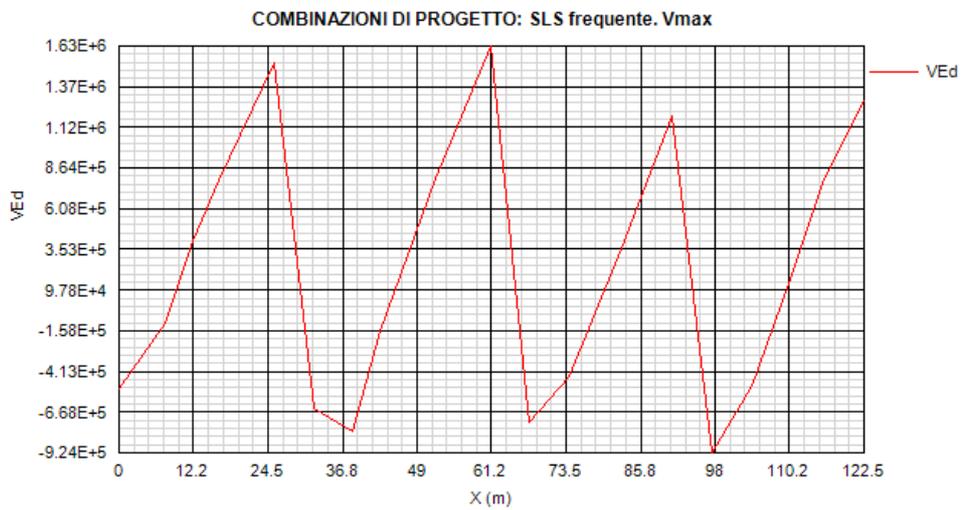
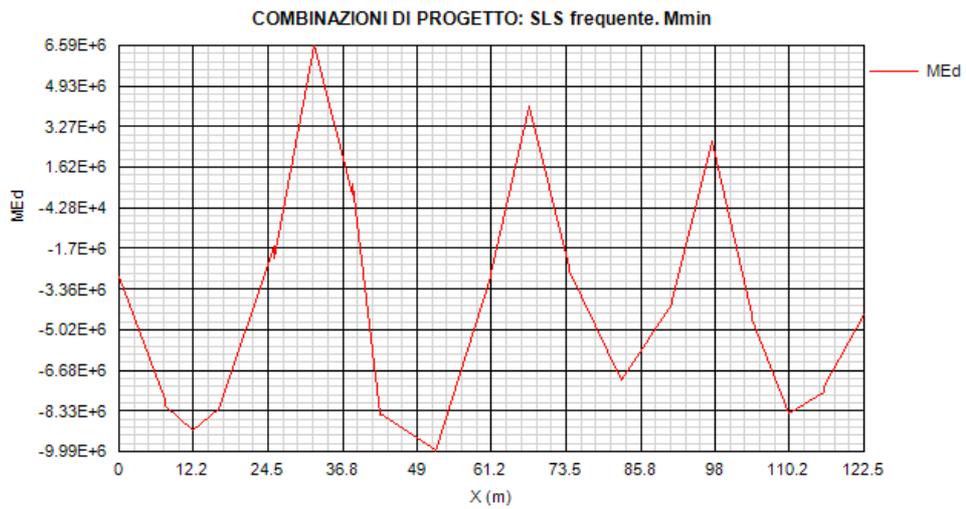
3.1.1.1 Quadro tensionale nelle travi principali della rampa di svincolo C

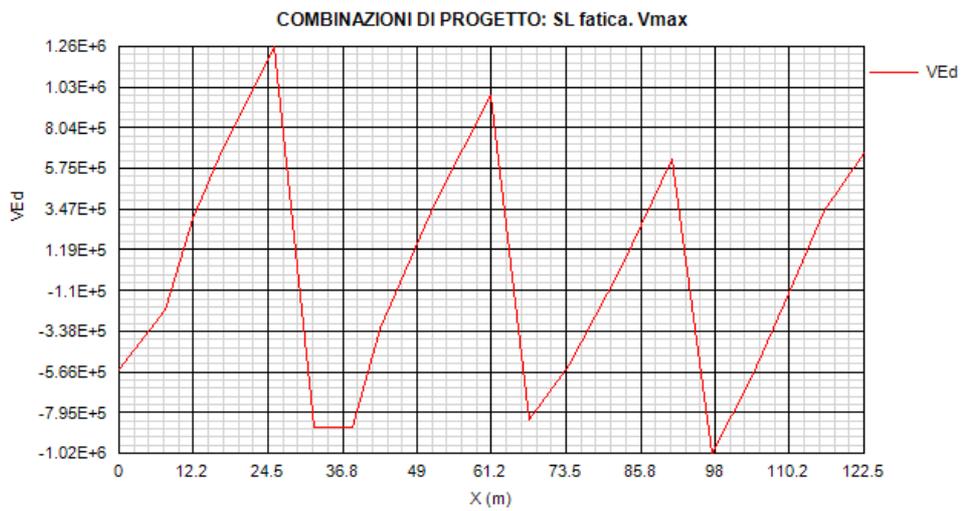
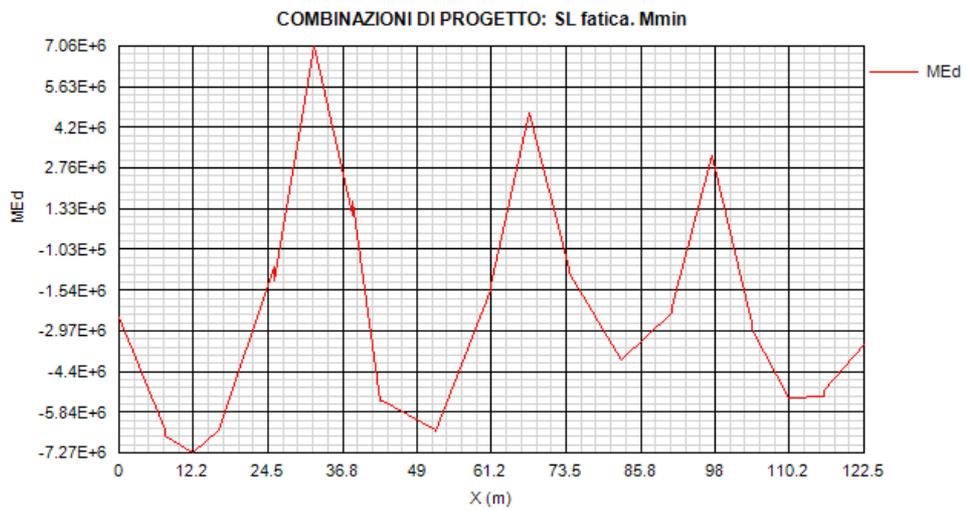
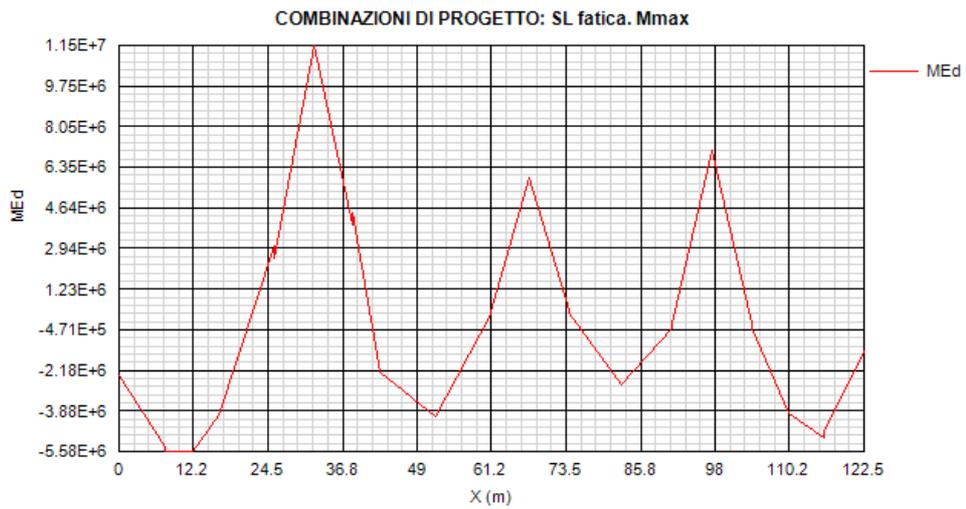
L'impalcato metallico è asimmetrico; per cui si fisserà l'attenzione su entrambe le travi della rampa di svincolo. Per brevità si riportano le sollecitazioni della trave dx.

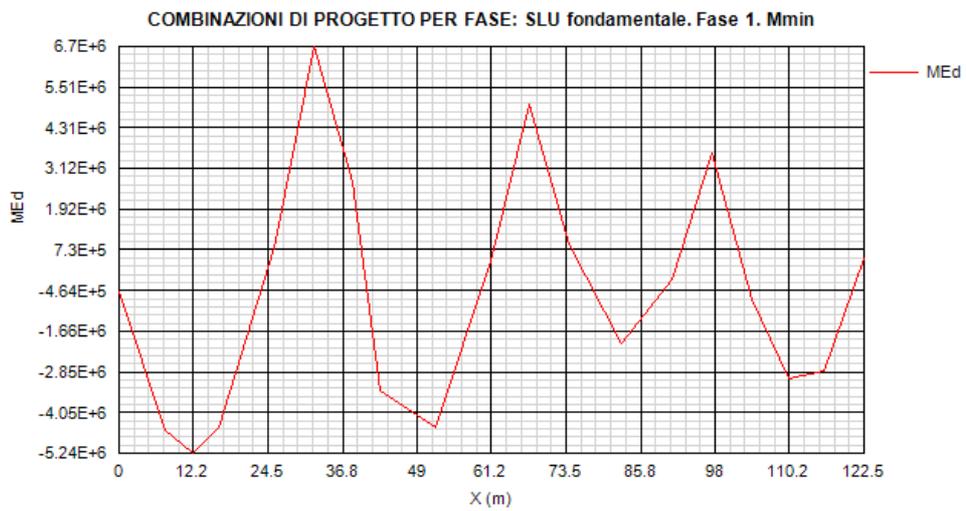
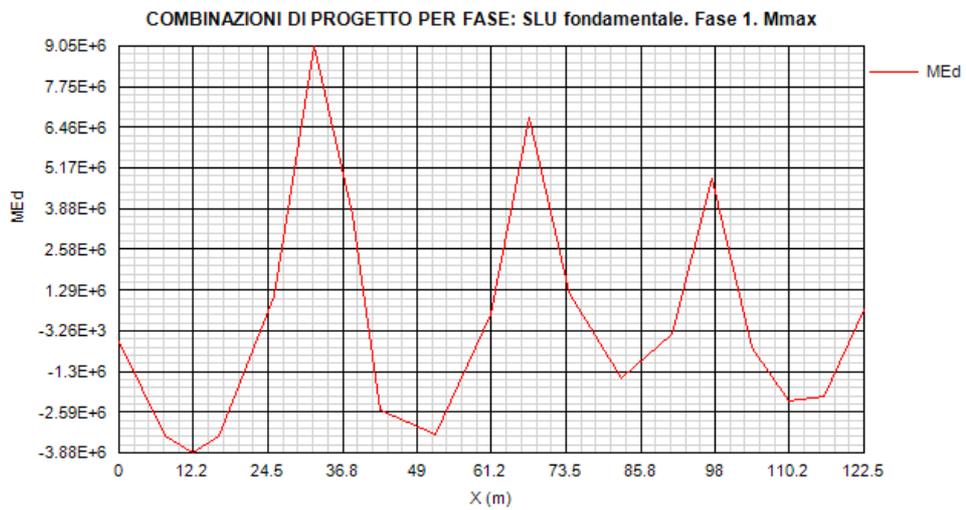
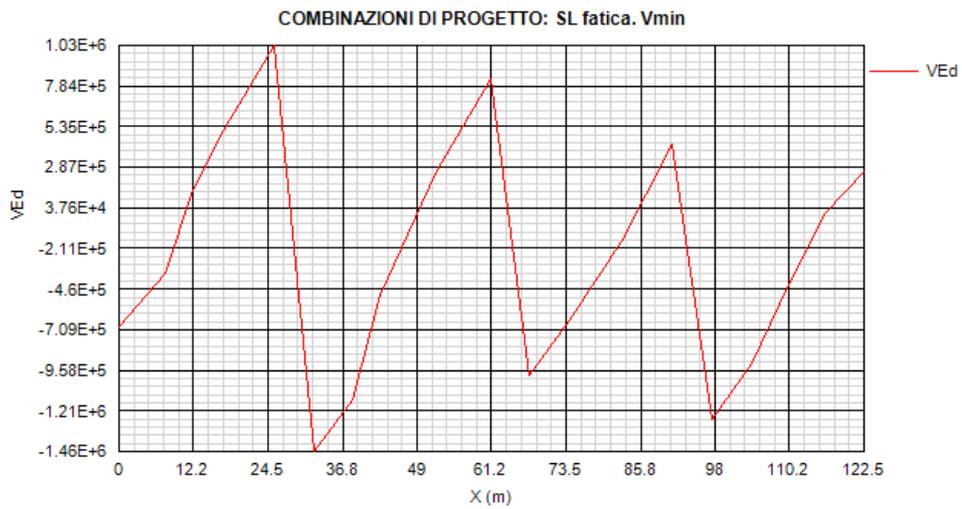


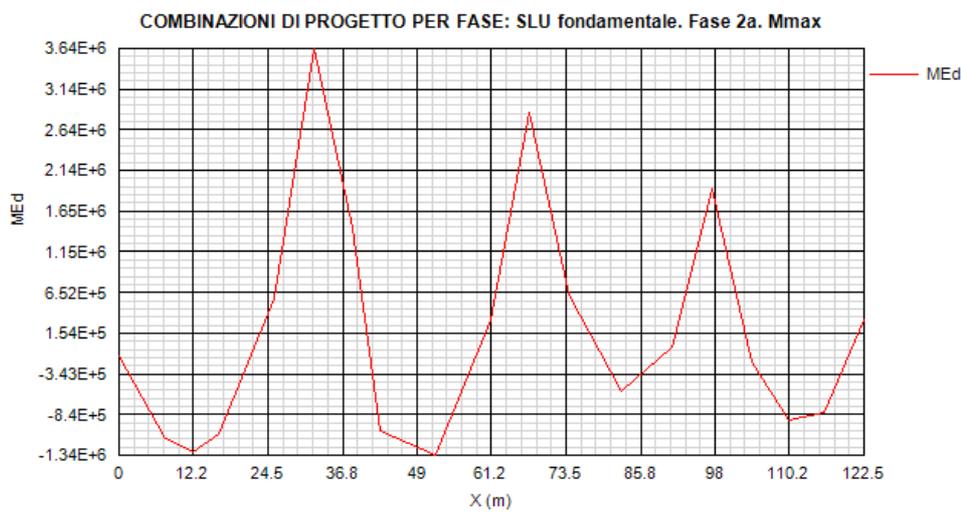
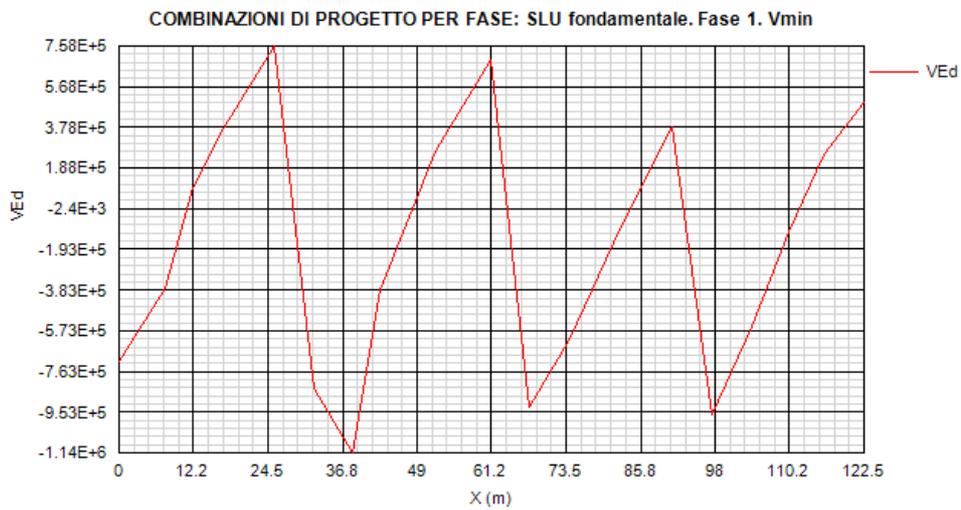
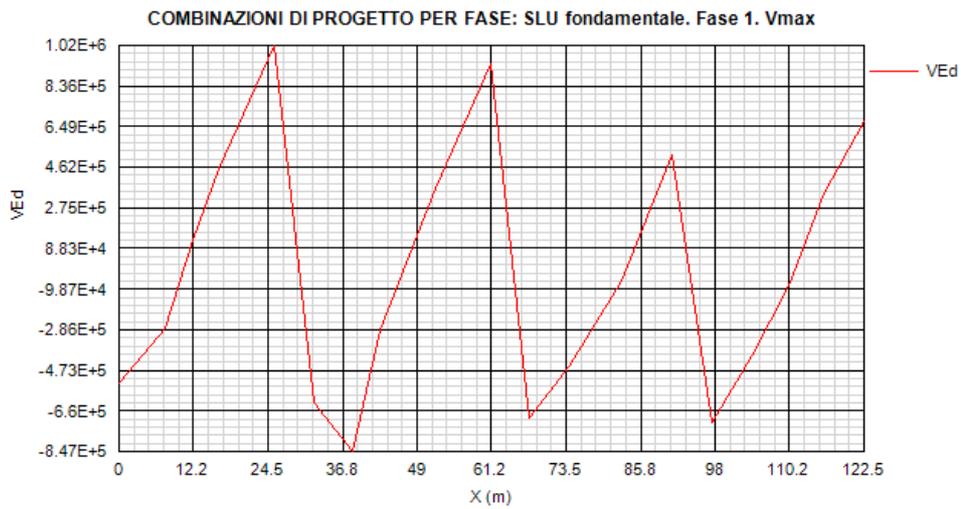


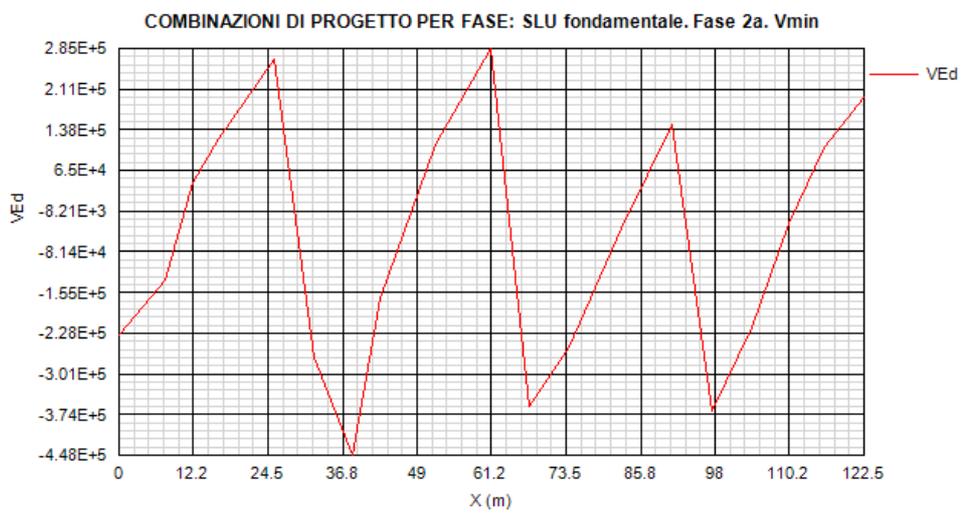
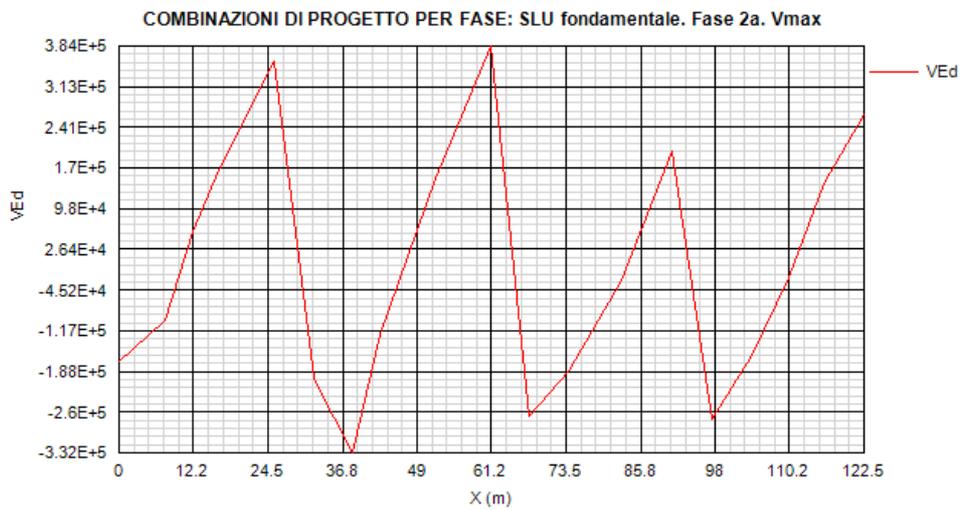
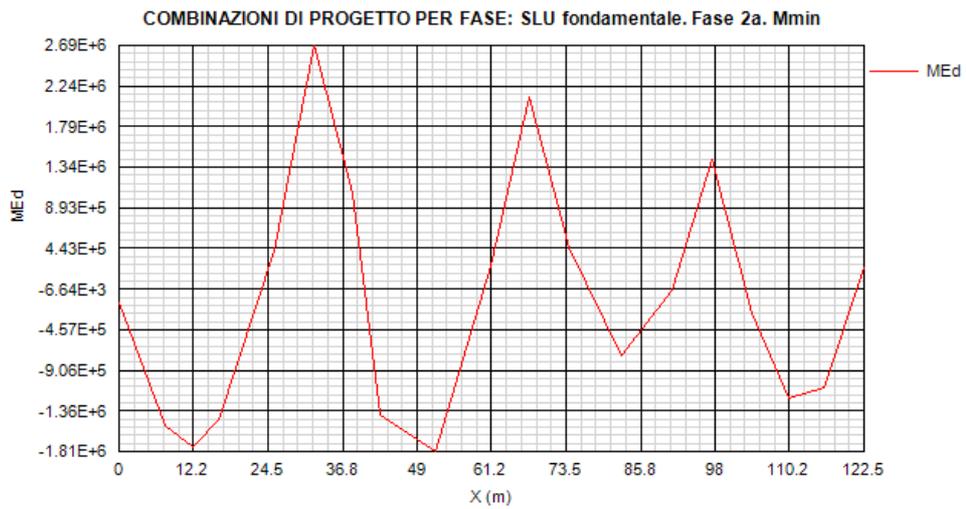


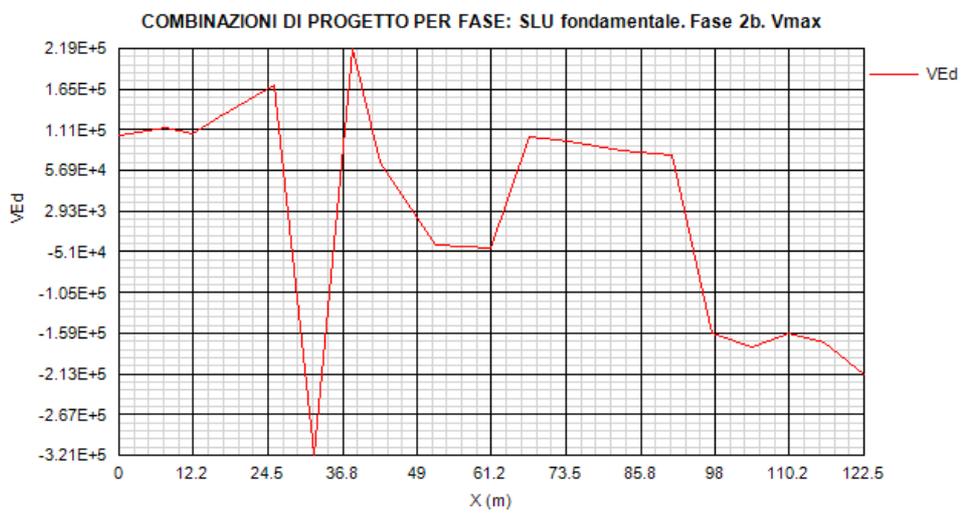
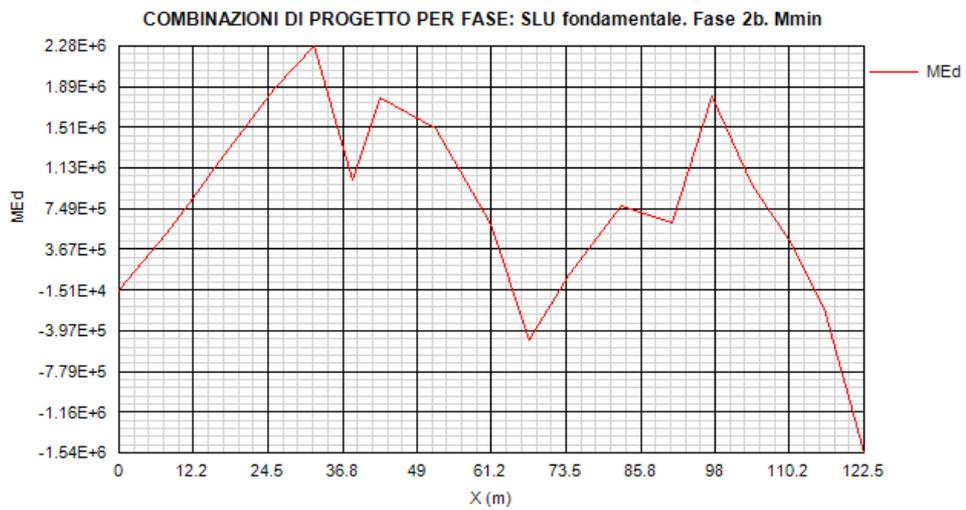
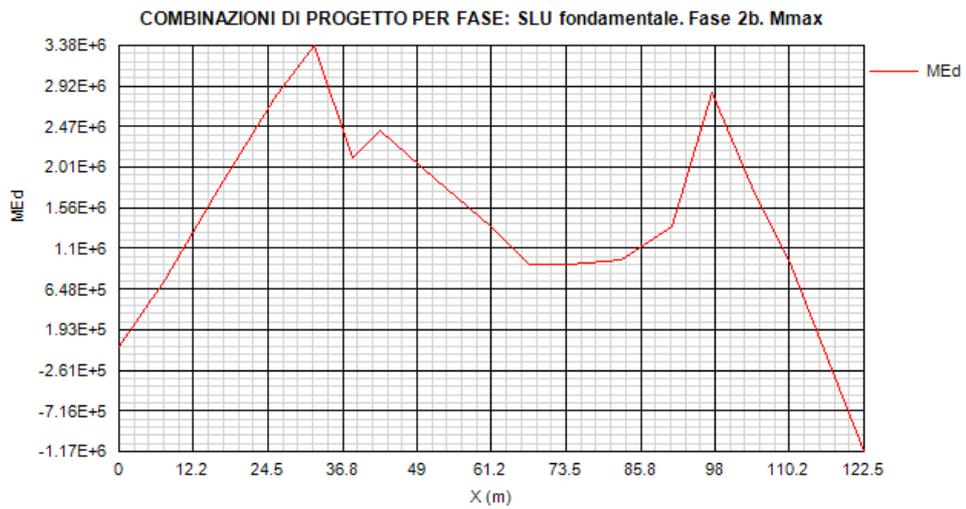


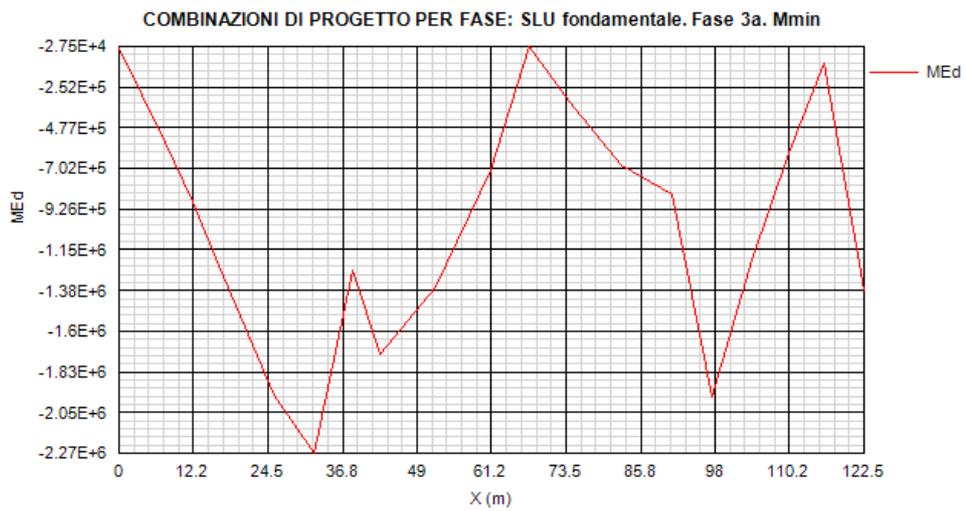
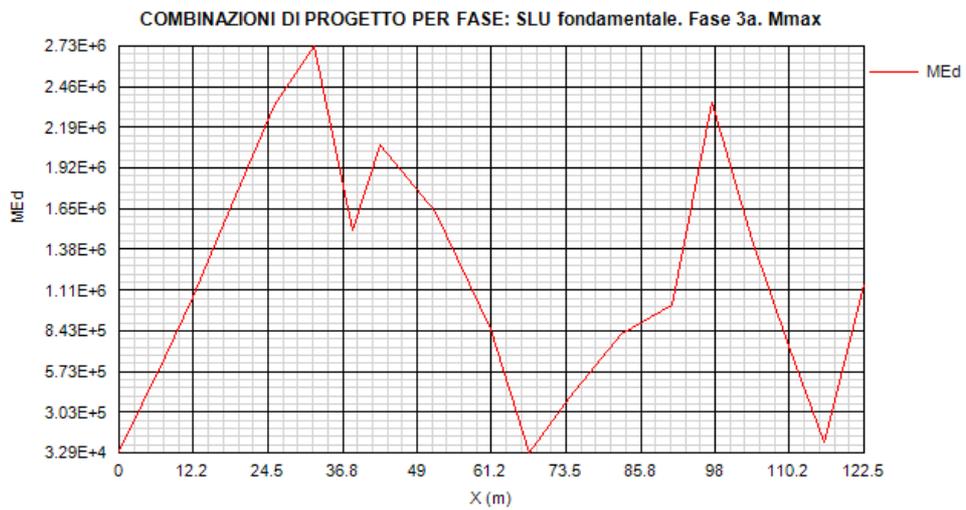
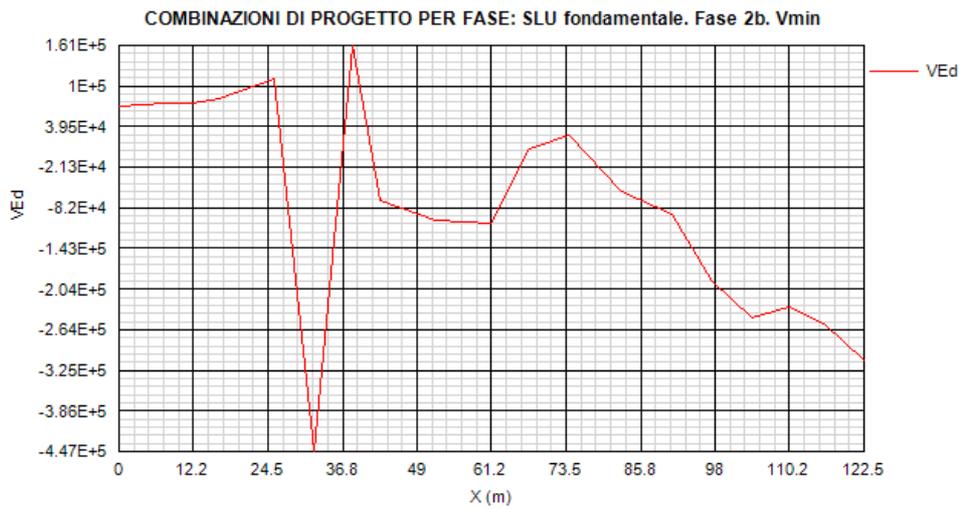


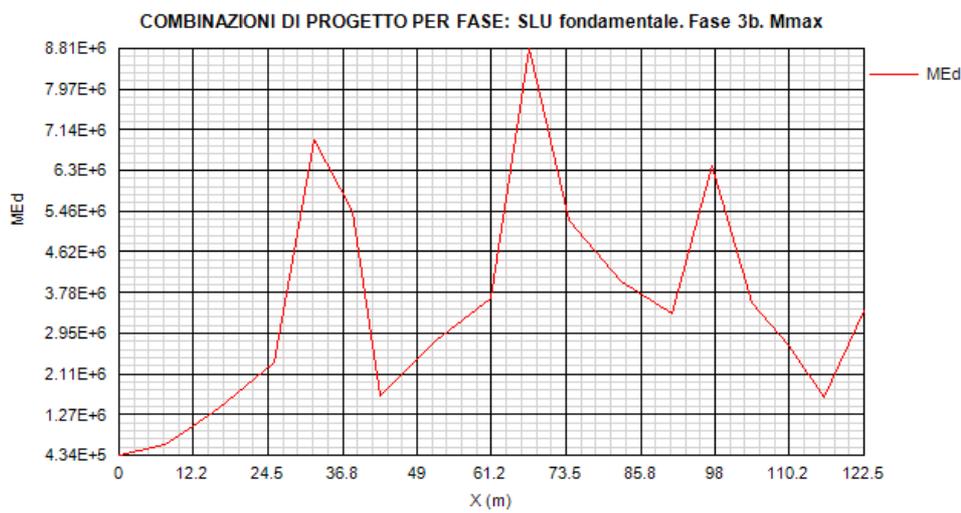
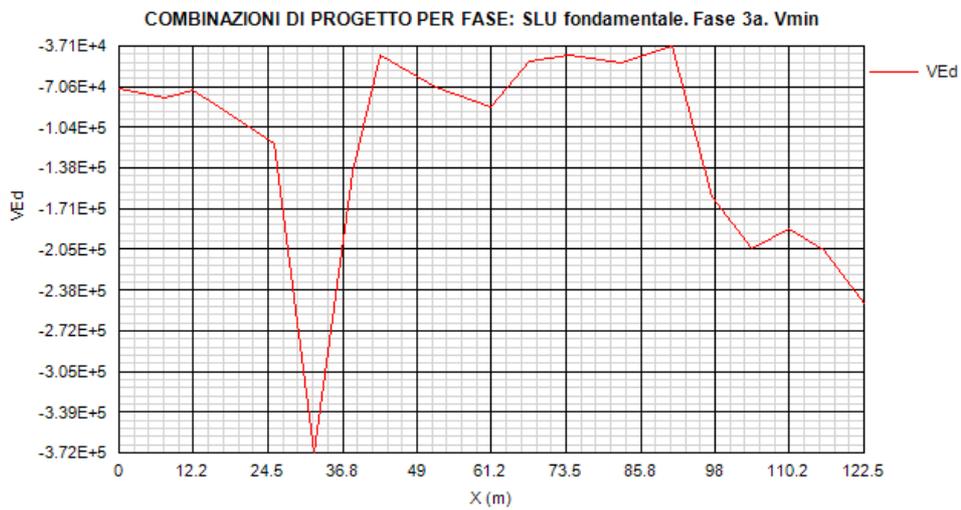
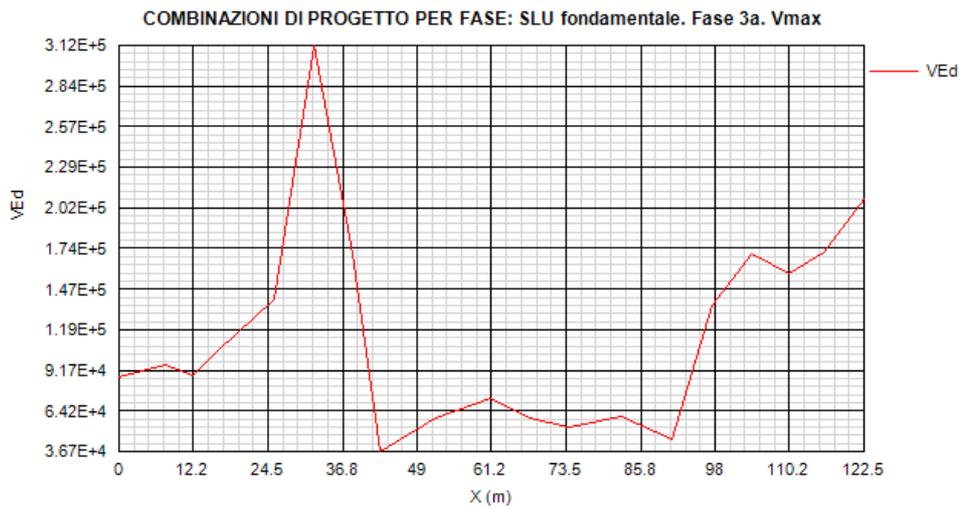


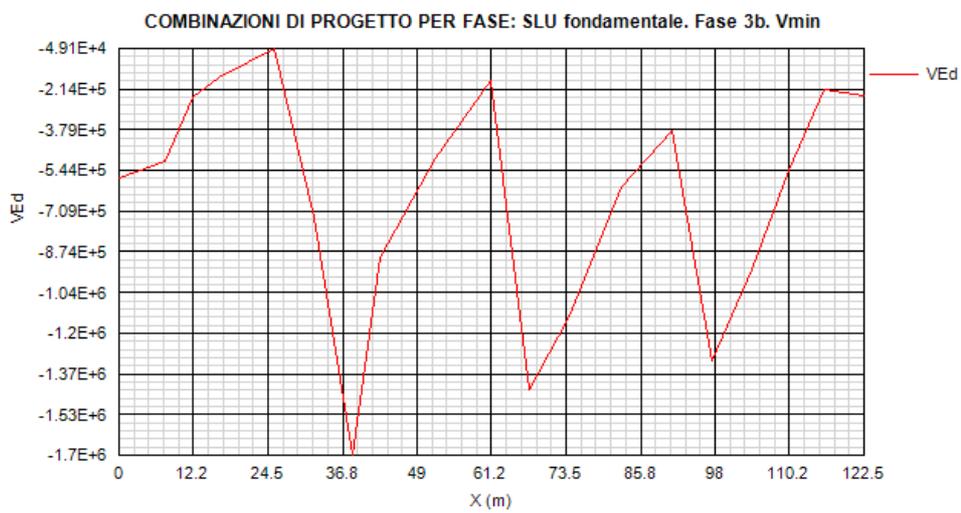
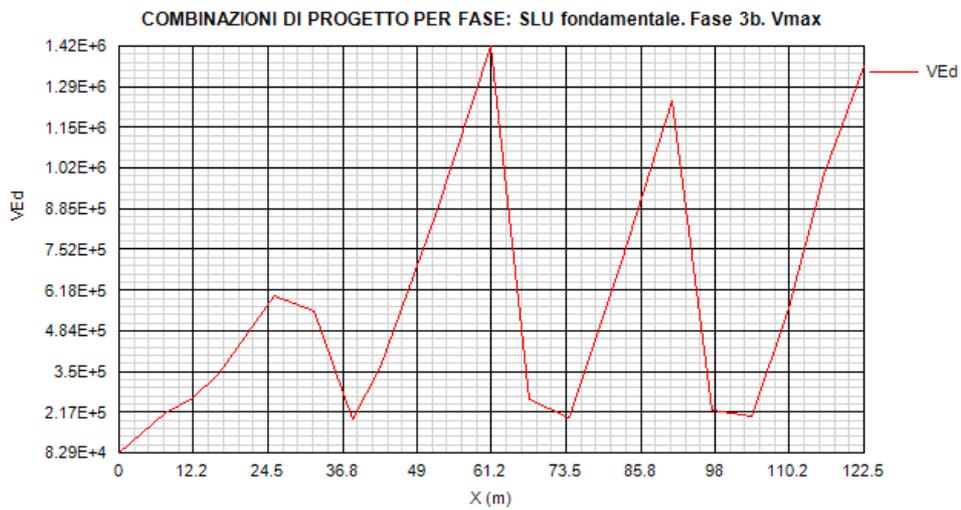
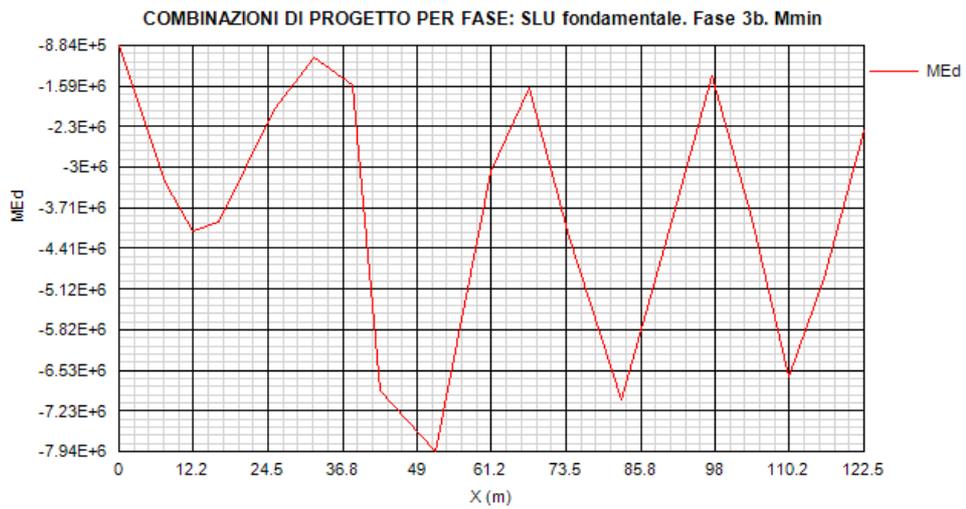


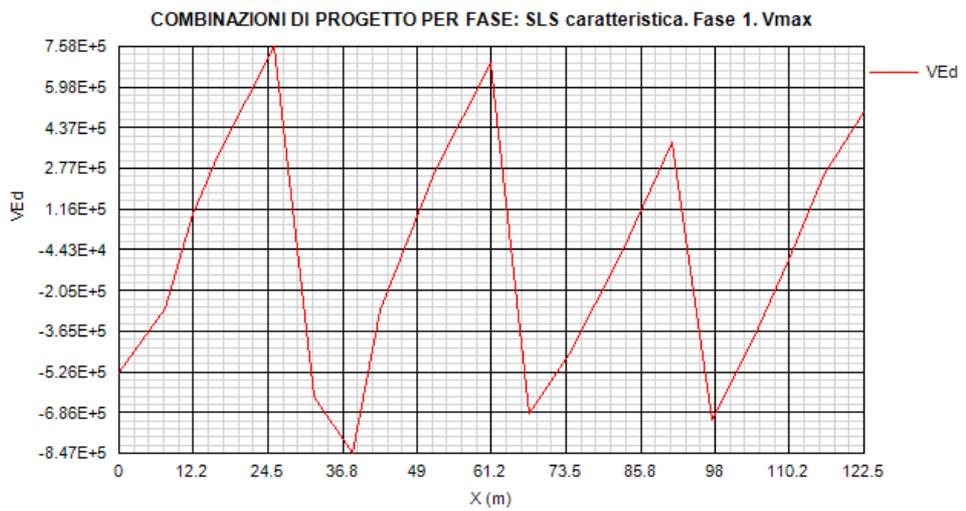
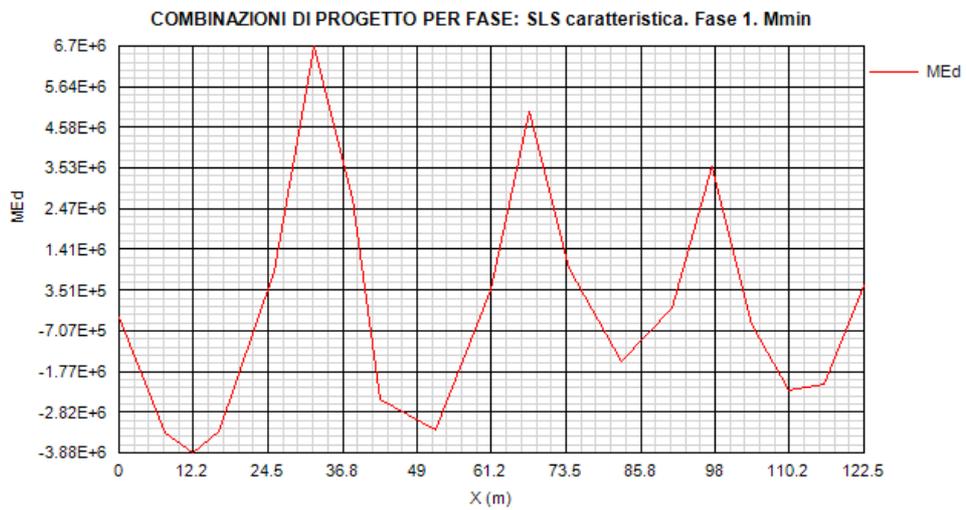
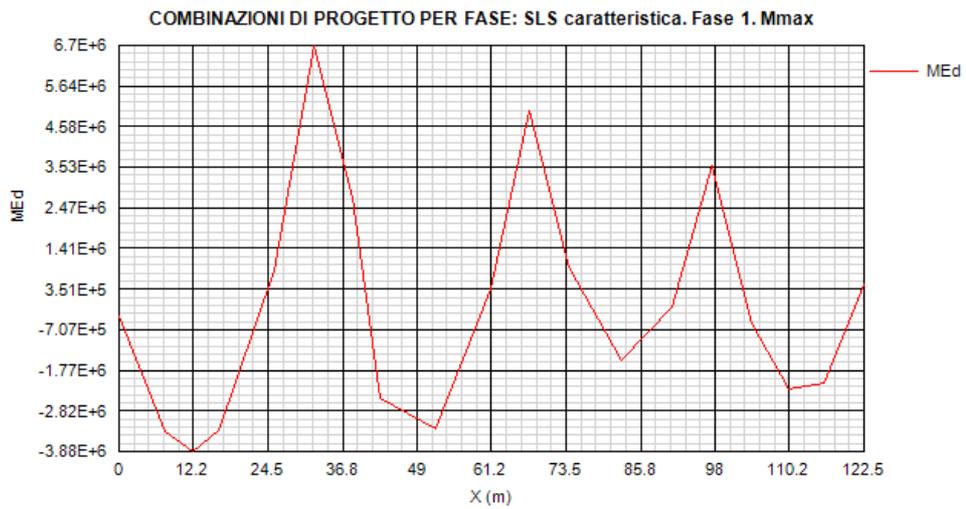


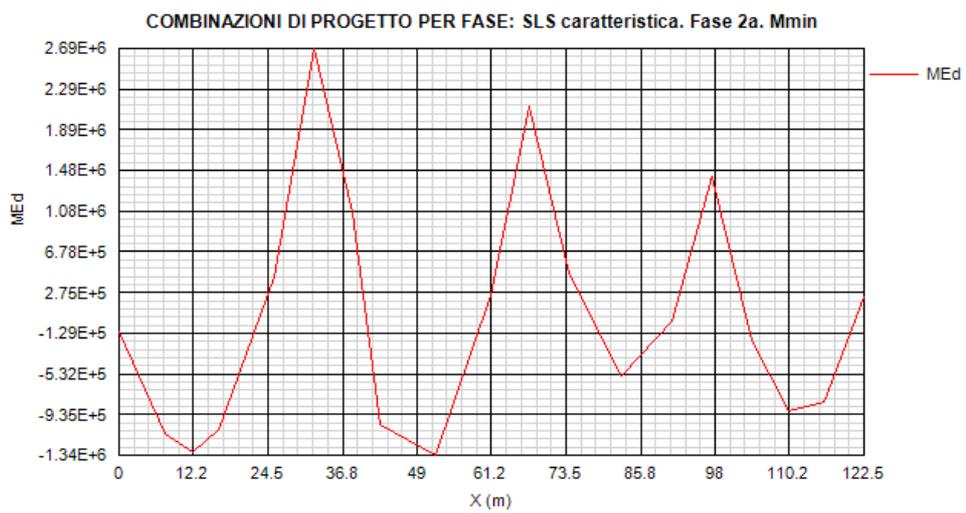
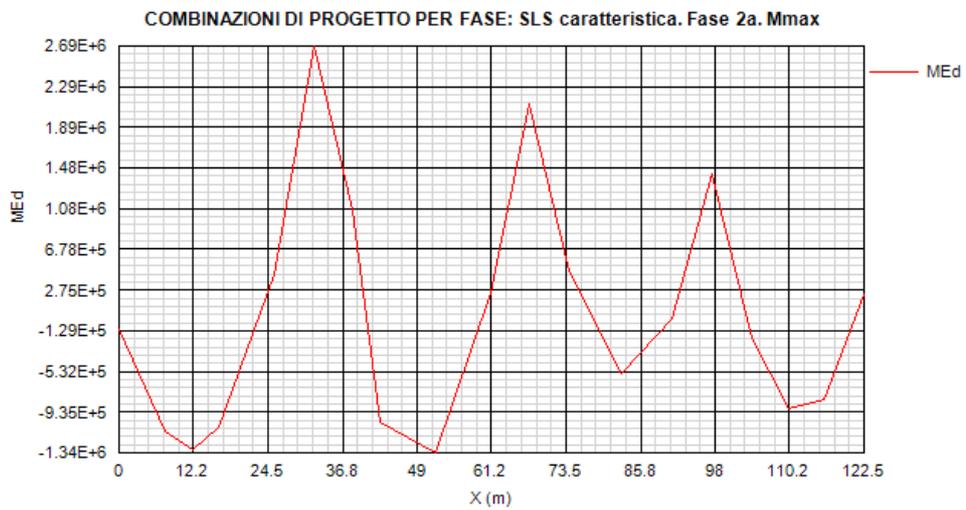
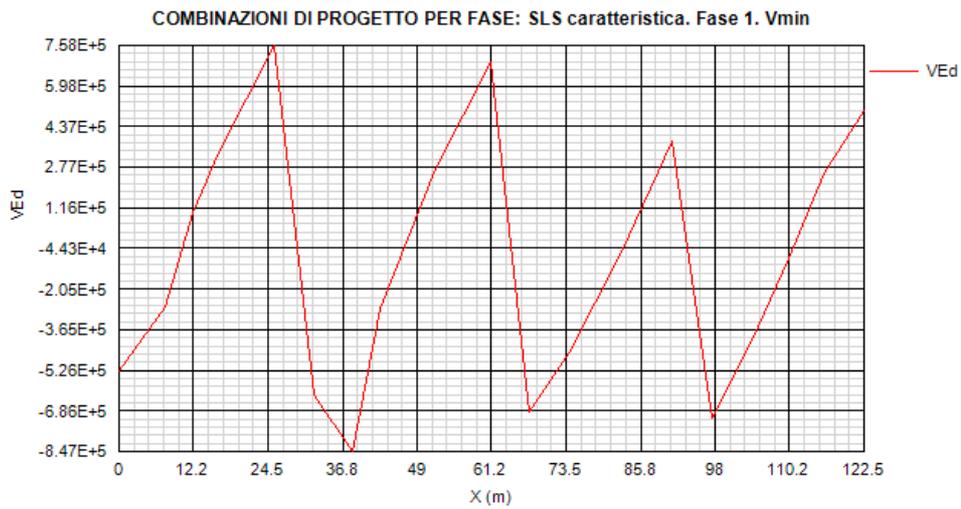


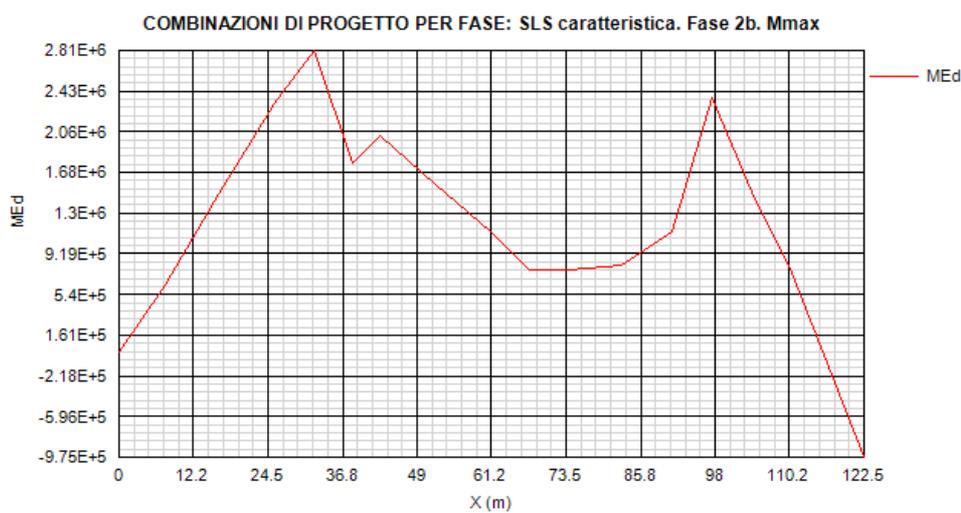
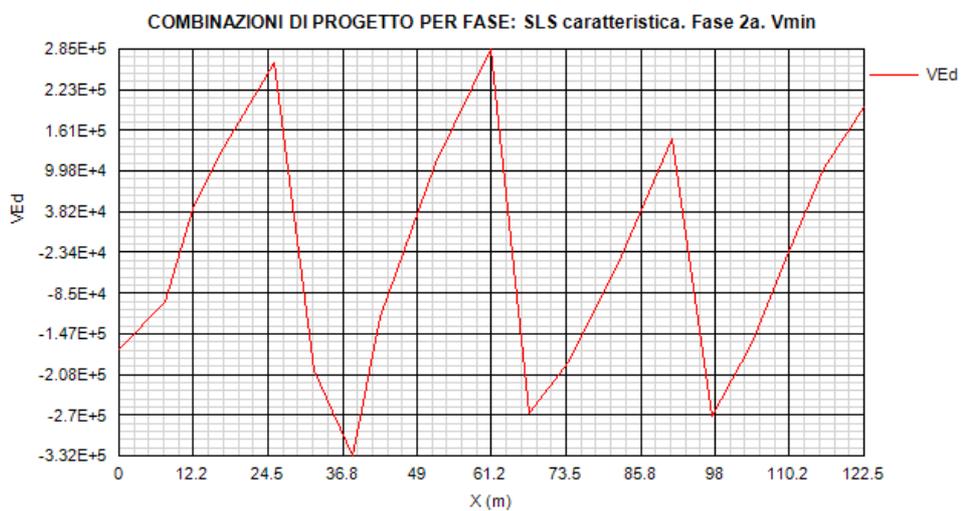
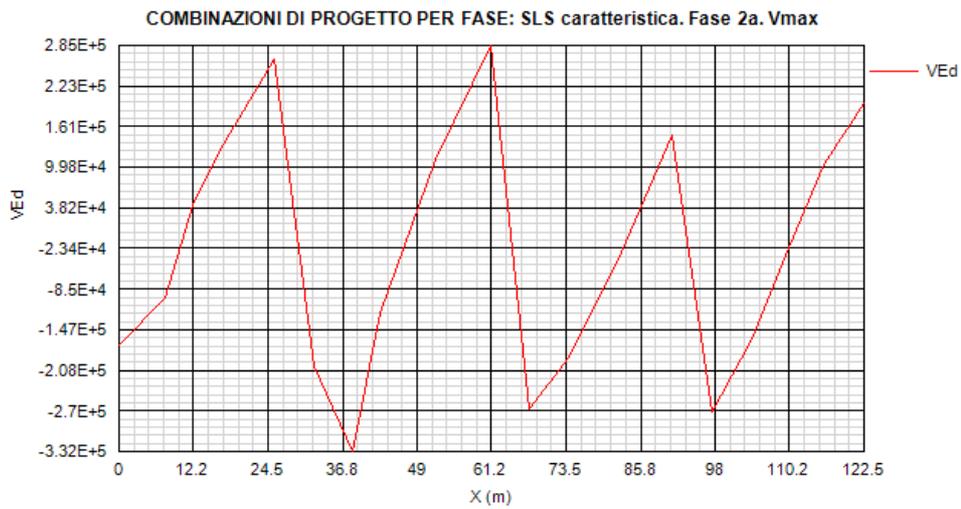


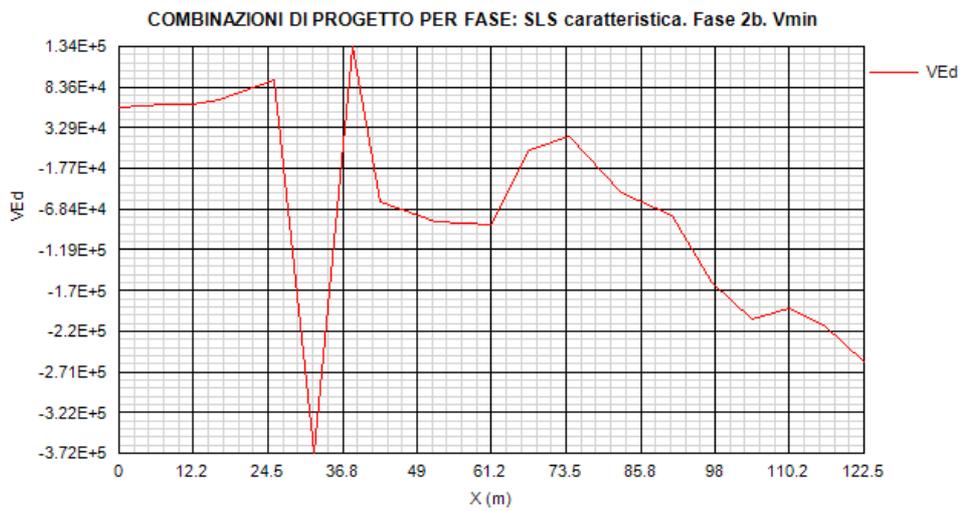
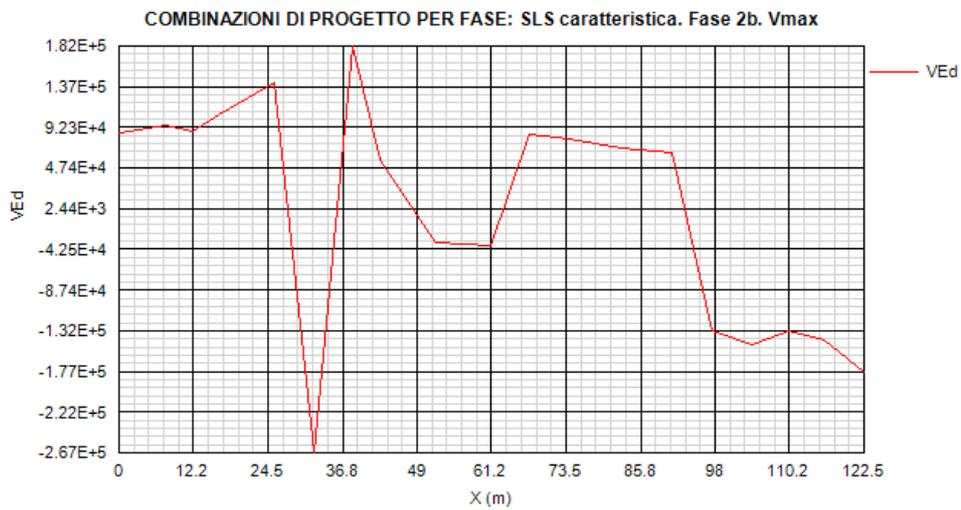
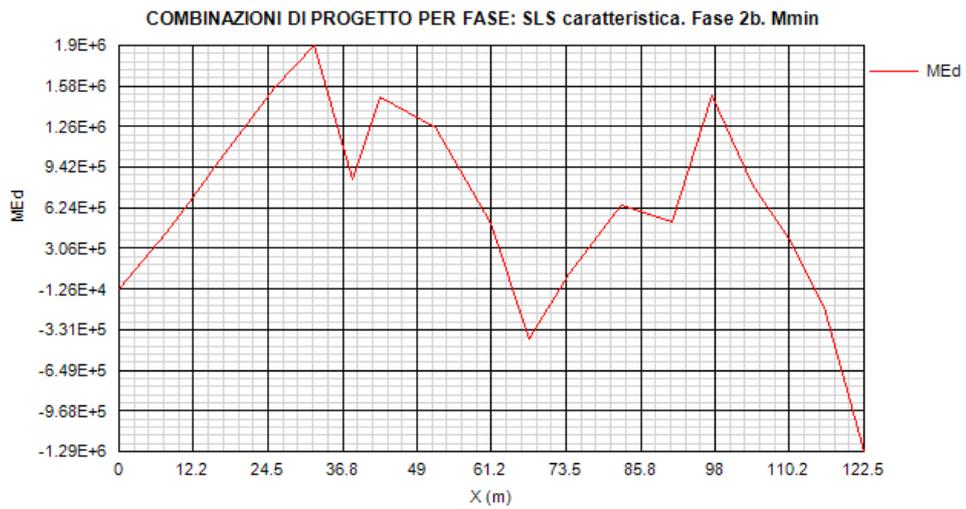


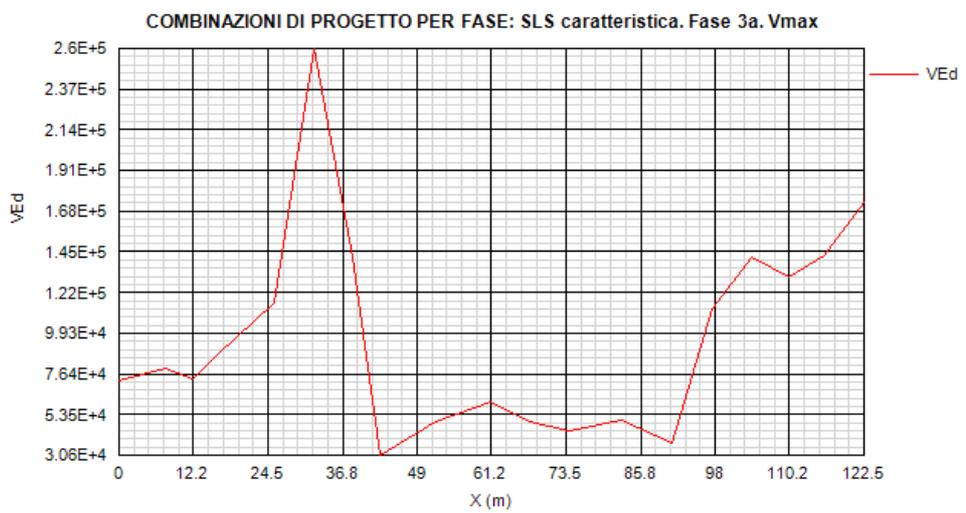
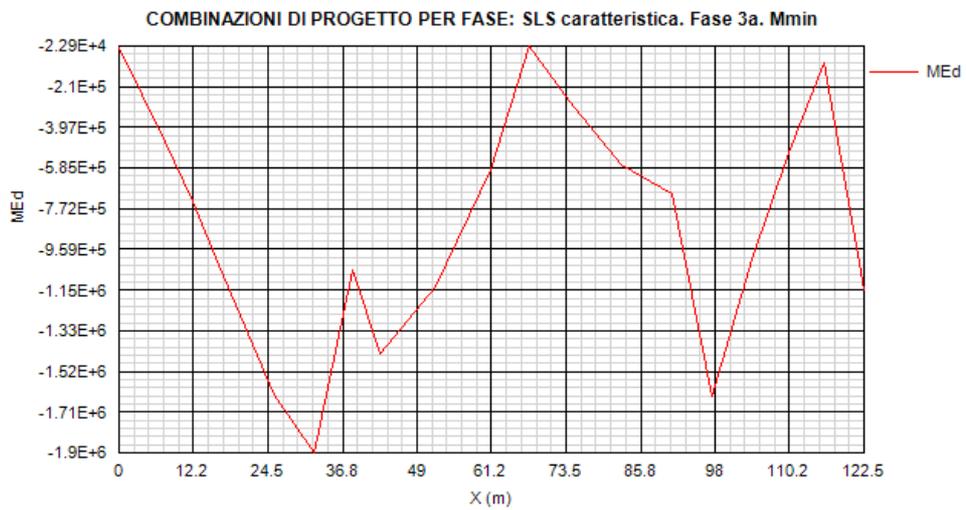
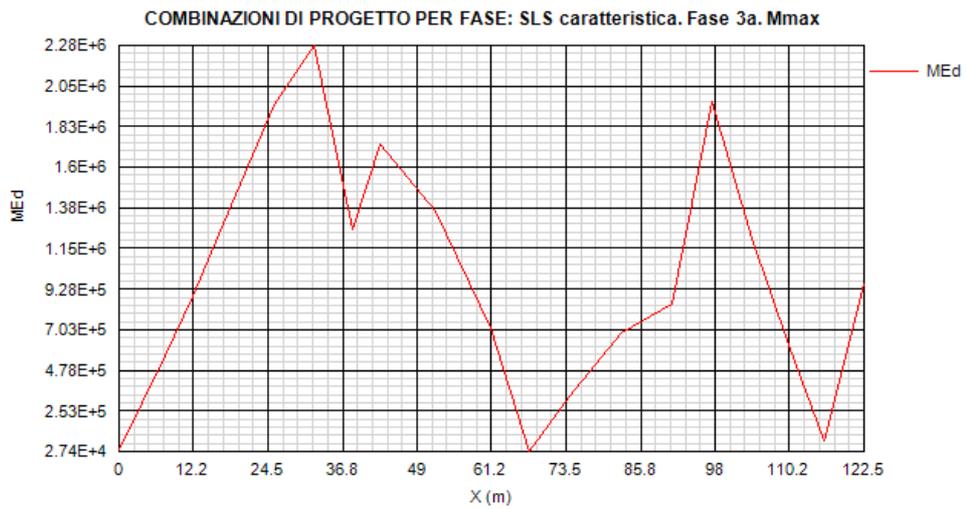


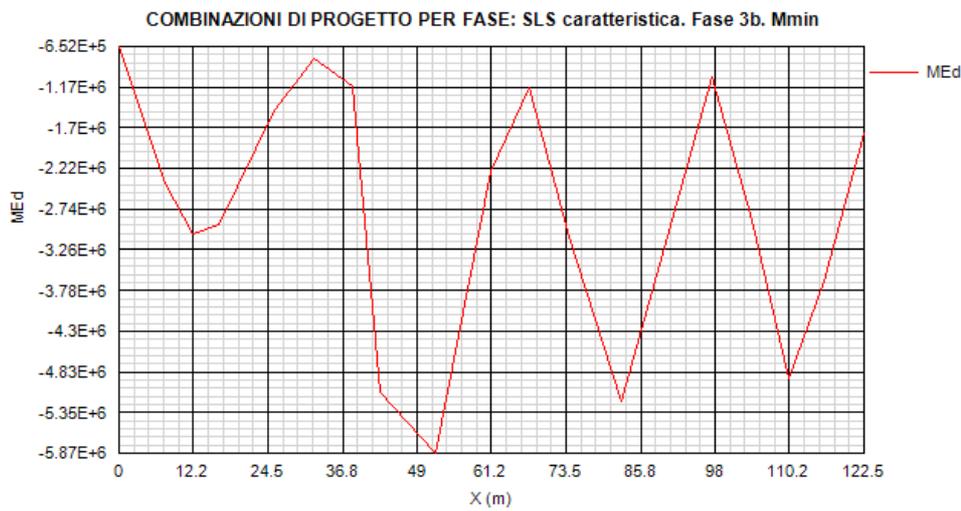
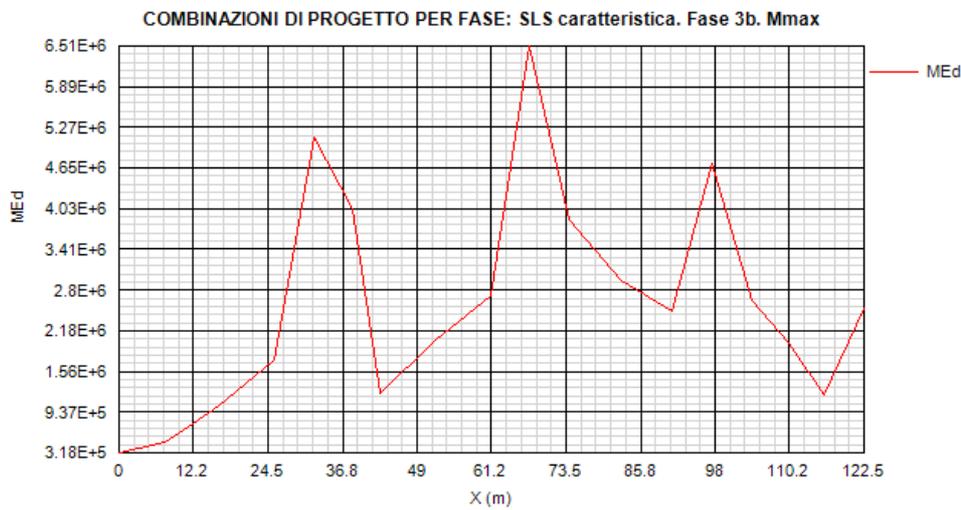
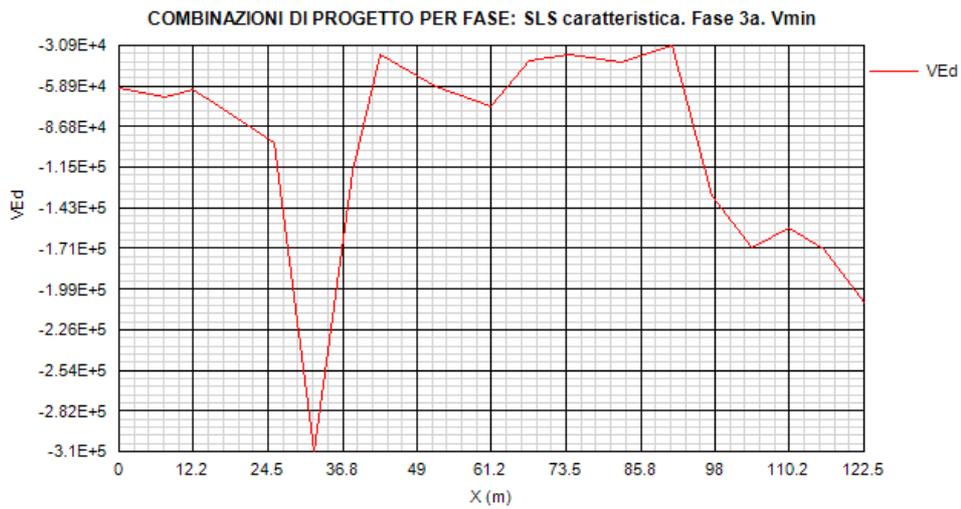


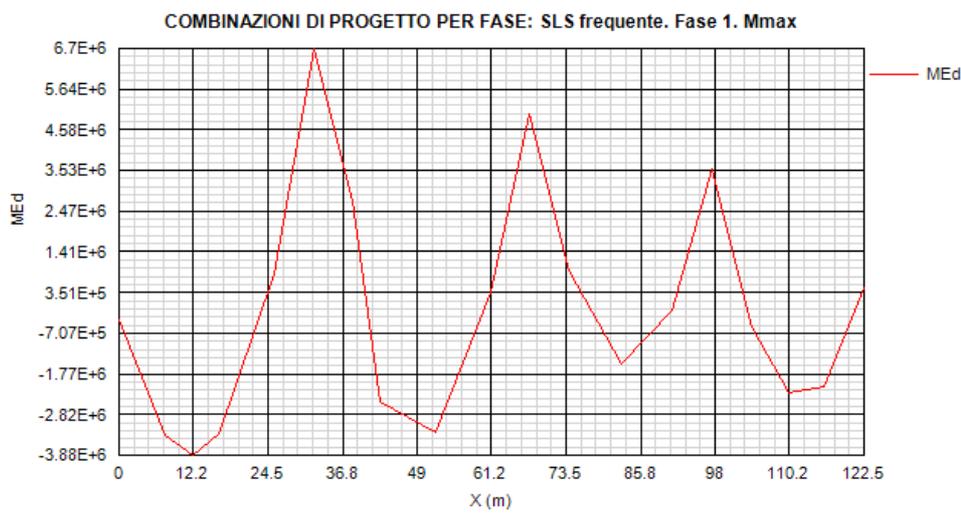
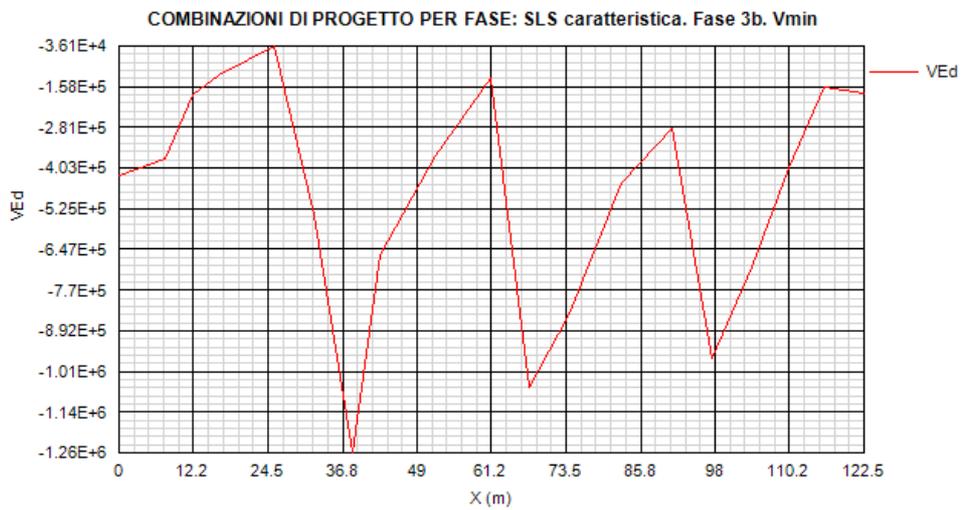
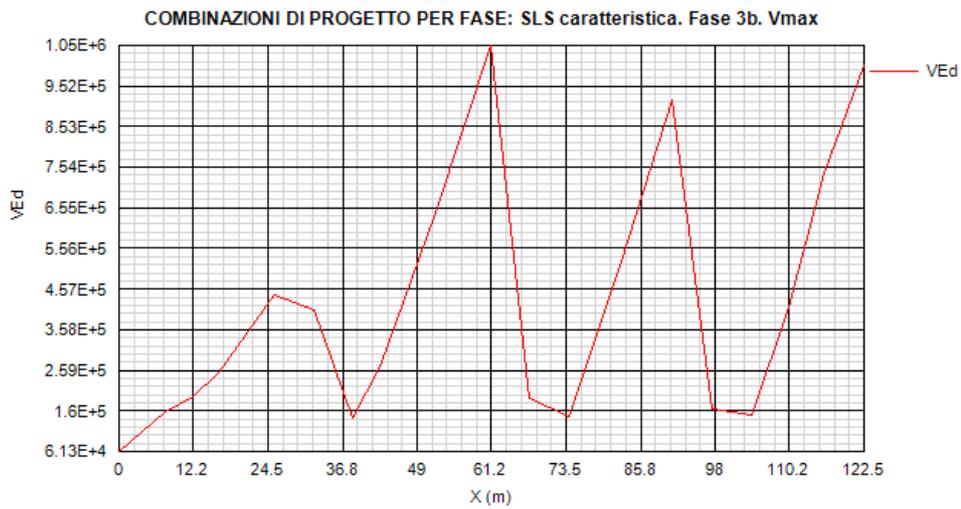


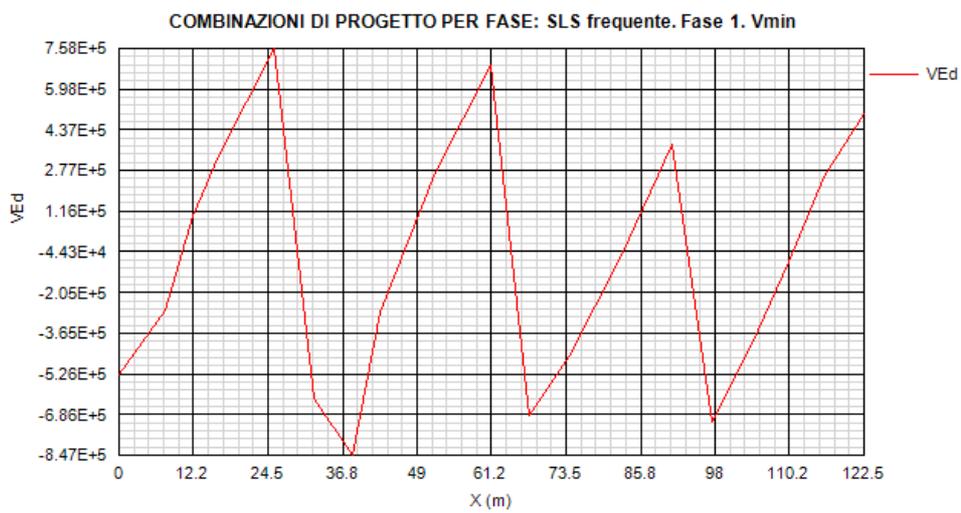
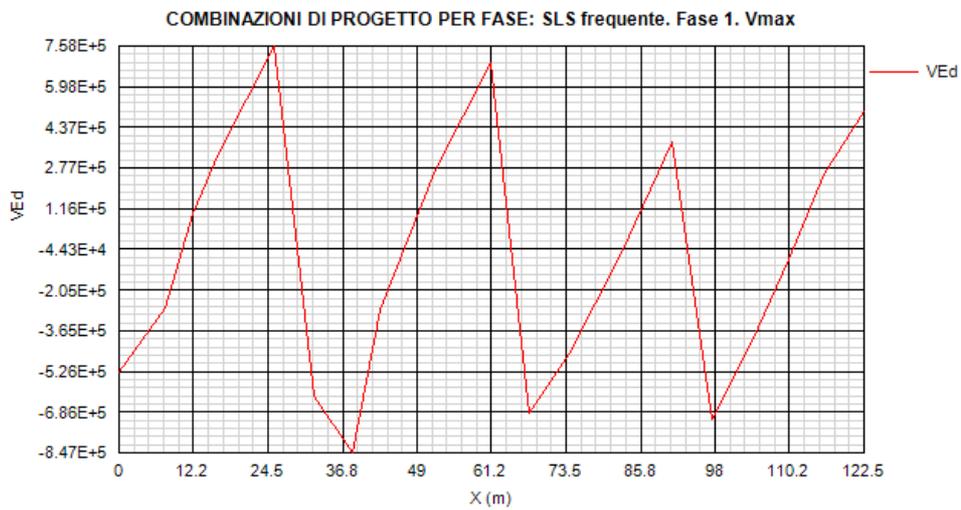
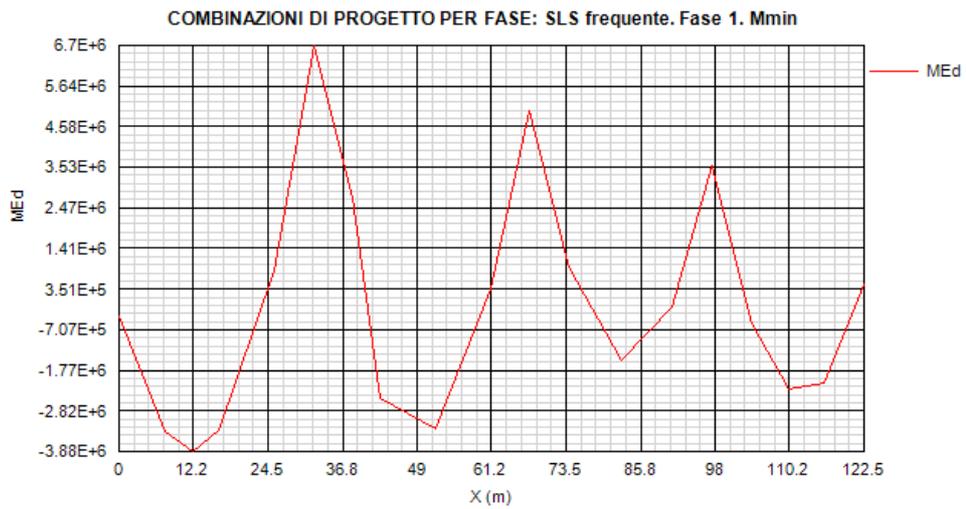


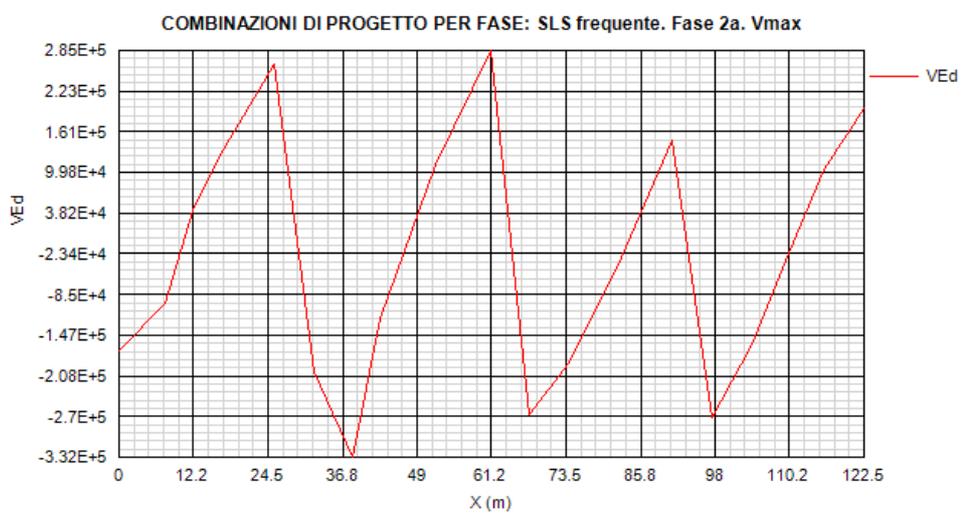
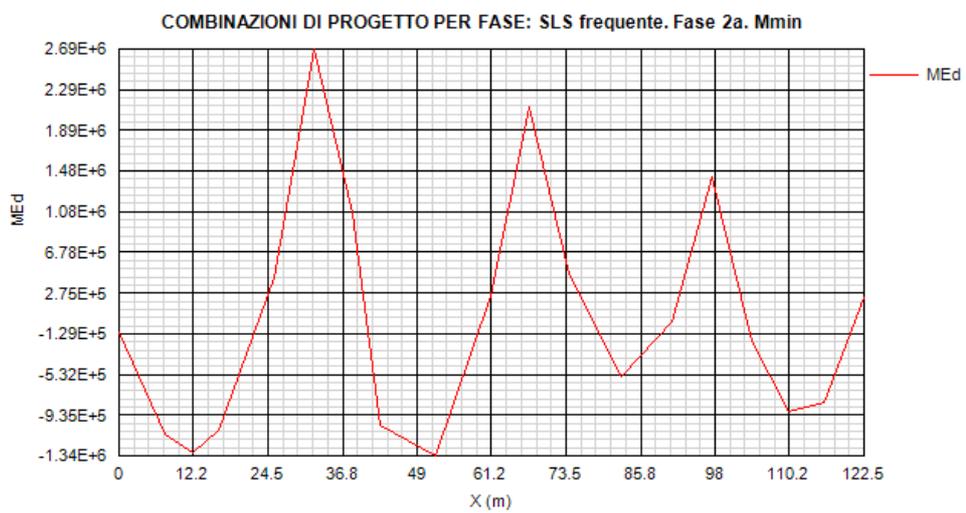
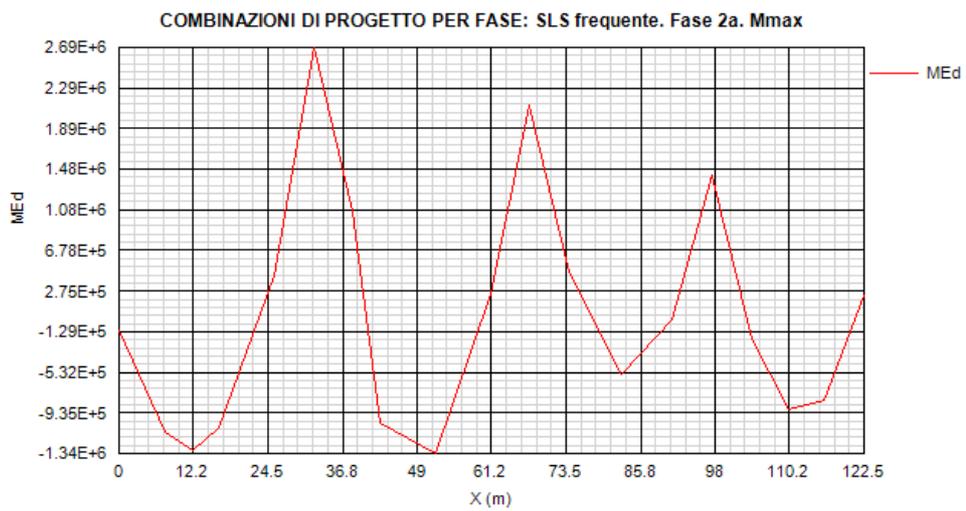


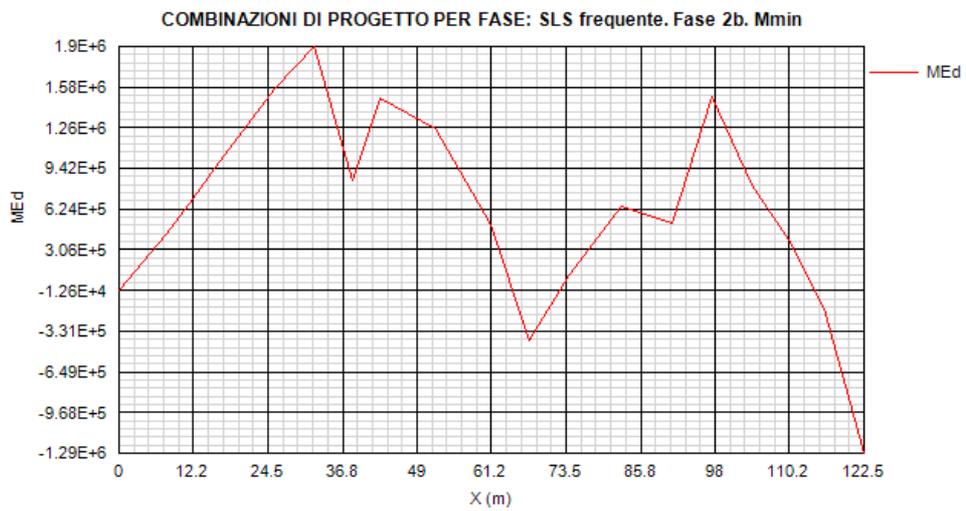
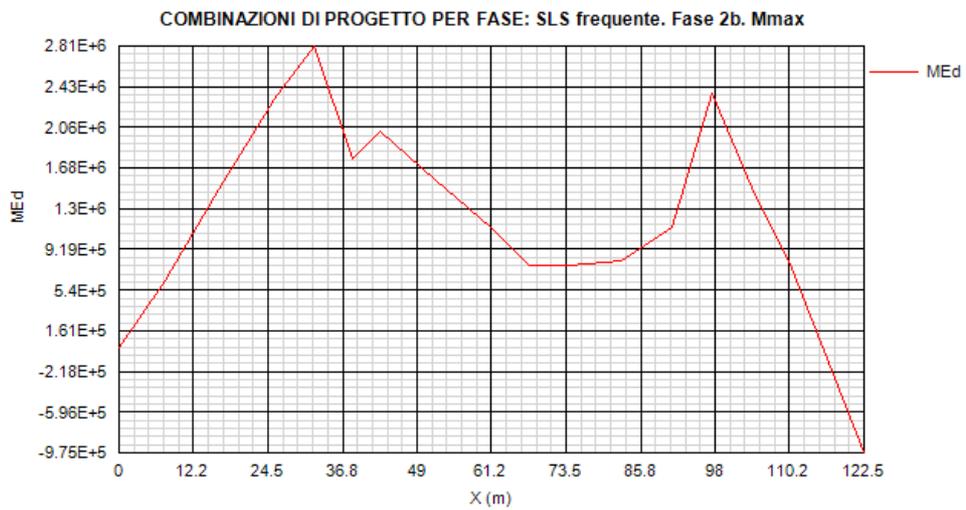
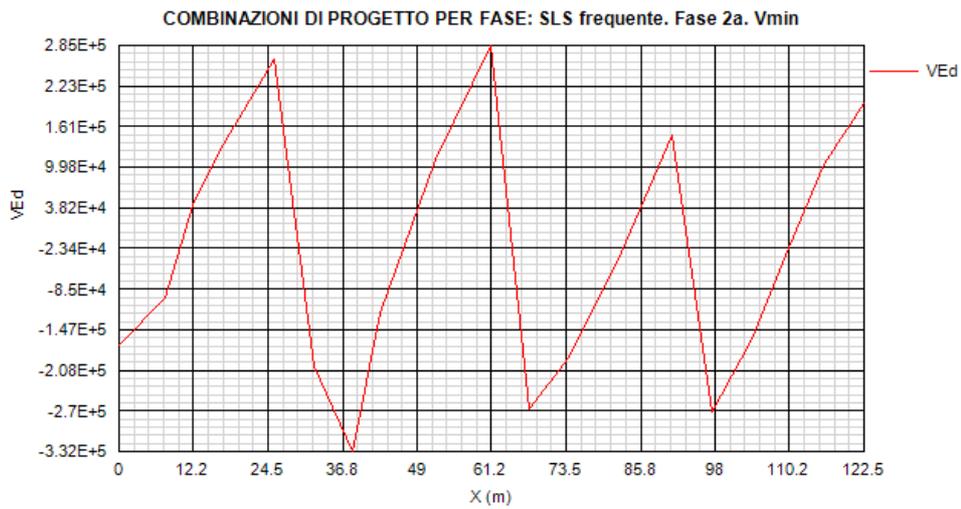


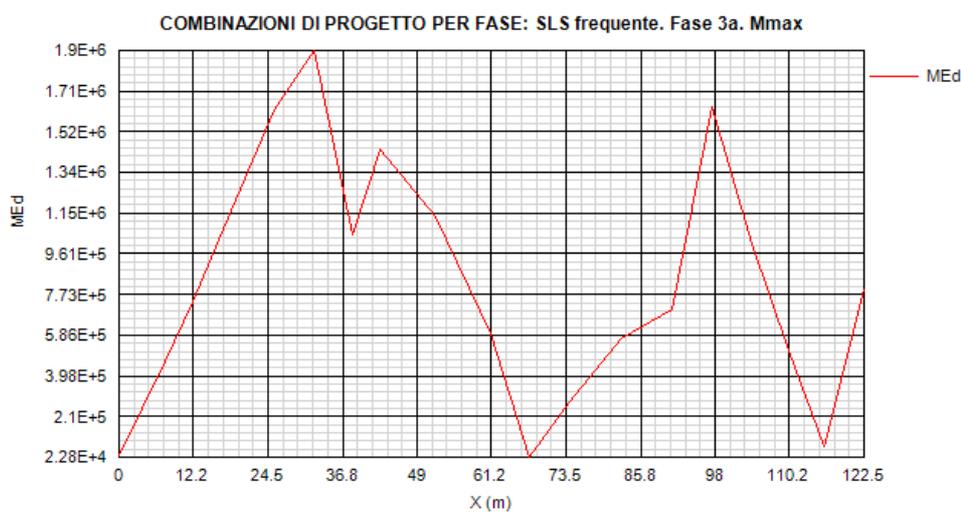
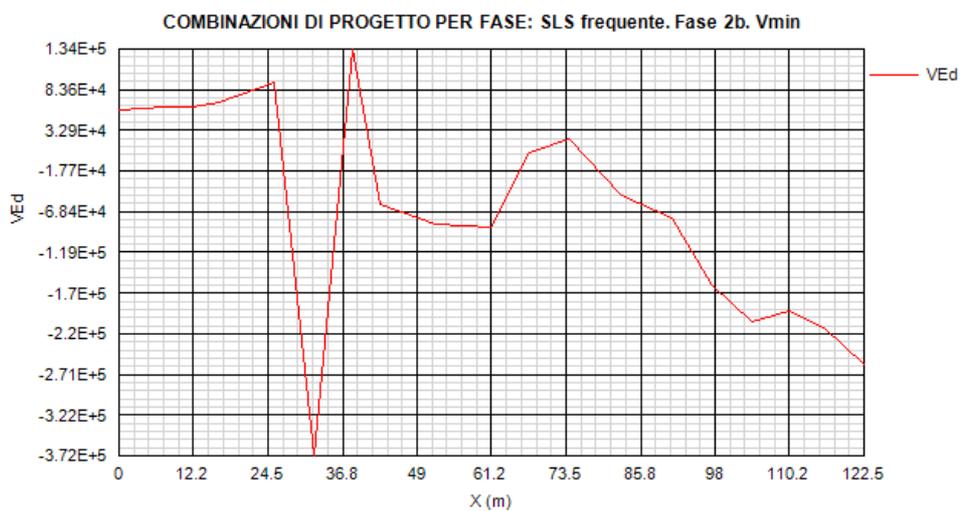
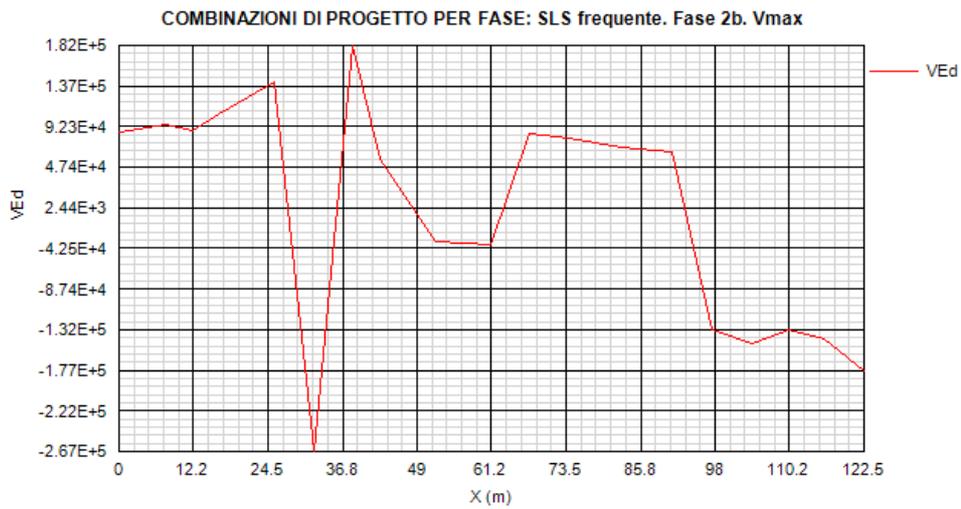


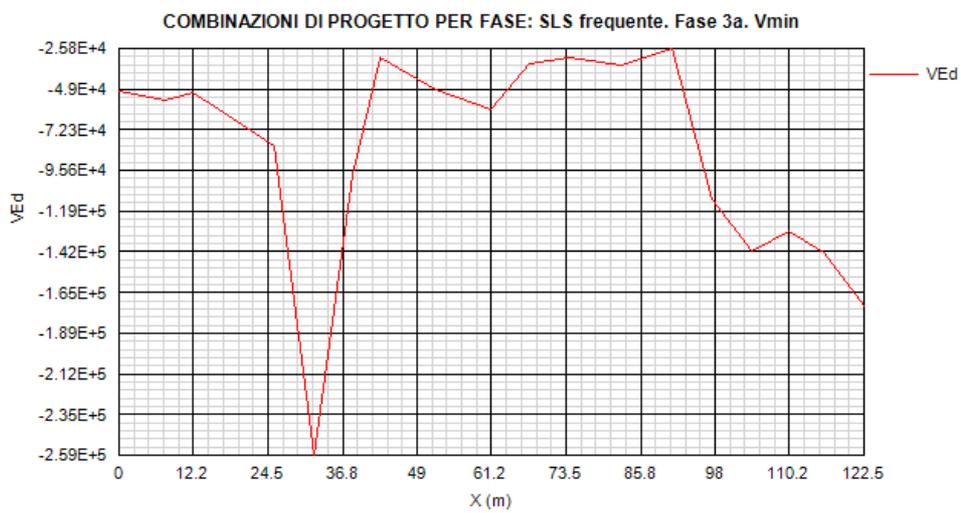
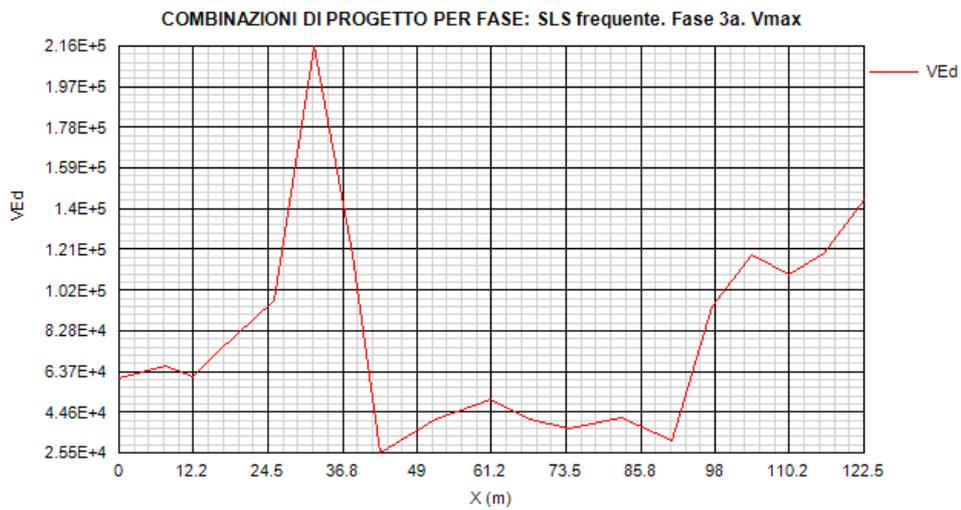
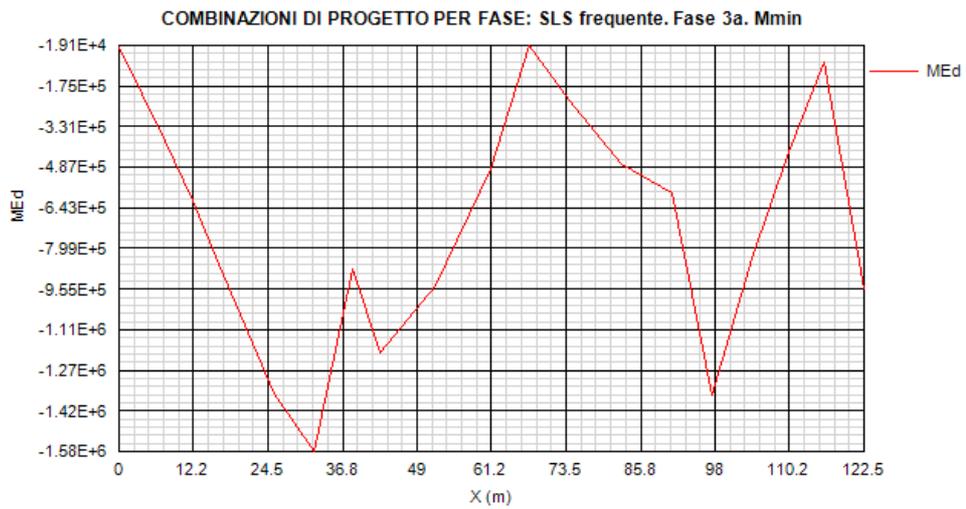


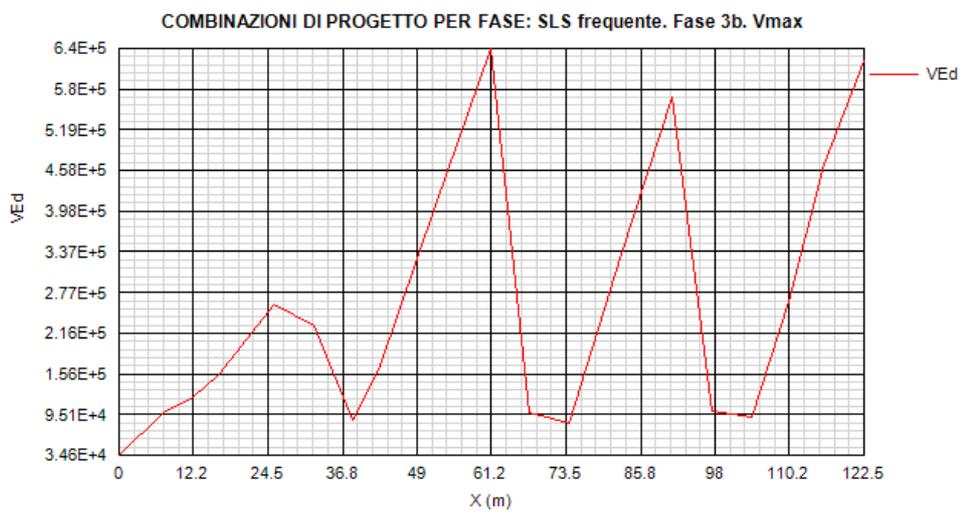
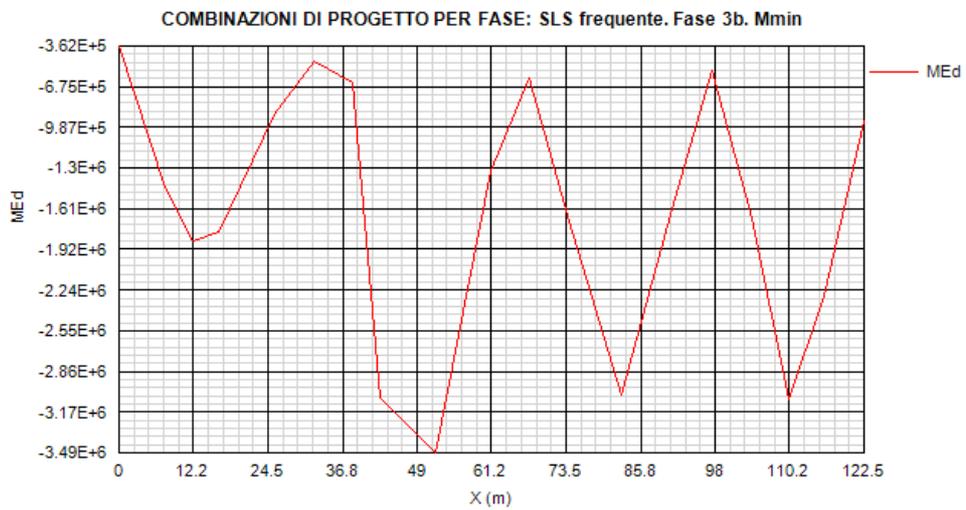
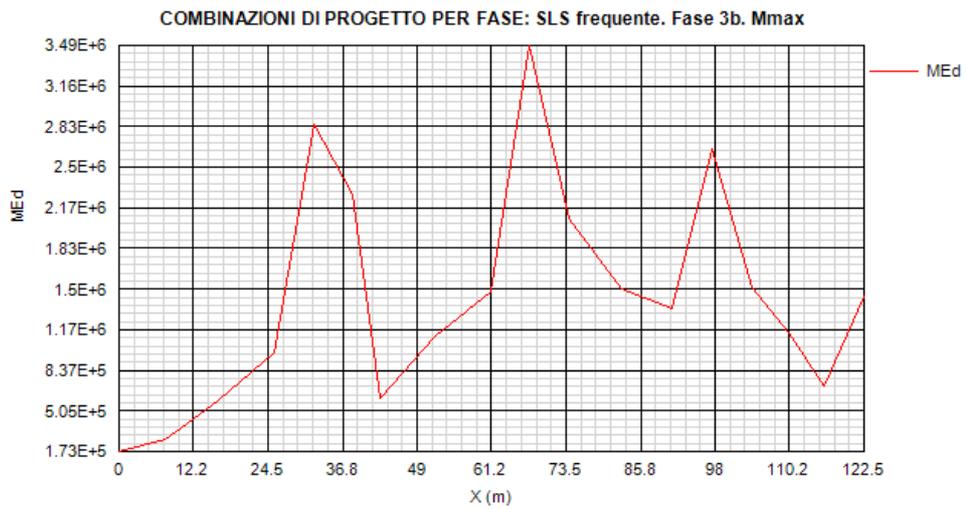


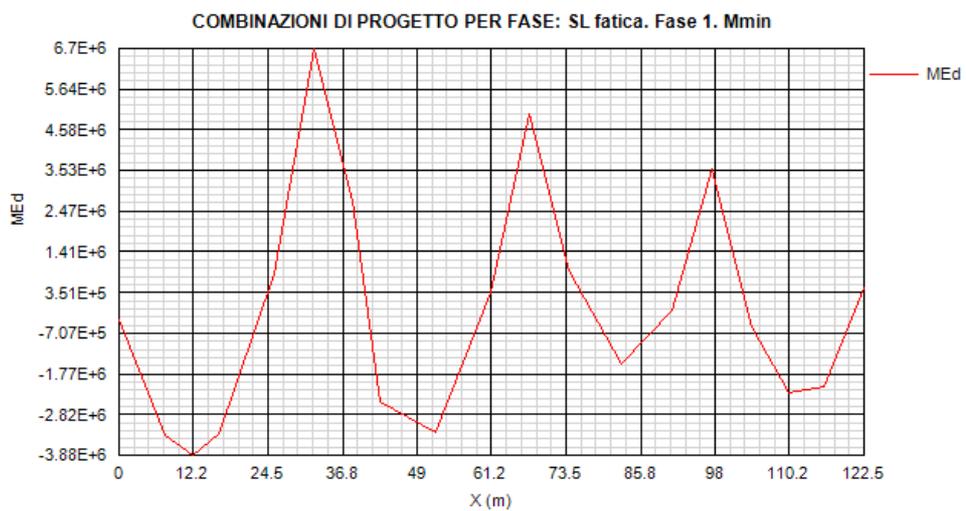
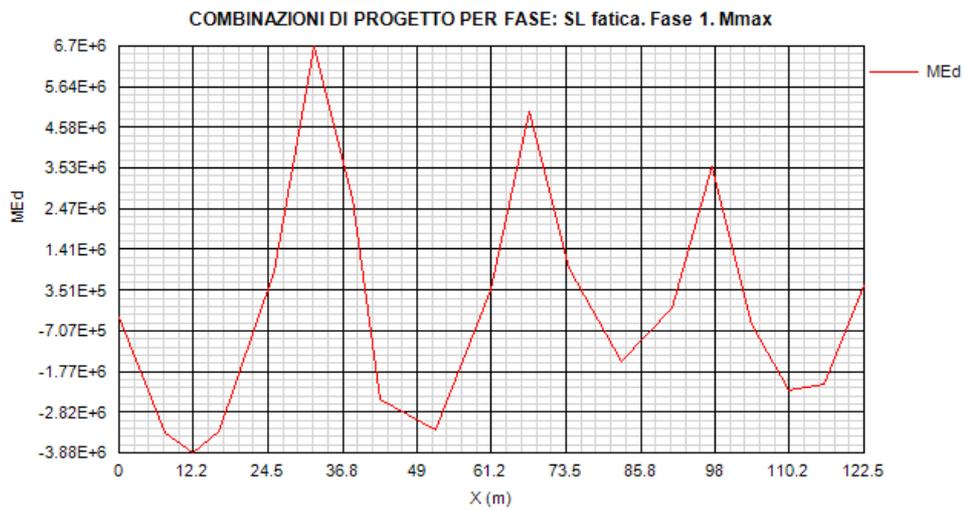
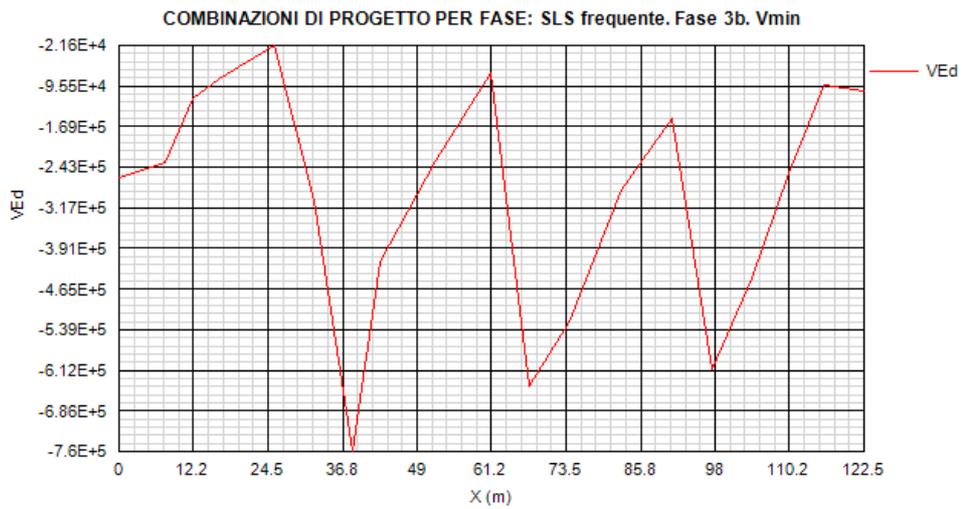


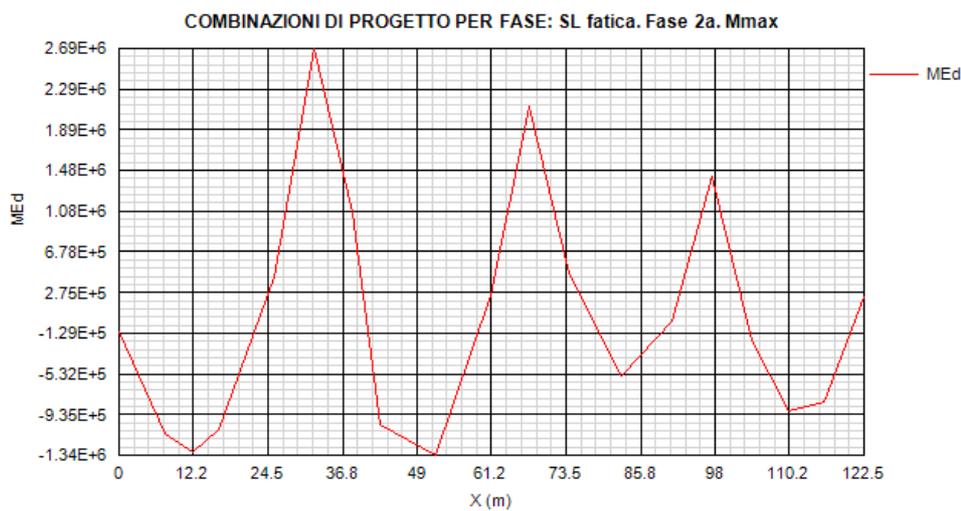
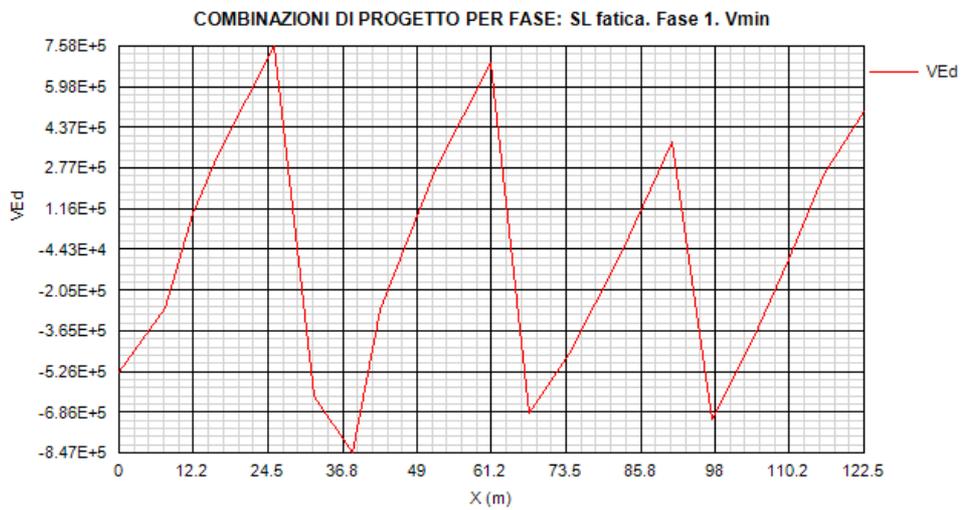
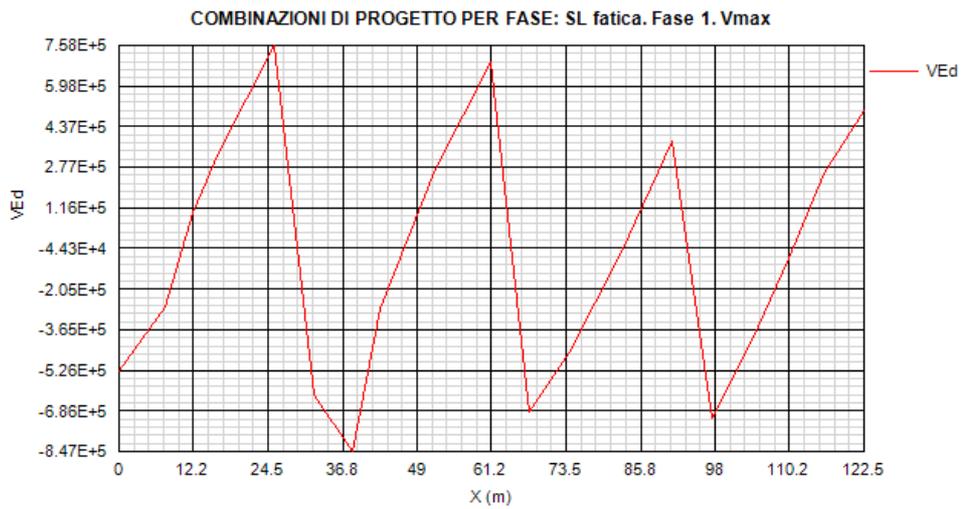


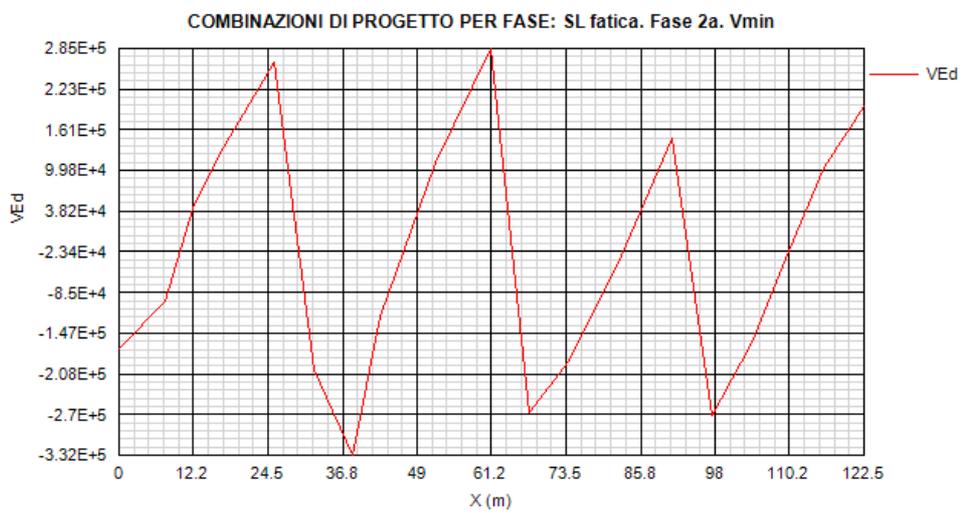
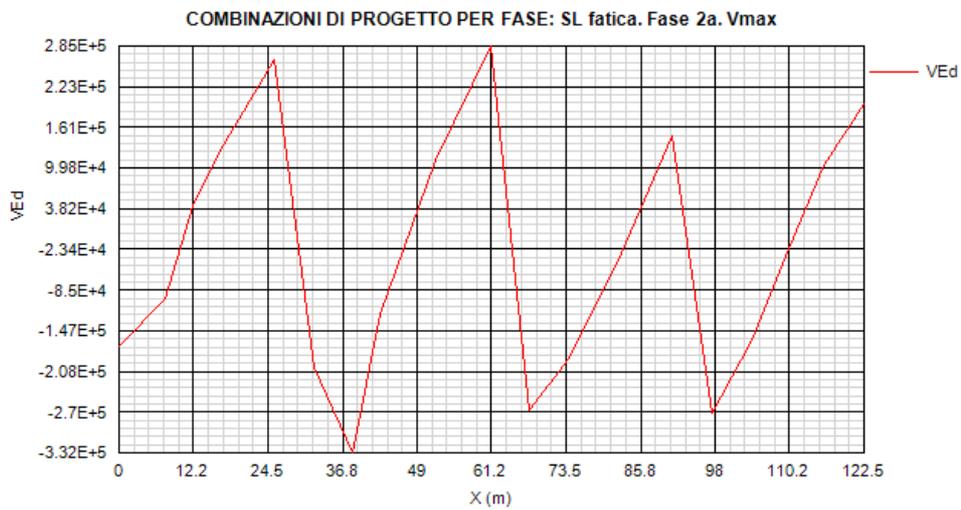
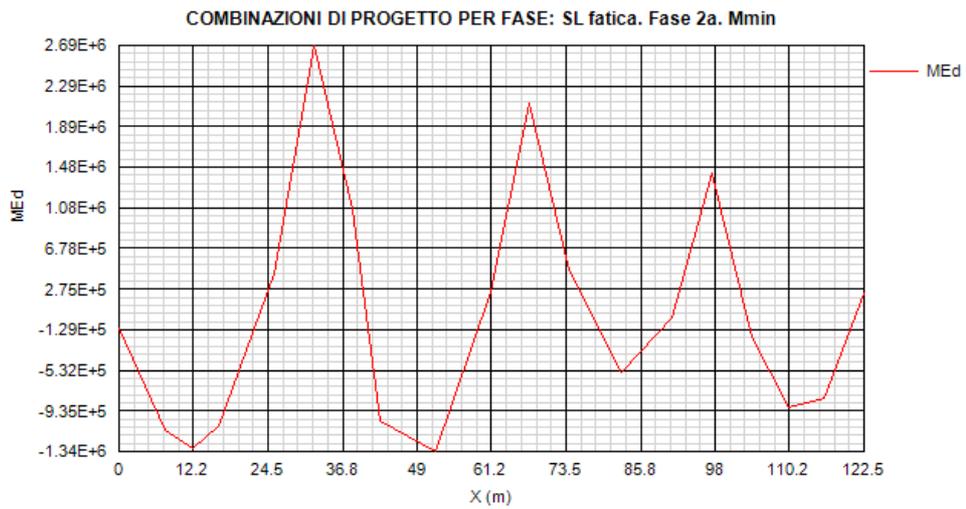


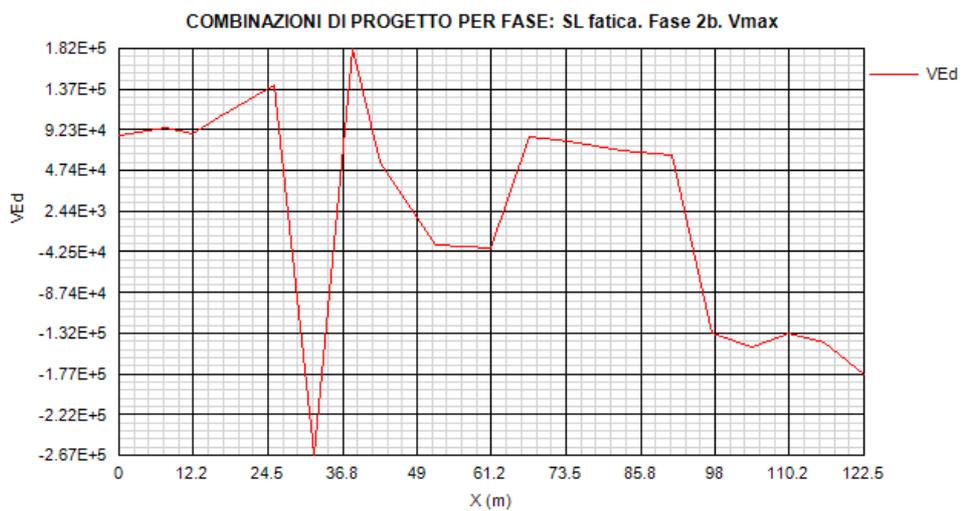
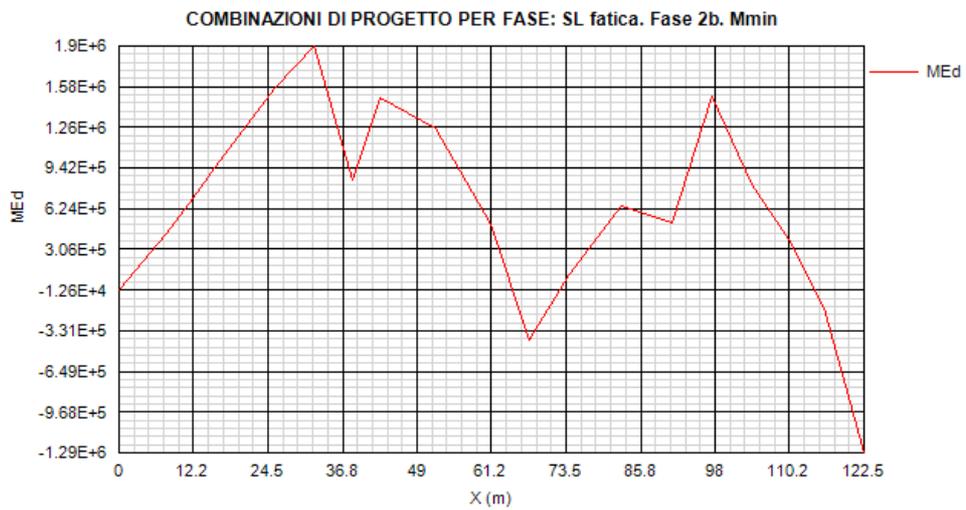
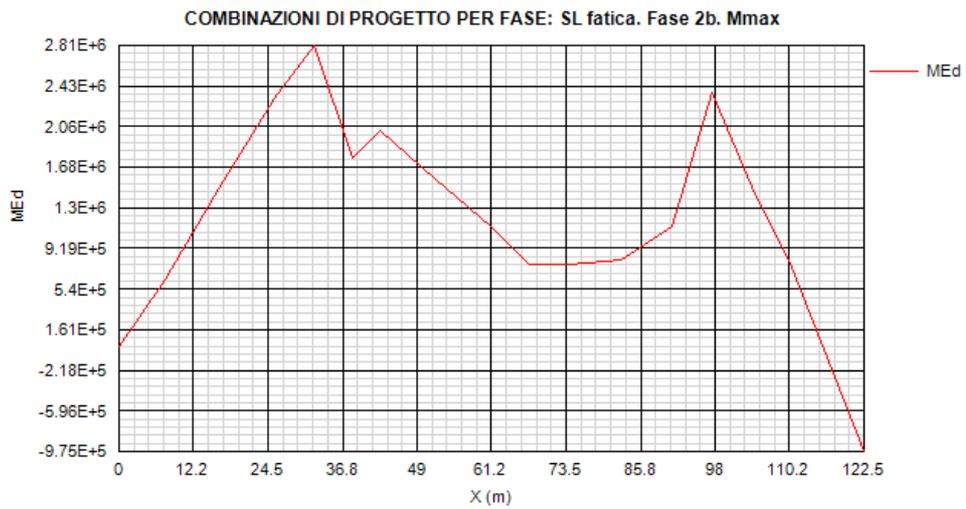


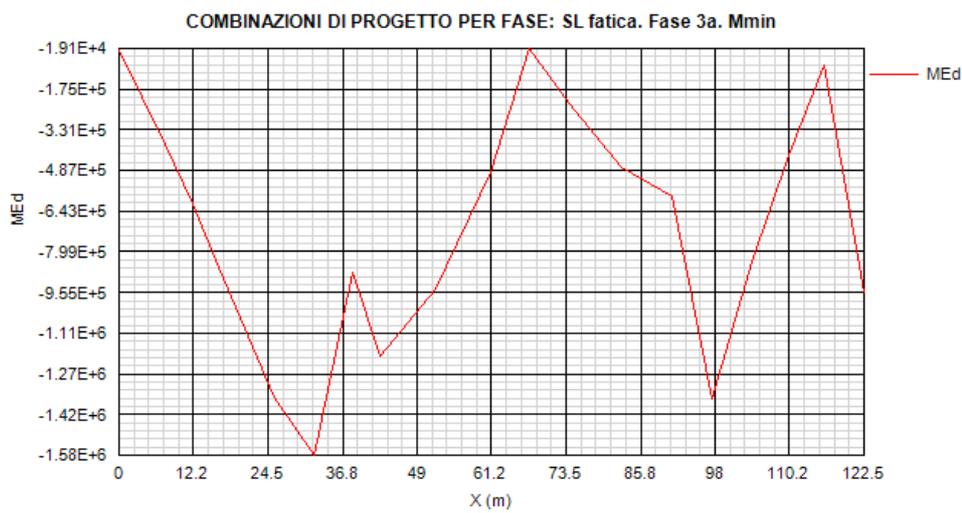
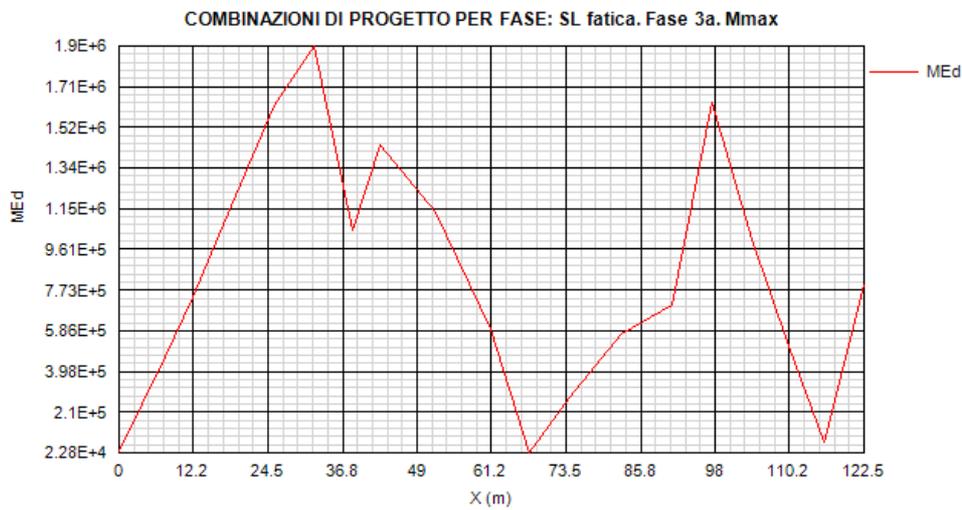
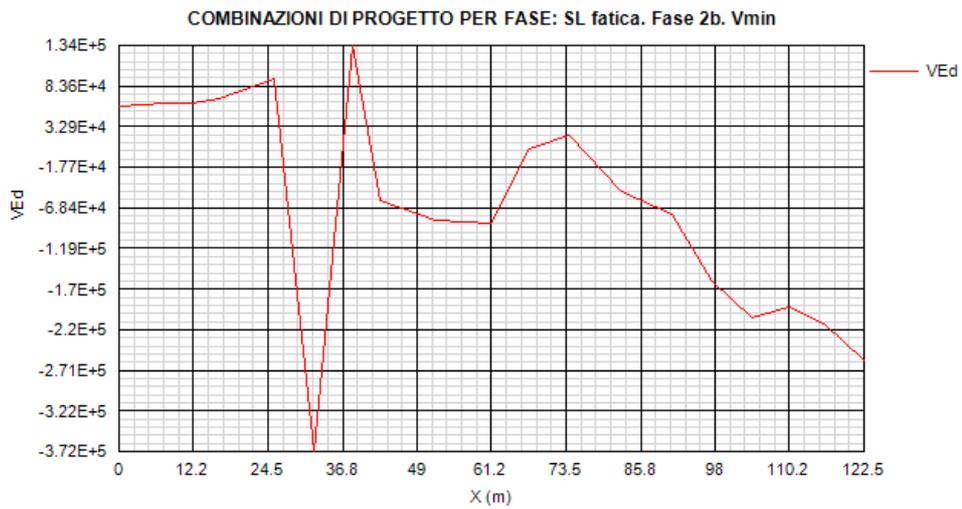


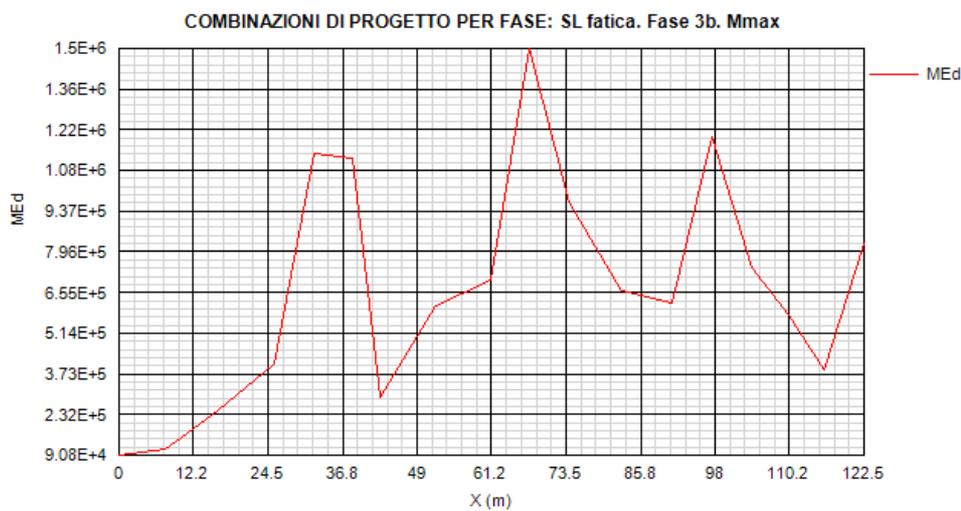
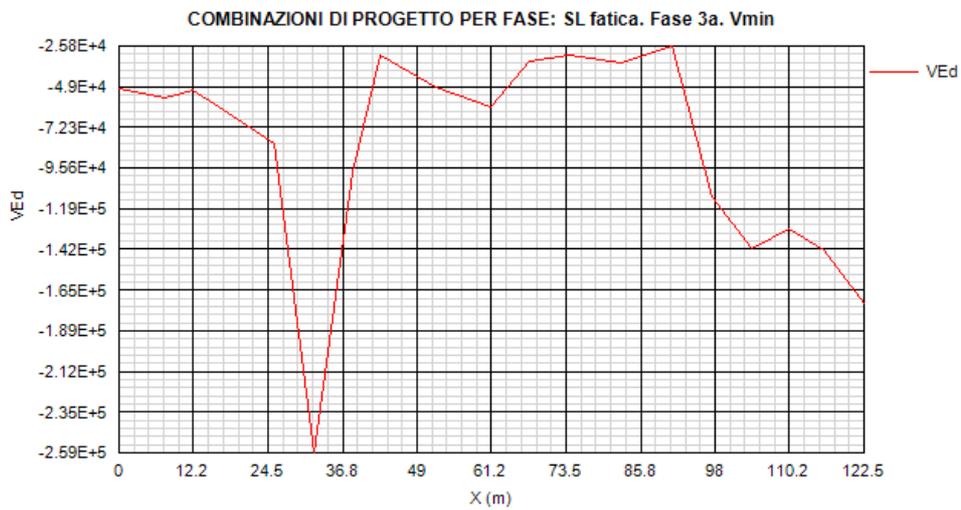
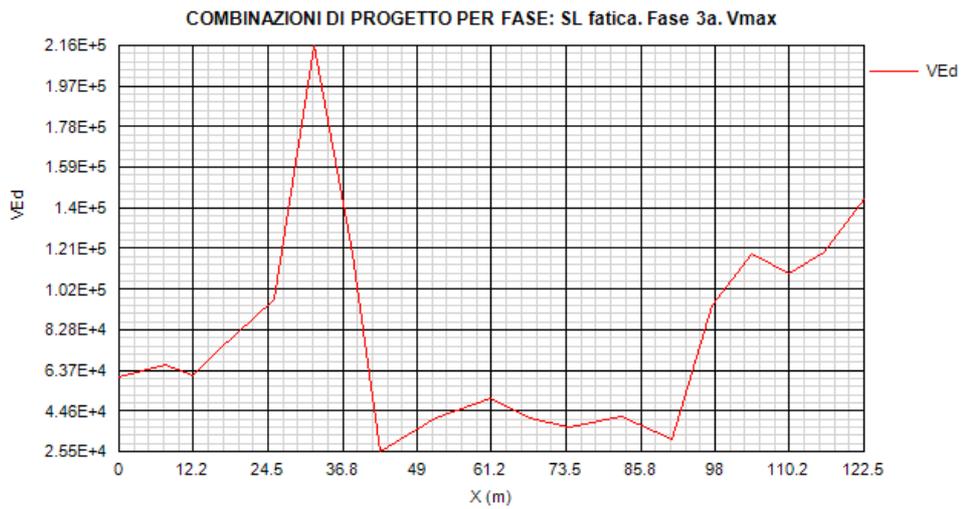


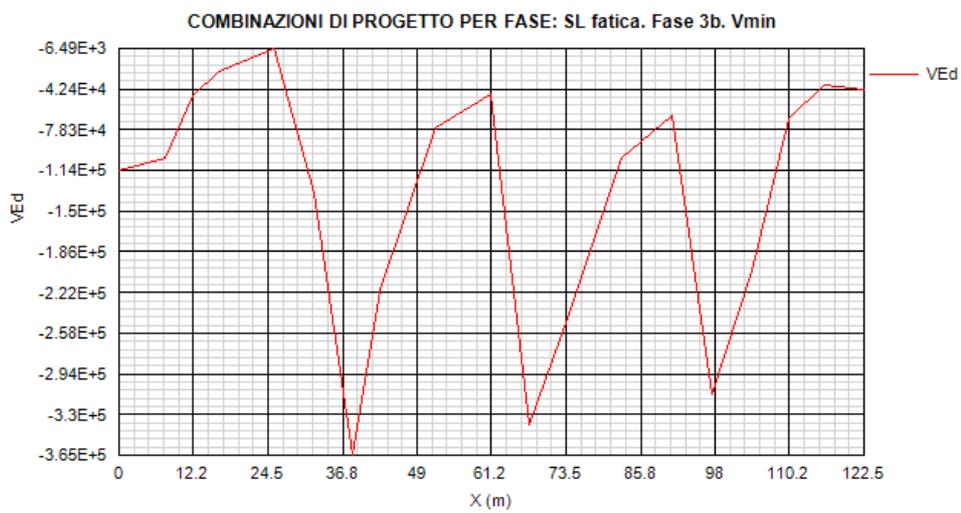
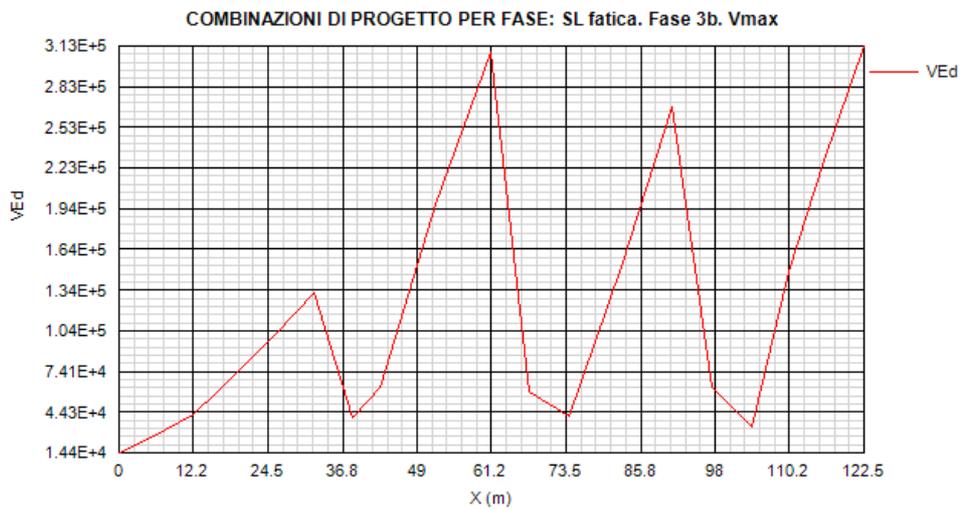
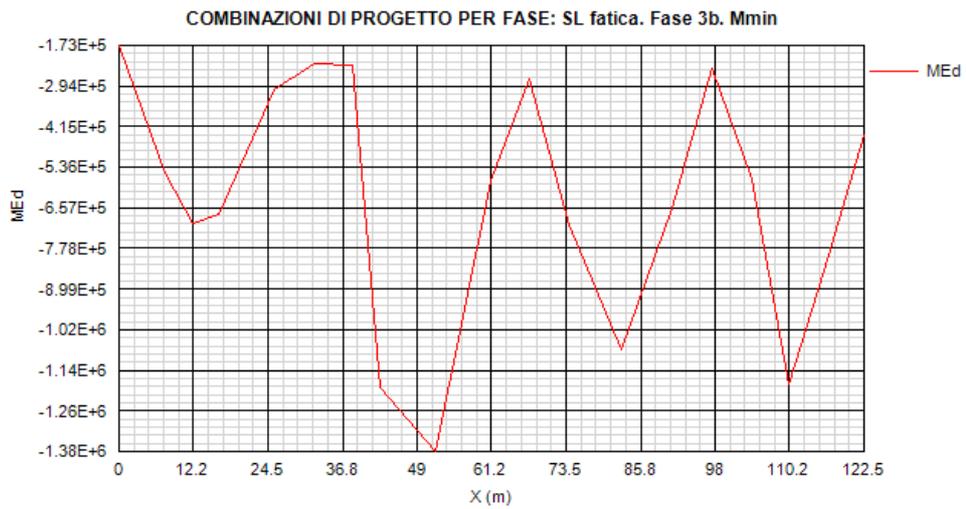






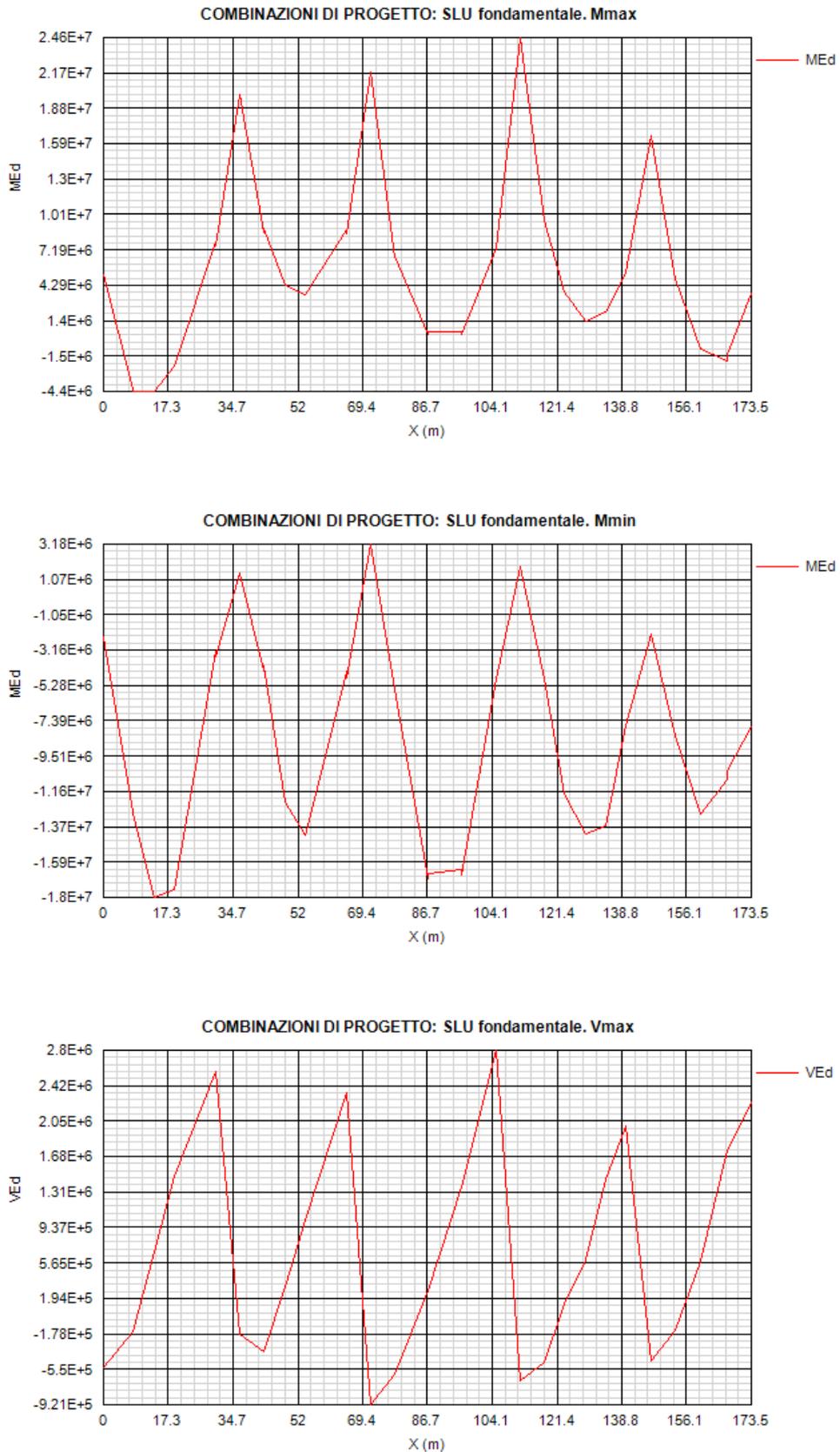


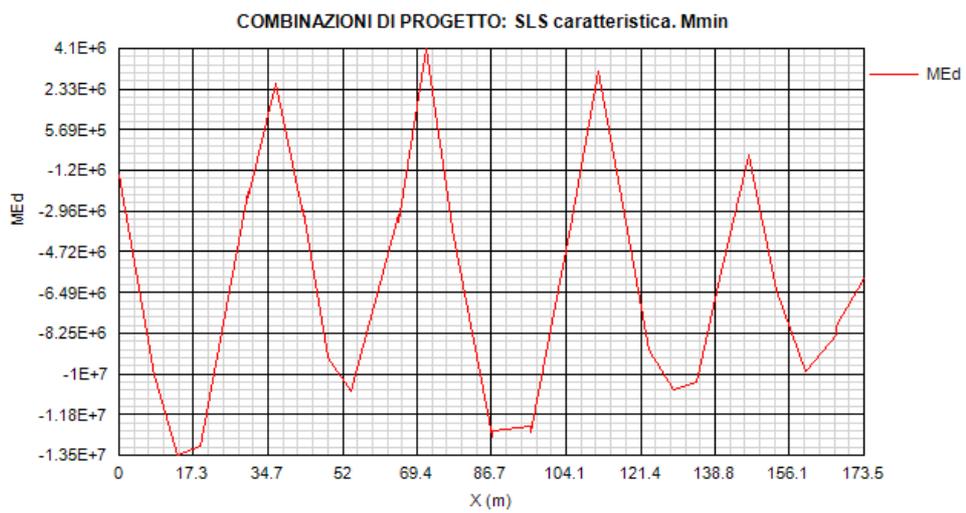
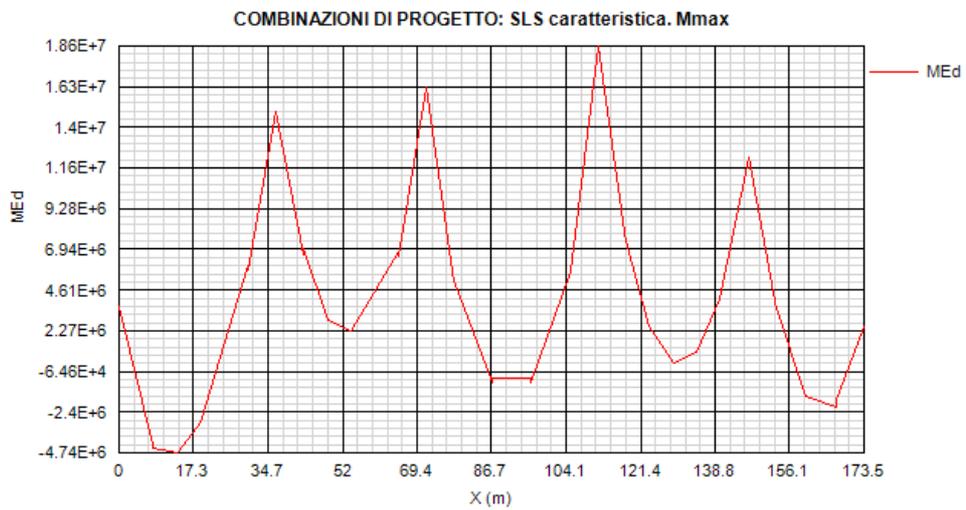
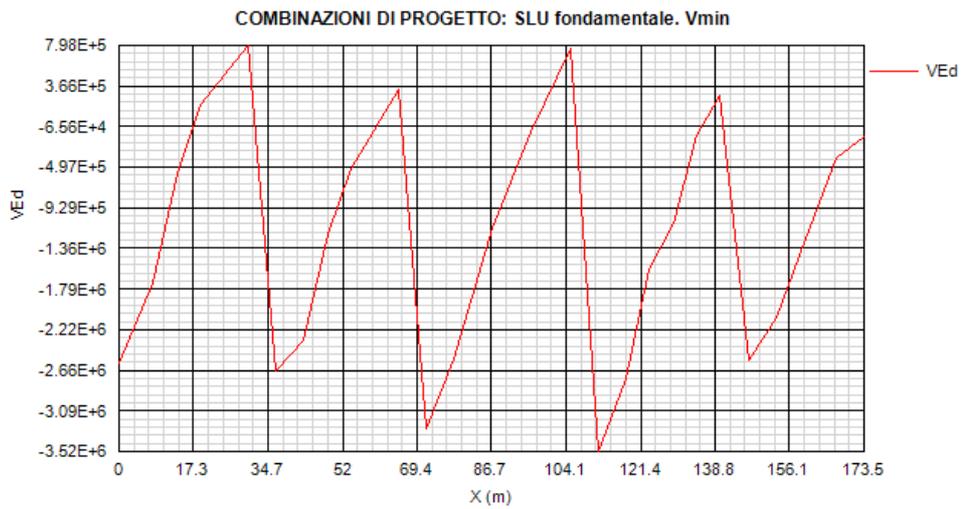


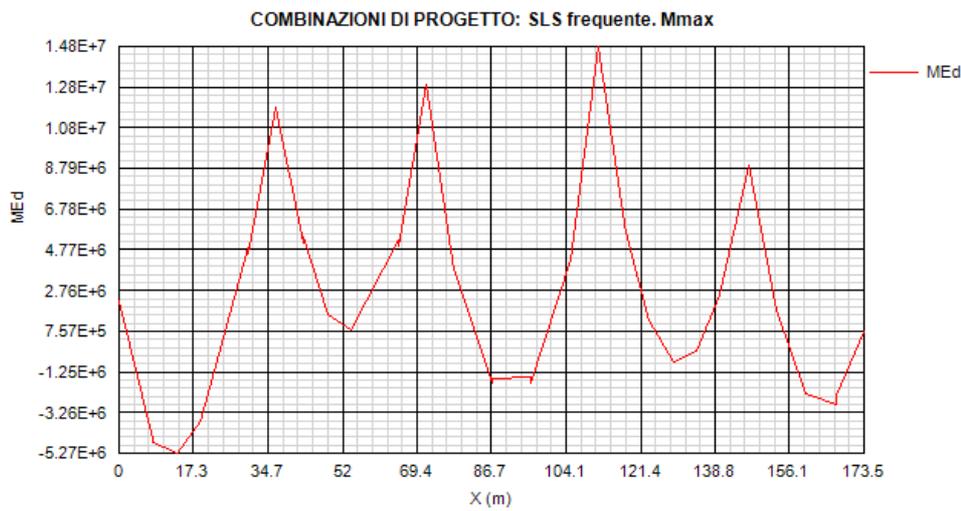
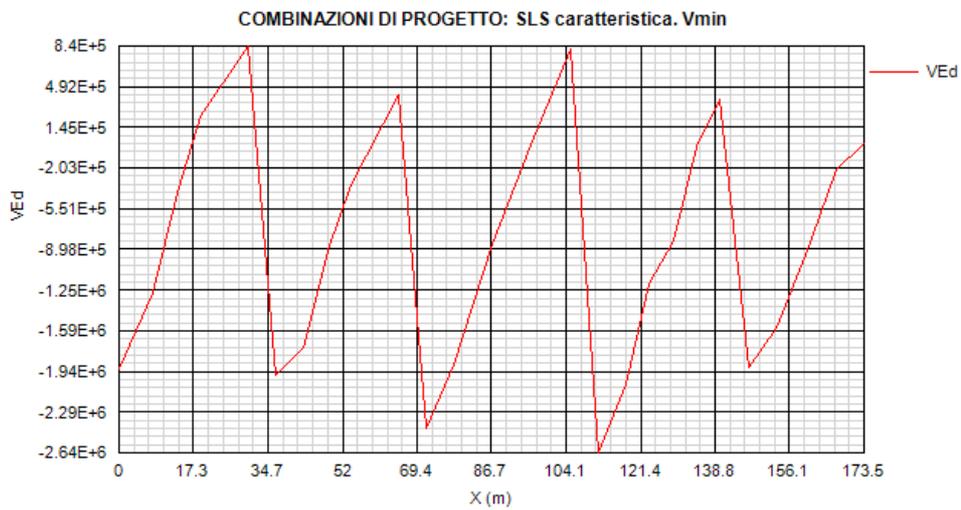
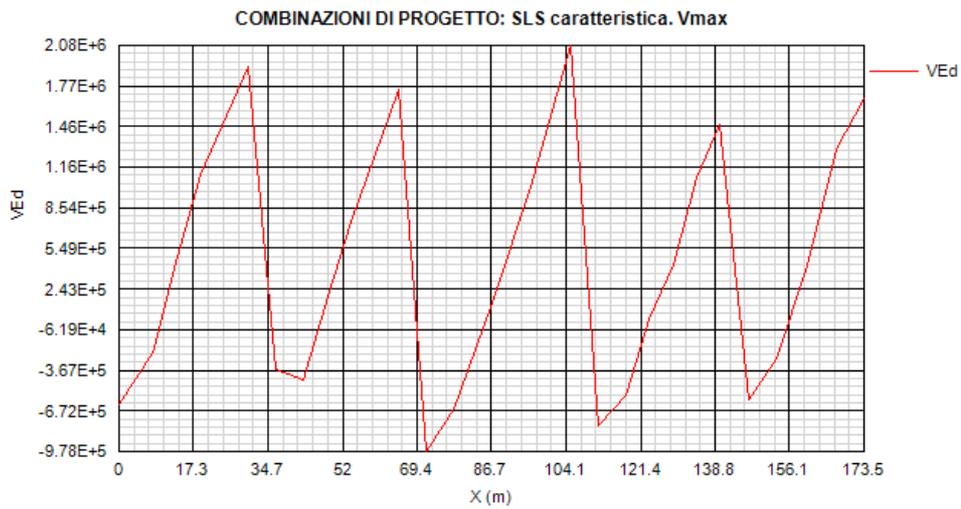


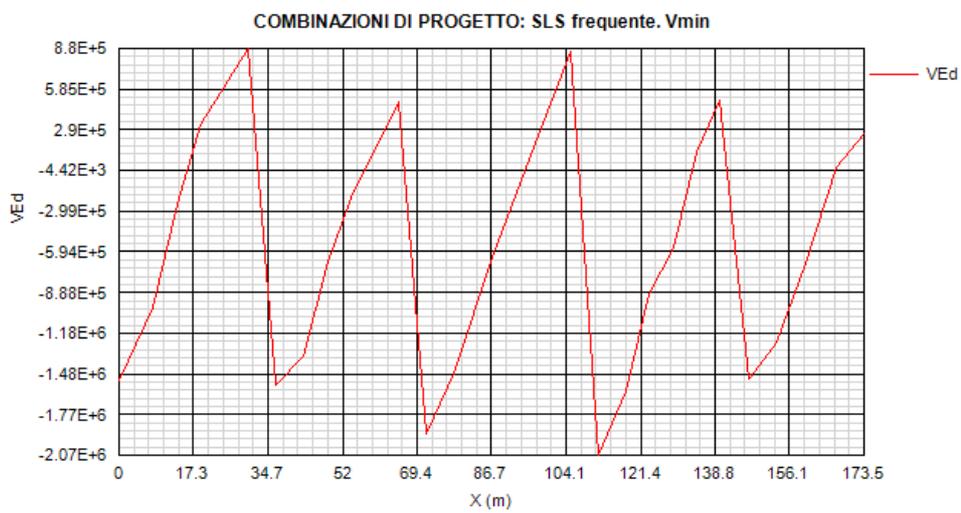
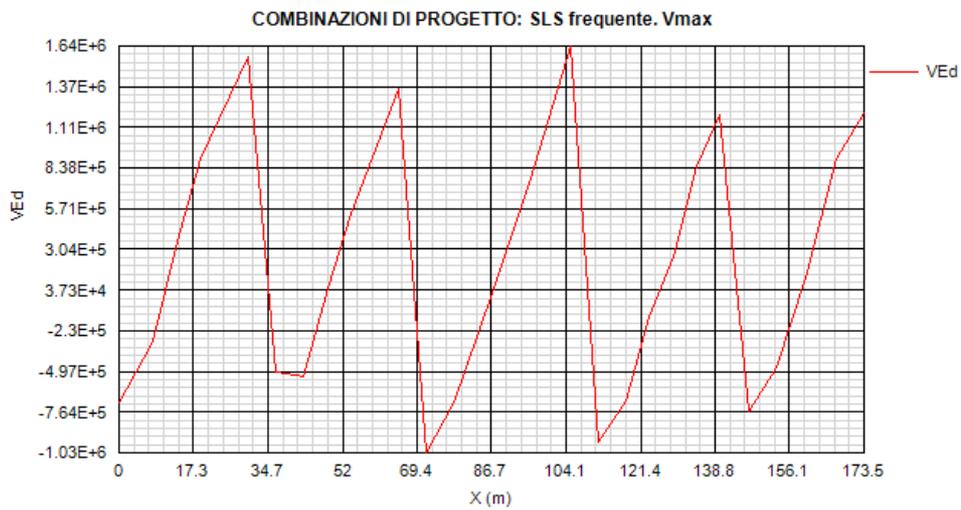
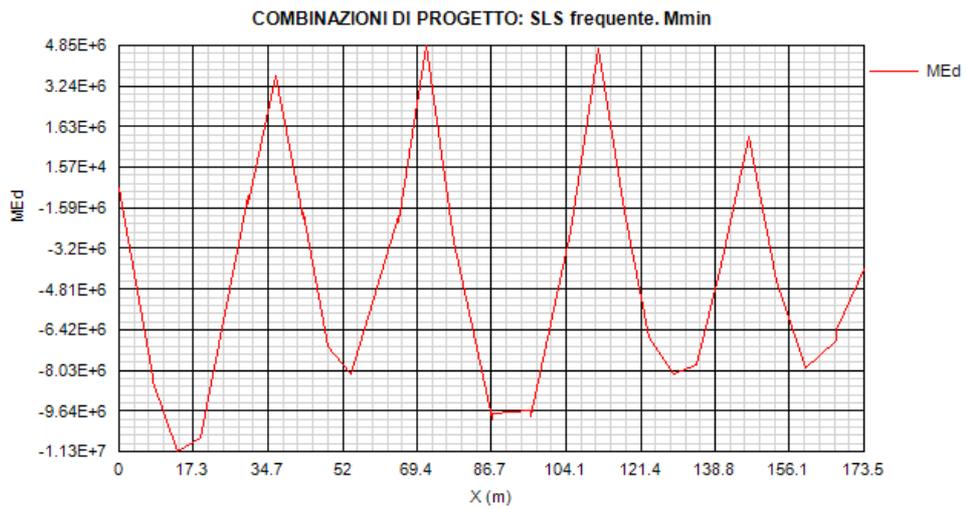
3.1.1.2 Quadro tensionale nelle travi principali della rampa di svincolo D

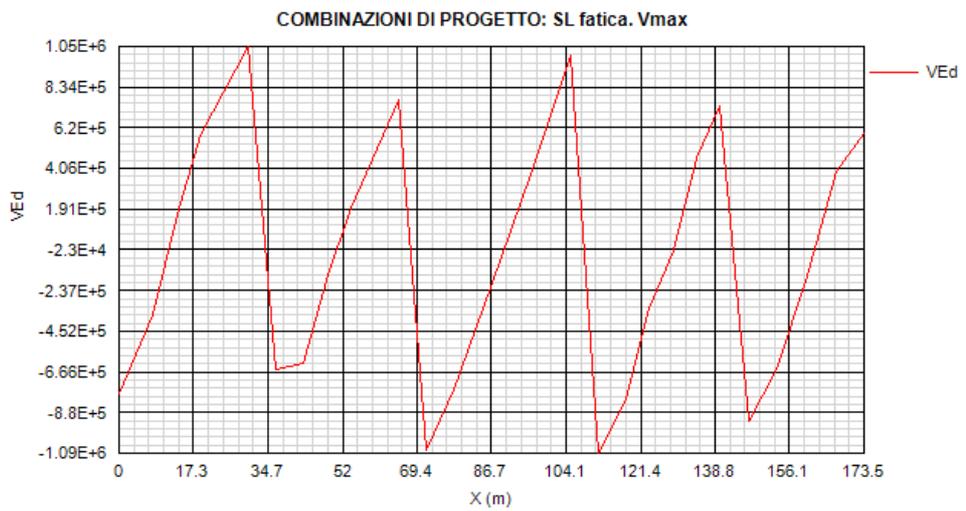
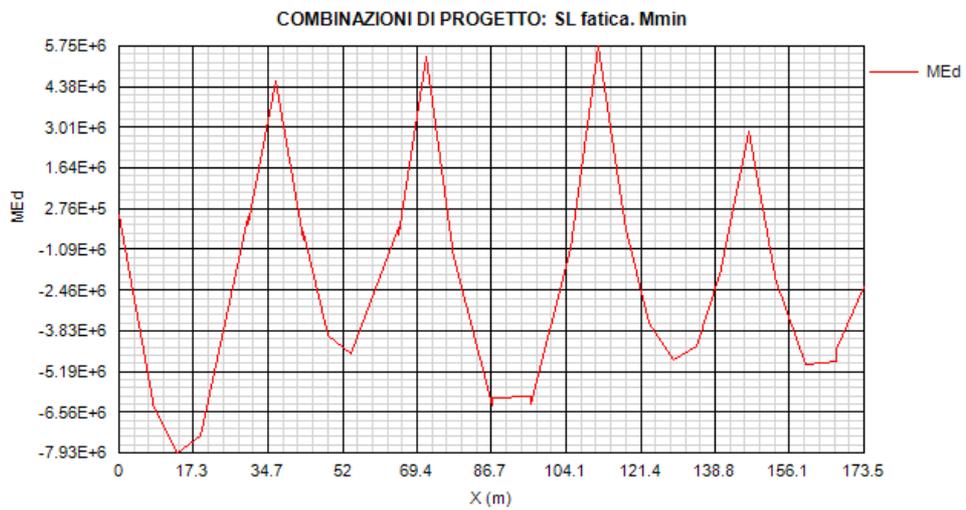
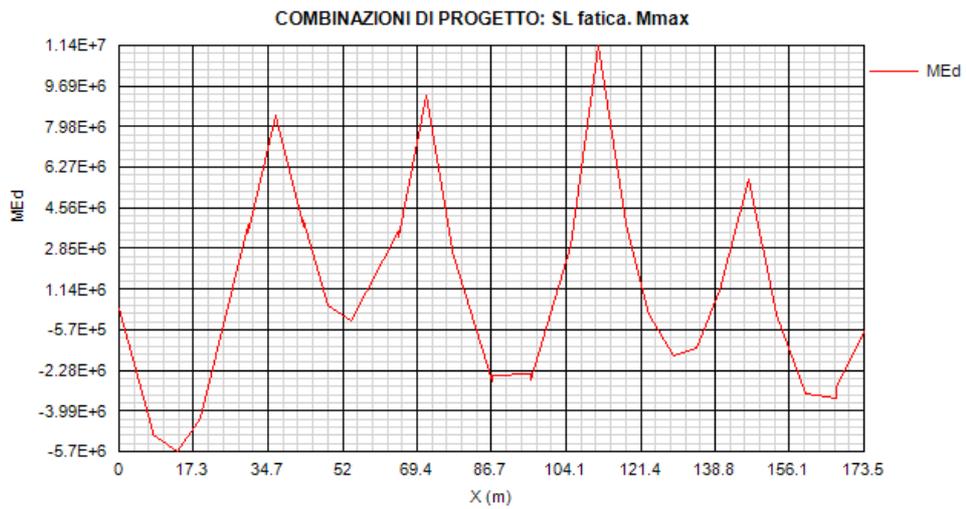
L'impalcato metallico è asimmetrico; per cui si fisserà l'attenzione su entrambe le travi della rampa di svincolo. Per brevità si riportano le sollecitazioni della trave dx.

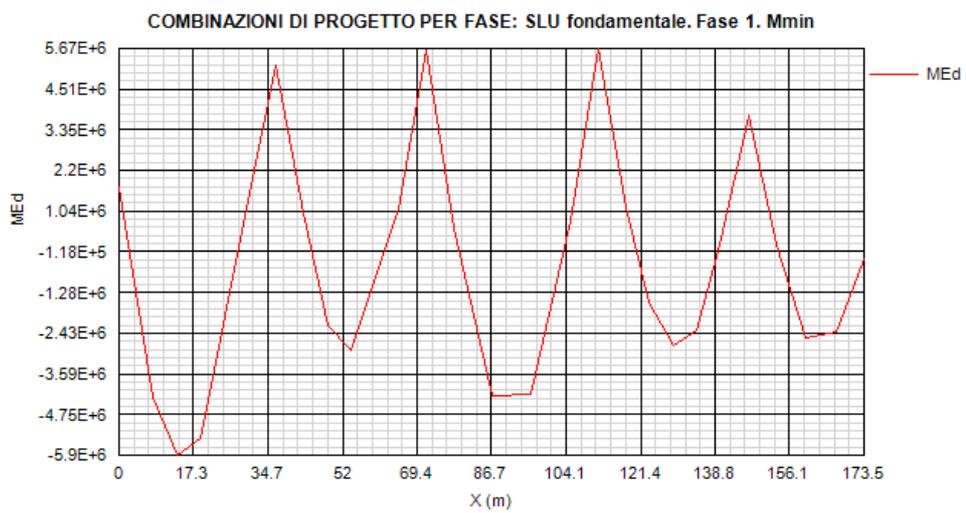
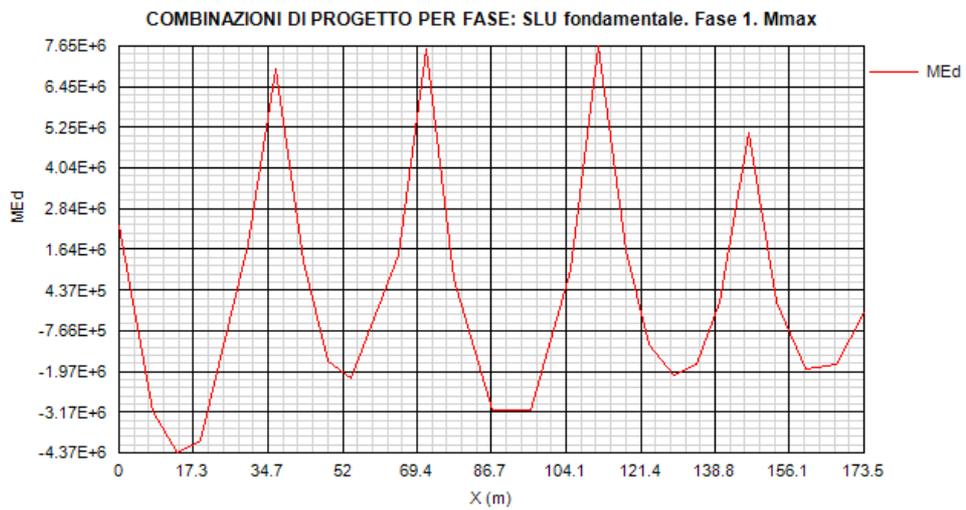
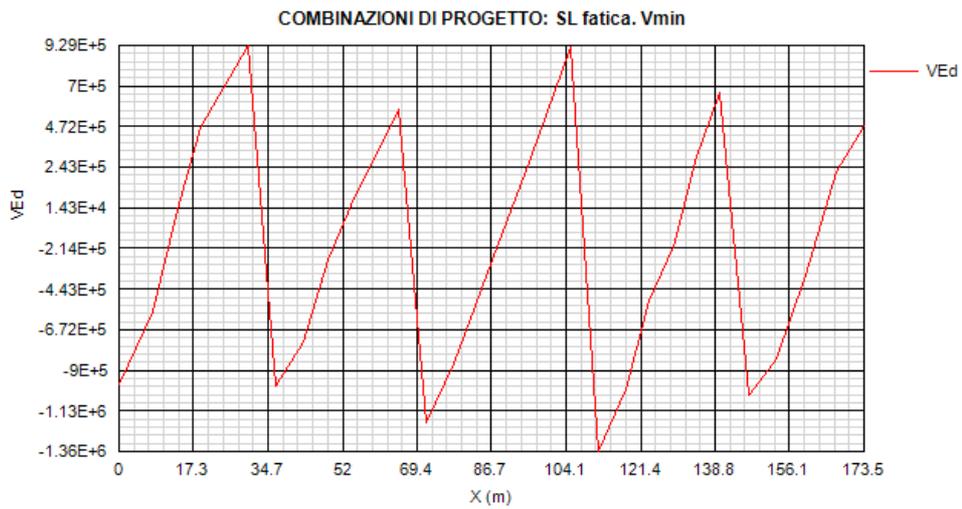


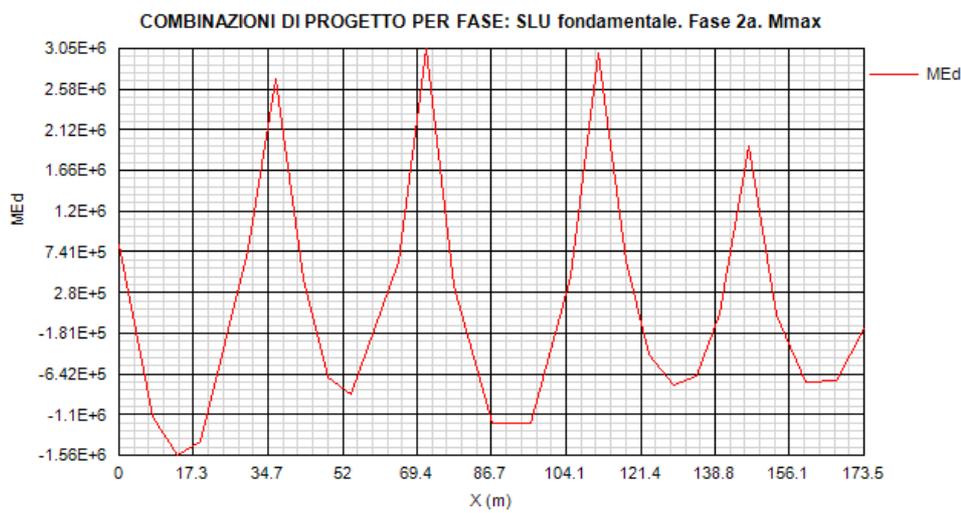
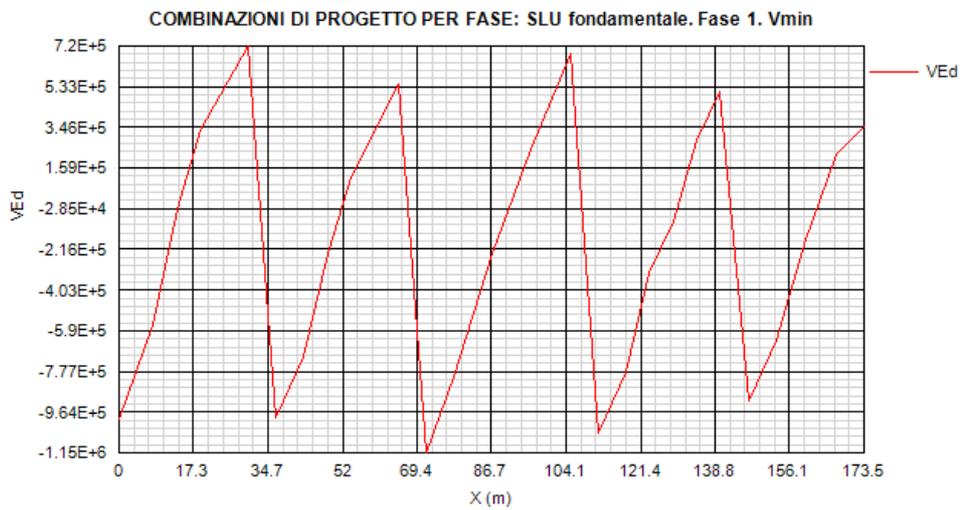
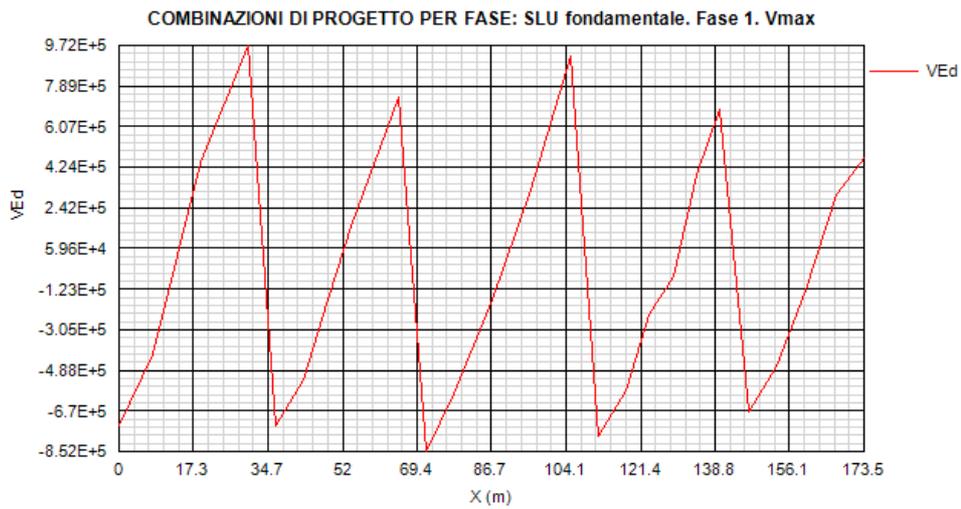


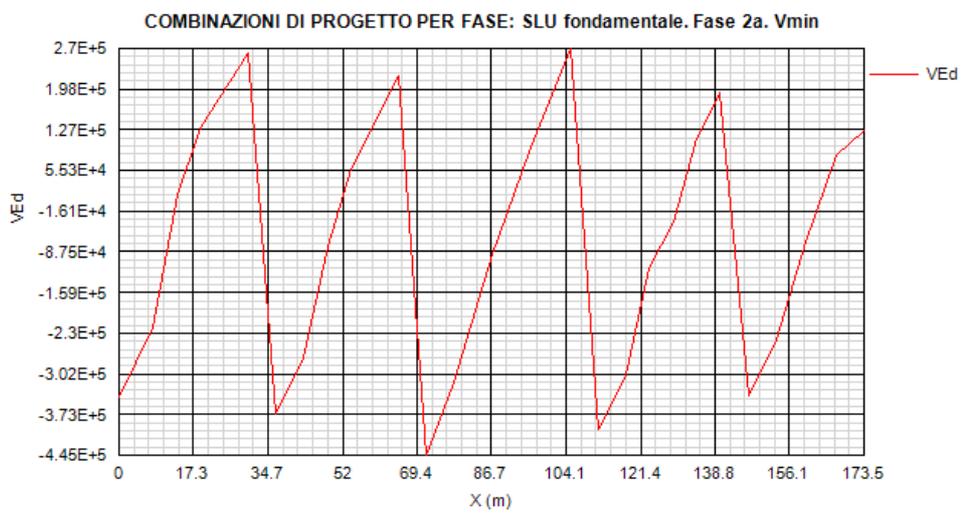
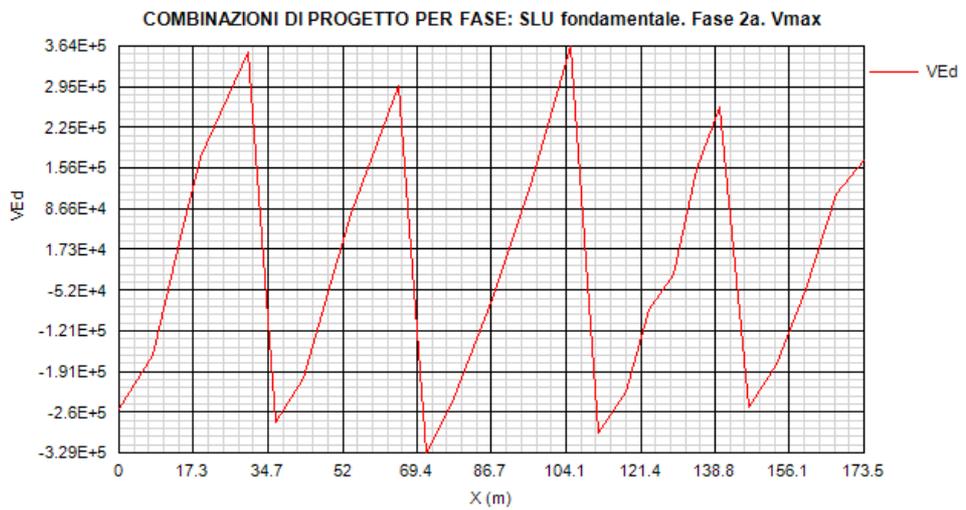
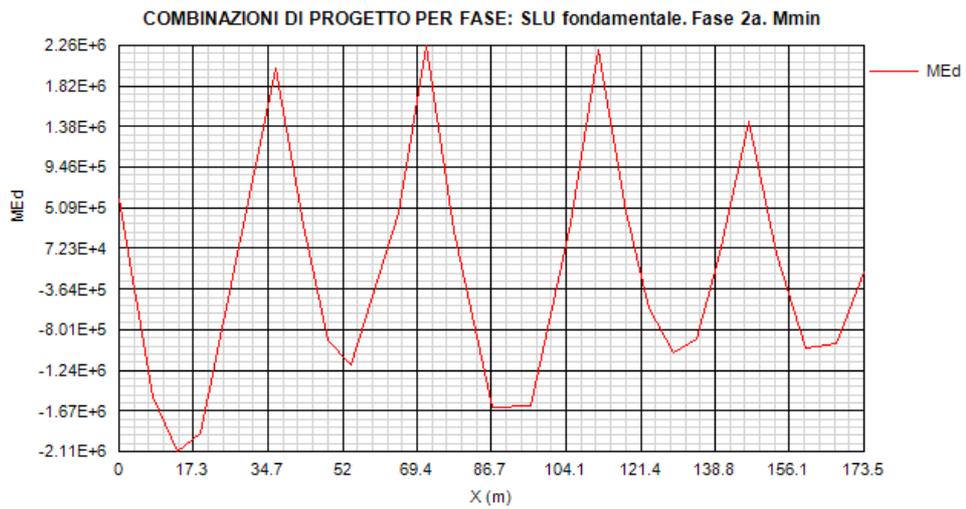


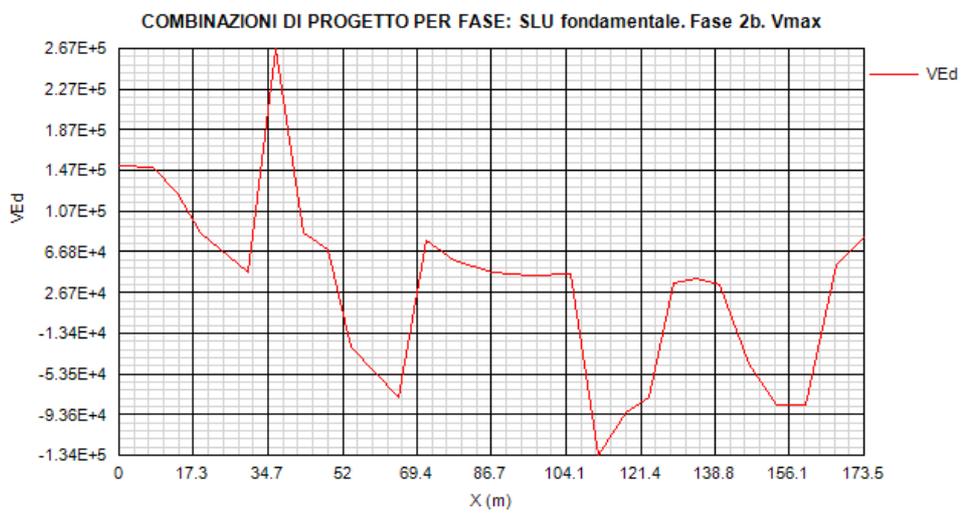
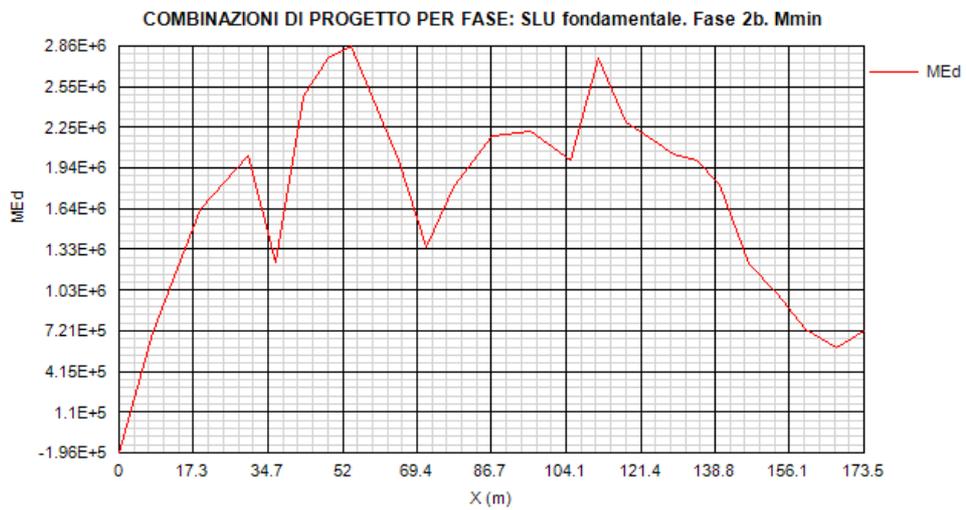
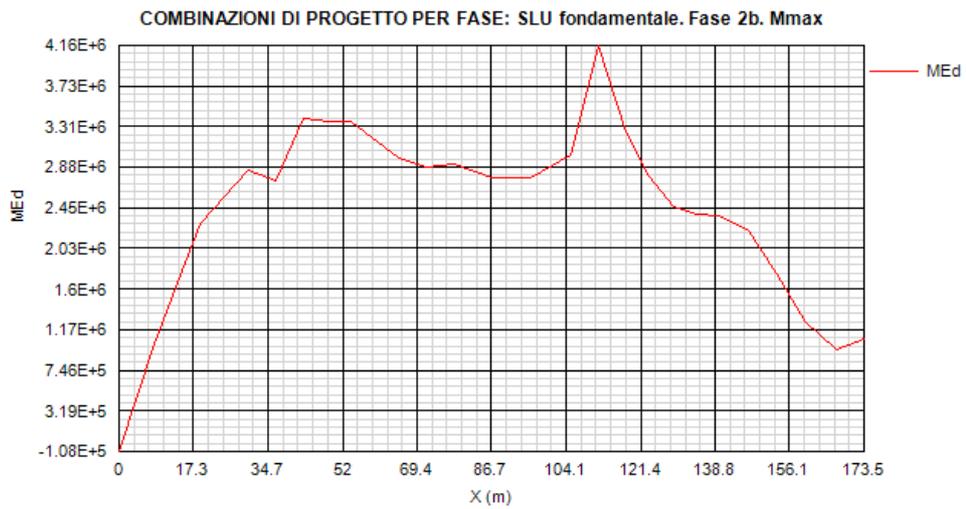


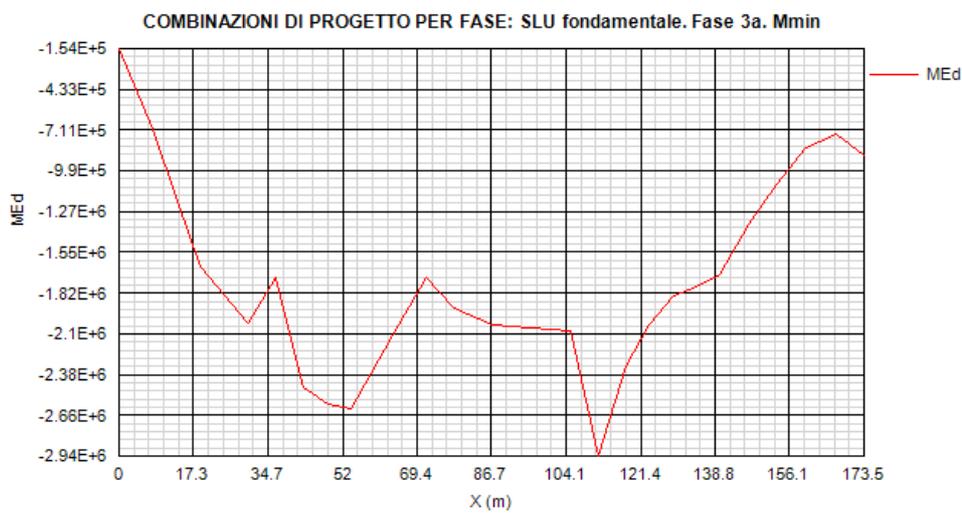
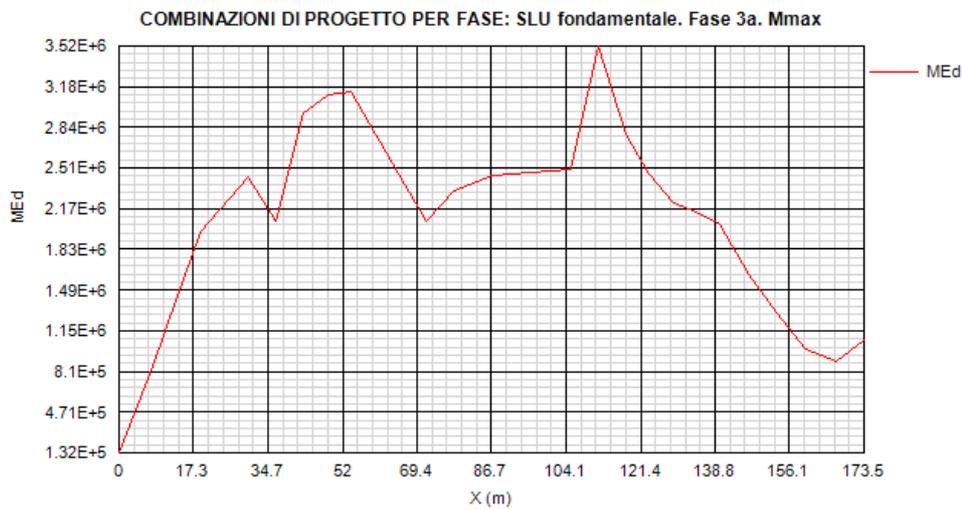
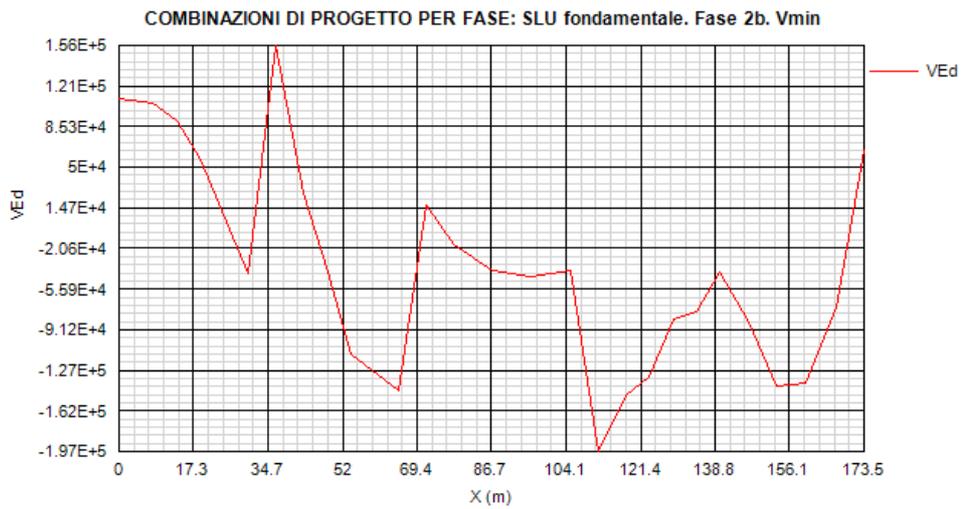


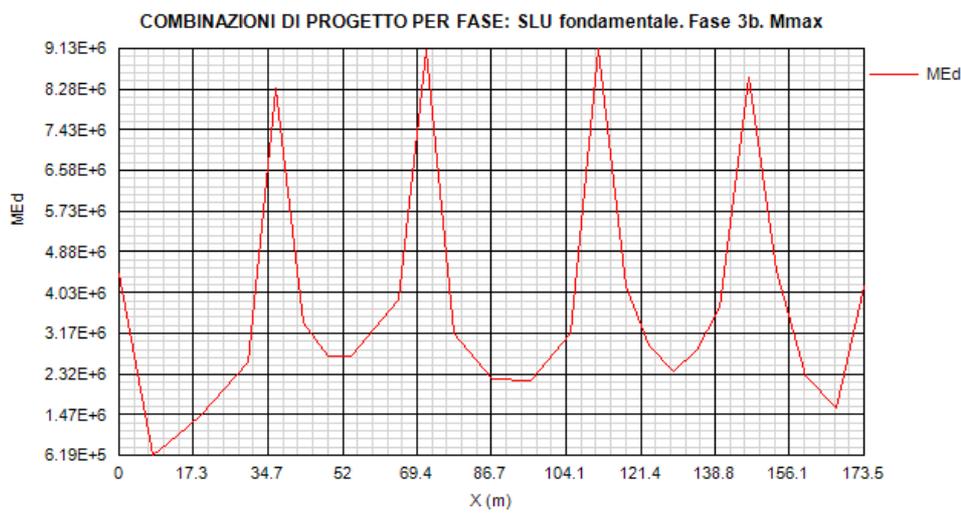
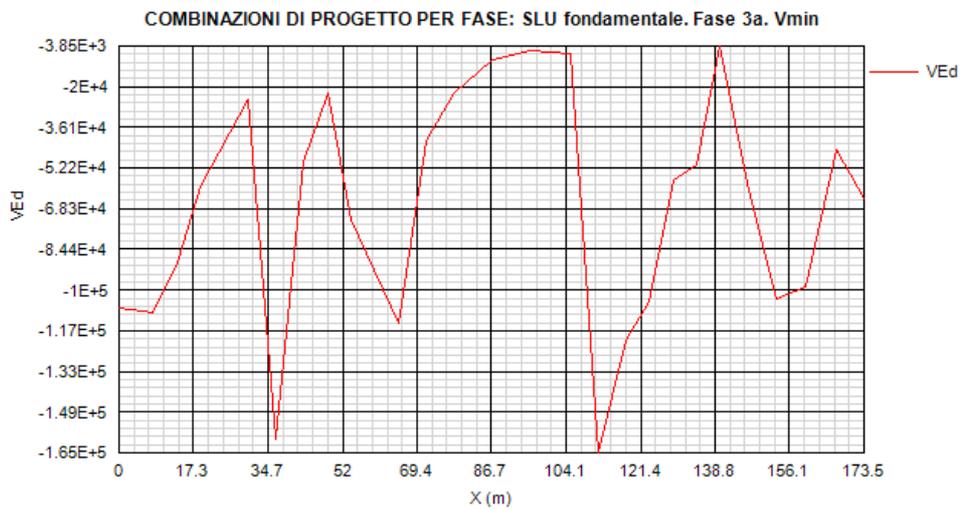
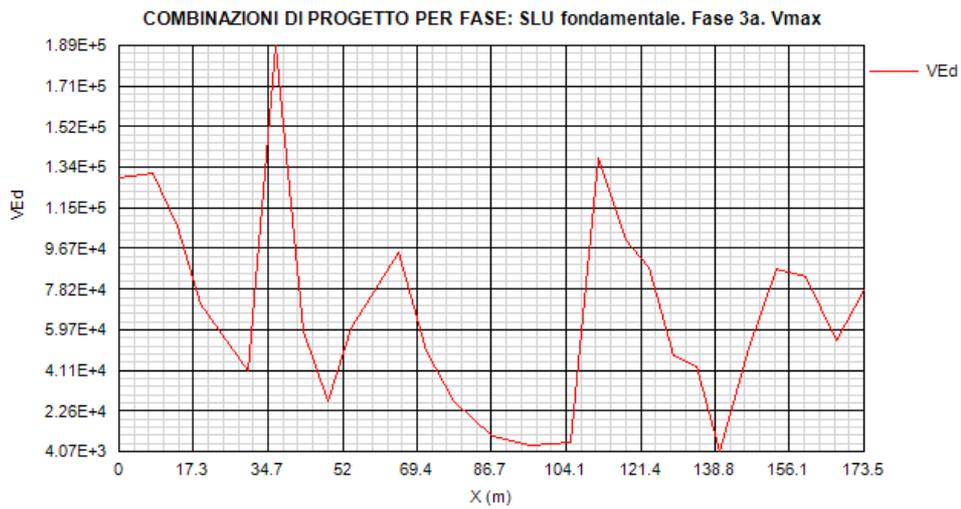


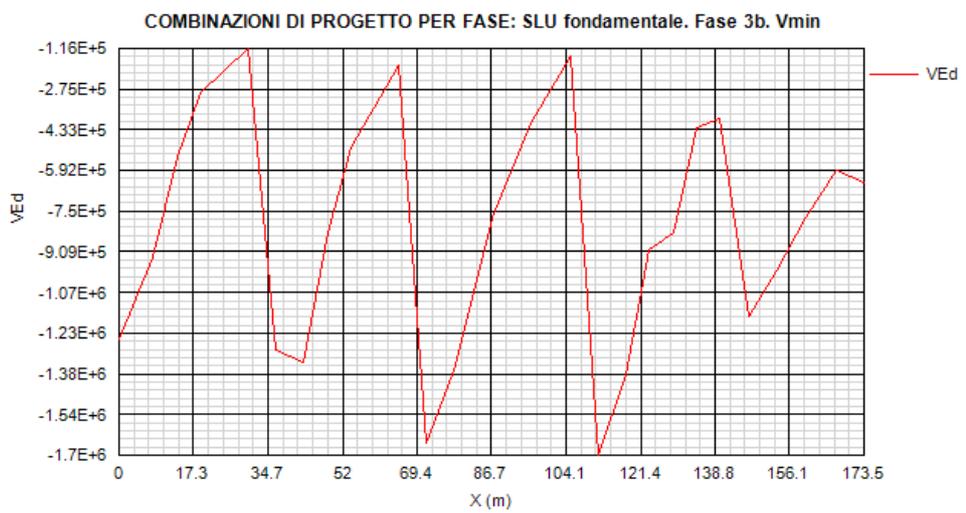
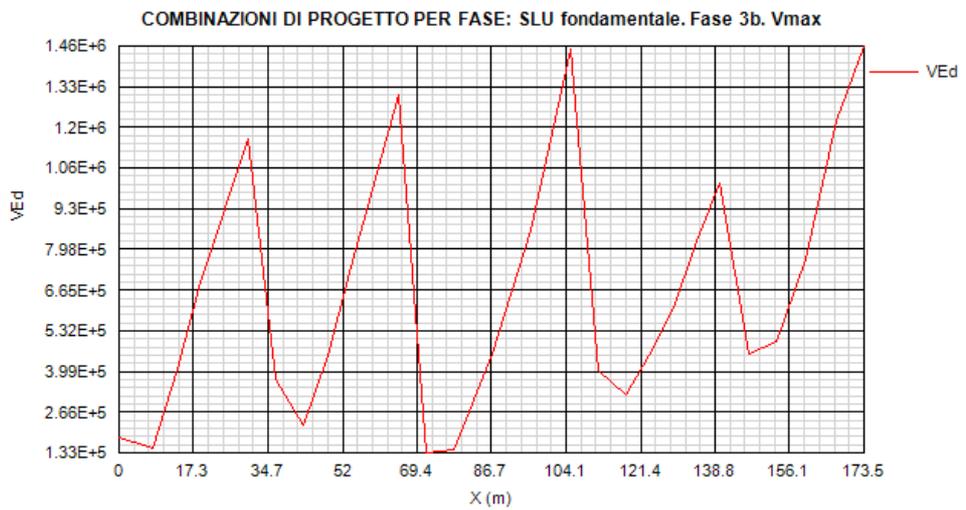
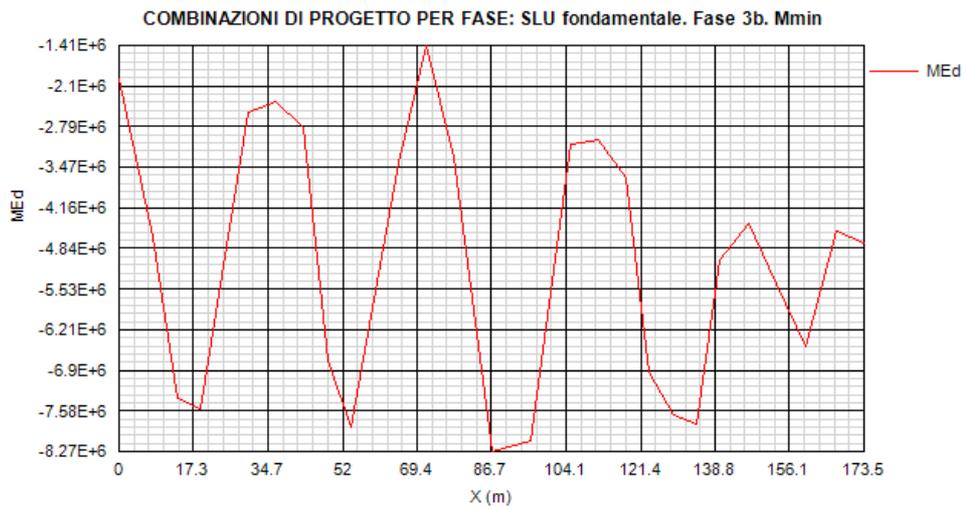


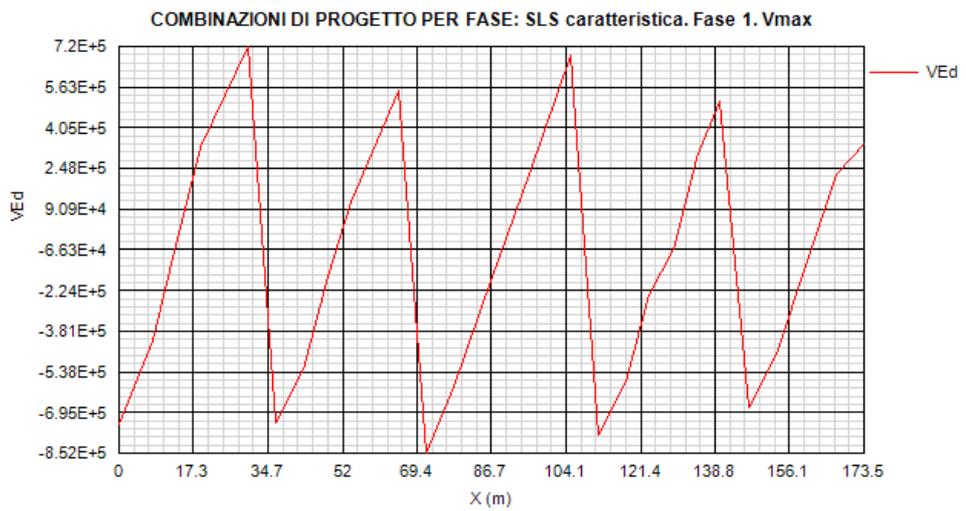
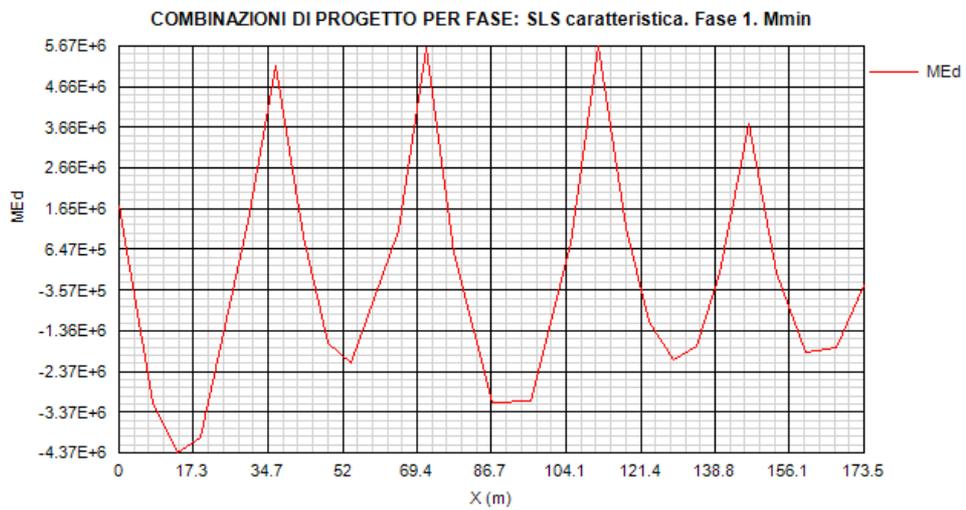
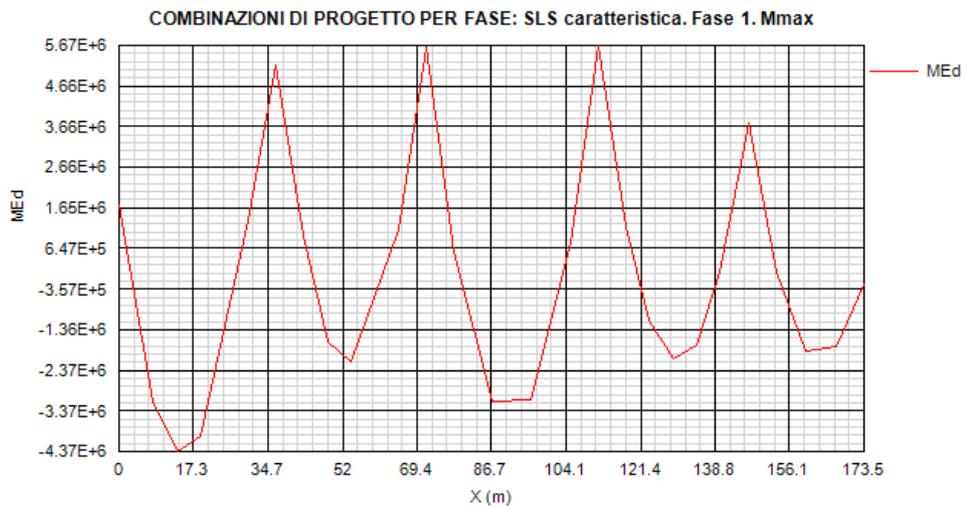


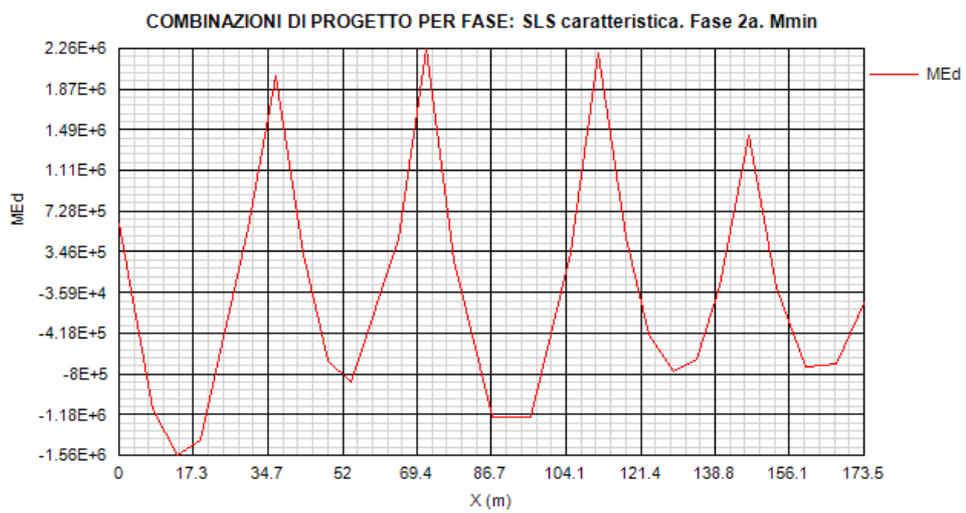
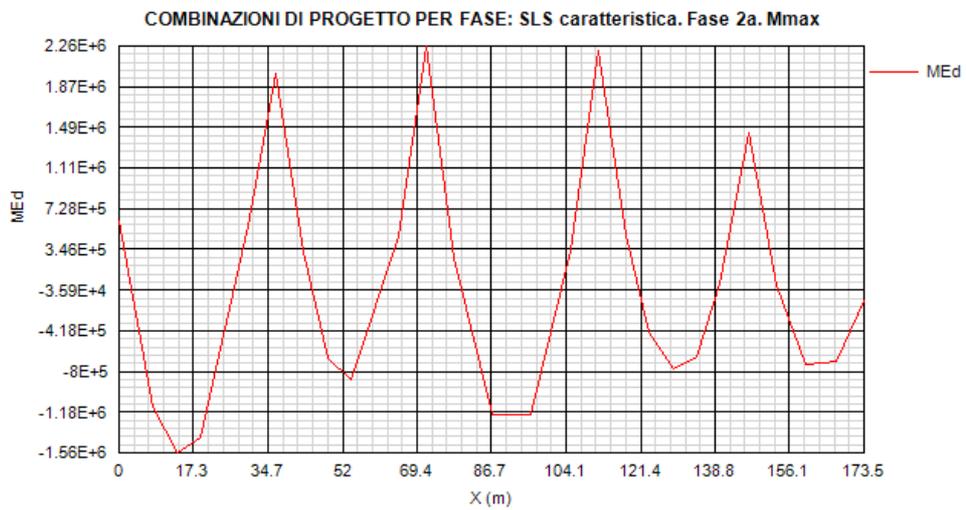
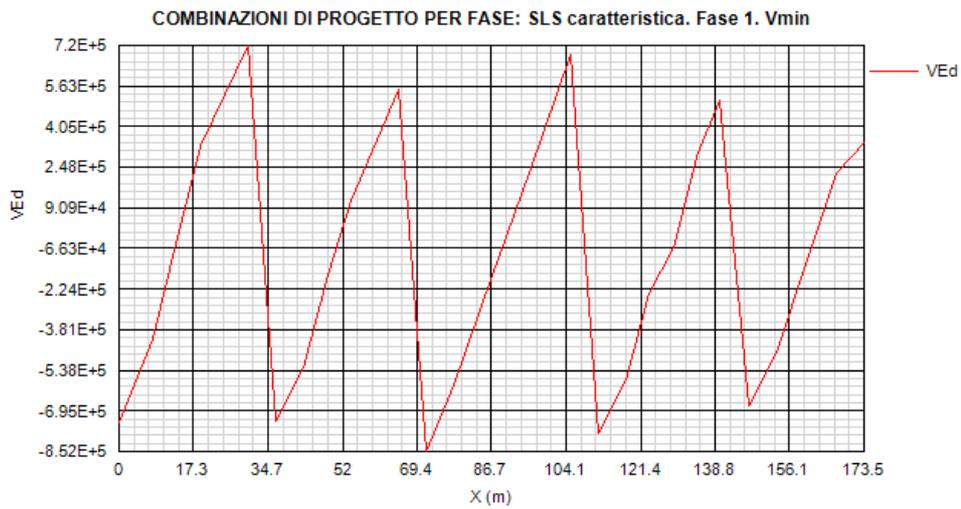


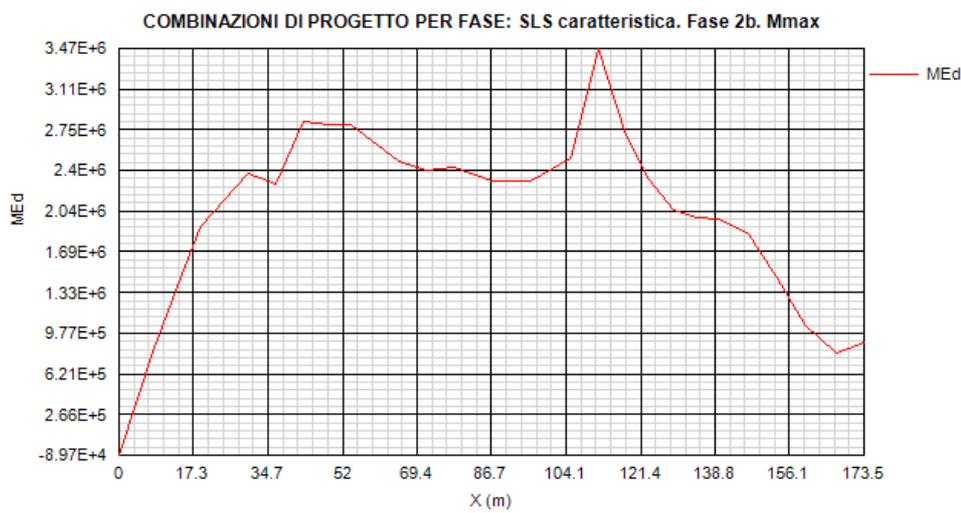
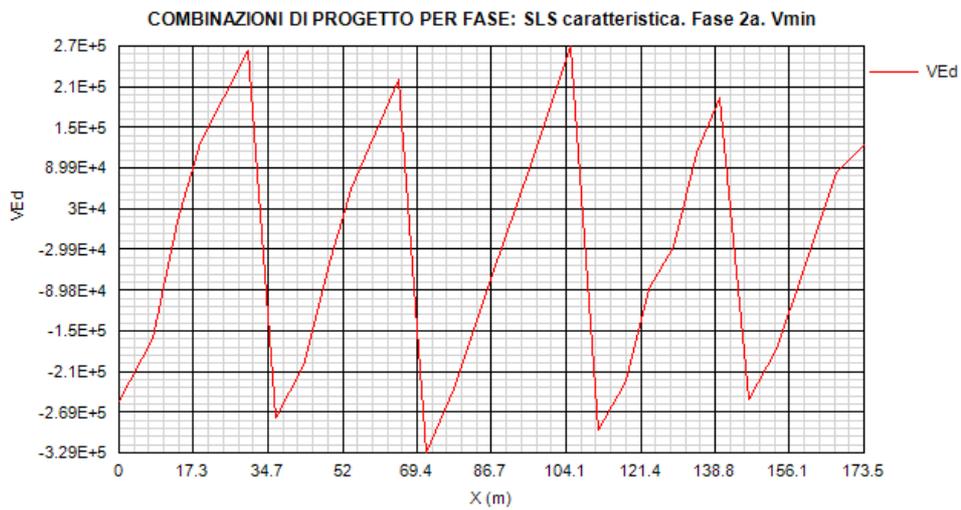
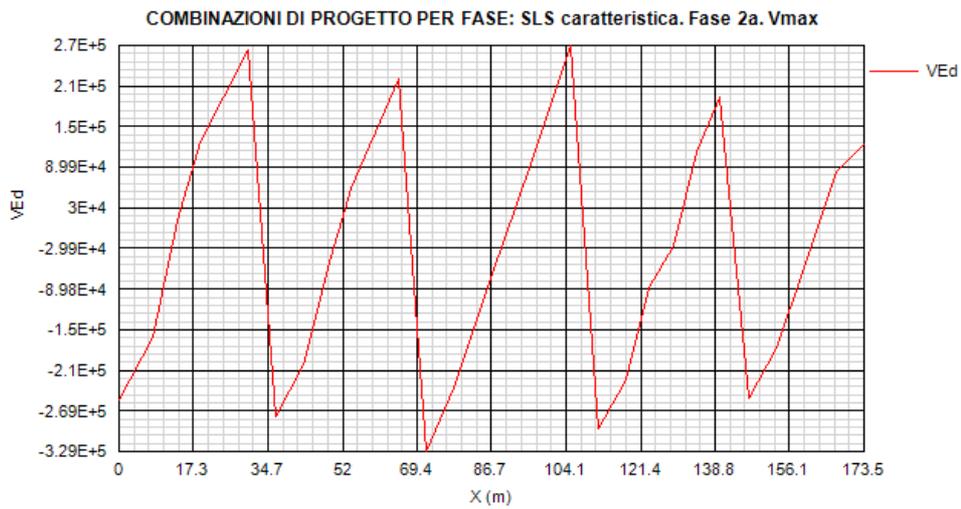


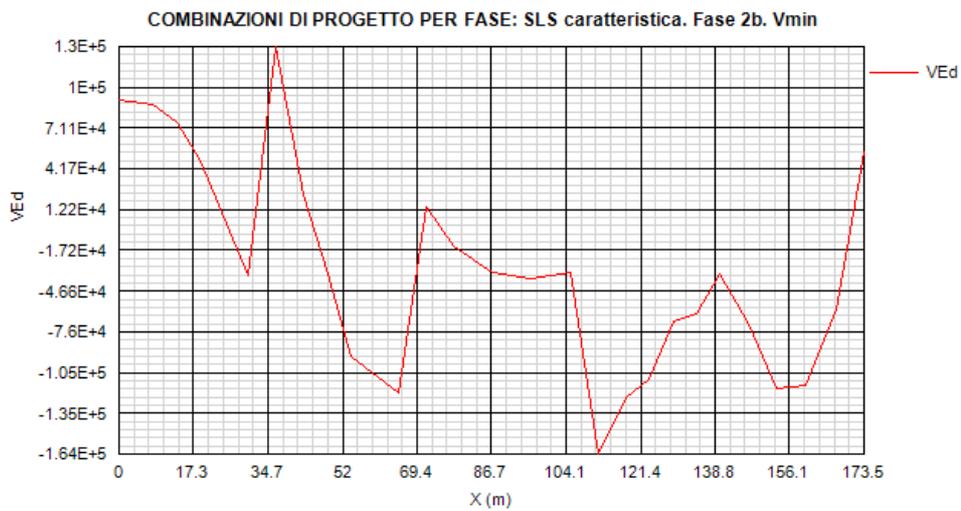
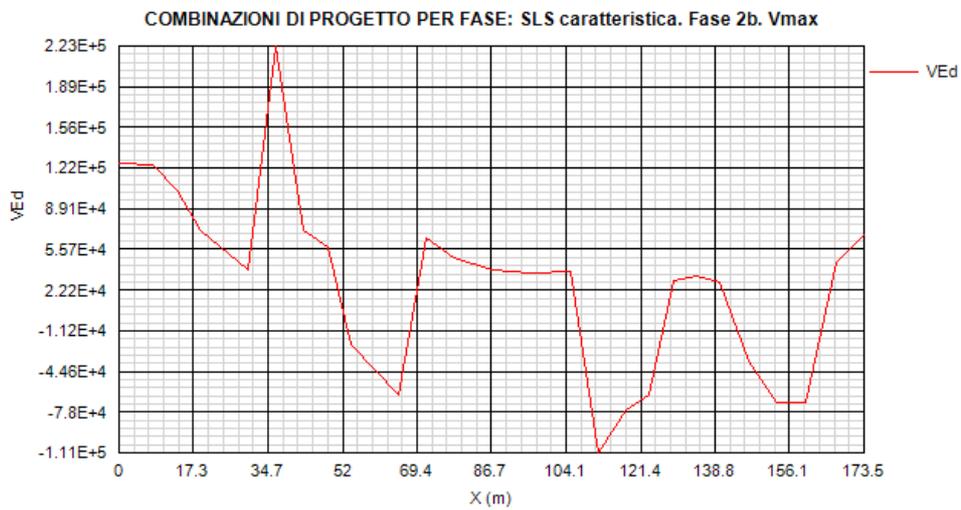
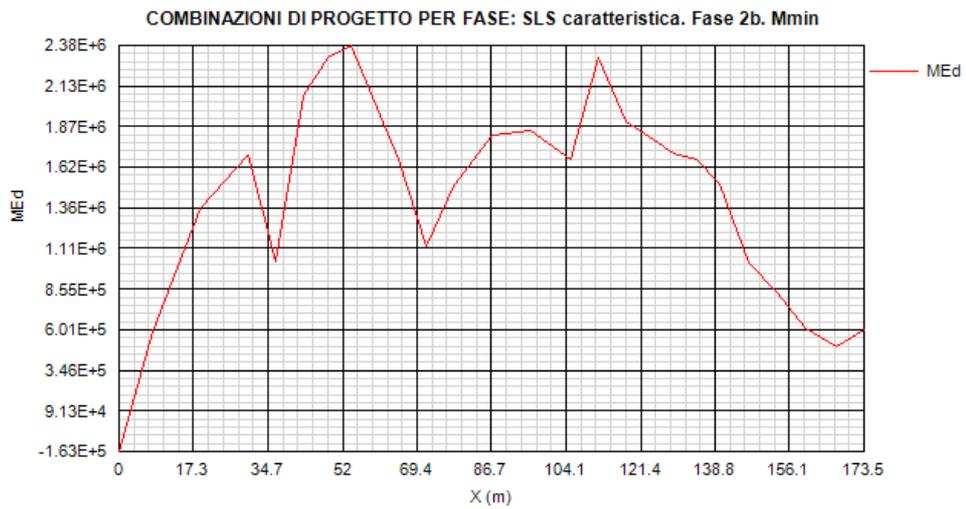


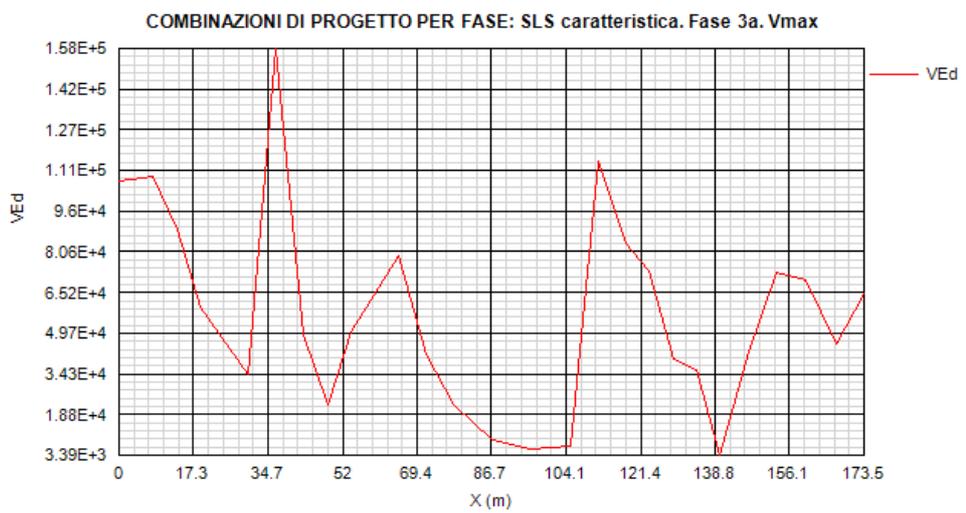
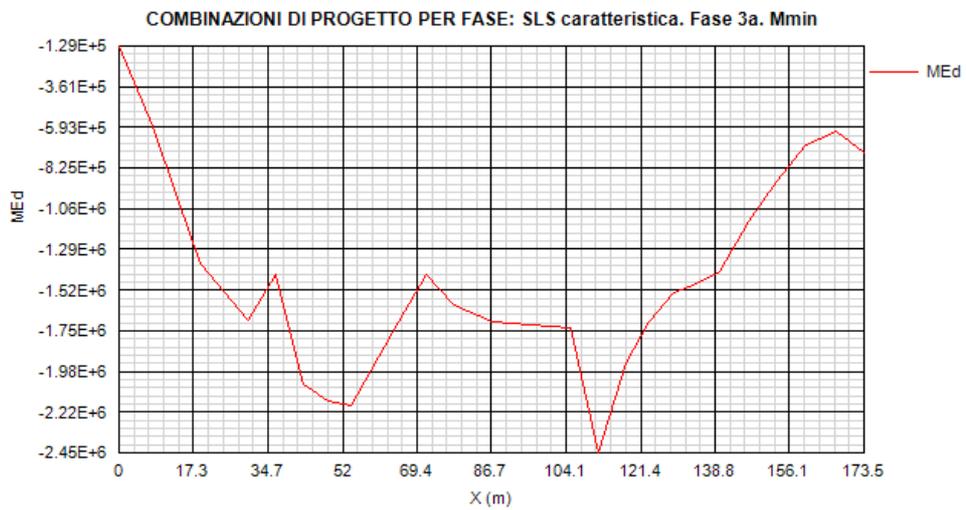
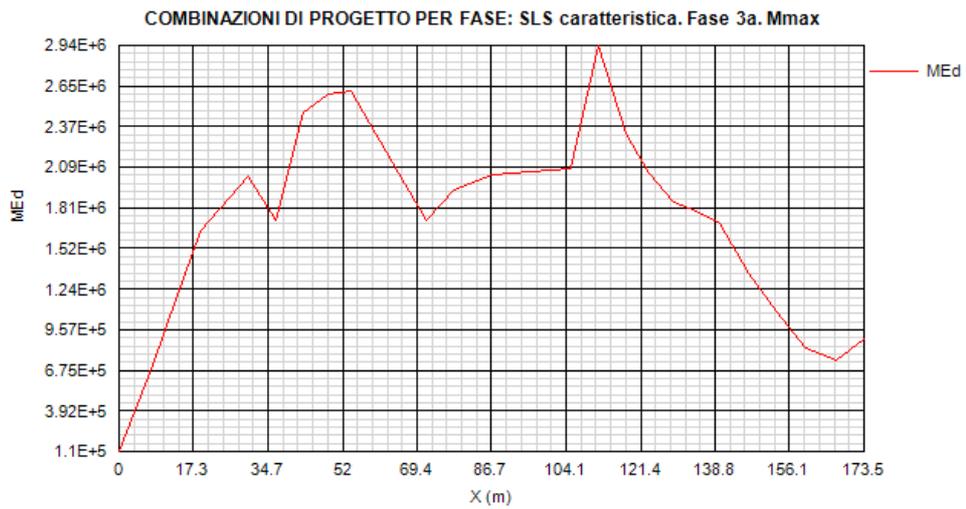


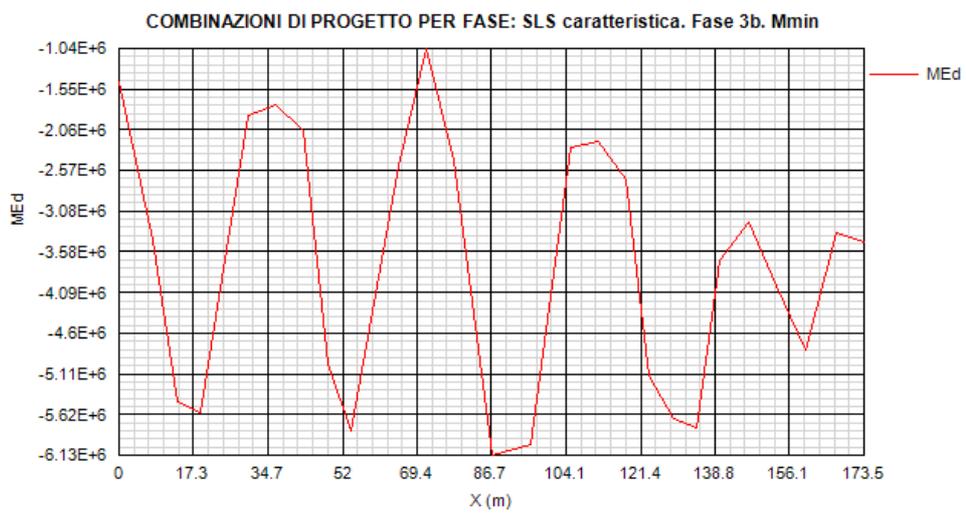
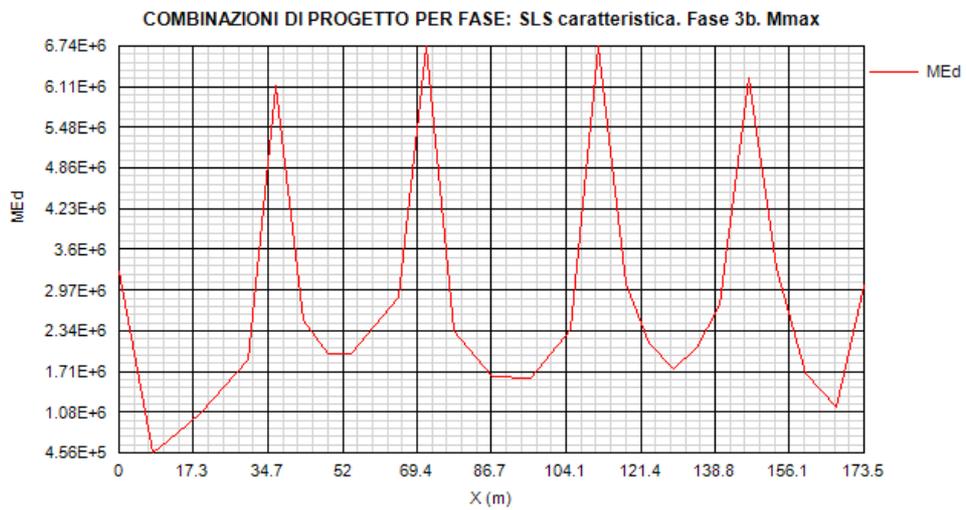
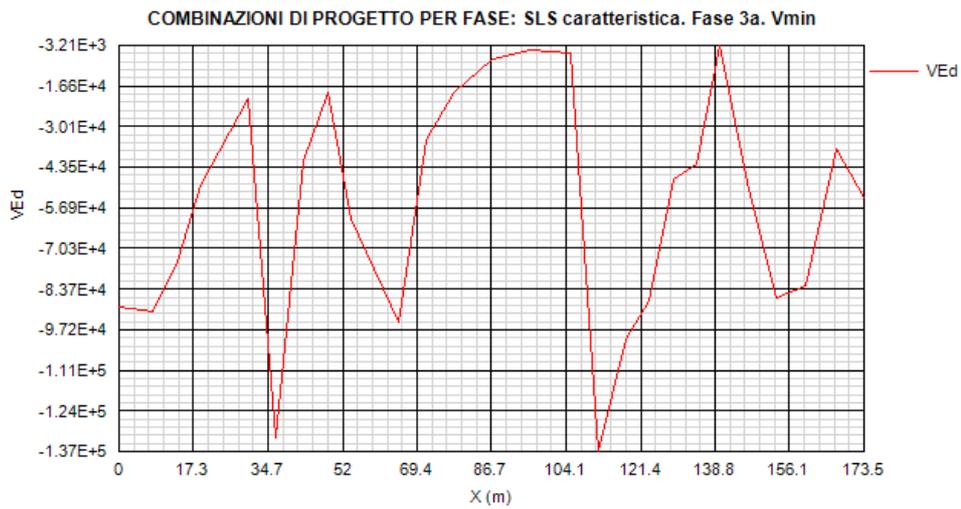


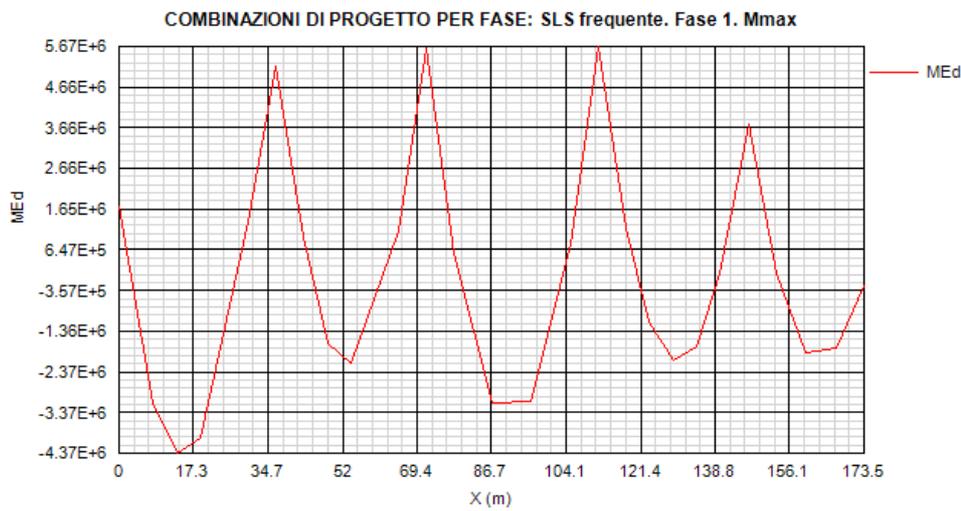
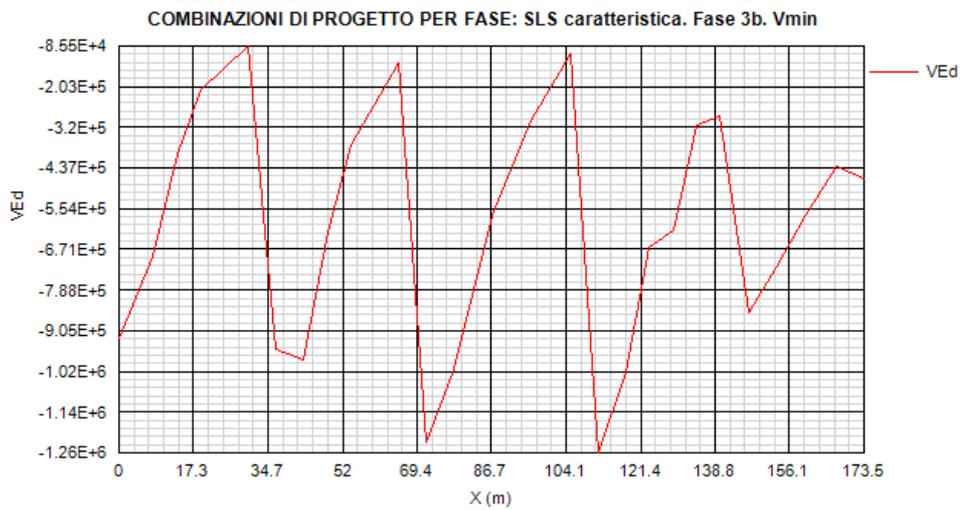
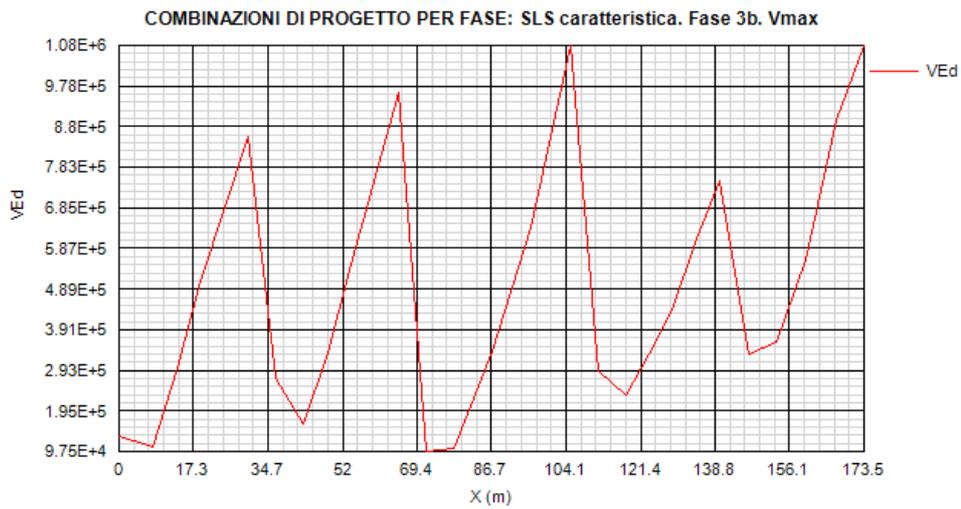


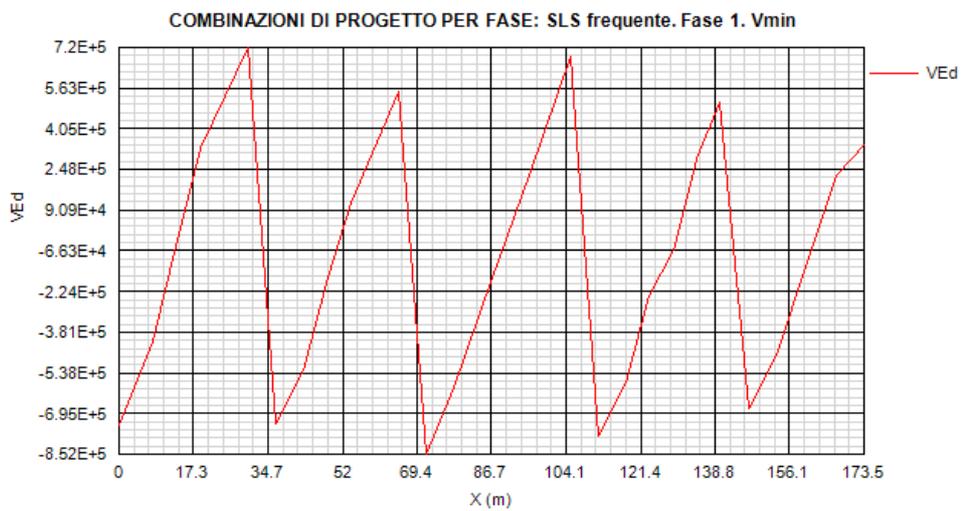
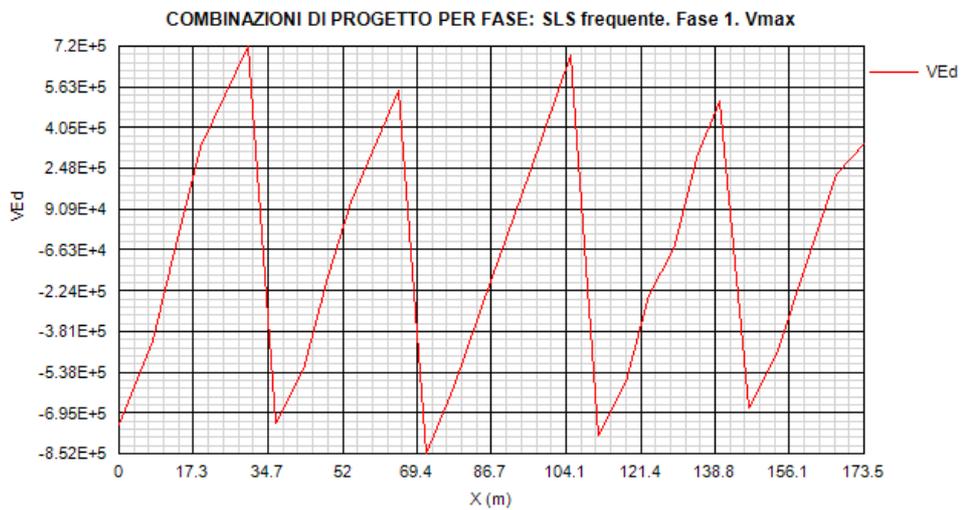
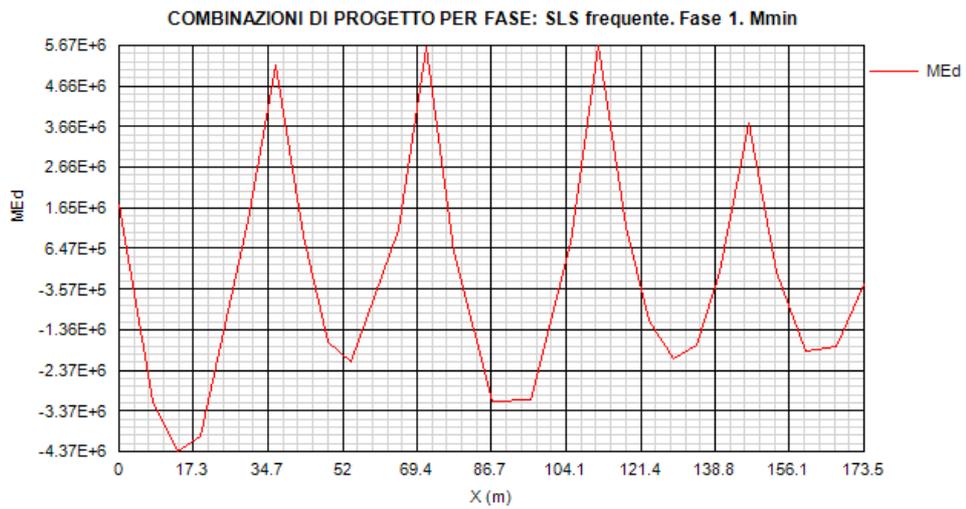


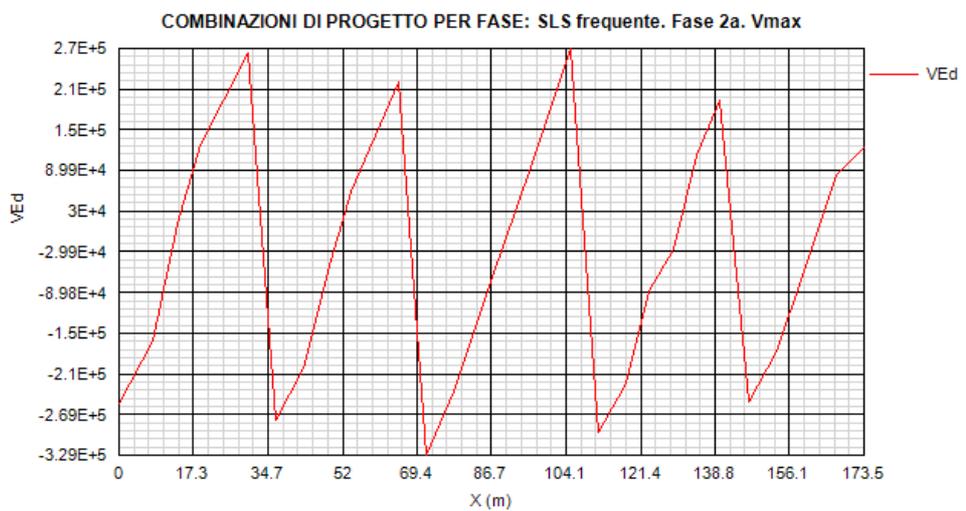
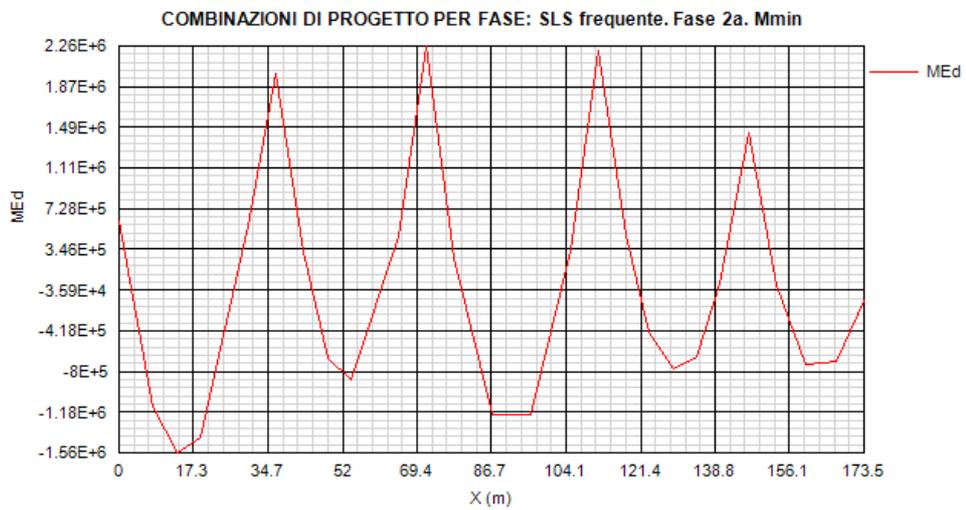
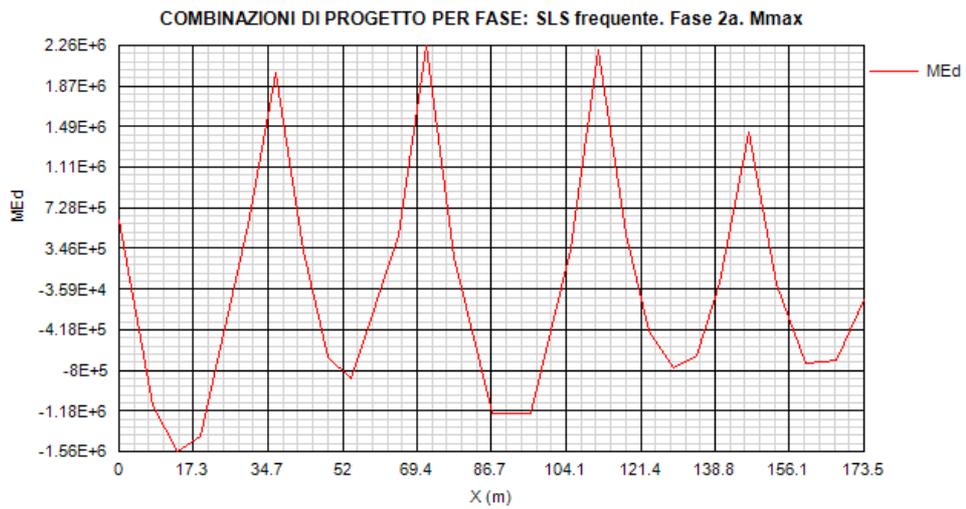


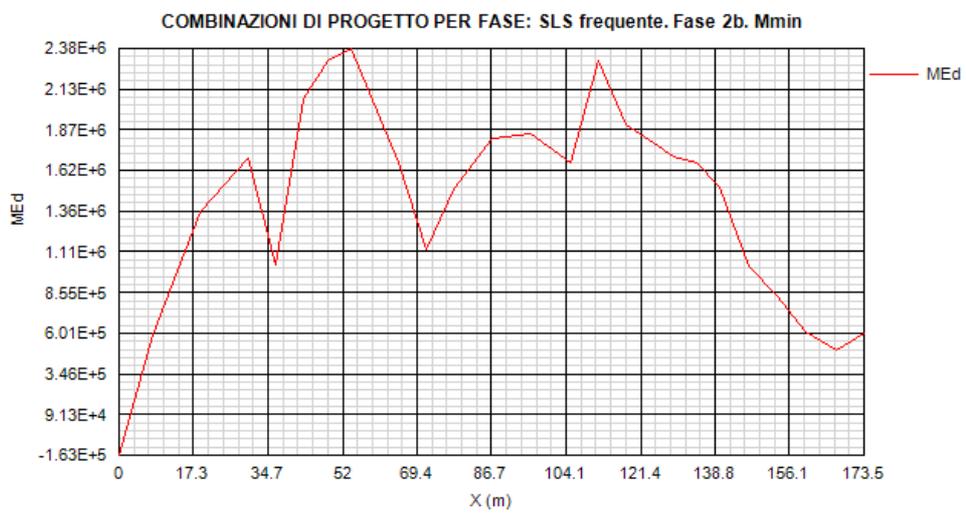
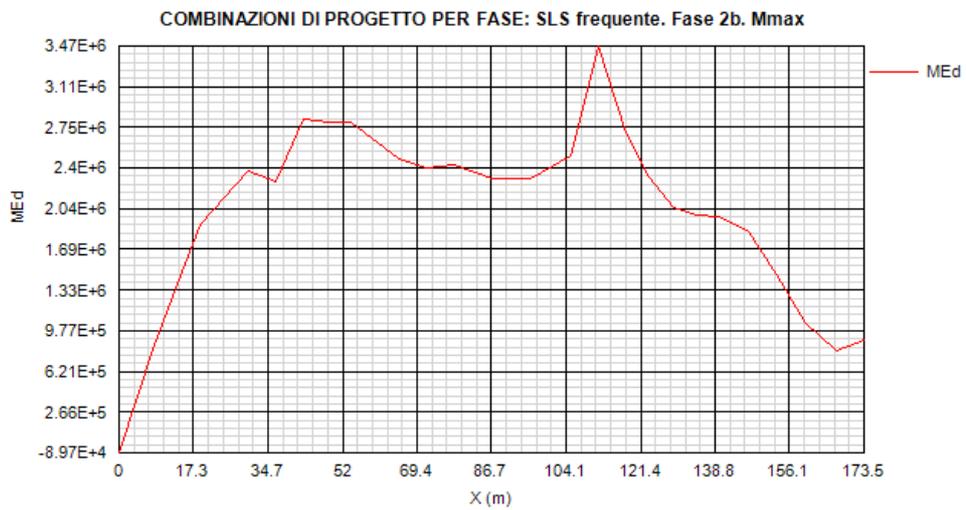
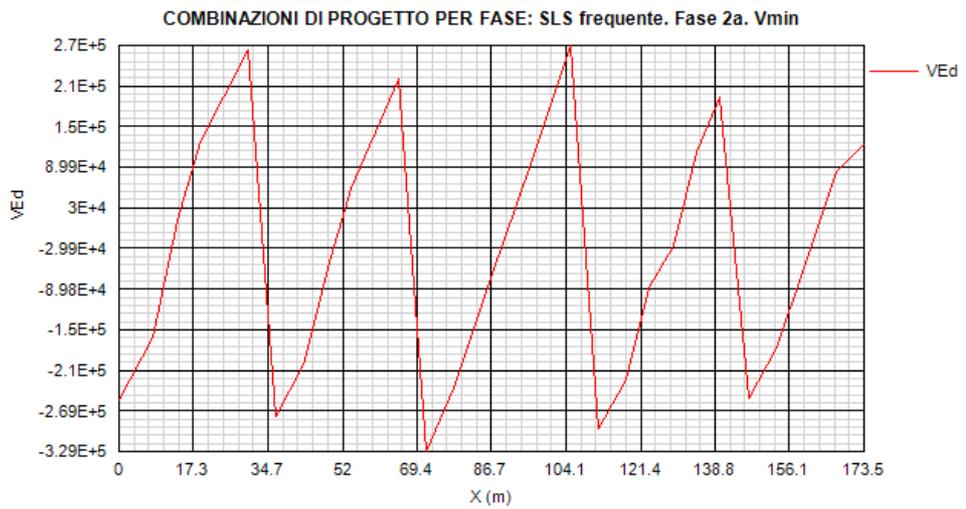




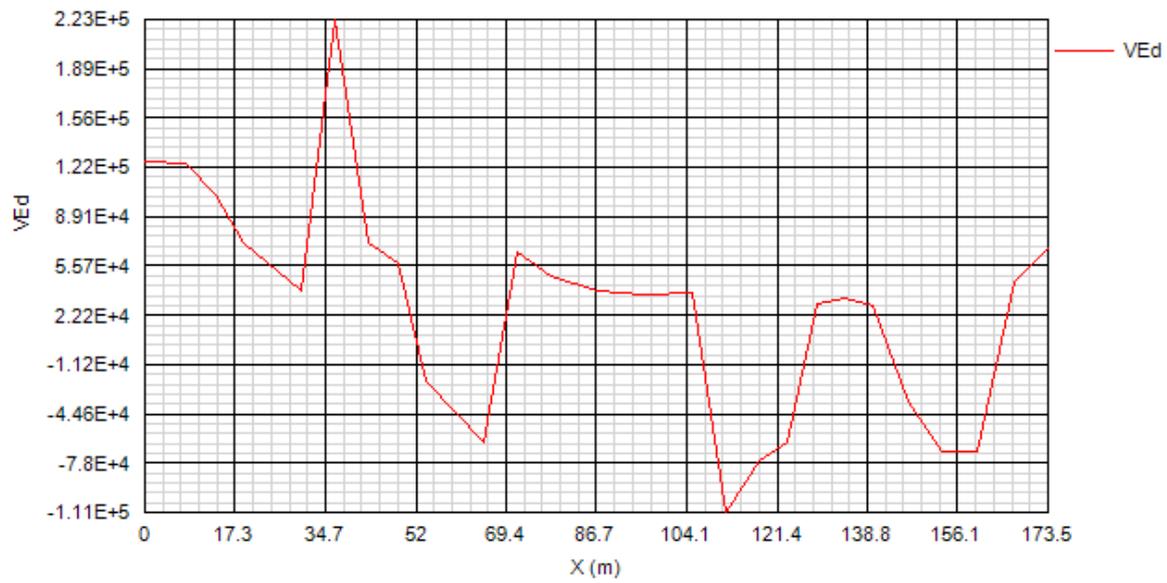




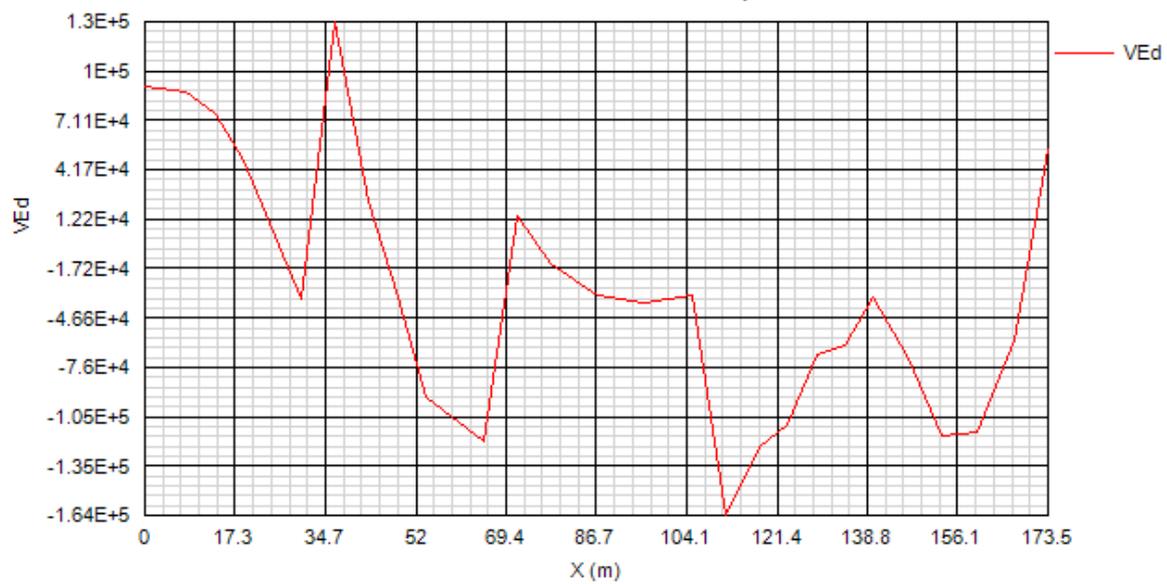


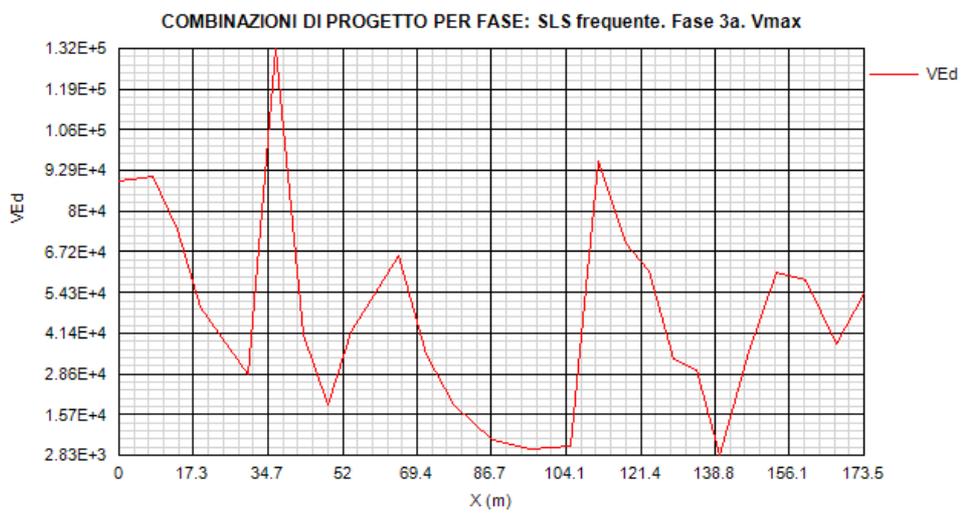
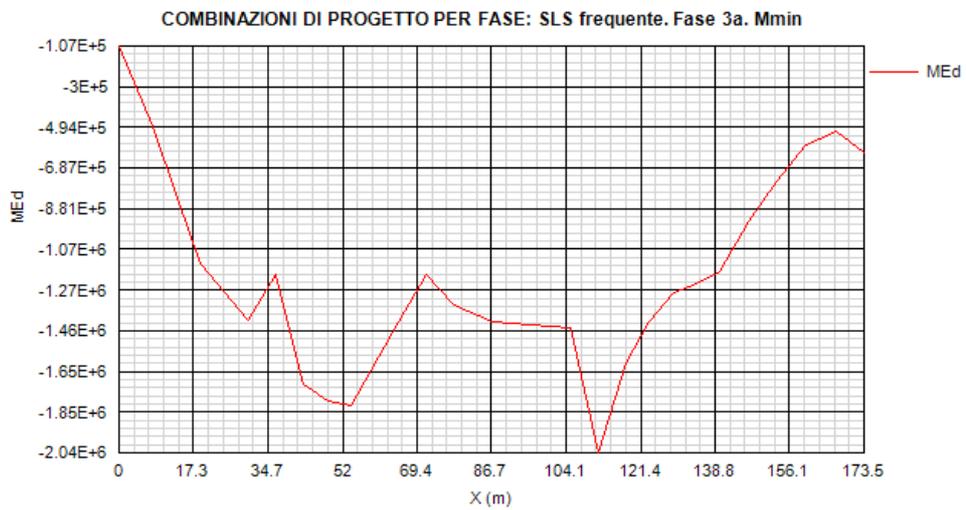
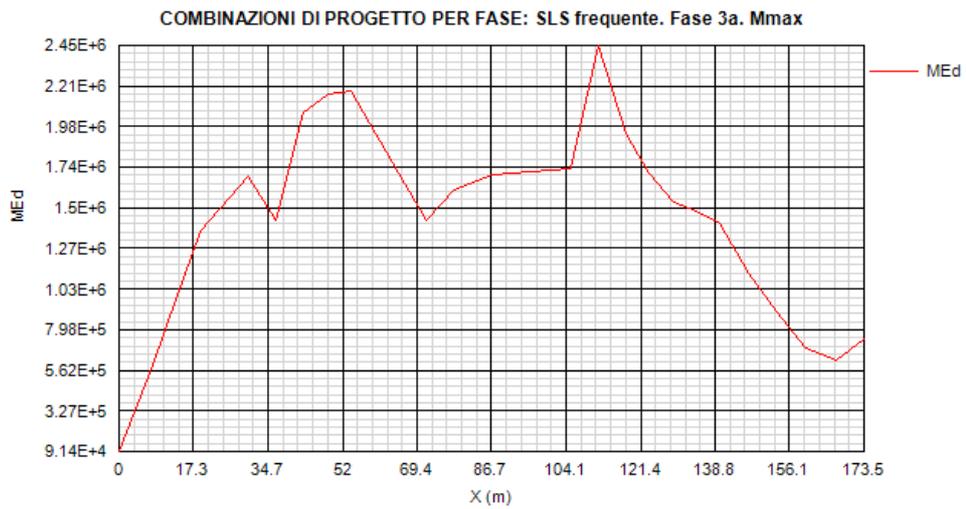


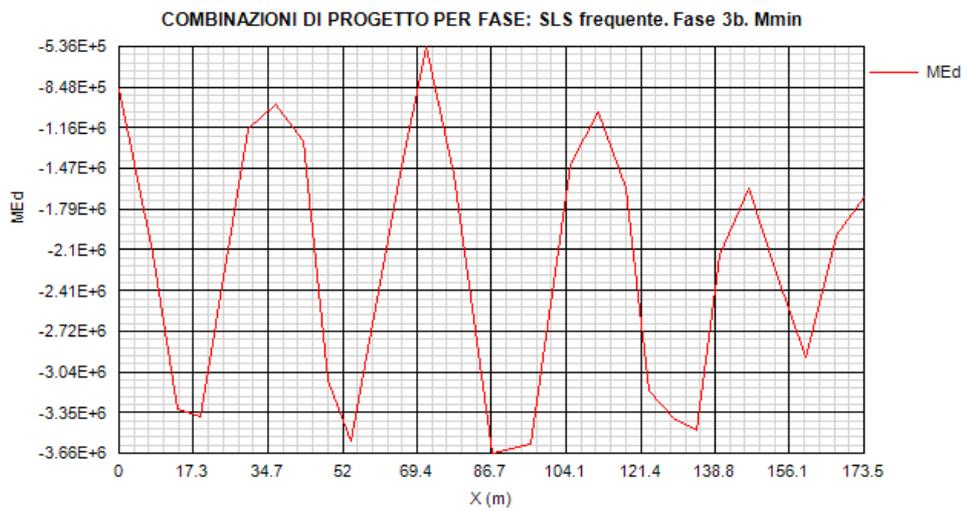
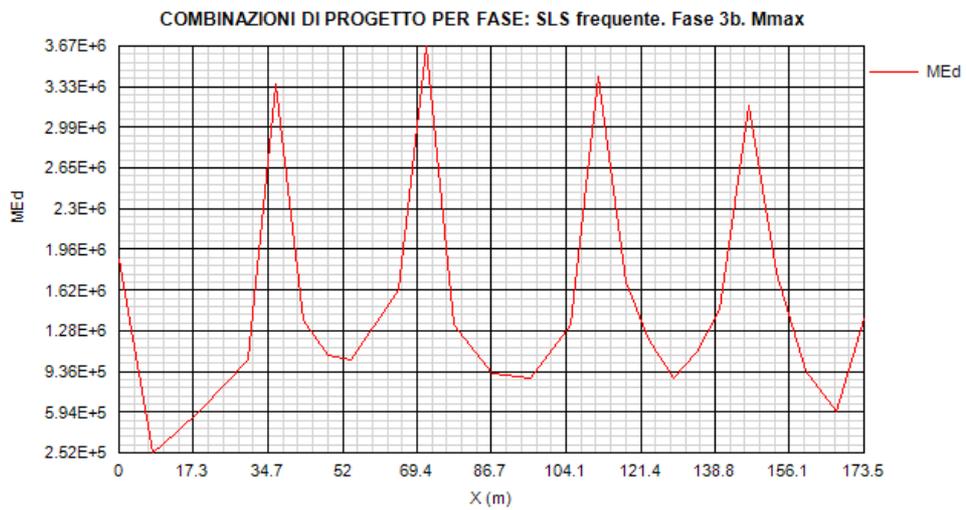
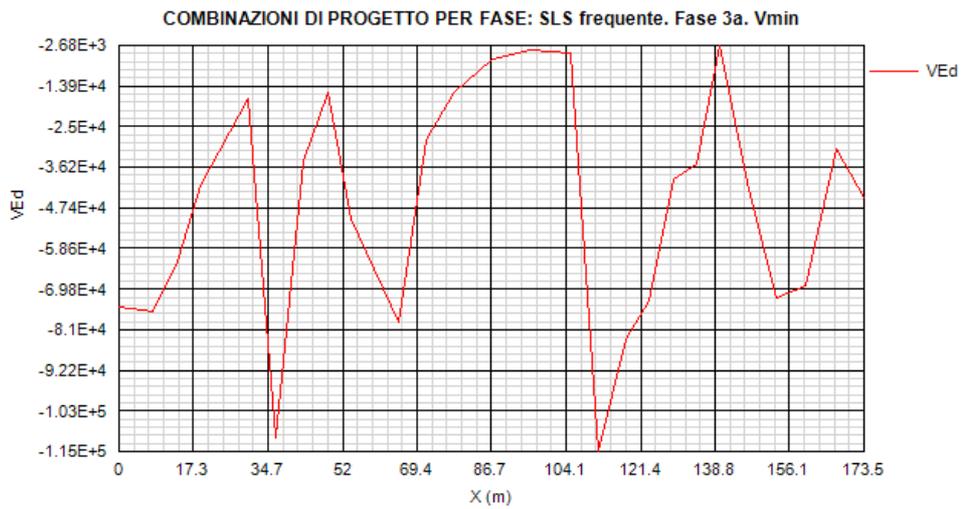
COMBINAZIONI DI PROGETTO PER FASE: SLS frequente. Fase 2b. Vmax

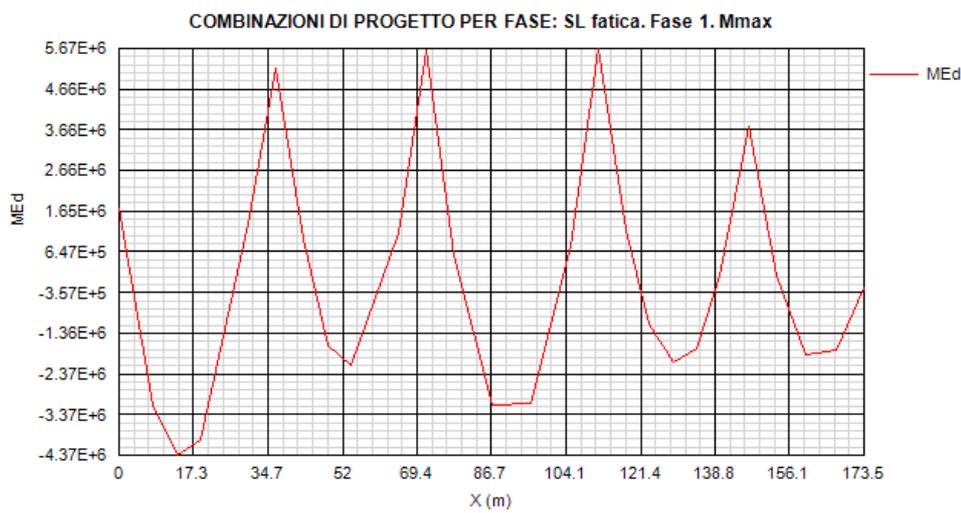
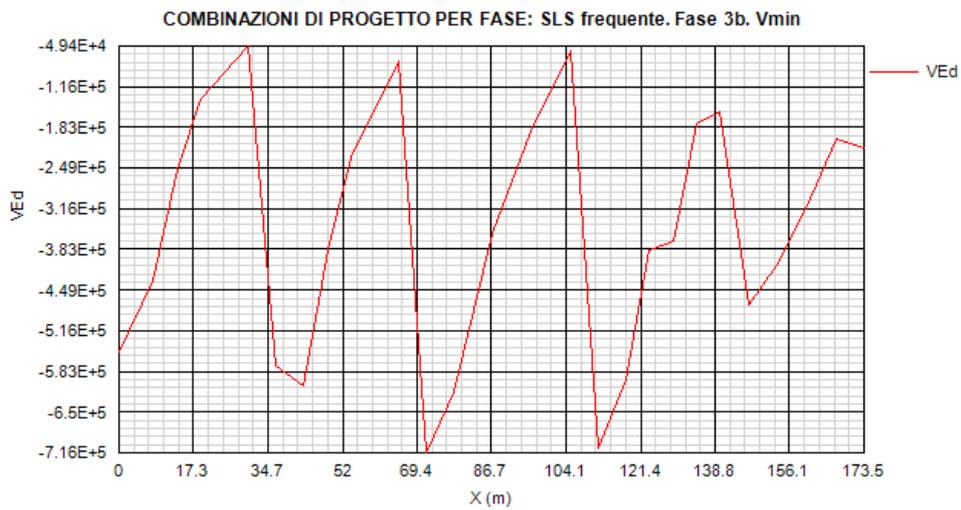
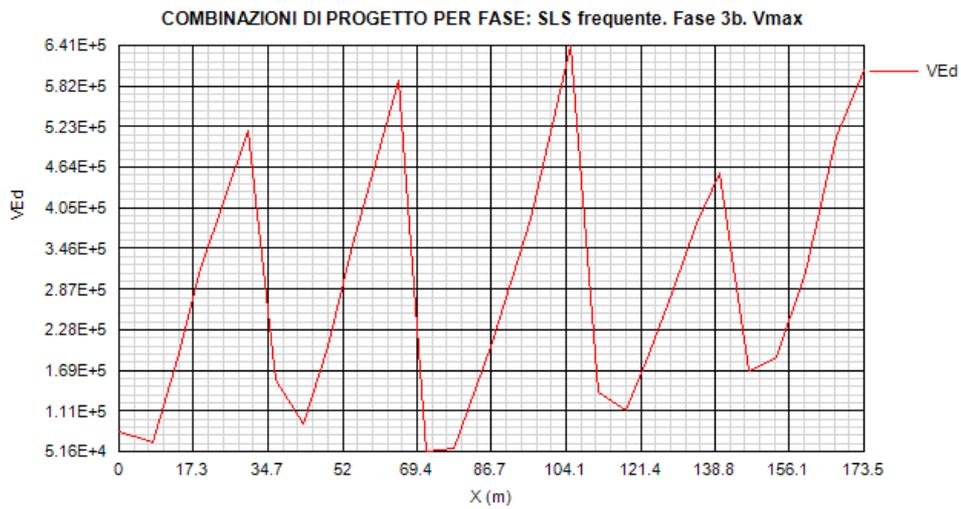


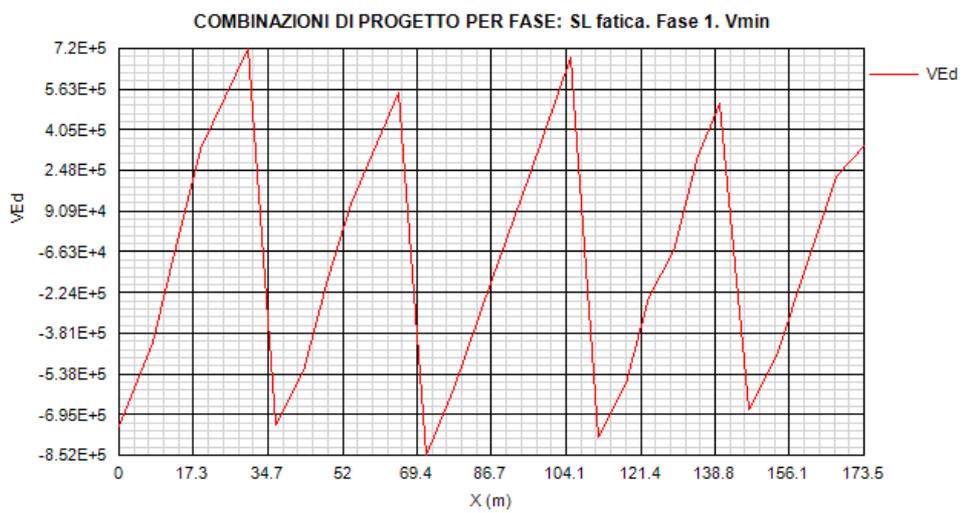
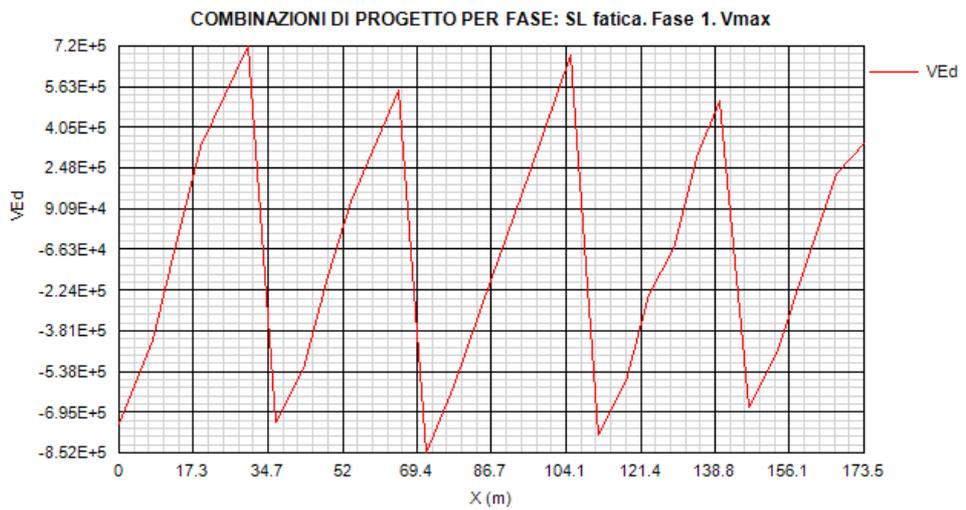
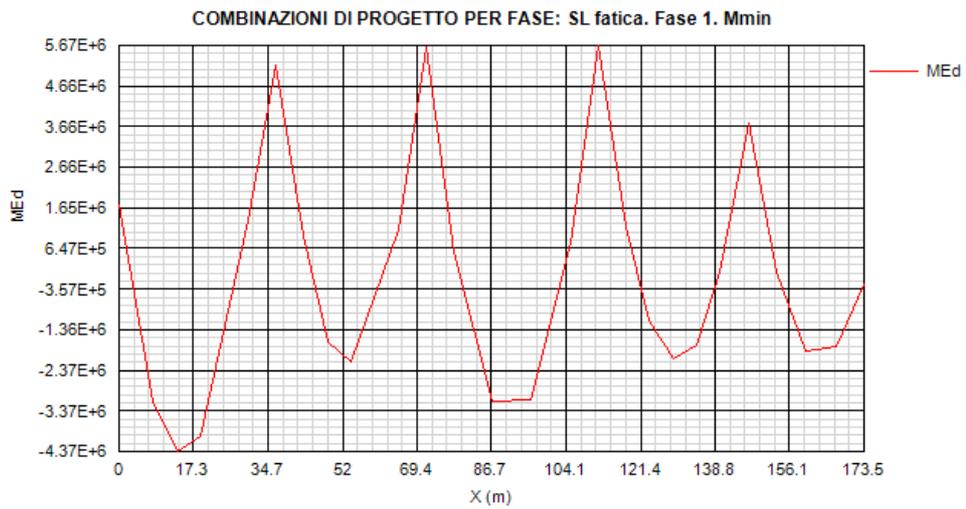
COMBINAZIONI DI PROGETTO PER FASE: SLS frequente. Fase 2b. Vmin

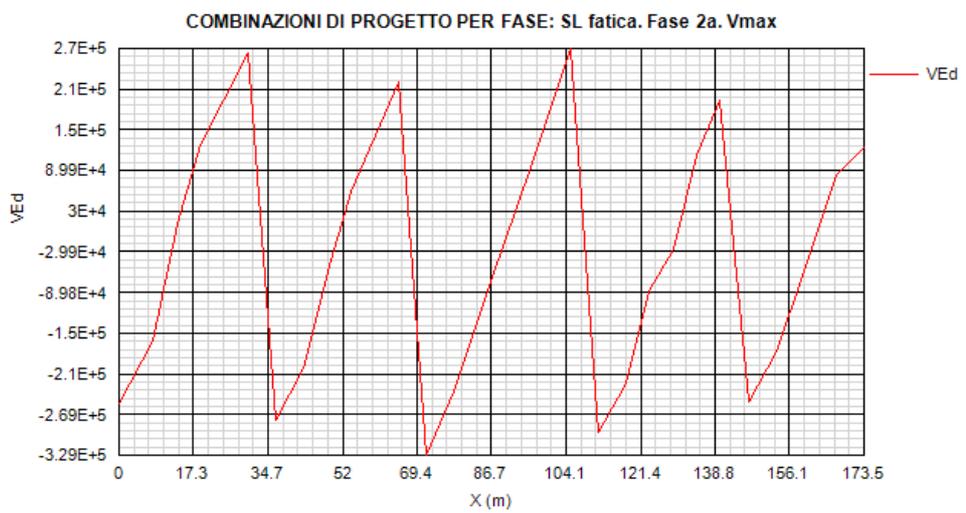
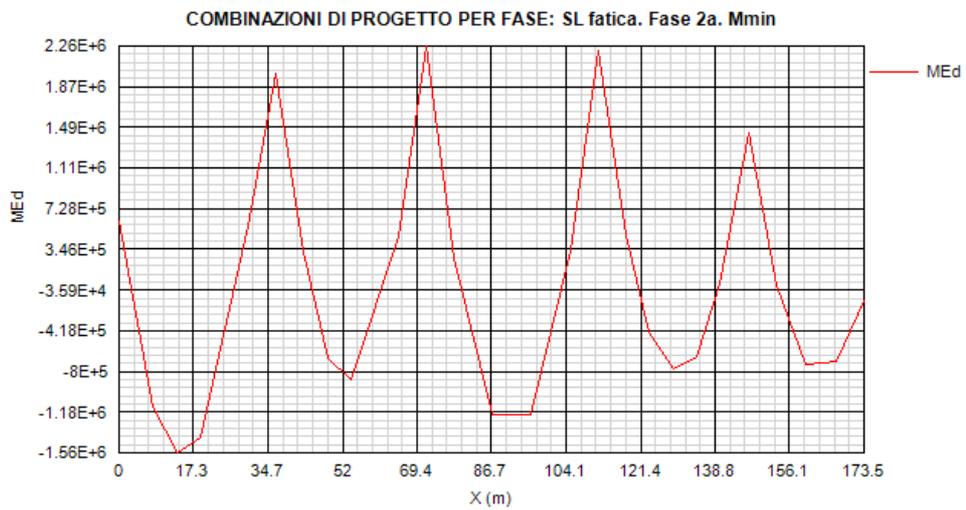
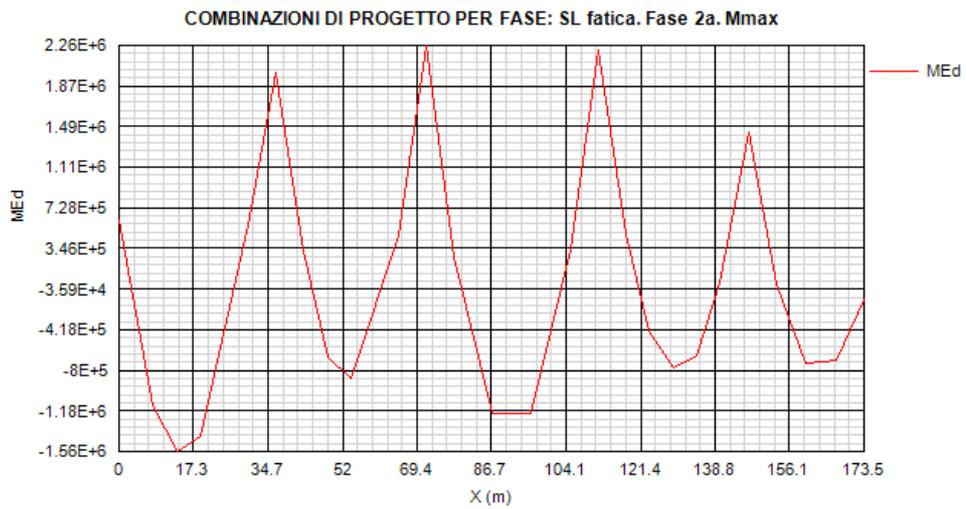


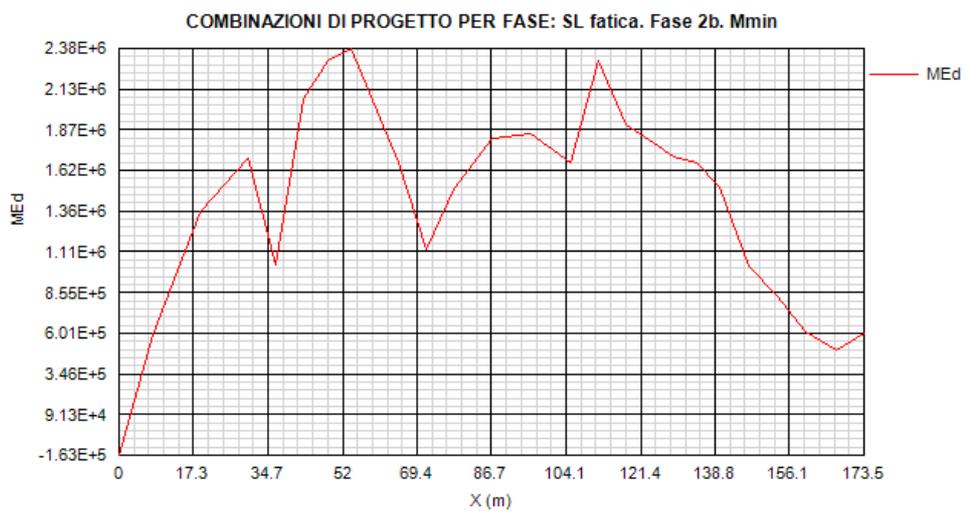
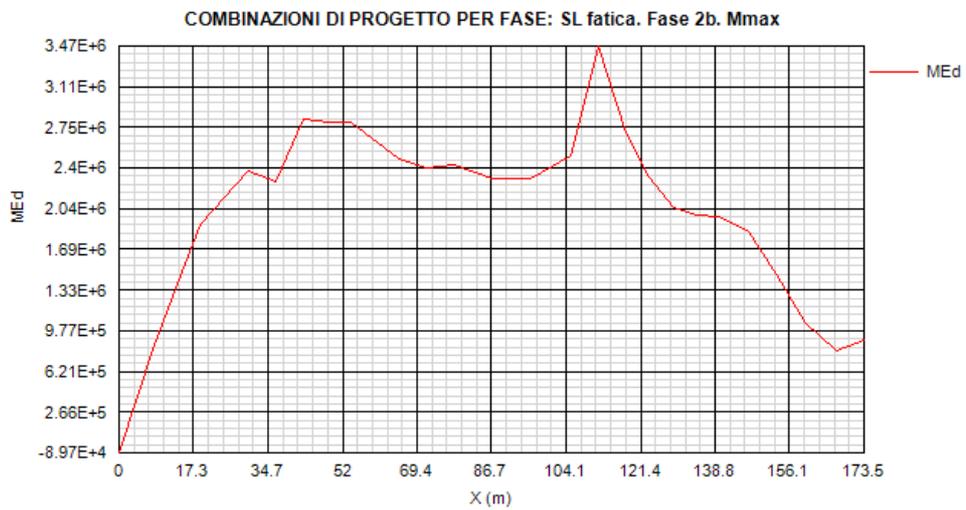
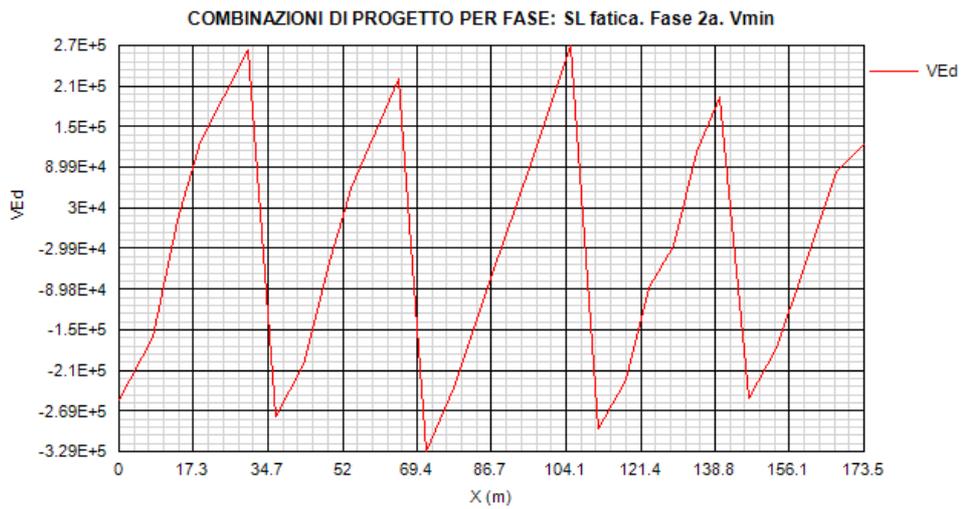


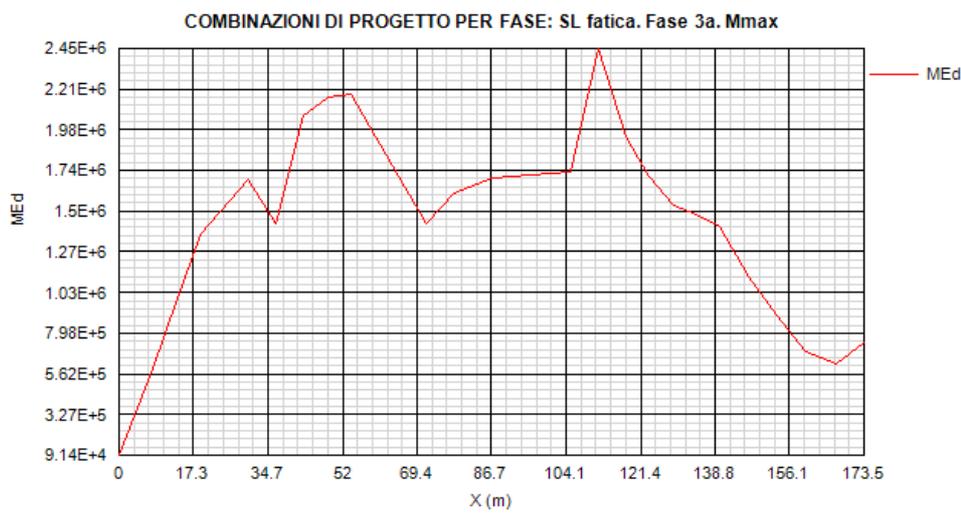
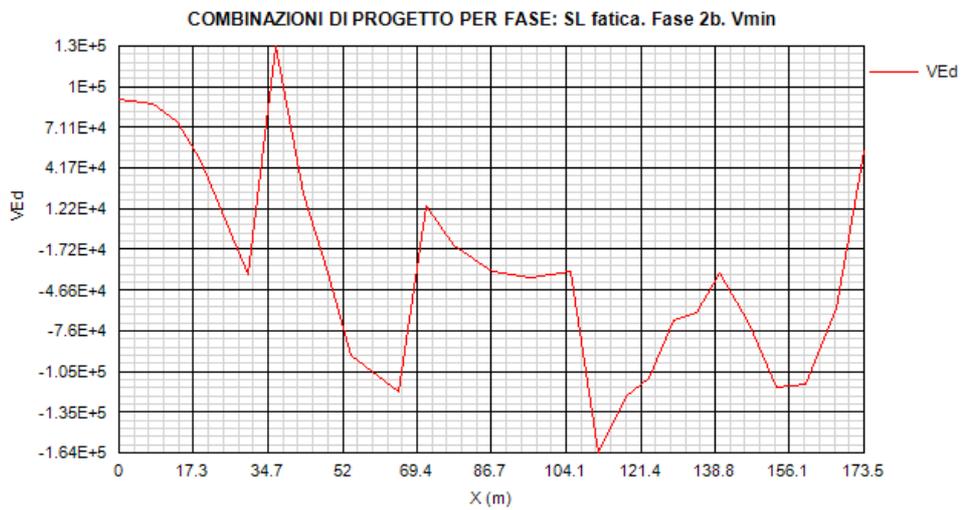
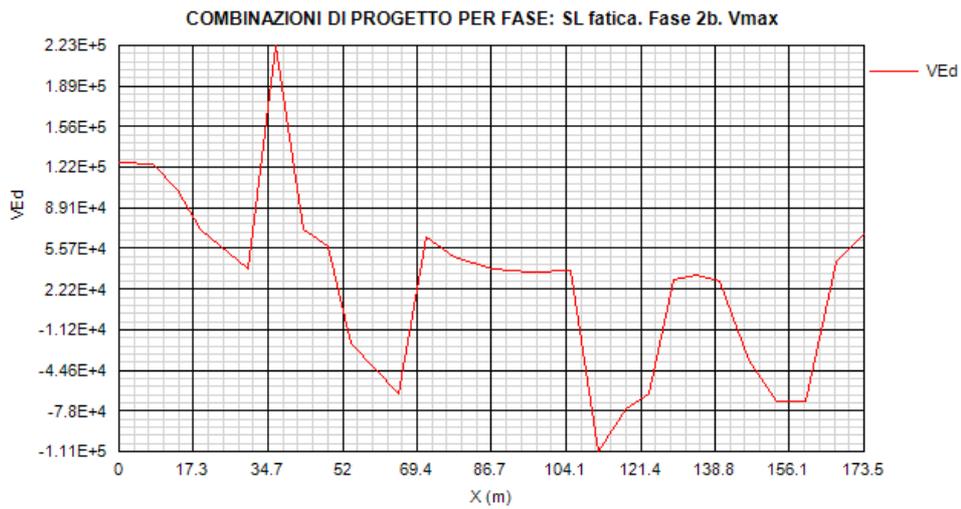


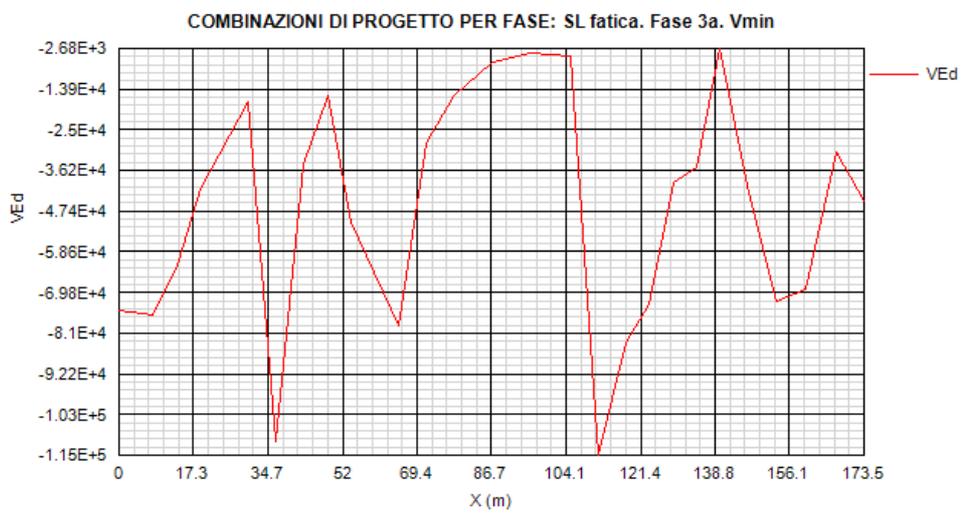
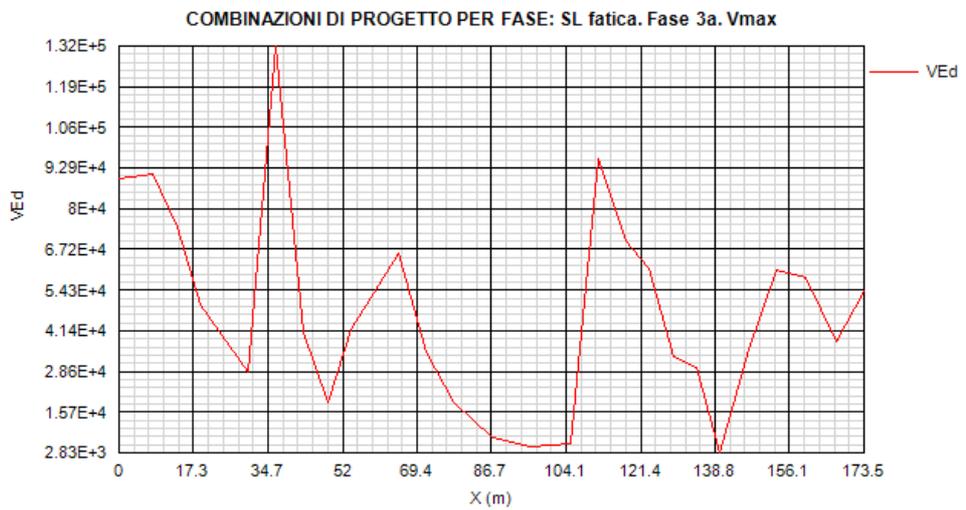
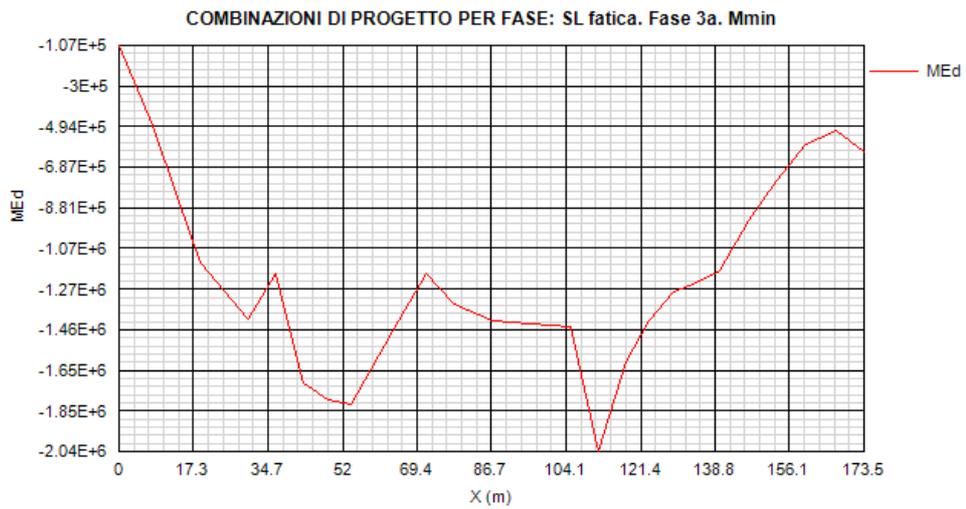


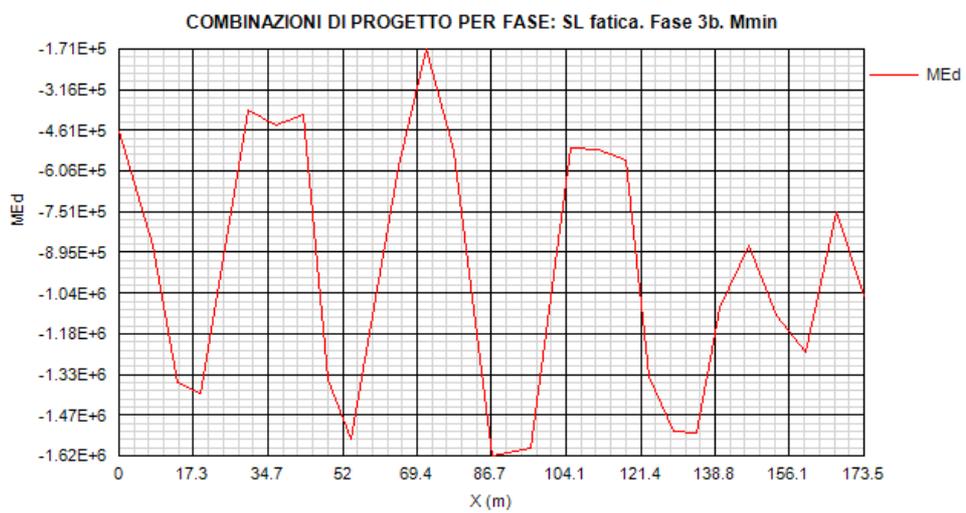
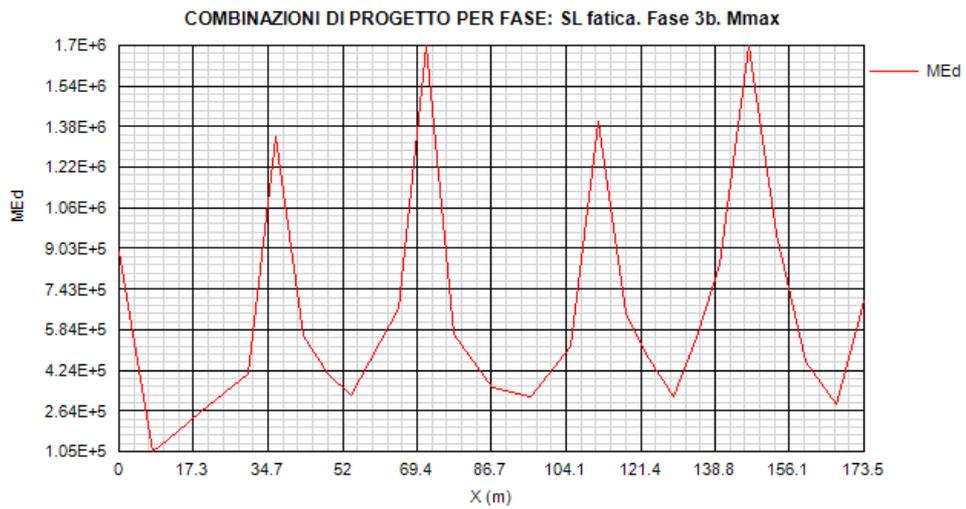


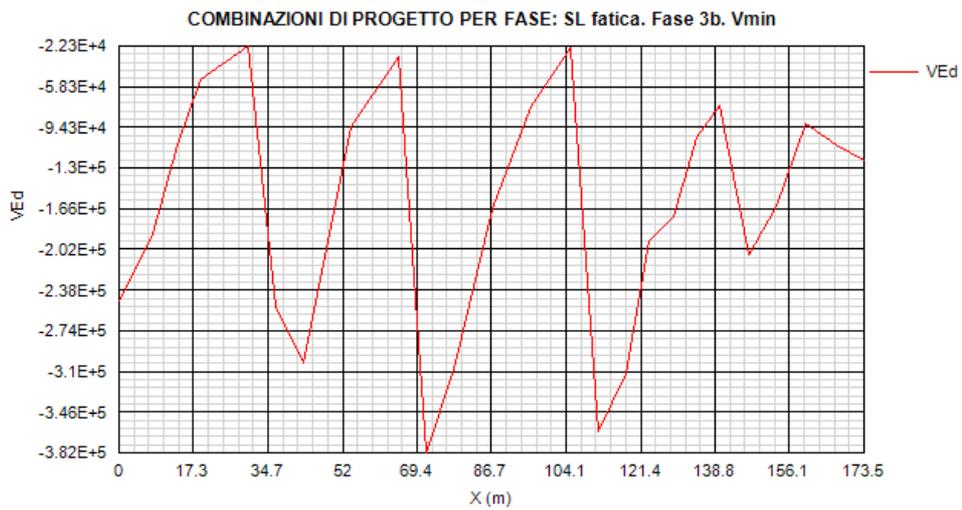
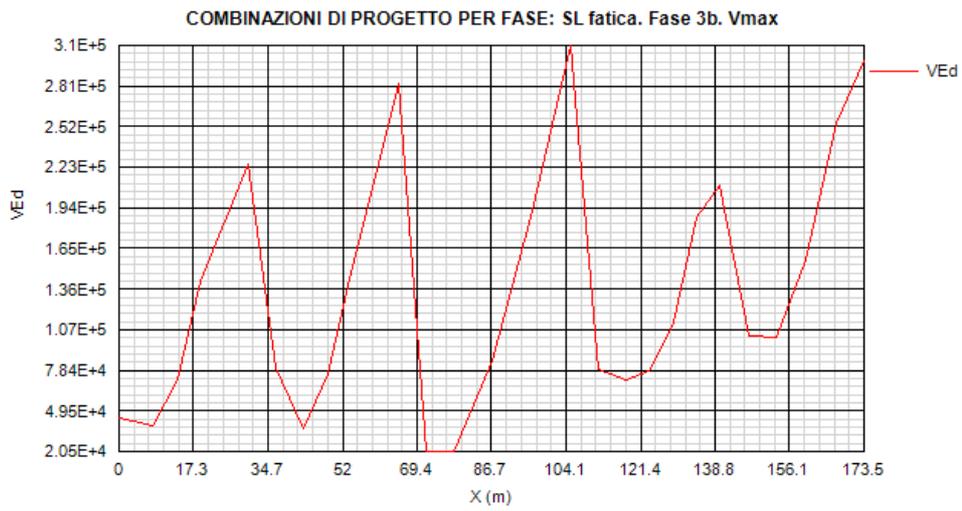












3.1.1.3 Quadro tensionale trasversi

La tipologia dell'opera comporta in quadro tensionale per i traversi molto limitato.

Di seguito si riporta il momento flettente, tratto direttamente dall'analisi E.F., sotto la combinazione S.L.U. Mmax e S.L.U. Mmin

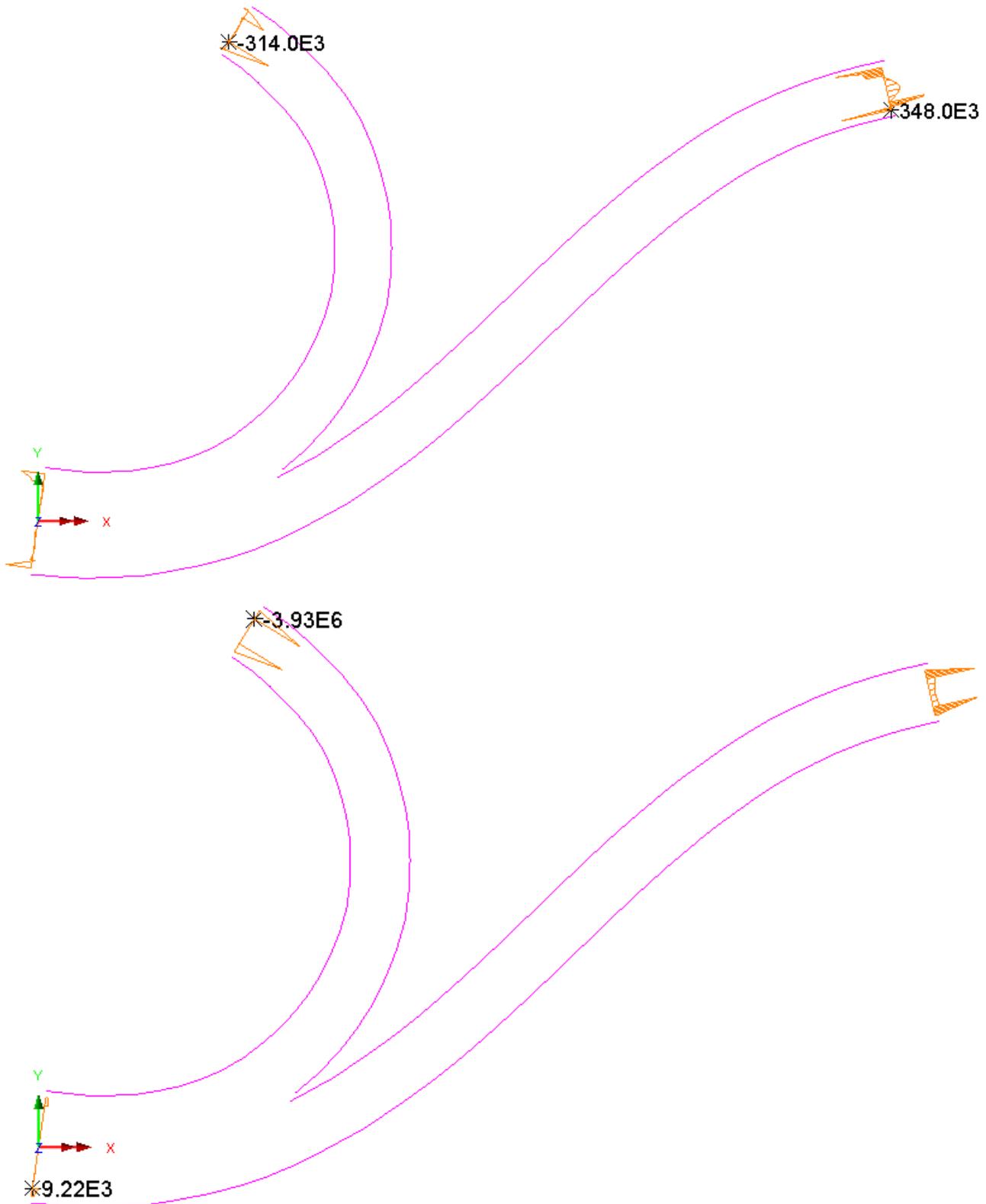


Fig. 12 - Traversi di spalla

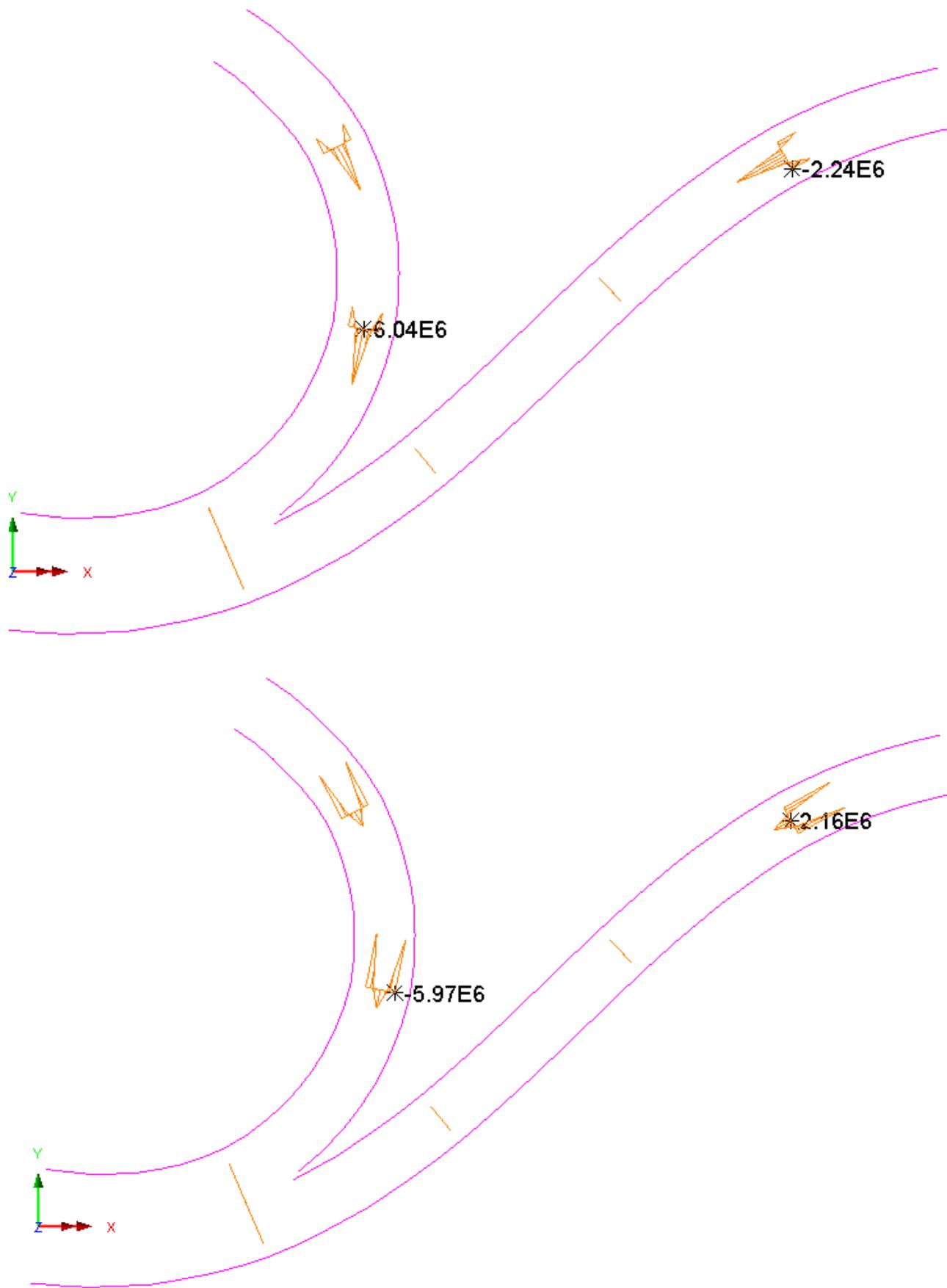


Fig. 13 - Traversi di pila

Il massimo momento flettente si rileva in corrispondenza dei traversi di spalla, con:

$$M_{\max} = 3930 \text{ kNm}$$

Per i traversi in corrispondenza delle elevazioni, il massimo valore del momento flettente risulta;

$$M_{\max} = 6040 \text{ kNm}$$

Per i traversi di spalla, il massimo momento flettente allo S.L.U. elastico risulta:

$$M_{Rd} = 355/1,05 \times 1.83e7/1000^2 = 6187 \text{ kNm}$$

Mentre per i traversi in corrispondenza delle elevazioni, il massimo momento flettente allo S.L.U. elastico risulta:

$$M_{Rd} = 355/1,05 \times 4.66e7/1000^2 = 15755 \text{ kNm}$$

Essendo $M_{Ed} \ll M_{Rd}$, non si procede in questa sede ad ulteriori verifiche.

3.2 Analisi dinamica

La massa complessiva della struttura risulta così composta:

$M1 = 622154 \text{ kg}$	struttura metallica
$M2 = (2210880 + 1139496) \text{ kg}$	soletta in cls e sovraccarichi permanenti
$M4 = (4977814 + 1894898) \text{ kg}$	elevazioni e fondazioni

Per un totale di:

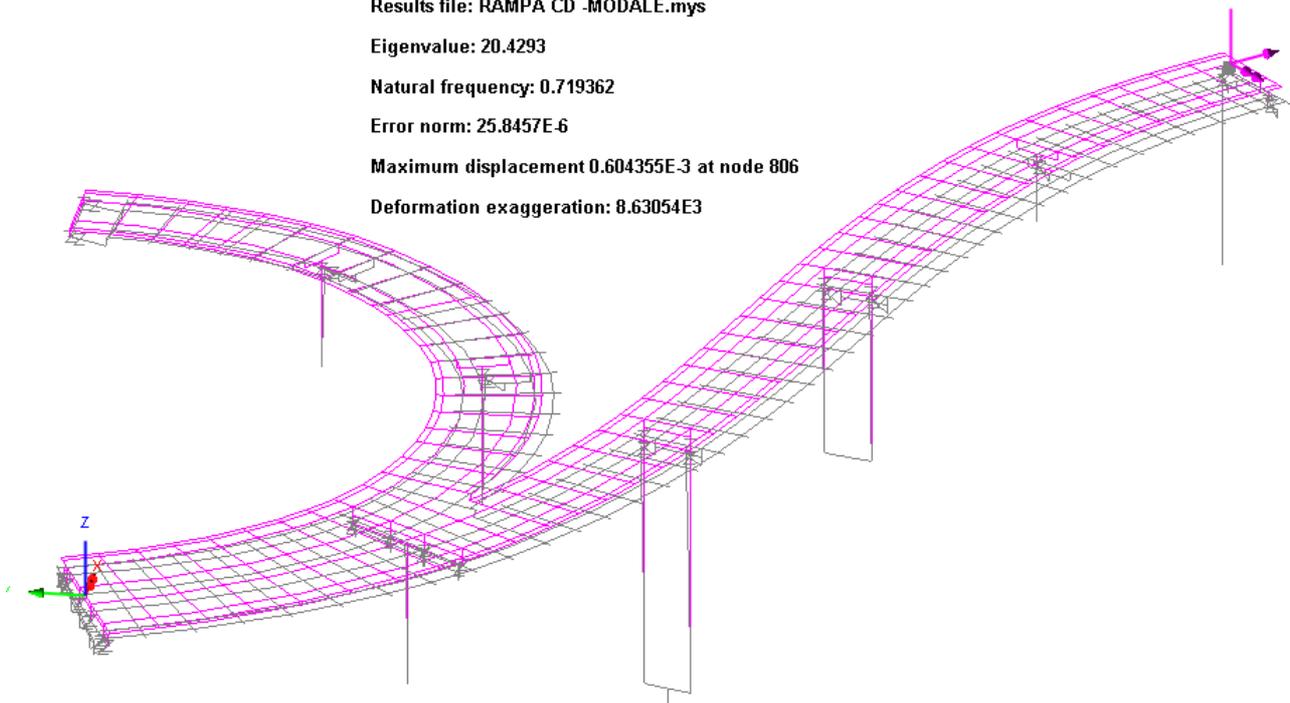
$$M_{\text{tot}} = 10845242 \text{ kg}$$

L'analisi dinamica, ovviamente dominata dall'effetto degli isolatori, viene arrestata ai primi modi rappresentativi ovvero in grado di eccitare almeno il 90% delle masse significative.

Nelle figure seguenti si riportano i modi principali longitudinale, trasversale e verticale.

Modo 1 (f = 0.72 Hz)

Loadcase: 1:Eigenvalue 1
Results file: RAMPA CD -MODALE.mys
Eigenvalue: 20.4293
Natural frequency: 0.719362
Error norm: 25.8457E-6
Maximum displacement 0.604355E-3 at node 806
Deformation exaggeration: 8.63054E3



Modo 2 (f=0.775 Hz)

Loadcase: 1:Eigenvalue 2

Results file: RAMPA CD -MODALE.mys

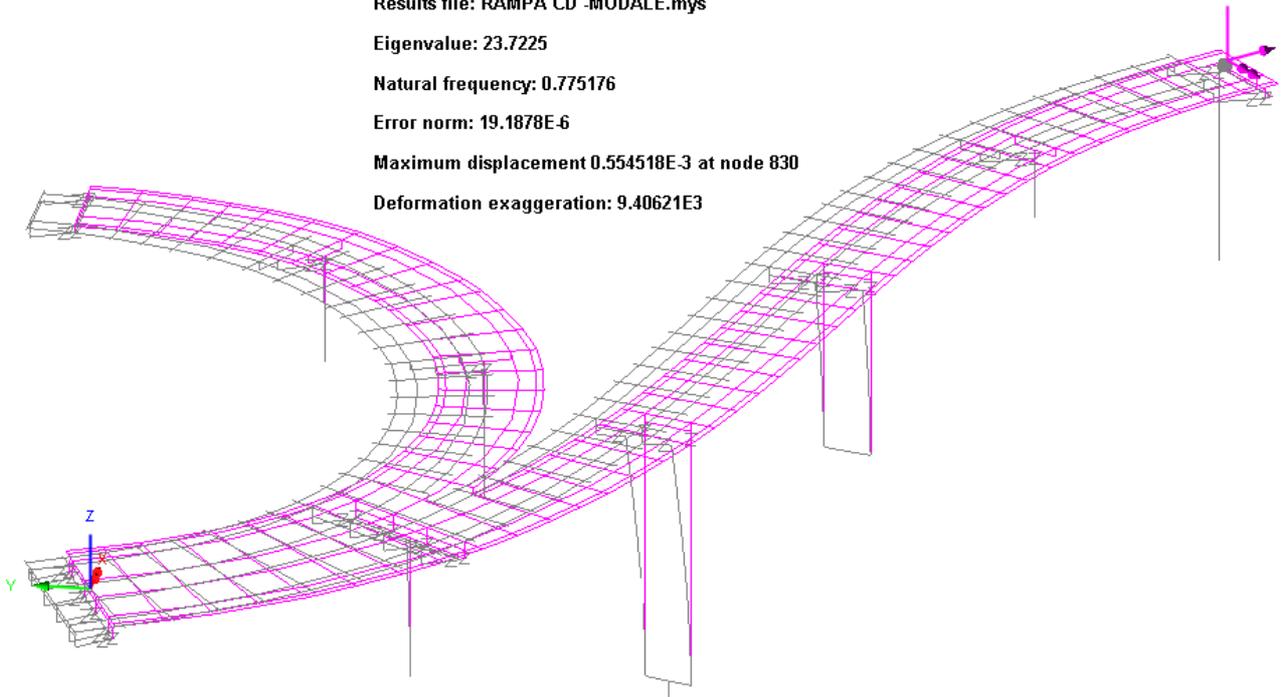
Eigenvalue: 23.7225

Natural frequency: 0.775176

Error norm: 19.1878E-6

Maximum displacement 0.554518E-3 at node 830

Deformation exaggeration: 9.40621E3



Modo 10 (f=2.197 Hz)

Loadcase: 1:Eigenvalue 10

Results file: RAMPA CD -MODALE.mys

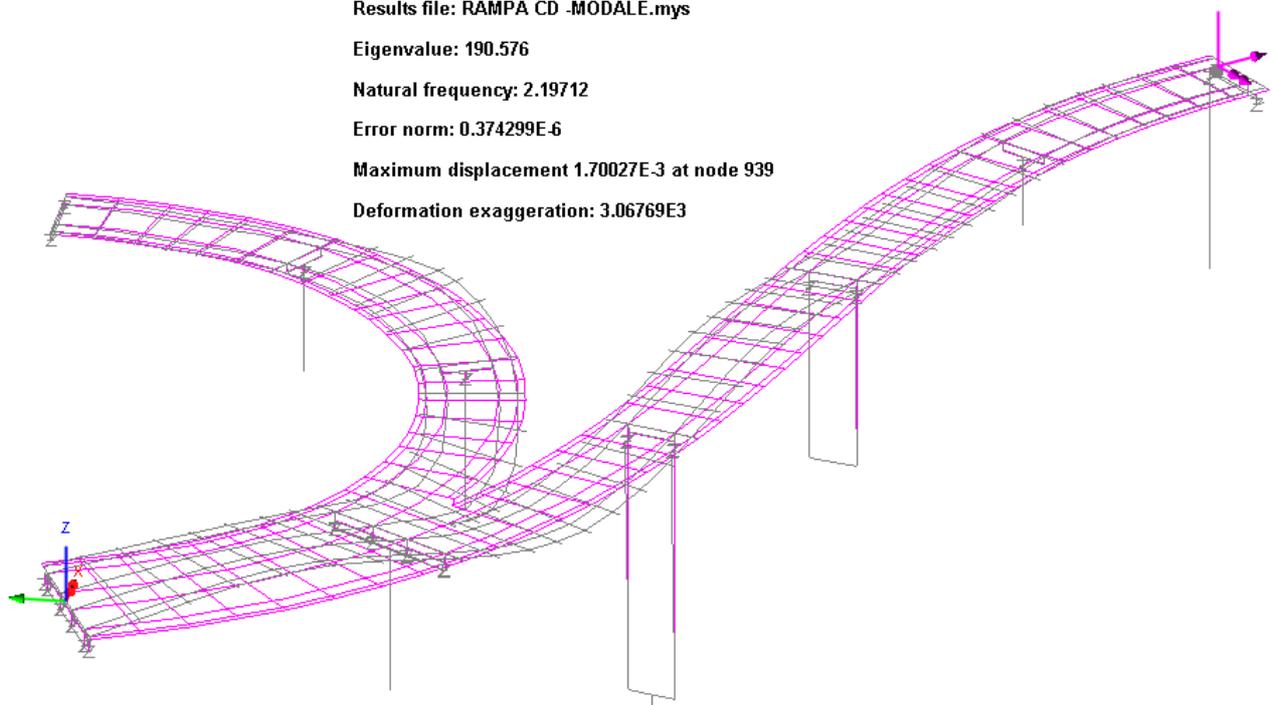
Eigenvalue: 190.576

Natural frequency: 2.19712

Error norm: 0.374299E-6

Maximum displacement 1.70027E-3 at node 939

Deformation exaggeration: 3.06769E3



Di seguito i parametri identificativi dei modi analizzati.

PARTICIPATION FACTORS IN GLOBAL DIRECTIONS									
MODE	X DIRECTION			Y DIRECTION			Z DIRECTION		
	P.FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.	P.FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.	P.FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.
1	-288.50	7.46E-03	1%	-1916.00	3.29E-01	33%	0.59	3.14E-08	0%
2	-2051.00	3.77E-01	38%	174.60	2.73E-03	33%	3.67	1.21E-06	0%
3	551.10	2.72E-02	41%	129.00	1.49E-03	33%	-0.16	2.36E-09	0%
4	-122.80	1.35E-03	41%	561.10	2.82E-02	36%	0.02	2.51E-11	0%
5	197.10	3.48E-03	42%	-157.10	2.21E-03	36%	-3.67	1.20E-06	0%
6	-47.01	1.98E-04	42%	649.50	3.78E-02	40%	3.39	1.03E-06	0%
7	90.85	7.39E-04	42%	-177.30	2.82E-03	40%	-4.39	1.73E-06	0%
8	20.80	3.87E-05	42%	10.31	9.51E-06	40%	0.42	1.59E-08	0%
9	-244.50	5.35E-03	42%	-221.60	4.40E-03	41%	-12.94	1.50E-05	0%
10	-21.12	3.99E-05	42%	-26.39	6.24E-05	41%	75.00	5.04E-04	0%
11	-26.80	6.43E-05	42%	26.67	6.37E-05	41%	4.61	1.91E-06	0%
12	20.70	3.84E-05	42%	8.22	6.05E-06	41%	-225.00	4.53E-03	1%
13	-3.23	9.31E-07	42%	16.69	2.49E-05	41%	-96.93	8.41E-04	1%
14	-5.98	3.20E-06	42%	-14.83	1.97E-05	41%	9.50	8.07E-06	1%
15	-25.22	5.70E-05	42%	18.79	3.16E-05	41%	-603.40	3.26E-02	4%
16	293.70	7.73E-03	43%	-354.80	1.13E-02	42%	-30.50	8.33E-05	4%
17	-0.04	1.50E-10	43%	0.09	6.71E-10	42%	1.99	3.56E-07	4%
18	-267.70	6.42E-03	44%	-249.90	5.59E-03	43%	-1.16	1.21E-07	4%
19	-25.07	5.63E-05	44%	-24.97	5.58E-05	43%	0.42	1.58E-08	4%
20	29.23	7.65E-05	44%	19.60	3.44E-05	43%	-66.46	3.96E-04	4%

La sovrapposizione modale viene effettuata con riferimento agli spettri identificati ai paragrafi precedenti, adottando il metodo CQC.

I risultati vengono presentati direttamente nel prosieguo della relazione.

4. Verifica impalcato metallico

Per le modalità operative proprie del software di verifica, si rimanda ai capitoli introduttivi.

Nei capitoli seguenti si riportano i risultati salienti delle verifiche, espressi in generale in termini di rapporti di sfruttamento.

4.1 Verifica travi longitudinali

L'impalcato è sostanzialmente simmetrico. Le verifiche vengono pertanto eseguite solo sulla trave posta in sinistra.

Le sollecitazioni di verifica vengono direttamente dedotte dalle combinazioni del modello ad elementi finiti.

4.1.1 S.L.U. - resistenza delle sezioni – rapporti di sfruttamento

Si riportano di seguito i diagrammi dei seguenti rapporti di sfruttamento:

max η assoluto

Derivante dall'interazione N/M/V (EN1993-1-5, 7.1.(1)); nei casi in cui non vi è interazione, tale valore coincide con il rapporto di sfruttamento a flessione η_1 .

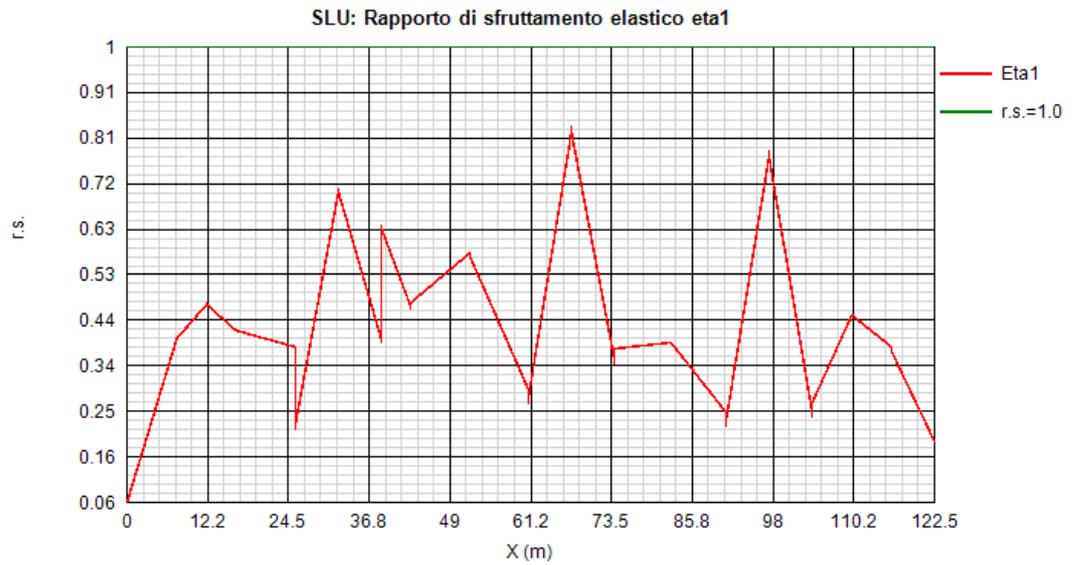
max η_1 / η_{1l}

Rapporto di sfruttamento a flessione; nell'ambito delle condizioni di applicabilità dell'analisi plastica, esso coincide con il rapporto $\eta_{1l} = M_{Ed}/M_{pl}$ (rapporto di sfruttamento plastico); in tutti gli altri casi è pari a $\eta_1 = \sigma_{Ed}/(\gamma_{m0}f_{yk})$. I rapporti di sfruttamento a flessione, risp. elastici e plastici vengono tracciati indipendentemente dal campo di applicabilità; in ogni caso, il valore considerato nel calcolo del rapporto di sfruttamento assoluto considera di volta in volta il rapp. elastico/plastico in funzione degli effettivi limiti di applicabilità.

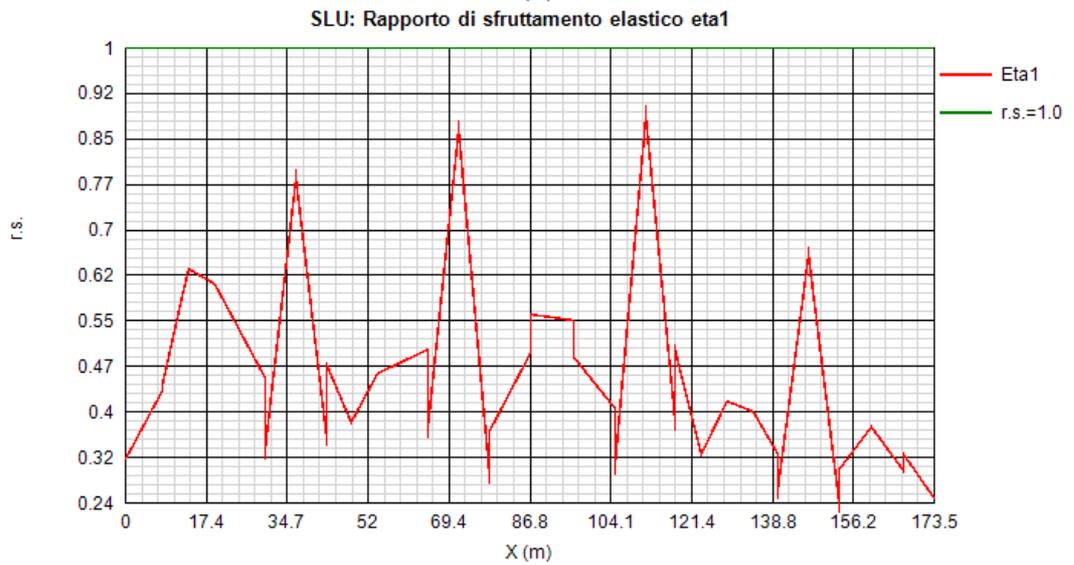
max η_3

Rapporto di sfruttamento a taglio $\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd}$

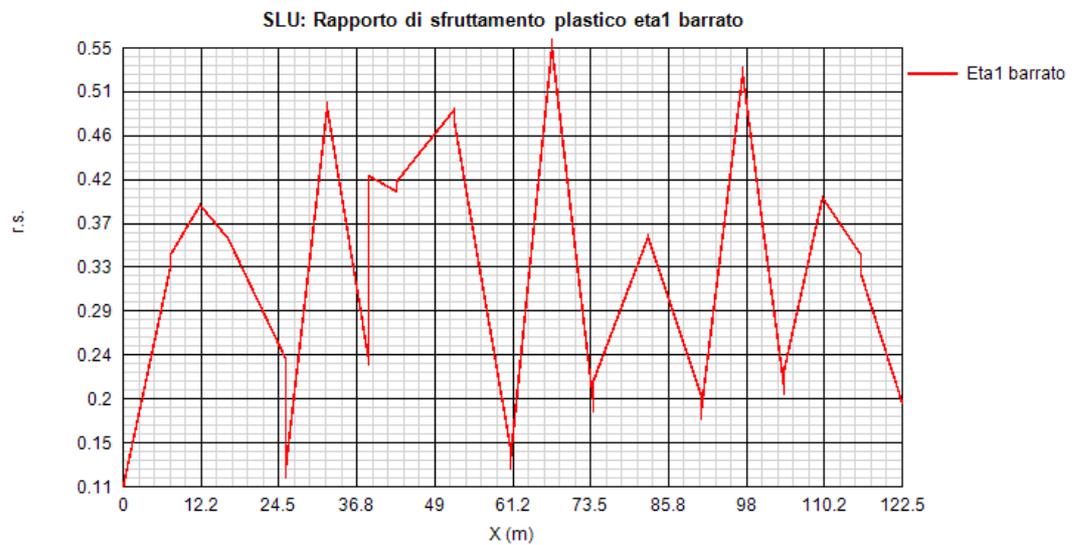
Rampa C



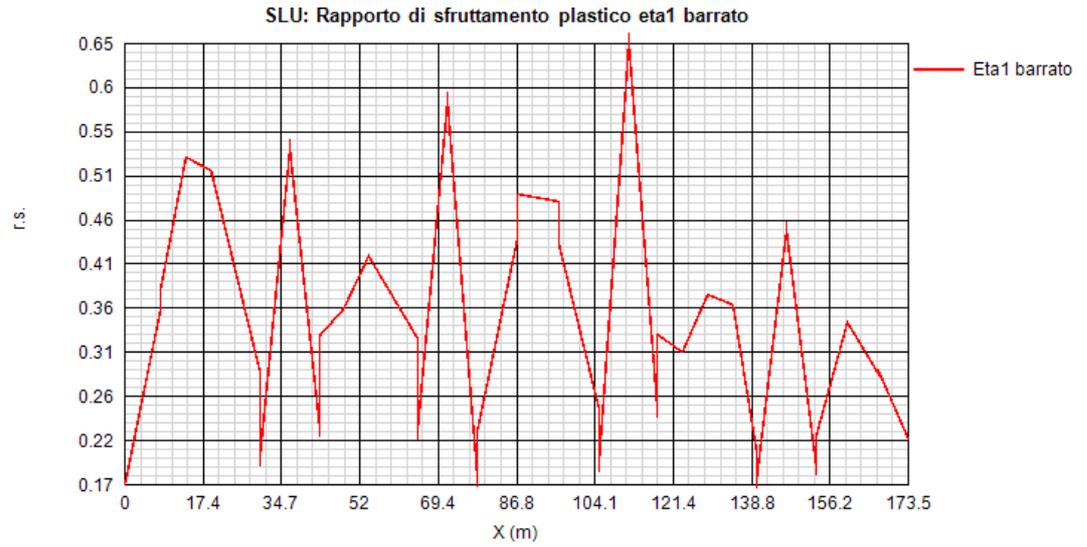
Rampa D



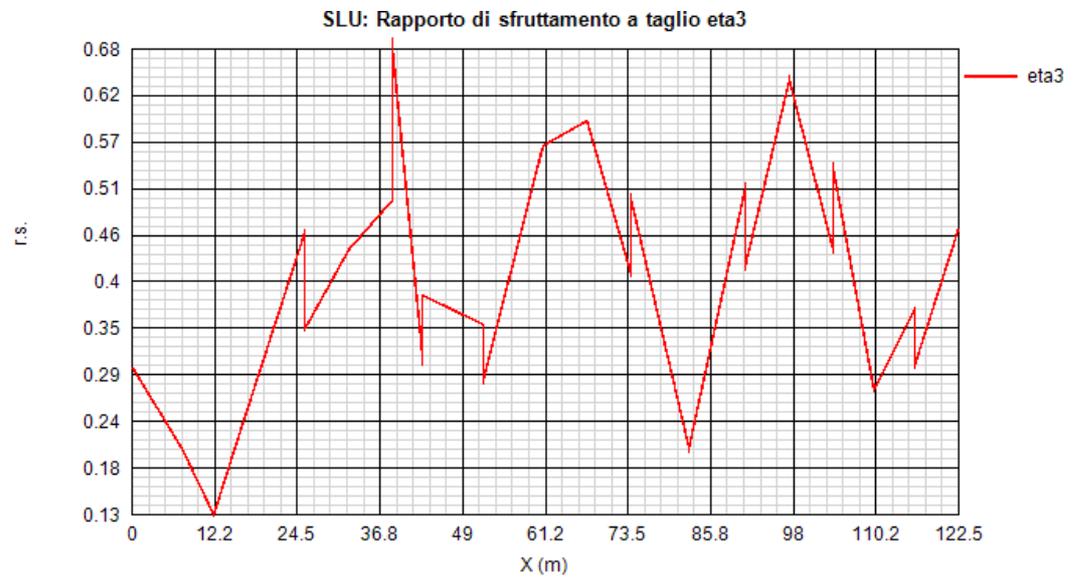
Rampa C



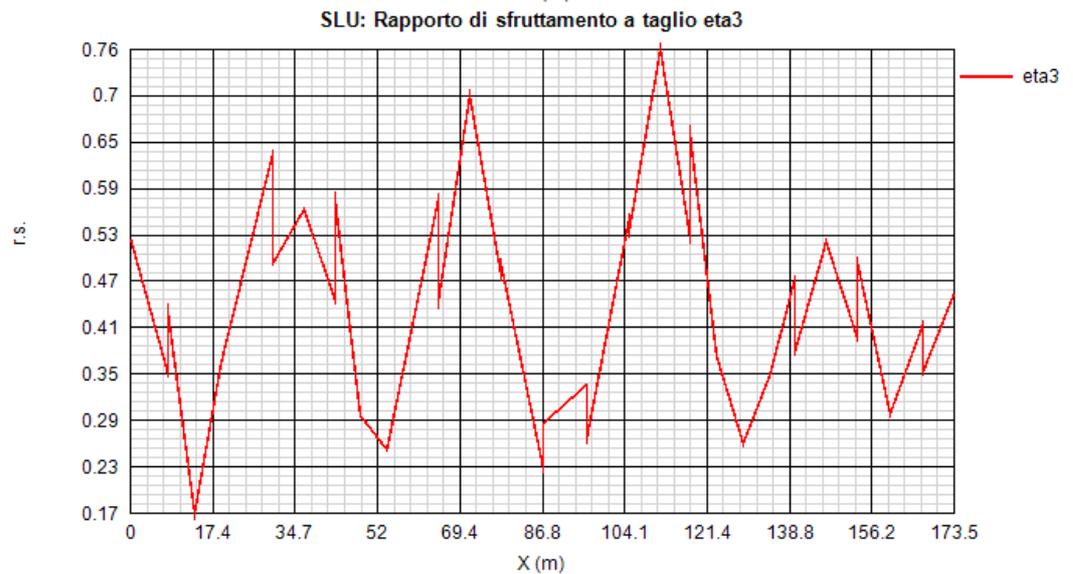
Rampa D



Rampa C



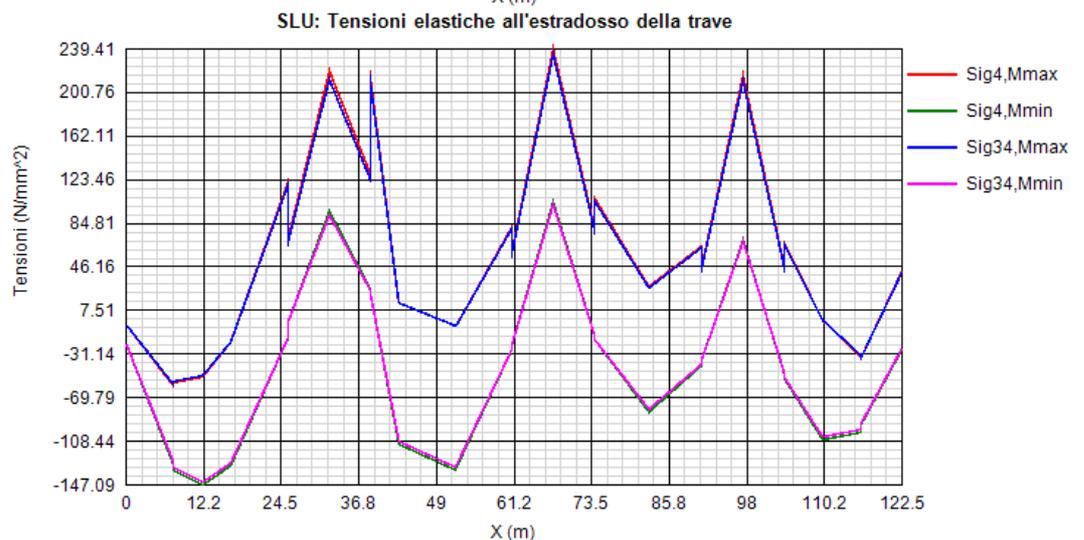
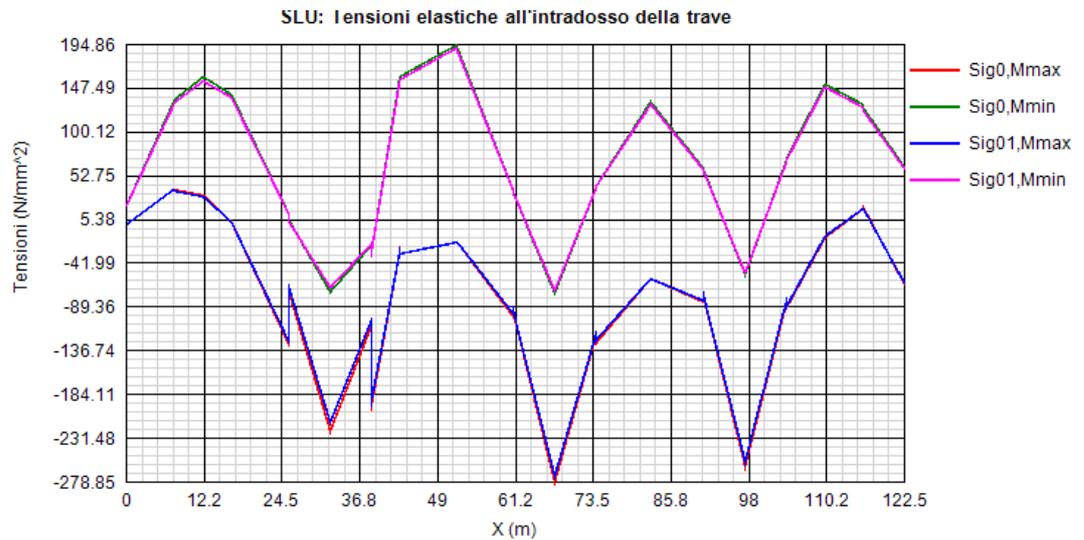
Rampa D



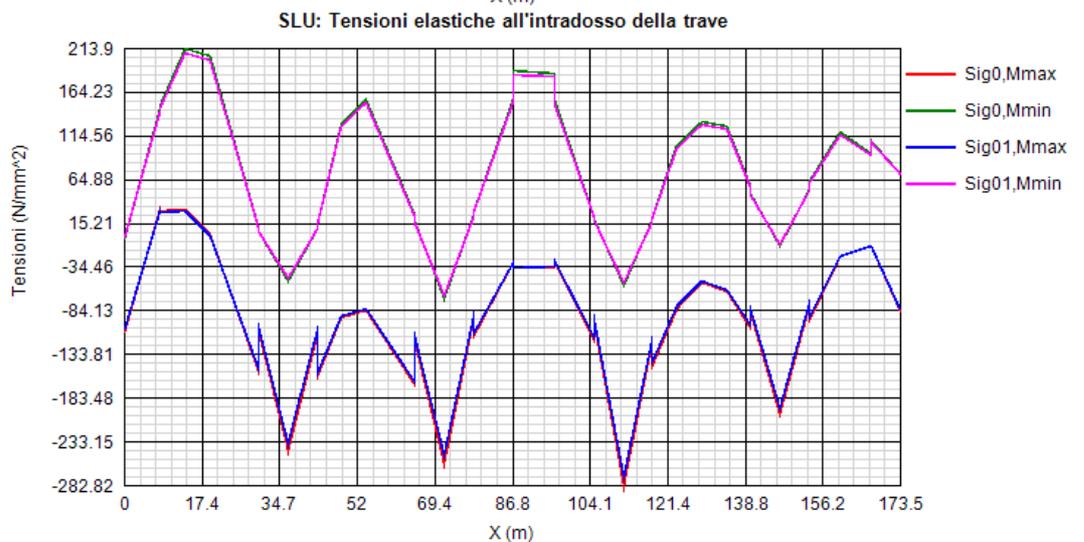
Come si nota, i rapporti di sfruttamento rilevati risultano soddisfacentemente al di sotto dell'unità.
Le sezioni metalliche permangono tutte in campo elastico.

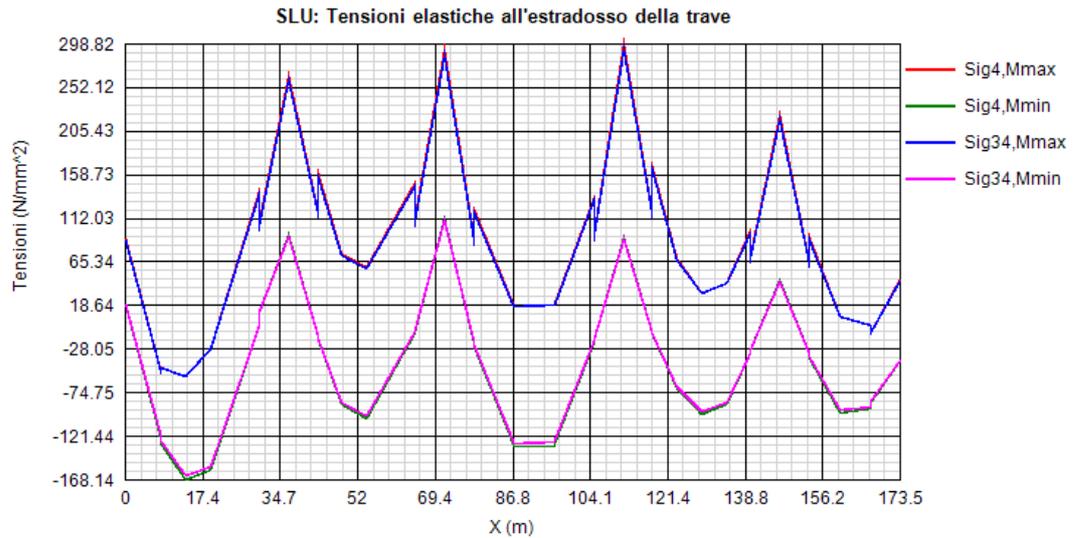
Si riportano anche i diagrammi relativi alle tensioni S.L.U. rilevate sulla piattabanda inferiore e superiore della trave (valori in MPa).

Rampa C



Rampa D

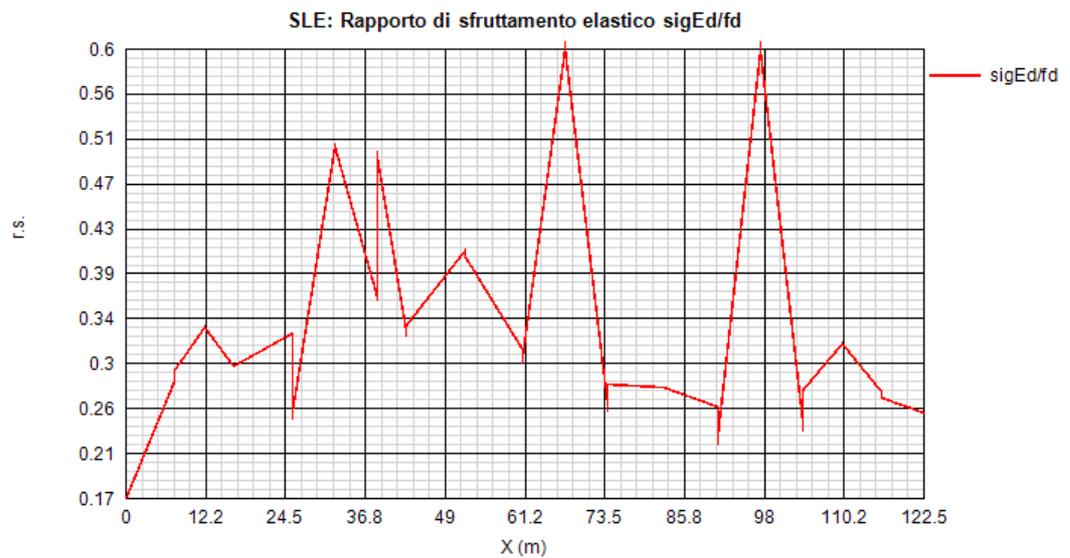




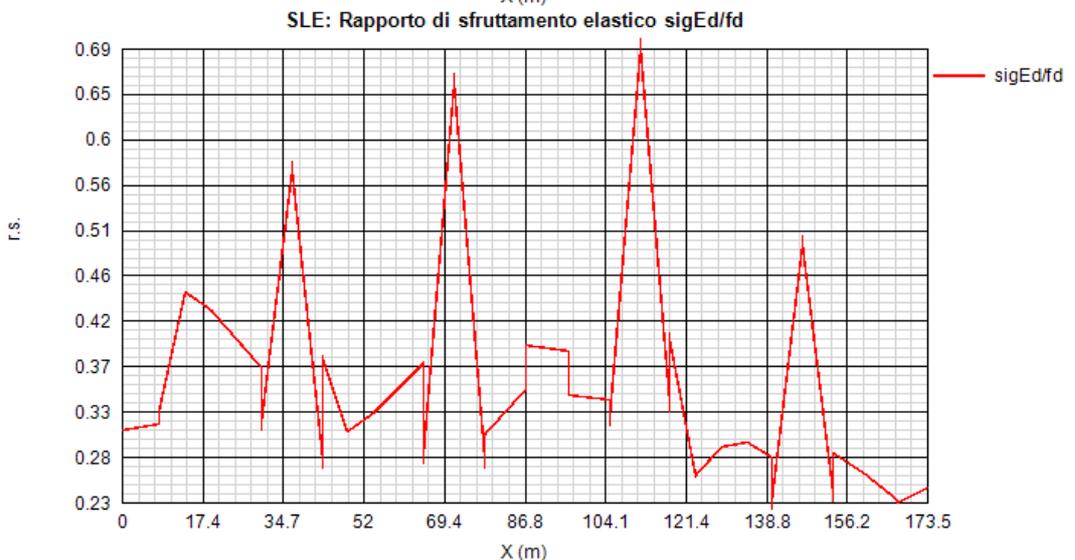
4.1.2 S.L.E. - limitazione delle tensioni – rapporti di sfruttamento

Di seguito si riporta l'andamento del rapporto di sfruttamento S.L.E. tra tensione di Von Mises e tensione di riferimento.

Rampa C



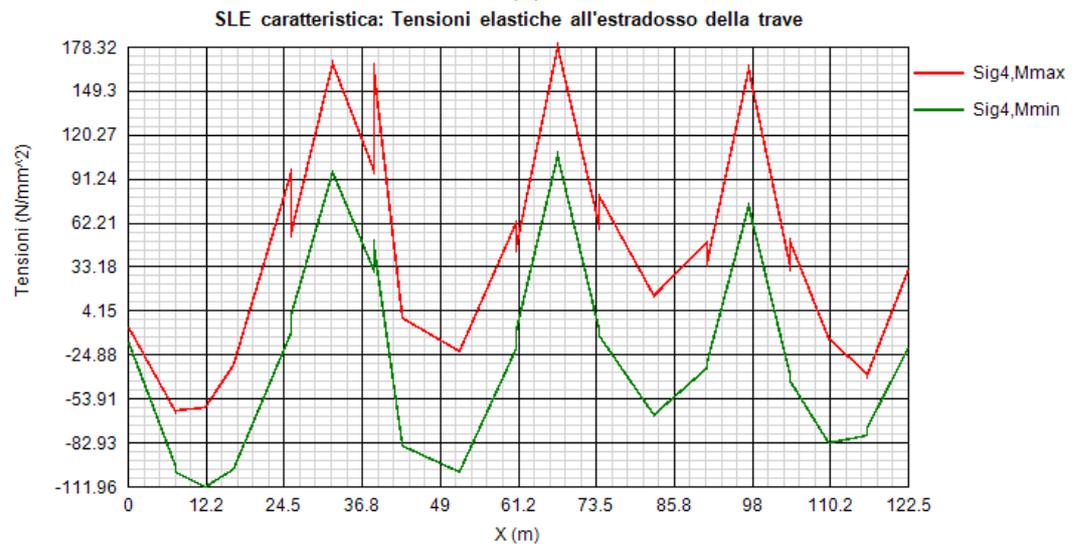
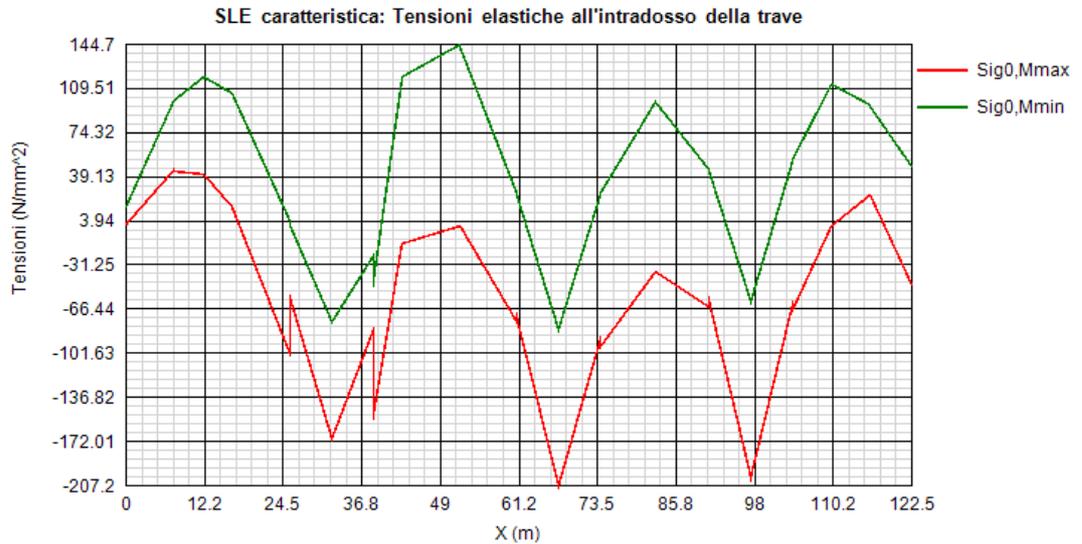
Rampa D



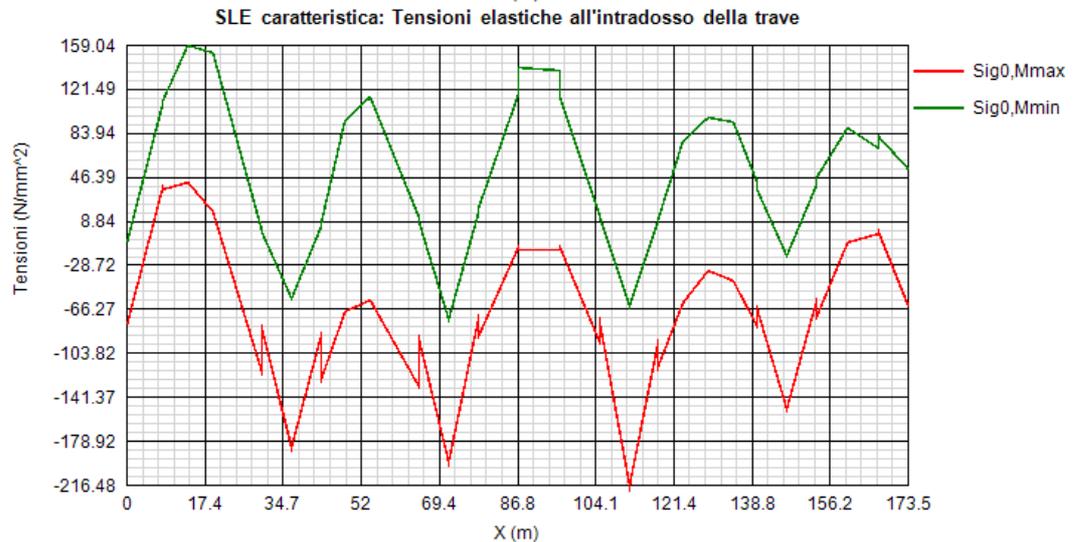
Come si può notare dall'esame del diagramma, i rapporti di sfruttamento S.L.E. appaiono soddisfacentemente al di sotto dell'unità.

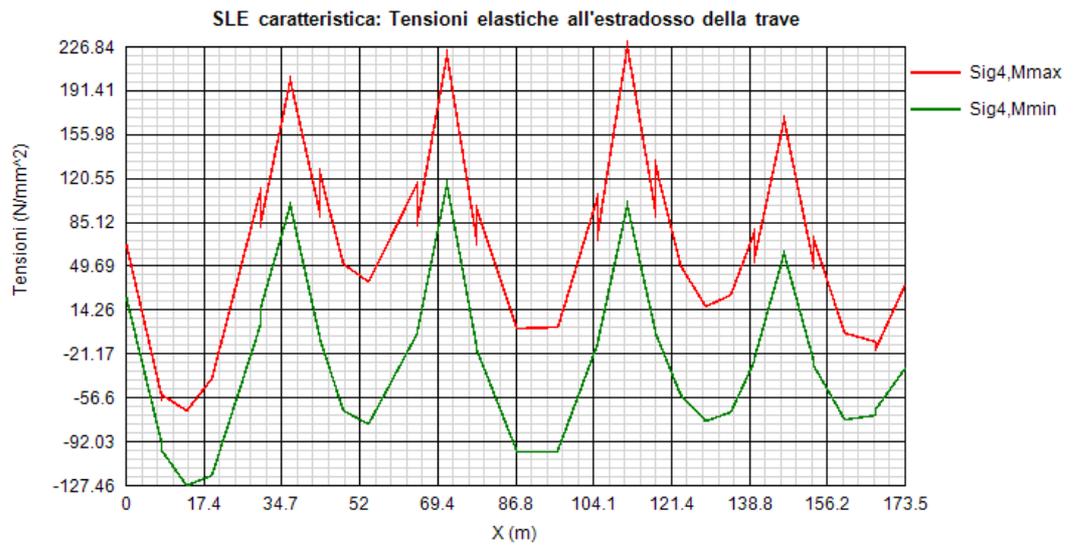
Si riportano anche in questo caso i diagrammi relativi alle tensioni all'intradosso ed estradosso della trave. (MPa).

Rampa C



Rampa D

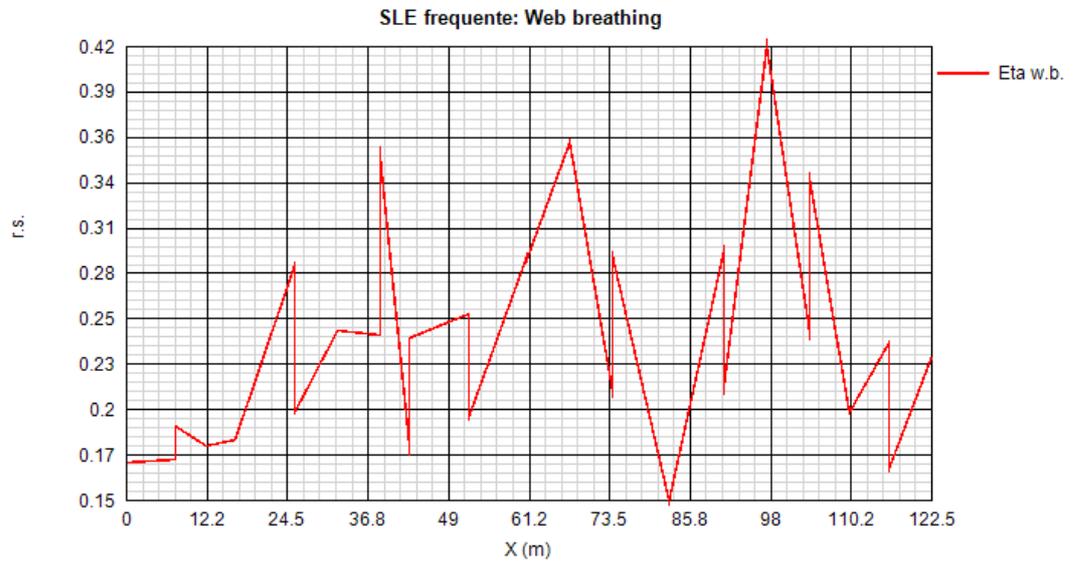




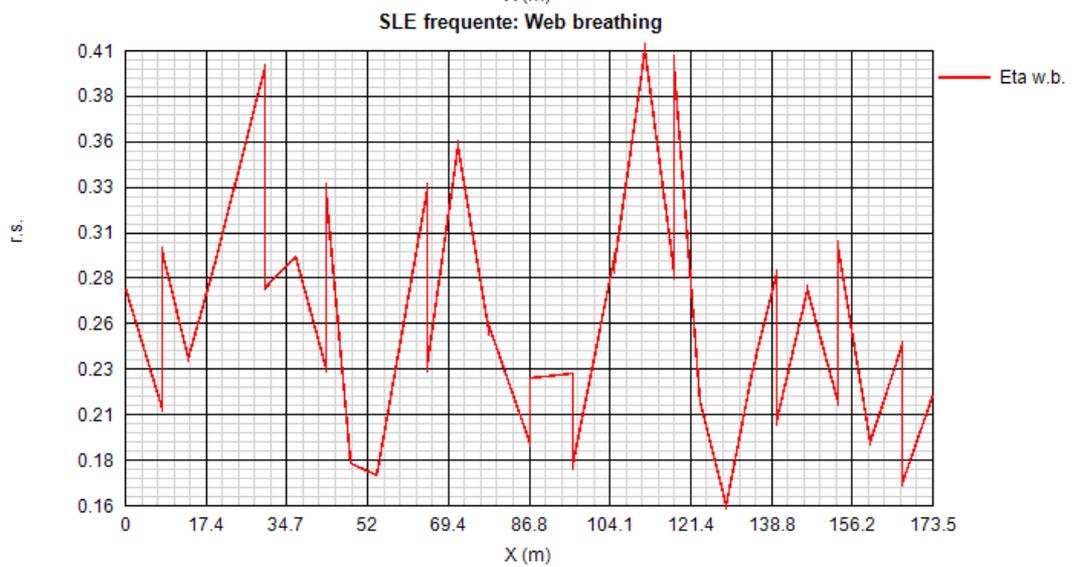
4.1.3 S.L.E. frequente- "web breathing" – rapporti di sfruttamento

Relativamente alla verifica di Web Breathing, i diagrammi seguenti riportano l'andamento del rapporto di sfruttamento.

Rampa C



Rampa D



4.1.4 Verifiche a fatica – calcolo $\Delta\sigma_E$

Per la verifica a fatica dei **dettagli di carpenteria**, si prendono in esame i dettagli di seguito elencati unitamente alla categoria/num. dettaglio dedotti dalle rispettive tabelle di EN 1993-1-9:

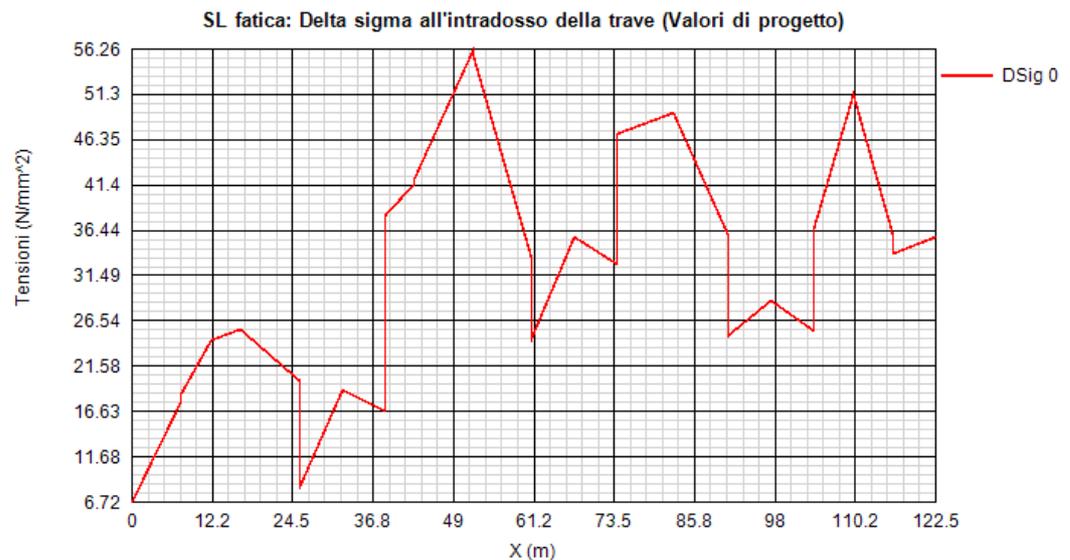
Piattabande - tensioni normali	categoria/dettaglio:	125/5	tab. 8.1 EN 1993-1-9
Anima - tensioni tangenziali	categoria/dettaglio:	125/5	tab. 8.1 EN 1993-1-9
Saldatura composizione anima-piatt.	categoria/dettaglio:	125/1	tab. 8.2 EN 1993-1-9
Saldatura di testa piatt inf. e sup.	categoria/dettaglio:	112/6(*)	tab. 8.3 EN 1993-1-9
Attacco irr. vert. - piattabande	categoria/dettaglio:	80/6(**)	tab. 8.4 EN 1993-1-9
Attacco irr. vert. - anima	categoria/dettaglio:	80/7(**)	tab. 8.4 EN 1993-1-9

(*) si conteggia il size effect $k_s = (25/t)^{0.2}$

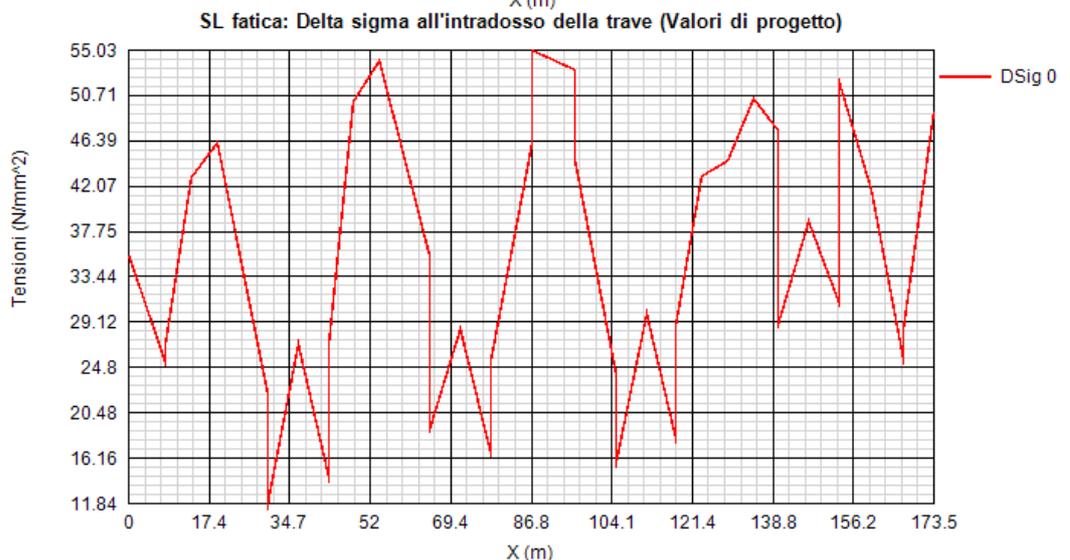
(**) $t < 50$ mm in tutti i casi

Di seguito si riporta l'ampiezza di $\Delta\sigma_E$ rilevati in corrispondenza della piattabanda inferiore e superiore e dell'attacco anima/piattabanda inferiore e superiore di ciascun concio.

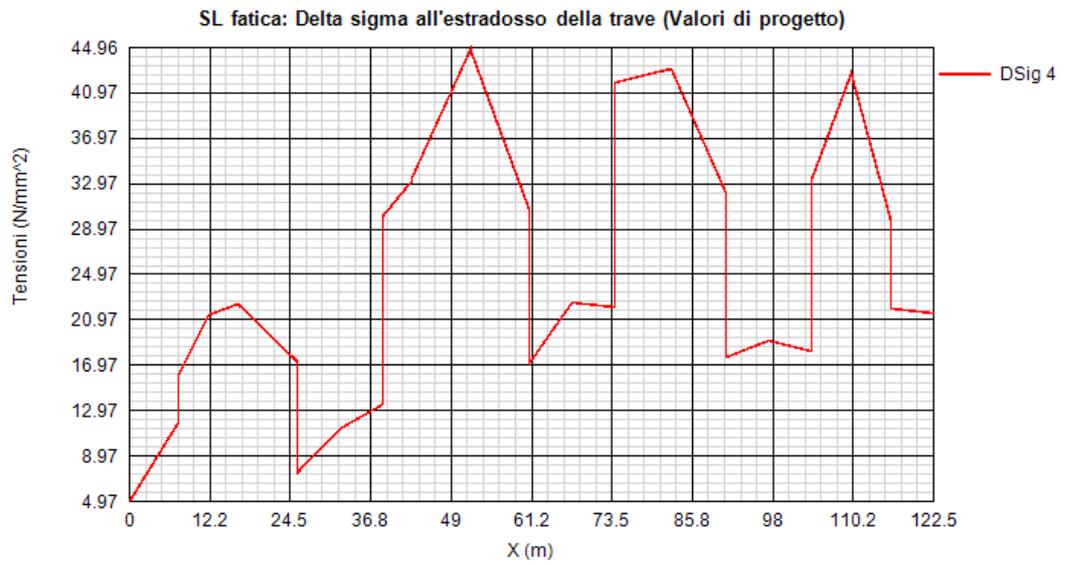
Rampa C



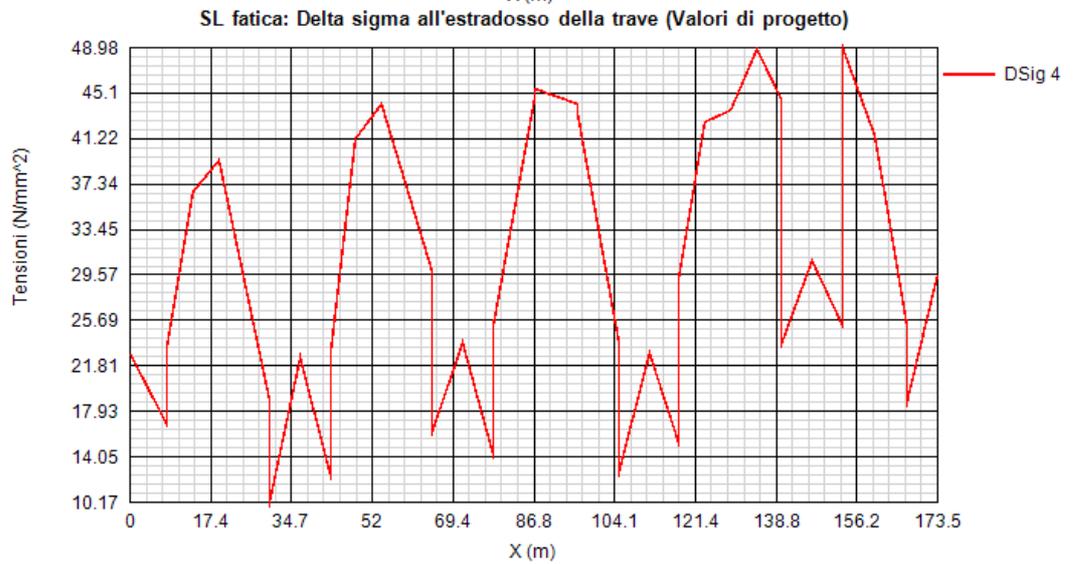
Rampa D



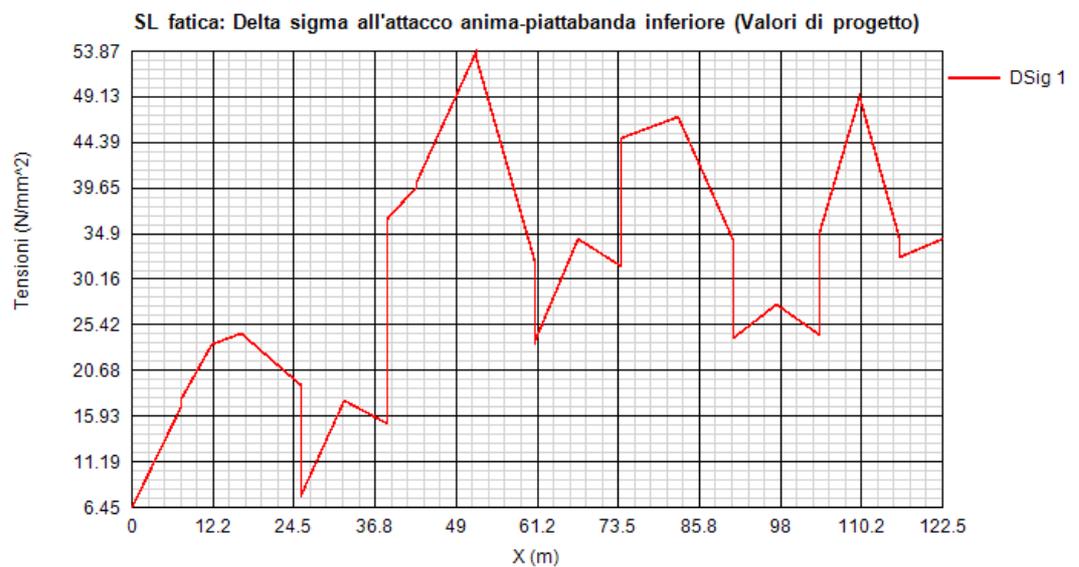
Rampa C



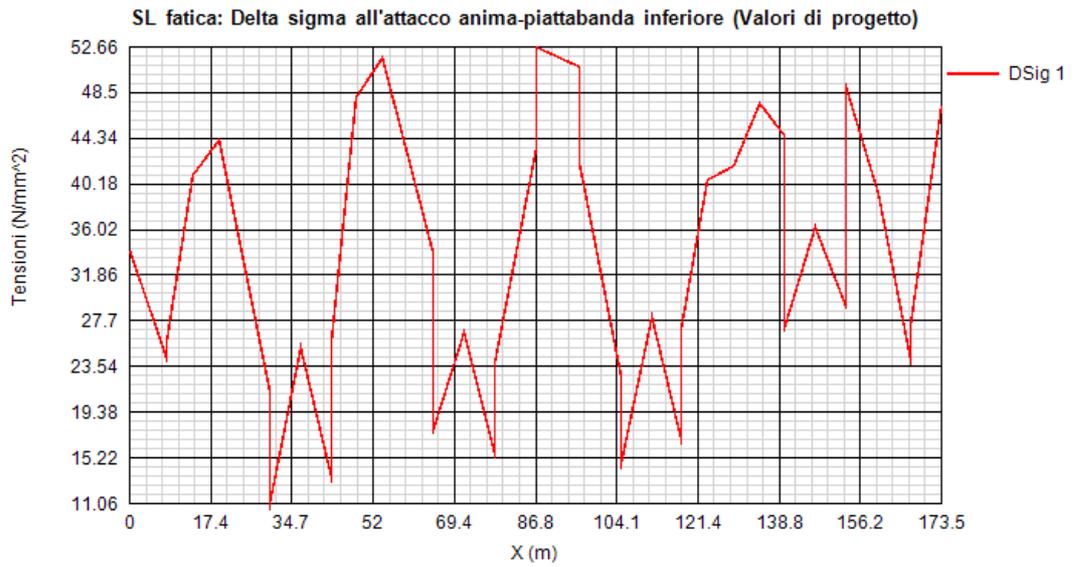
Rampa D



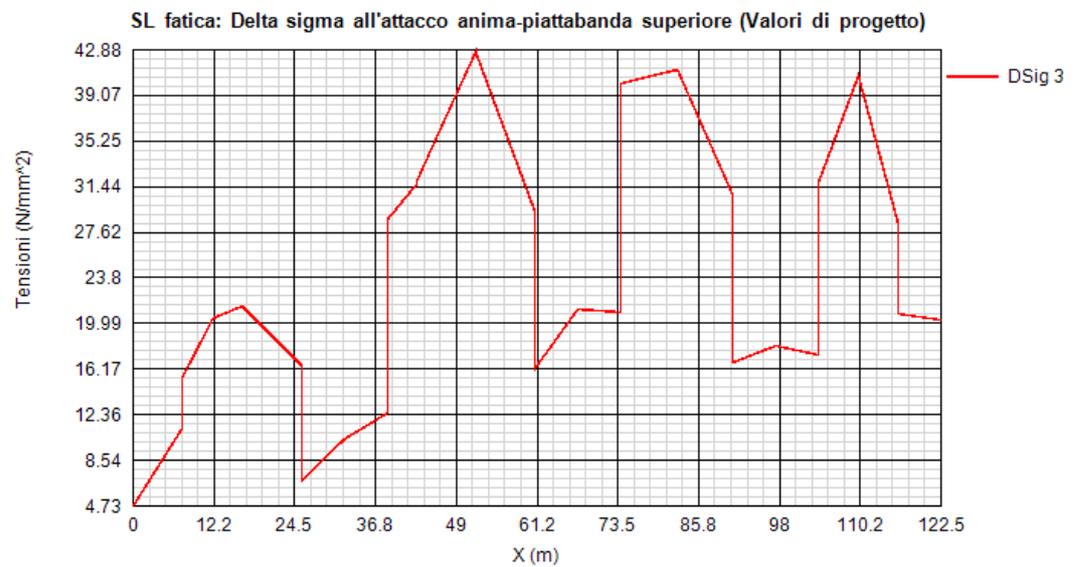
Rampa C



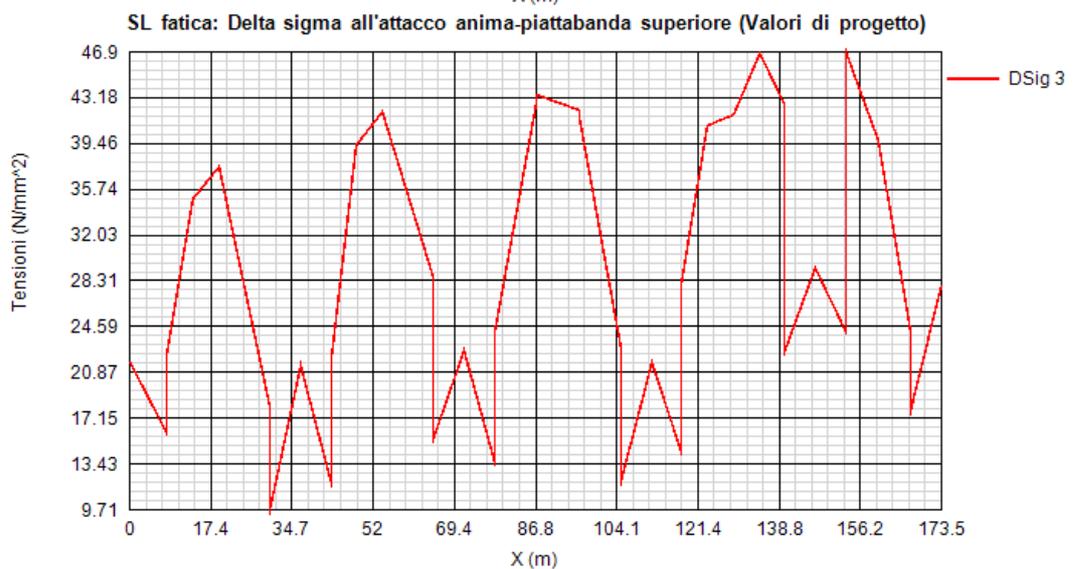
Rampa D



Rampa C



Rampa D



Si esplicita pertanto, a titolo di esempio, la verifica del dettaglio più critico, rappresentato dalla saldatura piattabanda/irrigidente (cat. 80), sulla sezione maggiormente critica, caratterizzata da $\gamma_f \Delta \sigma_E = 45.47$ MPa (concio E, el. 12 G.p.1 della rampa C):

$$\gamma_f \Delta \sigma_E = 45.0 \text{ MPa} \quad \text{su piattabanda inferiore}$$

$$\gamma_f \Delta \sigma_E = 50.5 \text{ MPa} \quad \text{su attacco anima piattabanda inferiore}$$

$$\Delta \sigma_{Rs} / \gamma_m = 80 / 1.35 = 59.3 \text{ MPa}$$

$$\eta = 50.5 / 59.3 = 0.85$$

Risultando, per la categoria di dettaglio più sfavorevole un $\Delta \sigma$ ammissibile pari a $80 / 1.35 = 59.3$ MPa (attacco irrigidente/piattabanda), è immediato accertare il pieno soddisfacimento delle verifiche.

4.1.5 Verifica connessione trave/soletta

4.1.5.1 Caratteristiche piolatura e detailing

Il sistema di connessione trave/soletta è formato da pioli tipo Nelson elettrosaldati, di diametro ϕ 19 mm ed altezza pari a 225 mm.

La piolatura corrente della rampa di svincolo C è formata da:

5 pioli / 200 mm (25 pioli/m) per i conci "A" e "C"

4 pioli / 200 mm (20 pioli/m) per i conci "B" e "D"

3 pioli / 200 mm (15 pioli/m) per i conci "E"

La piolatura corrente della rampa di svincolo D è formata da:

4 pioli / 200 mm (20 pioli/m) per i conci "M", "O" e "Q"

3 pioli / 200 mm (15 pioli/m) per i conci "N", "P" e "U"

Per il singolo pioli, valori di riferimento nell'ambito delle verifiche S.L.U. e S.L.E. sono pertanto i seguenti:

$$P_{Rd,SLU} = 81.66 \text{ kN}$$

Ponendo $k_s = 0.75$, conformemente a quanto previsto dal N.A.D. di EN 1994-2 (cfr. Istruzioni della NTC-08) si ha

$$P_{Rd,SLE} = 0.75 \cdot 81.66 = 61.2 \text{ kN}$$

Per i limiti dimensionali da rispettare nel detailing delle piolature si fa riferimento ai contenuti di NTC-08 cap. 4.3.4.3.4/EN 1994-2 cap. 6.6.5.. Di seguito si evidenzia il riferimento specifico a quest'ultimo testo normativo, più puntuale.

Il massimo interasse longitudinale delle piolature dovrà rispettare le seguenti limitazioni (EN1994-2 6.6.5.5(2)):

$$e_{max} / t_f \leq 22 \varepsilon$$

$$e_{max} / t_f \leq 22 \cdot 0.81 = 17.9$$

La distanza delle file longitudinali di pioli dal bordo dovrà rispettare le seguenti limitazioni (EN1994-2 6.6.5.5(2)):

$$e_d / t_f \leq 9 \varepsilon$$

$$e_d/t_f \leq 9 \cdot 0.81 = 7.29$$

$$e_{d,\min} = 25.0 \text{ mm} \quad (1994-2 \text{ 6.6.5.6(2)})$$

La minima distanza misurata tra la parte inferiore della testa del piolo e lo strato inferiore di armatura dovrà essere $> 40 \text{ mm}$.

I pioli dovranno rispettare le seguenti limitazioni dimensionali:

$$h_p \geq 3d \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(1)} \quad h_p = \text{altezza piolo}$$

$$d_t \geq 1.5d \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(2)} \quad d_t = \text{diametro testa}$$

$$h_t \geq 0.4d \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(2)} \quad h_t = \text{altezza testa}$$

$$d_p \geq 1.5t_{\text{sup}} \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(3)} \quad d_p = \text{diam. piolo, } t_{\text{sup}} = \text{spessore flangia (*)}$$

(*) per piattabande in tensione, soggette a fatica

$$d_p \geq 2.5t_{\text{sup}} \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(5)} \quad d_p = \text{diam. piolo, } t_{\text{sup}} = \text{spessore flangia (**)}$$

(**) per tutte le piattabande

$$d_p \geq 1.5t_{\text{sup}} \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(3)} \quad d_p = \text{diam. piolo, } t_{\text{sup}} = \text{spessore flangia}$$

L'interasse dei pioli dovrà rispettare le seguenti limitazioni dimensionali (EN1994-2 6.6.5.7.(4)):

$$s_{lg} \geq 5 d_p \quad \text{in direzione longitudinale}$$

$$s_{tv} \geq 2.5 d_p \quad \text{in direzione trasversale}$$

Nel rispetto delle limitazioni dimensionali esposte, per le tipologie previste di piolatura, la disposizione sulla piattabanda verrà organizzata come segue.

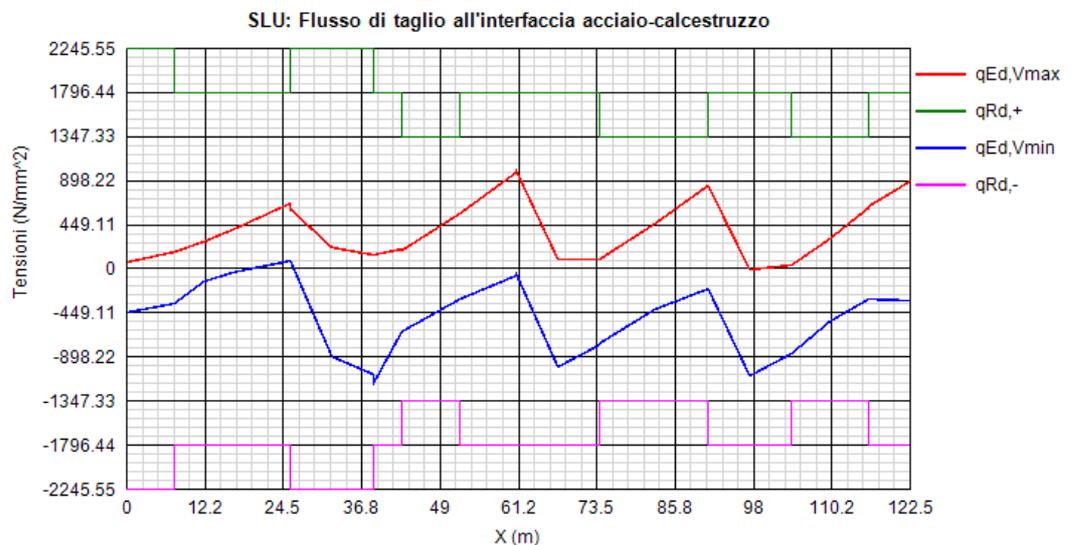
4.1.5.2 Riepilogo rapporti di sfruttamento verifica elastica S.L.U. - S.L.E. - fatica

Le verifiche vengono effettuate con il programma PontiEC4, su tutti i traversi della struttura.

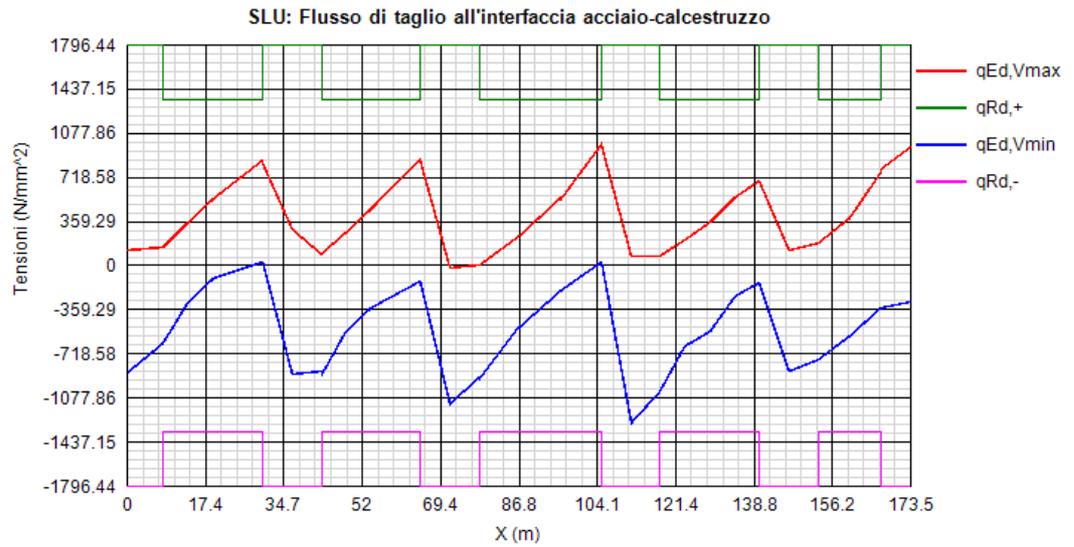
Il calcolo dello scorrimento nelle varie sezioni di verifica ed il confronto con la piolatura di progetto viene effettuato in automatico dal programma PontiEC4 nell'ambito delle condizioni considerate ($M_{\max/\min}$ e $V_{\max/\min}$).

I diagrammi seguenti riportano, oltre alla copertura S.L.U. del flusso di taglio acciaio-calcestruzzo, l'andamento del rapporto di sfruttamento dei connettori allo S.L.U., S.L.E. e S.L.F.; in quest'ultimo caso, il rapporto di sfruttamento indicato è il maggiore relativo alle varie modalità di collasso.

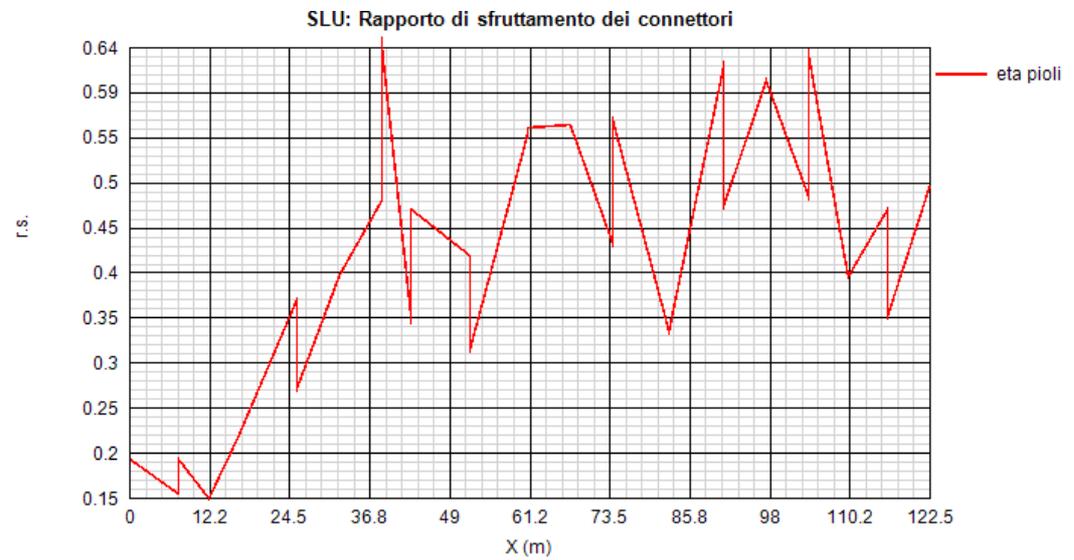
Rampa C



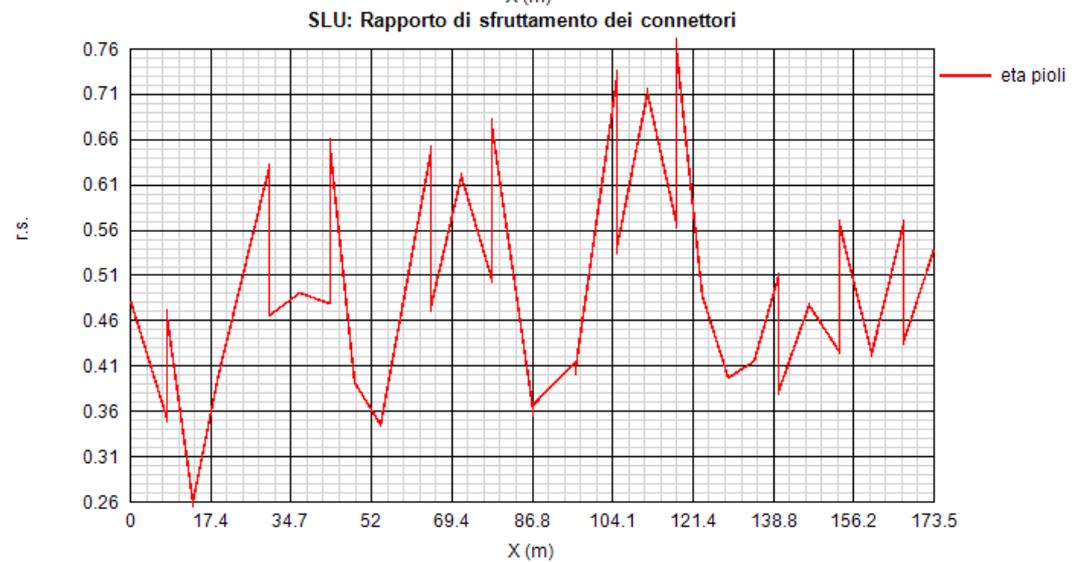
Rampa D



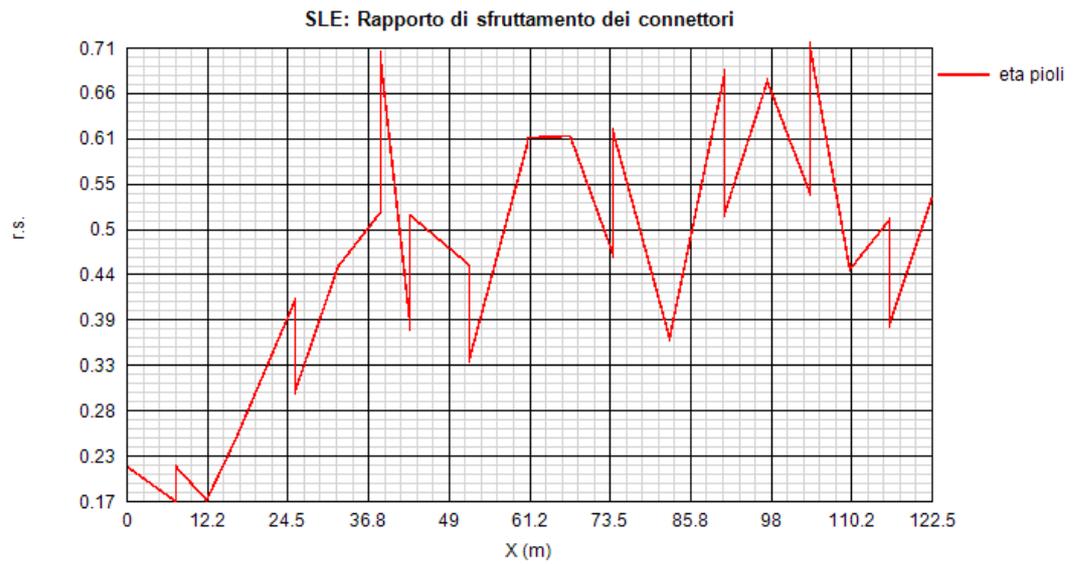
Rampa C



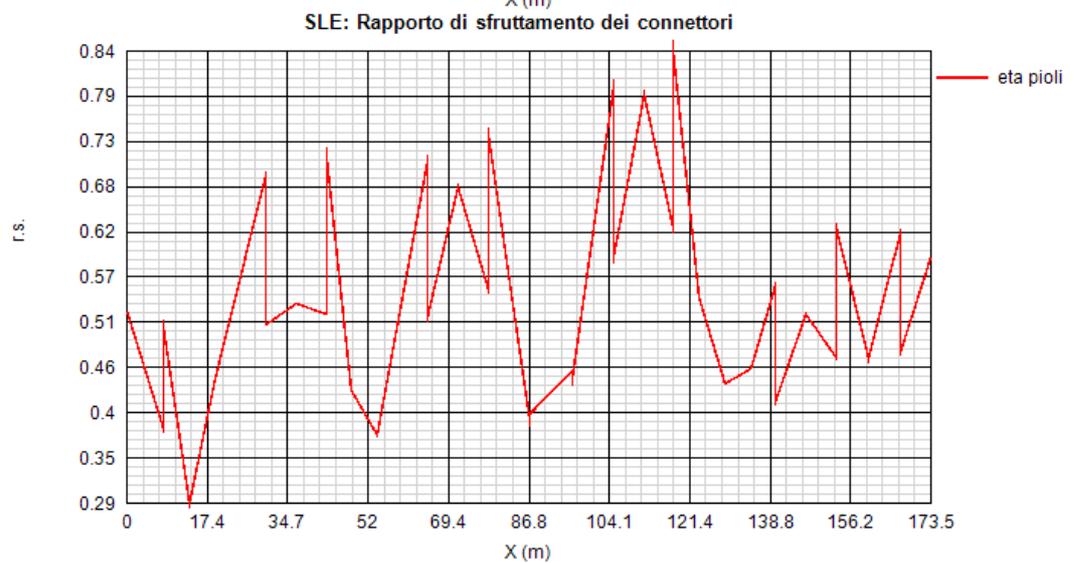
Rampa D



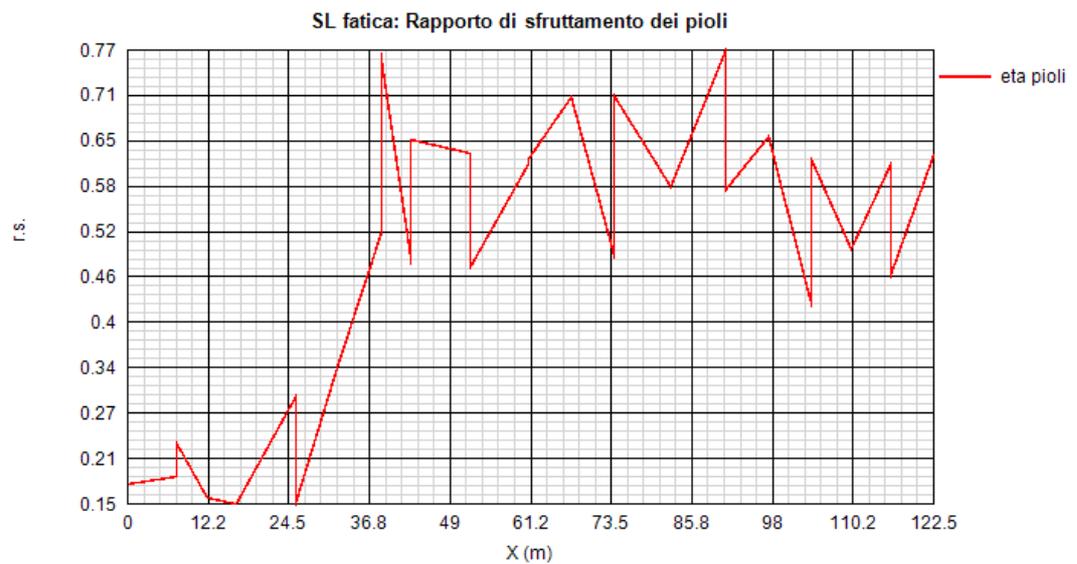
Rampa C



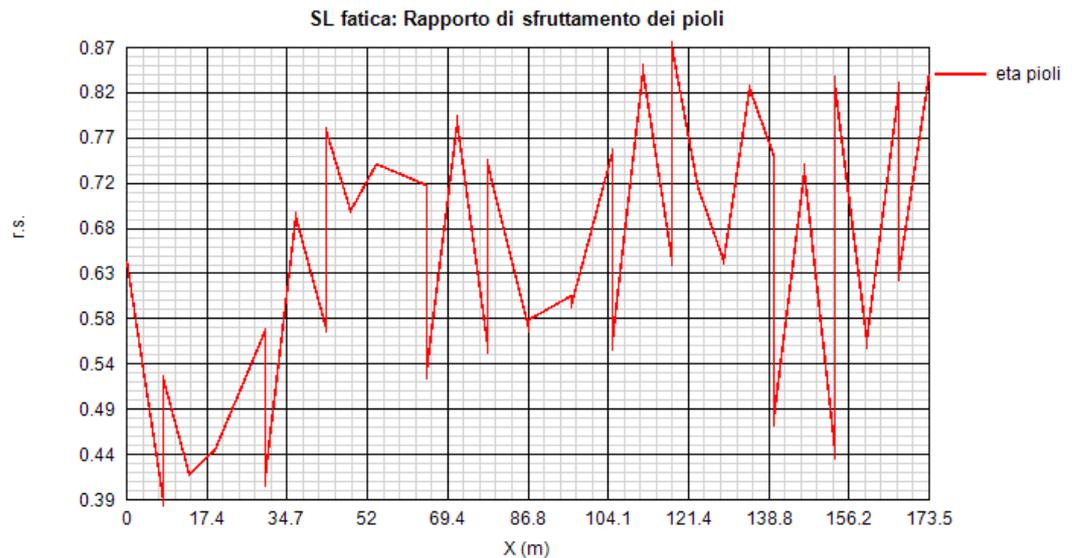
Rampa D



Rampa C



Rampa D



4.2 Verifica stiffeners trasversali e ribs longitudinali

Le verifiche degli stiffeners vengono effettuate secondo in criteri di EN 1993-3-5, cap. 9.

Vengono effettuate le seguenti verifiche:

- 1) Lateral Torsional buckling (EN 1993-1-5, cap. 9.2.1.(8))
- 2) Verifica requisiti di rigidezza (EN 1993-1-5. cap. 9.3.3.(2))
- 3) Verifica di resistenza (S.L.U.) (EN 1993.1.5., cap. 9.2.1)

Le verifiche vengono effettuate in automatico dal programma Ponti EC4, con riferimento all’effettivo quadro tensionale rilevato nelle varie sezioni.

4.2.1 Irrigidenti intermedi

In sede di verifica si considera un piatto asimmetrico 300x25 mm. Per ragioni costruttive, al fine di agevolare l’aggancio dei traversi, gli irrigidenti intermedi il piatto potrà in realtà avere maggiore larghezza.

Di seguito le verifiche 1) e 2), comuni a tutte le sezioni, rispettivamente per gli elementi installati sui conci.

Lateral Torsional Buckling

Verifica a Torsional buckling

Stiffeners rettangolari	Stiffeners a T ed a L
$\frac{I_T}{I_P} \geq 5.3 \frac{f_y}{E}$	$\sigma_{cr} \geq 6 f_y$

Conci	A-F
Check	0.898
Type	Vert. (R)
σ_{cr}	--
$6 \cdot f_y$	--
I_{cr}	--
I_w	--
I_T	1.302E+6
I_P	1.305E+8

I_T/I_P	0.01
$5.3 f_y/E$	0.009
C_θ	--
E	210000
f_y	355
G	80769
A	4000

Rigidezza

$$I_{ST} \geq 1.5 h_W^3 t_W^3 / a^2 \quad a / h_W < \sqrt{2}$$

$$I_{ST} \geq 0.75 h_W^3 t_W^3 / a^2 \quad a / h_W \geq \sqrt{2}$$

Concio A

$$I_{ST} = 1.037E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 9.75E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$s = 4000 \text{ mm} \quad h_W = 1625 \text{ mm} \quad s/h_W = 2.462$$

$$t_W = 20 \text{ mm} \quad b_W = 513.2 \text{ mm}$$

$$A_{St} = 16513.4 \text{ mm}^2 \quad s_1 = 51.1 \text{ mm}^2$$

Concio B

$$I_{ST} = 1.037E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 9.75E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$s = 4000 \text{ mm} \quad h_W = 1625 \text{ mm} \quad s/h_W = 2.462$$

$$t_W = 20 \text{ mm} \quad b_W = 513.2 \text{ mm}$$

$$A_{St} = 16513.4 \text{ mm}^2 \quad s_1 = 51.1 \text{ mm}^2$$

Concio C

$$I_{ST} = 1.037E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 9.75E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$s = 4000 \text{ mm} \quad h_W = 1625 \text{ mm} \quad s/h_W = 2.462$$

$$t_W = 20 \text{ mm} \quad b_W = 513.2 \text{ mm}$$

$$A_{St} = 16513.4 \text{ mm}^2 \quad s_1 = 51.1 \text{ mm}^2$$

Concio D

$$I_{ST} = 1.037E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 9.75E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$s = 4000 \text{ mm} \quad h_W = 1625 \text{ mm} \quad s/h_W = 2.462$$

$$t_W = 20 \text{ mm} \quad b_W = 513.2 \text{ mm}$$

$$A_{St} = 16513.4 \text{ mm}^2 \quad s_1 = 51.1 \text{ mm}^2$$

Concio E

$$I_{ST} = 1.037E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 9.75E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$s = 4000 \text{ mm} \quad h_W = 1625 \text{ mm} \quad s/h_W = 2.462$$

$$t_W = 20 \text{ mm} \quad b_W = 513.2 \text{ mm}$$

$$A_{St} = 16513.4 \text{ mm}^2 \quad s_1 = 51.1 \text{ mm}^2$$

Verifica di resistenza

Vista la similitudine di comportamento dei dispositivi installati sulle tipologie di concio, i risultati della verifica di resistenza (elaborata per tutte le sezioni e per tutte le combinazioni S.L.U.) viene qui proposta per gli irrigidenti disposti sul concio A, caratterizzato da massima azione tagliante.

Concio A (el. 17. G.P. 1, comb. Vmin)

Requisiti minimi per gli stiffeners trasversali

Tensione massima

Spostamento massimo

$$\sigma_{\max} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$w \leq \frac{h_w}{300}$$

$$\sigma_{\max} = 0.1 < 322.7 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 0 < 5.4 \text{ mm}$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$\Sigma \text{Net,Ed} = \text{Net,Ed} + \Delta \text{Net,Ed} = 0\text{E}+00 + 4.173\text{E}+4 = 4.173\text{E}+4 \text{ N}$$

$$\text{Net,Ed} = \text{Net,tem} + \text{Net,ax} = 0\text{E}+00 + 0\text{E}+00 = 0\text{E}+00 \text{ N}$$

$$\sigma_m = 0.156 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr}(C)/\sigma_{cr}(P) = 0 \rightarrow 0.5$$

$$\sigma_{cr}(P) = 1\text{E}+300 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr}(C) = 4.75 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{NEd} = 1.014\text{E}+6 \text{ N} \quad \lambda_w = 1.09 \quad \text{Ncr,st} = 8.139\text{E}+7 \text{ N}$$

$$\delta_1 = 51.1 \text{ mm} \quad \delta_{\max} = 208.9 \text{ mm} \quad w_0 = 5.42 \text{ mm}$$

$$\delta_m = 0$$

$$(\text{Ivetmin} = 1.995\text{E}+5 \text{ mm}^4 \quad u = 2.752)$$

4.2.2 Irrigidenti d'appoggio

In appoggio viene disposta una coppia di irrigidenti 300x25 mm, simmetricamente rispetto all'anima.

La verifica viene effettuata considerando, oltre alla funzione di stabilizzazione anima, anche considerando la reazione verticale d'appoggio:

$$N_{sd,S.L.U.} = 4500 \text{ kN}$$

Di seguito l'output della verifica, specializzato alle sezioni d'appoggio

Sezione Aapp S1

Verifica degli stiffeners

Torsional buckling degli stiffeners verticali

	Stiffeners verticali
	VERIFICA SODDISFATTA
c.u.	0.898
Type	Vert. (R)
σ_{cr} (N/mm ²)	--
$6 \cdot f_y$ (N/mm ²)	--
I_{cr} (mm ⁴)	--
I_w (mm ⁶)	--
I_T (mm ⁴)	1.302E+6
I_P (mm ⁴)	1.305E+8
I_T / I_P	0.01
$5.3 f_y / E$	0.009
$c\theta$ (N)	--
E (N/mm ²)	210000
f_y (N/mm ²)	355
G (N/mm ²)	80769
a (mm)	4000

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido per i pannelli d'anima

$$I_{st} = 2.933E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \min} = 0.75 h_w t_w^3 = 9.75E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm} \quad A_{st} = 22763.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

$$a = 4000 \text{ mm} \quad h_w = 1625 \text{ mm} \quad a/h_w = 2.462$$

Massima tensione ed inflessione degli stiffeners verticali (Comb. Mmax)

$$w = 0.1 < 5.4 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\max} = 219.7 < 322.7 \text{ N/mm}^2$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$\begin{aligned} \Sigma N_{st,Ed} &= N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 4.5E+6 + 4.086E+3 = 4.504E+6 \text{ N} \\ N_{st,Ed} &= N_{st,ten} + N_{st,ex} = 0E+00 + 4.5E+6 = 4.5E+6 \text{ N} \\ \sigma_m &= 0.015 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr(C)}/\sigma_{cr(P)} = 4.75/1E+300 = 0 \Rightarrow 0.5 \\ N_{Ed} &= 9.927E+4 \text{ N} \quad \lambda_w = 1.09 \\ N_{cr,st} &= 2.302E+8 \text{ N} \quad e_1 = 0 \text{ mm} \quad e_{max} = 260 \text{ mm} \quad w_0 = 5.42 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sezione Capp. S8

Verifica degli stiffeners

Torsional buckling degli stiffeners verticali

	Stiffeners verticali
	VERIFICA SODDISFATTA
c.u.	0.898
Type	Vert. (R)
σ_{cr} (N/mm ²)	--
$6 \cdot f_y$ (N/mm ²)	--
I_{cr} (mm ⁴)	--
I_w (mm ⁶)	--
I_T (mm ⁴)	1.302E+6
I_P (mm ⁴)	1.305E+8
I_T/I_P	0.01
$5.3 f_y/E$	0.009
$c\theta$ (N)	--
E (N/mm ²)	210000
f_y (N/mm ²)	355
G (N/mm ²)	80769
a (mm)	4000

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido per i pannelli d'anima

$$I_{st} = 2.968E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 0.75 h_w t_w^3 = 1.246E+7 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$\begin{aligned} t_w &= 22 \text{ mm} \quad b_w = 562 \text{ mm} \quad A_{st} = 24863.7 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2 \\ a &= 4000 \text{ mm} \quad h_w = 1560 \text{ mm} \quad a/h_w = 2.564 \end{aligned}$$

Massima tensione ed inflessione degli stiffeners verticali (Comb. Mmax)

$$w = 0.1 < 5.2 \text{ mm}$$

$$\sigma_{max} = 202.3 < 322.7 \text{ N/mm}^2$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$\begin{aligned} \Sigma N_{st,Ed} &= N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 4.5E+6 + 6.873E+4 = 4.569E+6 \text{ N} \\ N_{st,Ed} &= N_{st,ten} + N_{st,ex} = 0E+00 + 4.5E+6 = 4.5E+6 \text{ N} \\ \sigma_m &= 0.279 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr(C)}/\sigma_{cr(P)} = 5.74/1E+300 = 0 \Rightarrow 0.5 \end{aligned}$$

$$N_{Ed} = 1.739E+6 \text{ N} \quad \lambda_w = 0.955$$

$$N_{cr,st} = 2.528E+8 \text{ N} \quad e_1 = 0 \text{ mm} \quad e_{max} = 261 \text{ mm} \quad w_0 = 5.2 \text{ mm}$$

Sezione Fapp S17

Verifica degli stiffeners

Torsional buckling degli stiffeners verticali

	Stiffeners verticali
	VERIFICA SODDISFATTA
c.u.	0.898
Type	Vert. (R)
σ_{cr} (N/mm ²)	--
$6 \cdot f_y$ (N/mm ²)	--
I_{cr} (mm)	--
I_w (mm ⁶)	--
I_T (mm ⁴)	1.302E+6
I_P (mm ⁴)	1.305E+8
I_T/I_P	0.01
$5.3 f_y/E$	0.009
$c\theta$ (N)	--
E (N/mm ²)	210000
f_y (N/mm ²)	355
G (N/mm ²)	80769
a (mm)	4500

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido per i pannelli d'anima

$$I_{st} = 2.933E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \min} = 0.75 h_w t_w^3 = 9.75E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm} \quad A_{st} = 22763.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

$$a = 4500 \text{ mm} \quad h_w = 1625 \text{ mm} \quad a/h_w = 2.769$$

Massima tensione ed inflessione degli stiffeners verticali (Comb. Mmax)

$$w = 0.1 < 5.4 \text{ mm}$$

$$\sigma_{max} = 220.2 < 322.7 \text{ N/mm}^2$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$\Sigma N_{st,Ed} = N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 4.5E+6 + 8.534E+4 = 4.585E+6 \text{ N}$$

$$N_{st,Ed} = N_{st,ten} + N_{st,ex} = 0E+00 + 4.5E+6 = 4.5E+6 \text{ N}$$

$$\sigma_m = 0.319 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr(C)}/\sigma_{cr(P)} = 3.75/1E+300 = 0 \Rightarrow 0.5$$

$$N_{Ed} = 2.332E+6 \text{ N} \quad \lambda_w = 1.102$$

$$N_{cr,st} = 2.302E+8 \text{ N} \quad e_1 = 0 \text{ mm} \quad e_{max} = 260 \text{ mm} \quad w_0 = 5.42 \text{ mm}$$

Sezione Happ S23**Verifica degli stiffeners****Torsional buckling degli stiffeners verticali**

	Stiffeners verticali
	VERIFICA SODDISFATTA
c.u.	0.898
Type	Vert. (R)
σ_{cr} (N/mm ²)	--
$6 \cdot f_v$ (N/mm ²)	--
I_{cr} (mm)	--
I_w (mm ⁶)	--
I_T (mm ⁴)	1.302E+6
I_P (mm ⁴)	1.305E+8
I_T/I_P	0.01
$5.3 f_v/E$	0.009
c0 (N)	--
E (N/mm ²)	210000
f_v (N/mm ²)	355
G (N/mm ²)	80769
a (mm)	4500

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido per i pannelli d'anima

$$I_{st} = 2.933E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \min} = 0.75 h_w t_w^3 = 9.75E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm} \quad A_{st} = 22763.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

$$a = 4500 \text{ mm} \quad h_w = 1625 \text{ mm} \quad a/h_w = 2.769$$

Massima tensione ed inflessione degli stiffeners verticali (Comb. Mmax)

$$w = 0.1 < 5.4 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\max} = 220.1 < 322.7 \text{ N/mm}^2$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$\Sigma N_{st,Ed} = N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 4.5E+6 + 8.171E+4 = 4.582E+6 \text{ N}$$

$$N_{st,Ed} = N_{st,ten} + N_{st,ex} = 0E+00 + 4.5E+6 = 4.5E+6 \text{ N}$$

$$\sigma_m = 0.305 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr(C)}/\sigma_{cr(P)} = 3.75/1E+300 = 0 \Rightarrow 0.5$$

$$N_{Ed} = 2.233E+6 \text{ N} \quad \lambda_w = 1.102$$

$$N_{cr,st} = 2.302E+8 \text{ N} \quad e_1 = 0 \text{ mm} \quad e_{\max} = 260 \text{ mm} \quad w_0 = 5.42 \text{ mm}$$

Sezione Lapp S29

Verifica degli stiffeners**Torsional buckling degli stiffeners verticali**

	Stiffeners verticali
	VERIFICA SODDISFATTA
c.u.	0.898
Type	Vert. (R)
σ_{cr} (N/mm ²)	--
$6 \cdot f_y$ (N/mm ²)	--
I_{cr} (mm)	--
I_w (mm ⁶)	--
I_T (mm ⁴)	1.302E+6
I_P (mm ⁴)	1.305E+8
I_T / I_P	0.01
$5.3 f_y / E$	0.009
$c\theta$ (N)	--
E (N/mm ²)	210000
f_y (N/mm ²)	355
G (N/mm ²)	80769
a (mm)	4500

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido per i pannelli d'anima

$$I_{st} = 2.933E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \min} = 0.75 h_w t_w^3 = 9.75E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm} \quad A_{st} = 22763.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

$$a = 4500 \text{ mm} \quad h_w = 1625 \text{ mm} \quad a/h_w = 2.769$$

Massima tensione ed inflessione degli stiffeners verticali (Comb. Mmax)

$$w = 0.1 < 5.4 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\max} = 219.8 < 322.7 \text{ N/mm}^2$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$\Sigma N_{st,Ed} = N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 4.5E+6 + 2.164E+4 = 4.522E+6 \text{ N}$$

$$N_{st,Ed} = N_{st,ten} + N_{st,ex} = 0E+00 + 4.5E+6 = 4.5E+6 \text{ N}$$

$$\sigma_m = 0.081 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr(C)} / \sigma_{cr(P)} = 3.75/469.17 = 0.008 \Rightarrow 0.5$$

$$N_{Ed} = 5.914E+5 \text{ N} \quad \lambda_w = 1.102$$

$$N_{cr,st} = 2.302E+8 \text{ N} \quad e_1 = 0 \text{ mm} \quad e_{\max} = 260 \text{ mm} \quad w_0 = 5.42 \text{ mm}$$

5. Deformazioni e contrefrecce

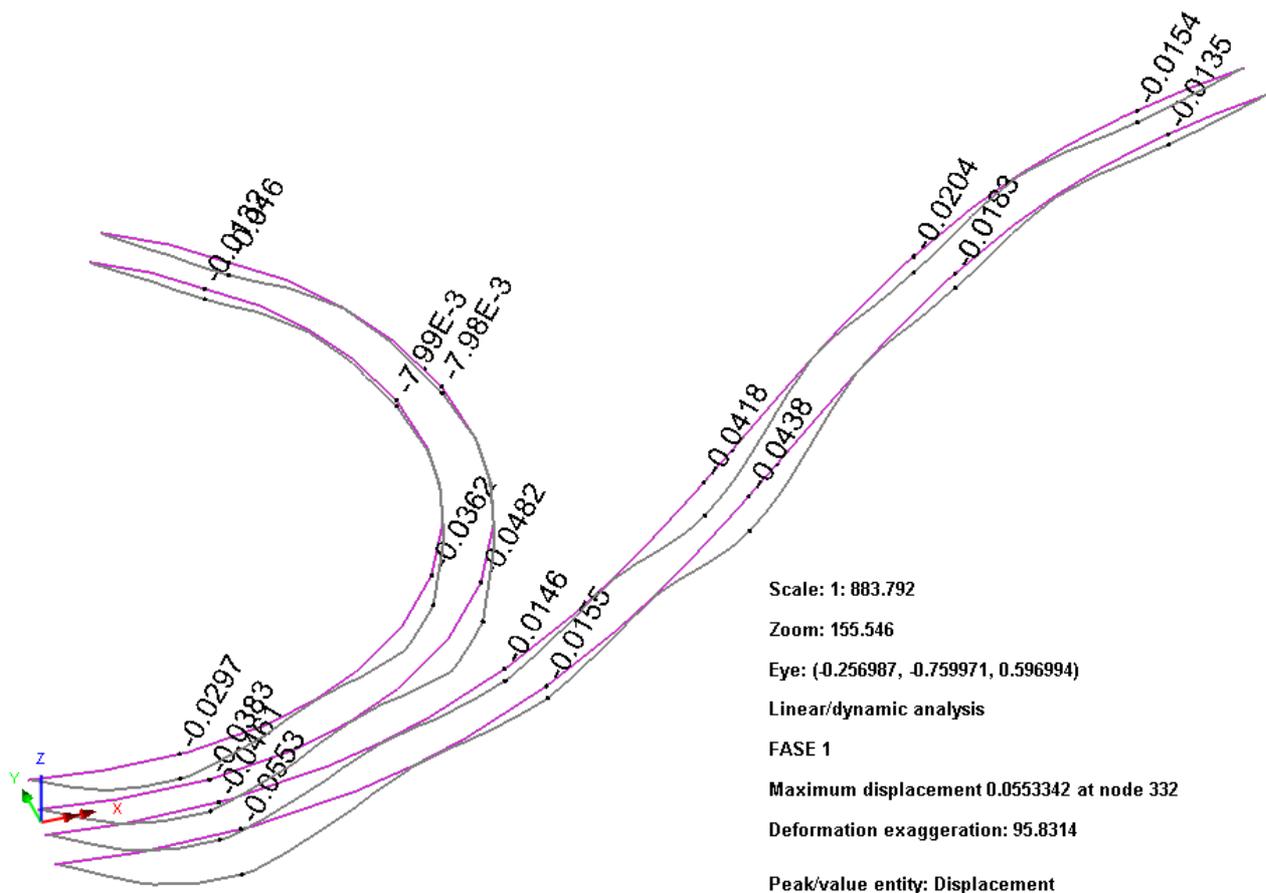
Nel presente paragrafo vengono riportate le massime deformazioni verticali subite dalle travi di impalcato e dai traversi in condizioni di esercizio.

Per la valutazione della deformabilità delle travi principali viene esaminato il contributo apportato dai seguenti carichi:

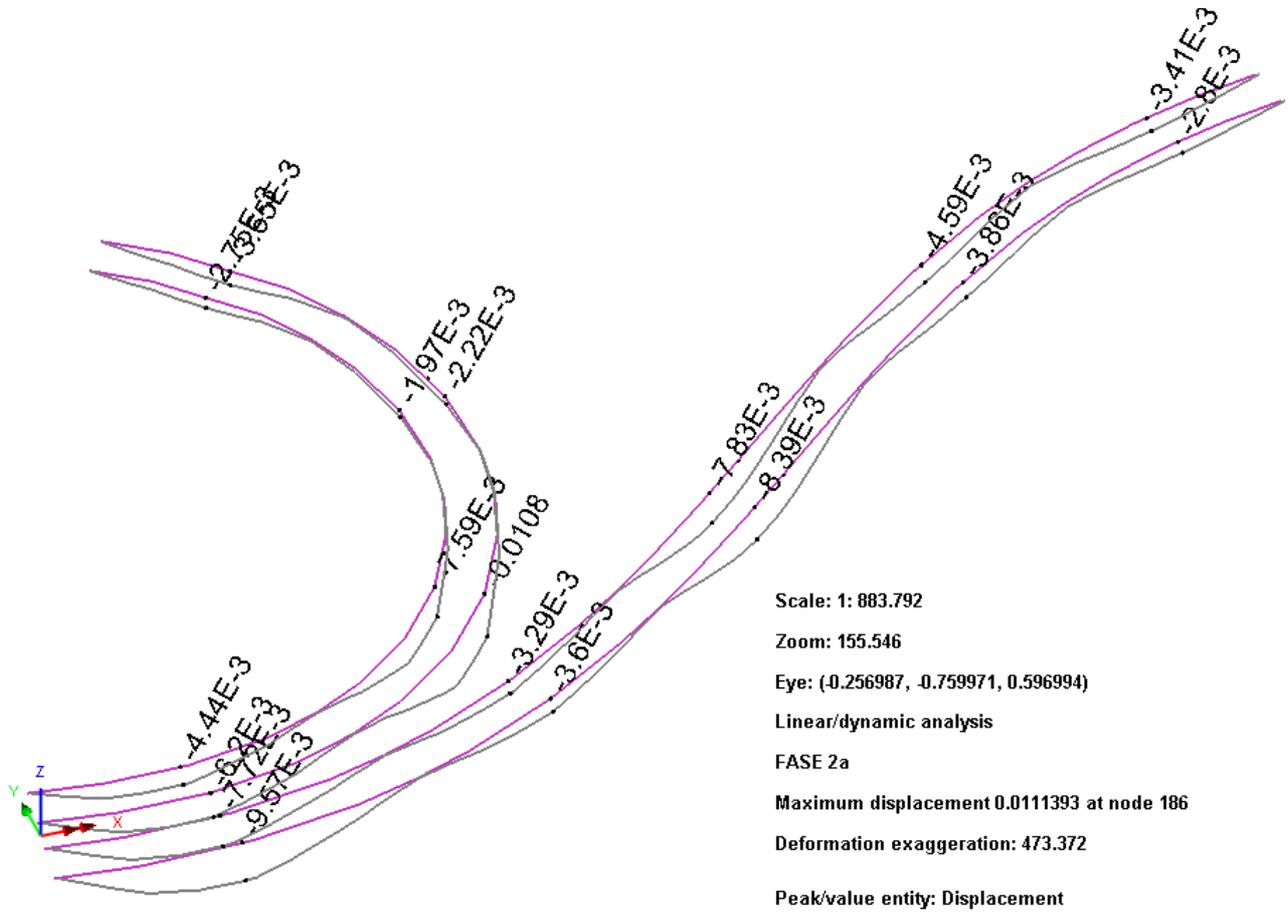
- Peso proprio acciaio + Peso getto soletta (fase 1);
- Sovraccarichi permanenti + Cedimenti + Ritiro (fase 2);
- Carichi mobili (val. caratteristico)
- Carichi mobili frequenti
- comb. S.L.E. caratteristica
- comb. S.L.E. frequente

Nel seguito vengono riportate le deformate relative ai sopraccitati carichi, con l'indicazione del valore massimo di freccia riscontrato.

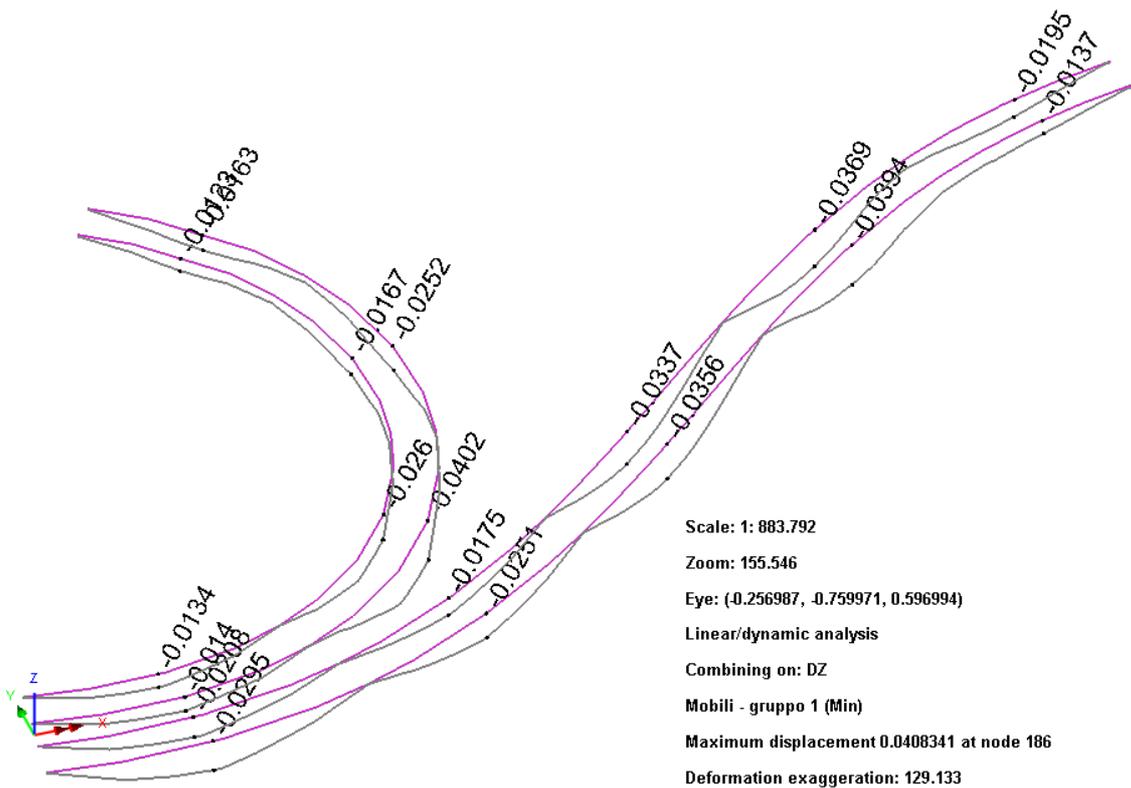
fase 1



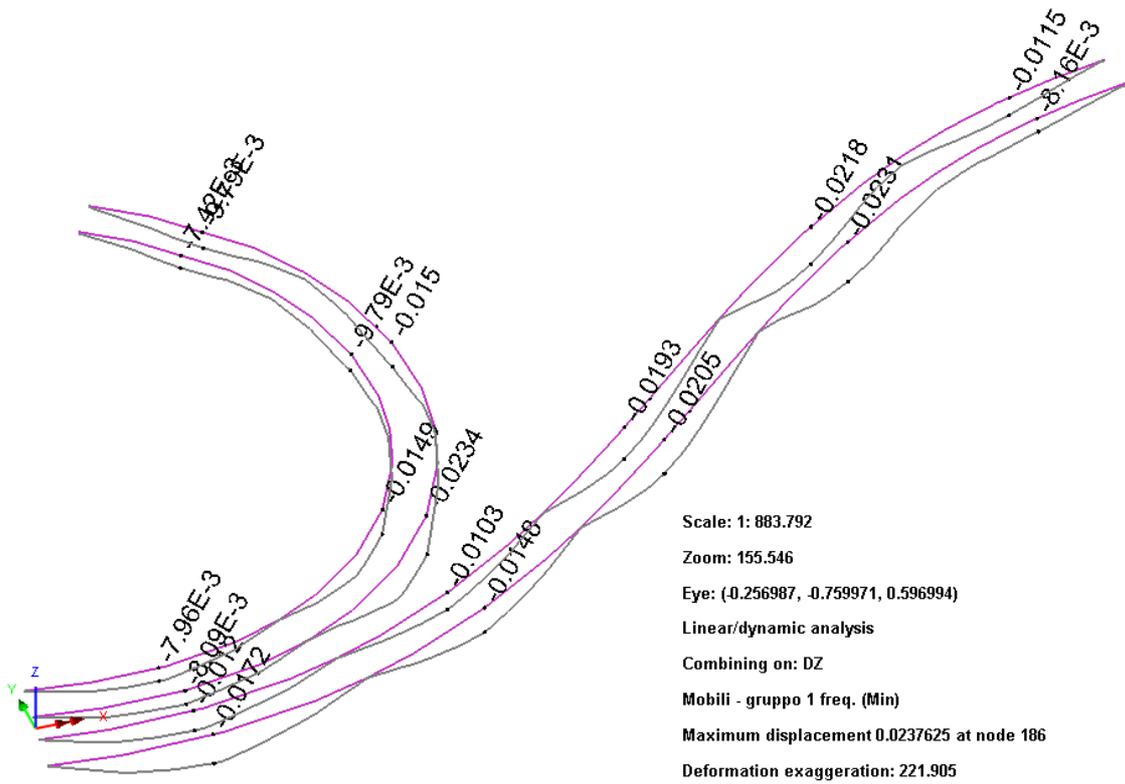
fase 2



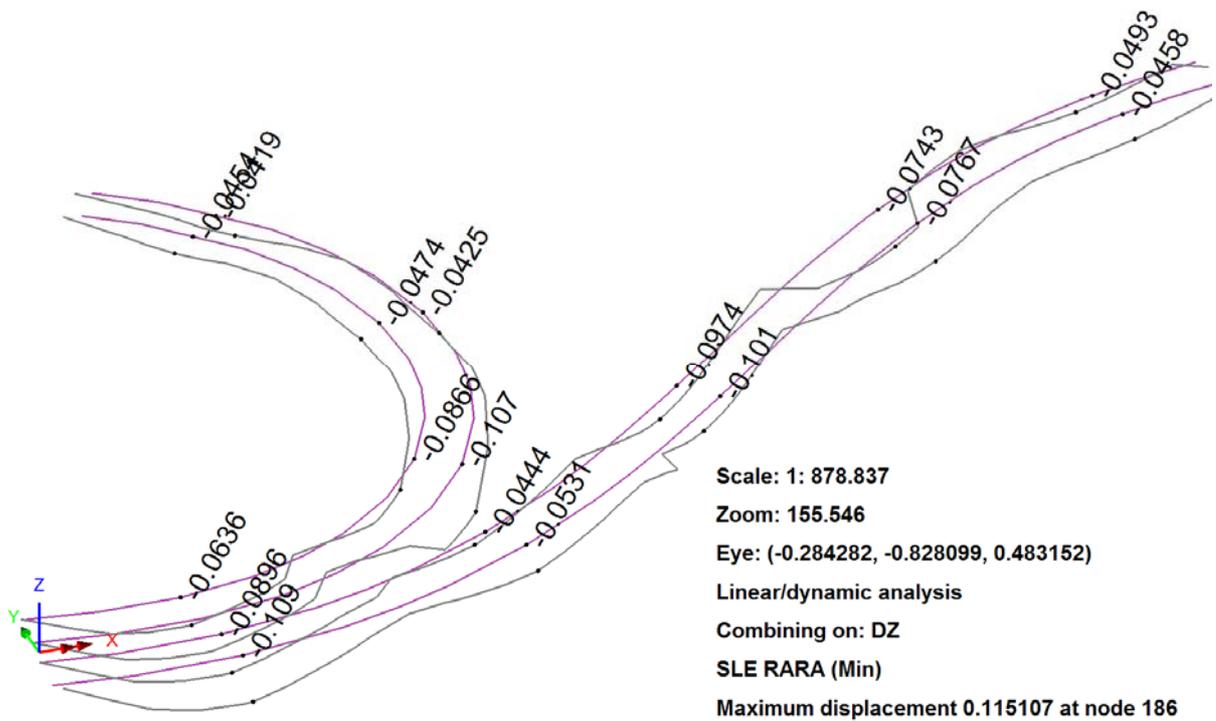
fase 3 – mobili caratteristici



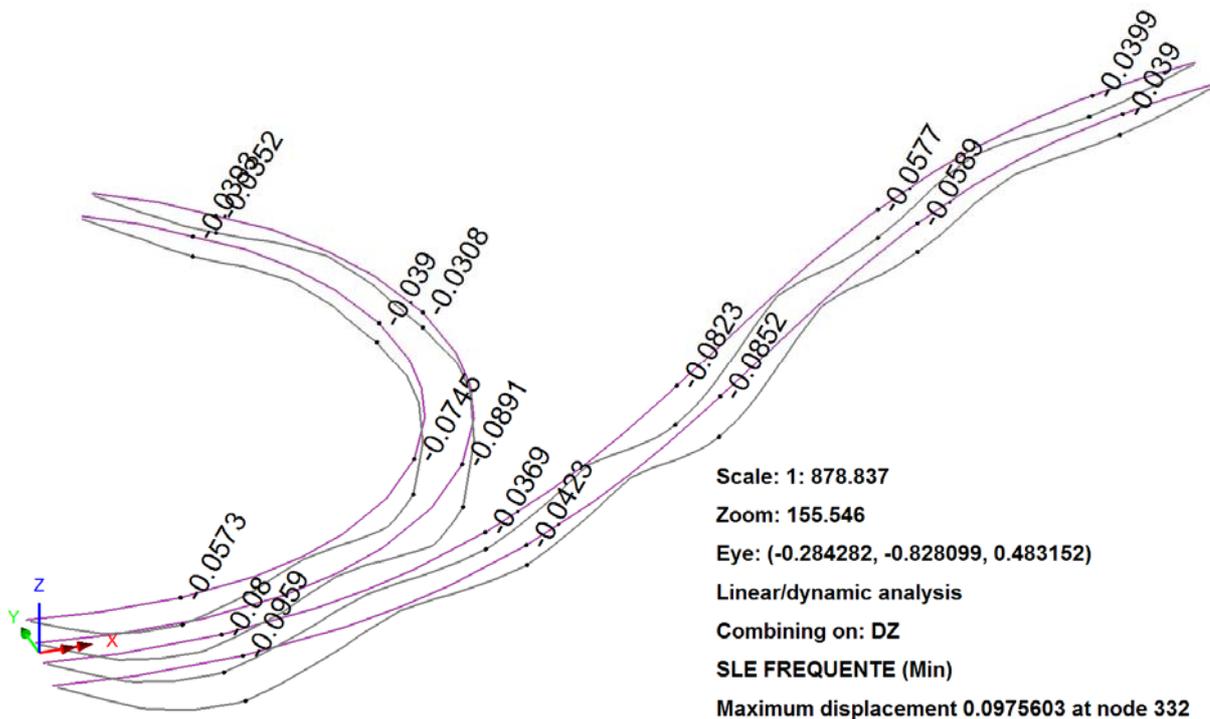
fase 3 – mobili frequenti



S.L.E. caratteristica



S.L.E. frequente



Si riportano le frecce degli impalcati della rampa di svincolo C

	Sp2 – C3-D1 L=32÷37m		C3-D1 – C2 L=40m		C2 – C1 L=30m		C1 – Sp1 L=25m	
	δ_z mm	f/L (-)	δ_z mm	f/L (-)	δ_z mm	f/L (-)	δ_z mm	f/L (-)
Fase 1	55	1/672	48	1/833	8	1/3750	50	1/500
Fase 2	10	1/3700	8	1/5000	2	1/15000	4	1/6250
Fase 3 Mobili	30	1/1233	40	1/1000	25	1/1200	16	1/1562
Fase 3 Mobili frequ.	17	1/2176	23	1/1739	15	1/2000	10	1/2500
S.L.E. caratt.	109	1/339	107	1/373	47	1/638	45	1/555
S.L.E. frequ.	96	1/385	89	1/449	39	1/769	39	1/641

Si riportano le frecce degli impalcati della rampa di svincolo D

	Sp2 – C3-D1 L=32÷37m		C3-D1 – D2 L=35m		D2 – D3 L=40m		D3 – D4 L=35m		D4 – D5 L=27m	
	δ_z mm	f/L (-)	δ_z mm	f/L (-)	δ_z mm	f/L (-)	δ_z mm	f/L (-)	δ_z mm	f/L (-)
Fase 1	55	1/672	15	1/2000	44	1/909	20	1/1750	15	1/1800
Fase 2	10	1/3700	4	1/7500	8	1/5000	5	1/7000	3	1/9000
Fase 3 Mobili	30	1/1233	25	1/1200	36	1/1111	39	1/897	19	1/1421
Fase 3 Mobili frequ.	17	1/2176	15	1/2000	20	1/2000	23	1/1521	11	1/2454
S.L.E. caratt.	109	1/339	53	1/566	101	1/396	77	1/454	49	1/551
S.L.E. frequ.	96	1/385	42	1/714	85	1/470	59	1/593	40	1/675

L'esame dei valori di tabella consente di appurare il pieno soddisfacimento dello S.L.E. per deformazione.

5.1 Contromonte di progetto

La controfreccia da assegnare all’impalcato nella fase di montaggio è stata calcolata in modo da recuperare in maniera pressoché integrale la freccia di mezzeria rilevata in corrispondenza della combinazione dei seguenti contributi:

- $g_{k1} + g_{k2}$: carichi di peso proprio e permanente

- ηQ_k : aliquota carichi mobili gr. 1

Il fattore η viene fissato in 0.2.

La massima freccia rilevata risulta:

$$\delta_z = 50 \text{ mm}$$

Per semplicità, la contromonta assegnata è comune a tutte le travi, anche se presentano freccia massima leggermente differente. Nel grafico seguente si riporta l’andamento della deformata (cambiata di segno) delle quattro travi, sovrapposta alla contromonta d’officina di progetto.

Si prevede pertanto, operando in corrispondenza delle giunzioni, di apportare le seguenti contromonte:

RAMPA C			RAMPA D		
	x [m]	Contromonta [mm]		x [m]	Contromonta [mm]
Sp2	0.0		Sp2	0.0	
A→B	7.5	20	M→N	8.0	30
B→B	16.5	25	N→N	19.0	40
B→C	25.5	10	N→O	30.0	20
C→D	38.5	15	O→N	43.0	15
D→E	47.5	45	N→N	54.0	30
E→D	56.5	50	N→O	65.0	15
D→B	65.5	30	O→P	78.0	25
B→E	78.5	20	P→N	87.0	45
E→E	87.0	30	N→P	96.0	45
E→B	95.5	20	P→Q	105.0	20
B→E	108.5	20	Q→U	118.0	20
E→B	120.5	15	U→U	129.0	35
Sp1	127.0		U→O	140.0	25

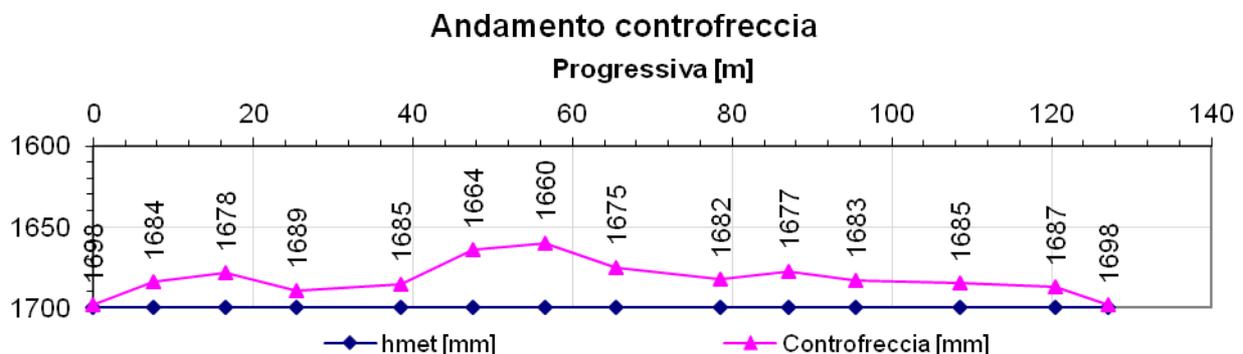


Fig. 14 - Rampa di svincolo C

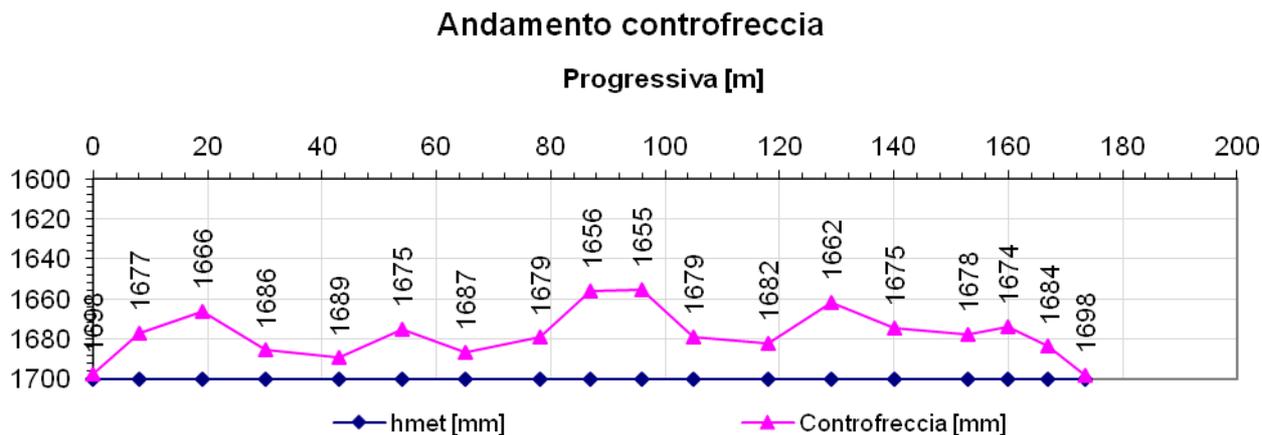


Fig. 15 - Rampa di svincolo D

6. Apparecchiature di appoggio e giunto

6.1 Generalità

Come accennato in premessa, il sistema di vincolo prevede l'utilizzo di apparecchiature elastomeriche ad alto smorzamento.

In figura si riporta lo schema indicativo delle apparecchiature di vincolo.

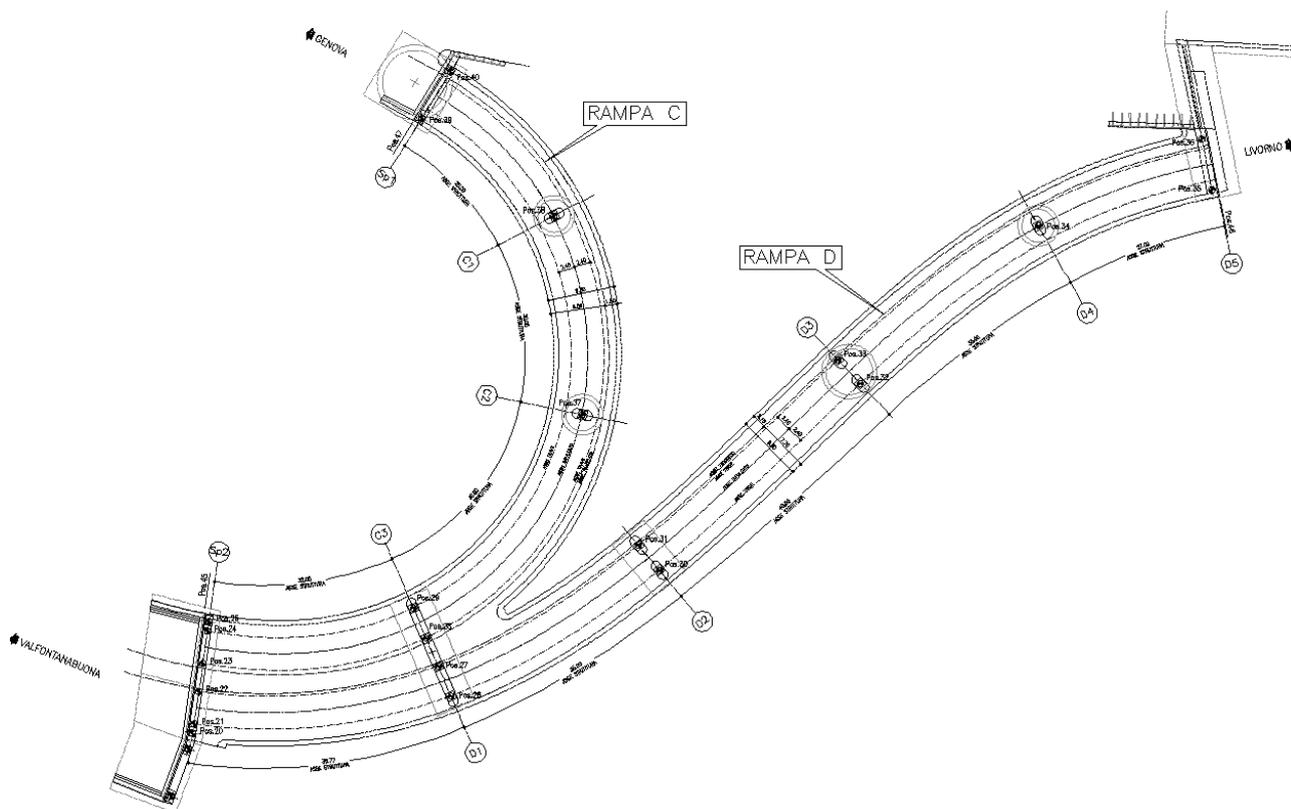


Fig. 16 - Schema planimetrico appoggi

Nel prosieguo le apparecchiature vengono individuate numerando le rispettive posizioni da 20 a 40, a partire dalle apparecchiature elastomeriche installate sulla spalla 2 (Lato Val Fontanabuona).

Si richiamano qui le caratteristiche prestazionali dei dispositivi, valide per le apparecchiature considerate:

Rampa di svincolo C a 4 campate da 32 – 40 – 30 – 25 m – B = 9.80 m

Rampa di svincolo D a 5 campate da 37 – 35 – 40 – 35 – 27 m – B = 9.80 m

Pag. 146/240

pos. 20÷25-35÷36-39÷40: dispositivo elastomerico ad alto smorzamento (16%); $k_h = 2.68e6$ N/m

pos. 26÷34-37-38: dispositivo elastomerico ad alto smorzamento (16%); $k_h = 4.11e6$ N/m

6.2 Portate appoggi

Le sollecitazioni insistenti sulle apparecchiature di vincolo vengono direttamente dedotte dall'analisi E.F., nelle combinazioni di carico pertinenti, ovvero:

S.L.U.

S.L.E. caratteristica

S.L.E. frequente

S.L.E. quasi permanente

Sisma SLD

Sisma SLV

Sisma SLC

Di seguito, raccolte in tabelle separate rispettivamente per la fase di esercizio e sismica, si riportano i valori di sollecitazione dedotte rispettivamente max/min Fx, Fy, Fz. Vista la tipologia delle apparecchiature, le sollecitazioni agenti sul piano vengono direttamente combinate in risultante, genericamente indicata con Fh.

Sollecitazioni apparecchiature di appoggio (kN)

pos.	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.	
	Max Fh	Max Fz	Max Fh	Max Fz	Max Fh	Max Fz	Max Fh	Max Fz
20	276	201	190	147	63	88	39	35
21	279	1715	192	1269	64	926	40	396
22	266	1652	183	1223	63	1002	41	675
23	255	2019	177	1495	62	1245	42	890
24	242	2868	168	2123	61	1690	42	1082
25	231	327	160	239	60	170	42	109
26	390	5300	266	3918	82	3057	50	2188
27	390	4884	266	3618	79	3109	46	2565
28	391	5745	266	4314	77	3765	42	3214
29	394	7420	267	5611	75	4657	38	3748
30	400	6027	271	4450	71	3405	22	2326
31	400	6957	271	5192	71	4092	21	2983
32	581	7162	390	5320	86	4074	28	2909
33	581	6324	389	4665	86	3526	26	2428
34	633	9700	429	7217	109	5973	77	4547
35	428	2504	294	1850	116	1324	98	684
36	420	2643	280	1943	114	1397	100	724
37	521	9897	358	7338	109	6037	58	4564
38	533	8891	359	6619	88	5457	40	4064
39	489	2291	331	1719	83	1318	27	735
40	306	1448	208	1072	54	829	18	452

Sollecitazioni apparecchiature di appoggio (kN) - fase sismica

pos.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
	Max Fh	Fz	Max Fh	Fz	Max Fh	Fz
20	175	111	436	223	558	275
21	144	434	311	493	389	519
22	152	702	329	739	411	756
23	155	930	335	982	419	1006
24	159	1139	344	1213	430	1248
25	148	148	326	170	393	233
26	148	2255	324	2348	408	2392
27	146	2598	327	2643	412	2664
28	123	3068	328	3279	415	3297
29	124	3468	331	3886	420	3924
30	106	2392	233	2484	292	2526
31	108	3041	238	3122	298	3160
32	154	2997	352	3124	443	3183
33	152	2534	348	2685	439	2756

Sollecitazioni apparecchiature di appoggio (kN) - fase sismica

pos.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
	Max Fh	Fz	Max Fh	Fz	Max Fh	Fz
34	230	4634	480	4750	597	4805
35	220	760	440	872	561	924
36	219	819	435	960	545	1026
37	140	4749	268	5016	327	5139
38	123	4249	251	4516	311	4639
39	94	841	194	1000	240	1073
40	54	479	109	514	134	530

Ai fini del dimensionamento, nell'intento di uniformare le caratteristiche, si farà riferimento ai seguenti dati prestazionali.

PORTATE APPARECCHIATURE DI APPOGGIO (kN) FASE ESERCIZIO

Pos.	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.	
	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz
20÷25-35÷36-39÷40	500	2900	350	2150	150	1700	100	1100
26÷34-37-38	650	9900	450	7350	150	6050	100	4600

PORTATE APPARECCHIATURE DI APPOGGIO (kN) FASE SISMICA

Pos.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz
20÷25-35÷36-39÷40	250	1150	450	1250	600	1250
26÷34-37-38	250	4750	500	5050	600	5150

6.3 Deformazioni agli appoggi

6.3.1 Spostamenti orizzontali

Di seguito si riportano gli spostamenti massimi rilevati in corrispondenza dispositivi, per i vari involuppi.

Deformazioni massime dispositivi elastomerici (mm)

pos.	S.L.U. max δh	S.L.E. max δh	S.L.E. fr max δh	S.L.E. q.p. max δh	Sisma SLD max δh	Sisma SLV max δh	Sisma SLC max δh
20	103	71	24	15	65	163	208
21	104	72	24	15	54	116	145
22	99	68	23	15	57	123	153
23	95	66	23	16	58	125	156
24	90	63	23	16	59	128	160
25	86	60	22	16	55	121	147
26	48	32	10	6	18	40	50
27	47	32	10	6	18	40	50
28	48	32	9	5	15	40	51
29	48	33	9	5	15	40	51
30	49	33	9	3	13	28	36
31	49	33	9	3	13	29	36
32	71	47	10	3	19	43	54
33	71	47	10	3	18	42	53
34	77	52	13	9	28	58	73
35	160	110	43	37	82	164	209
36	157	104	43	37	82	162	203
37	63	44	13	7	17	33	40
38	65	44	11	5	15	31	38
39	183	124	31	10	35	72	90
40	114	78	20	7	20	41	50

Ai fini del dimensionamento, si fa riferimento ai seguenti valori.

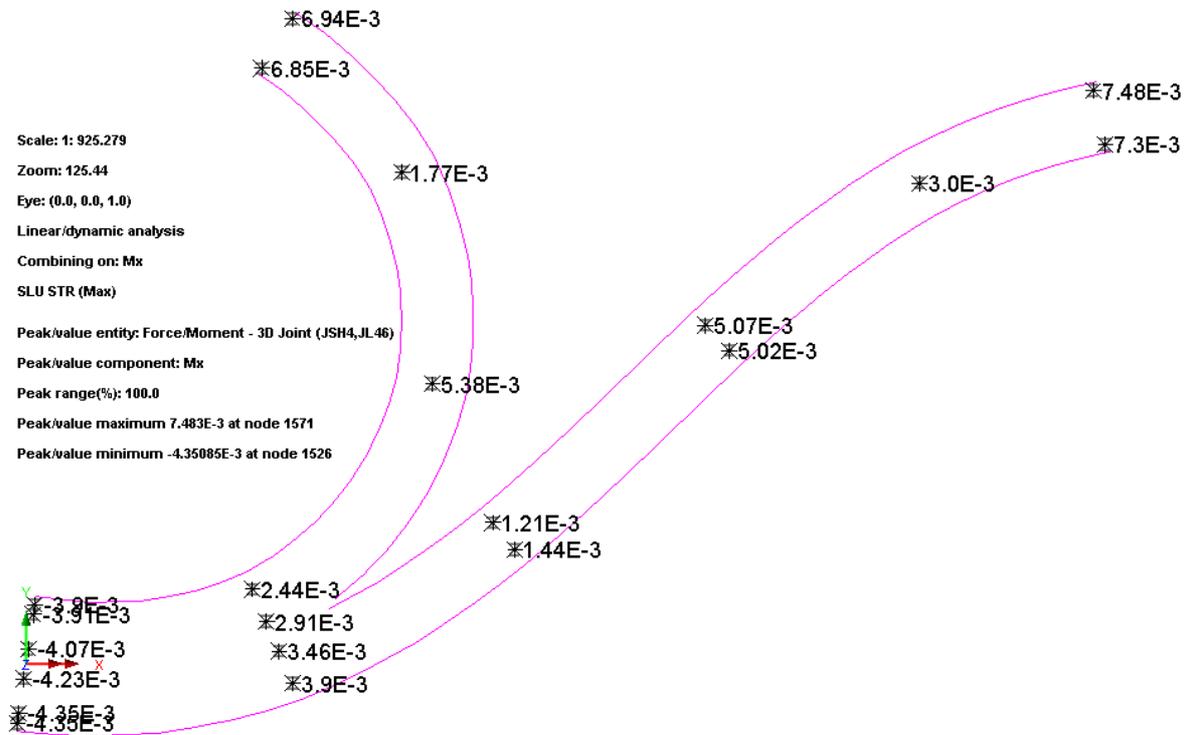
DEFORMAZIONI DI PROGETTO DISPOSITIVI ELASTOMERICI (mm) +/-

Pos.	S.L.U.	S.L.E.	S.L.E. fr	S.L.E. q.p.	Sisma SLD	Sisma SLV	Sisma SLC
	max δh	max δh	max δh	max δh	max δh	max δh	max δh
20÷25-35÷36-39÷40	190	130	50	40	90	170	210
26÷34-37-38	80	60	20	10	30	60	80

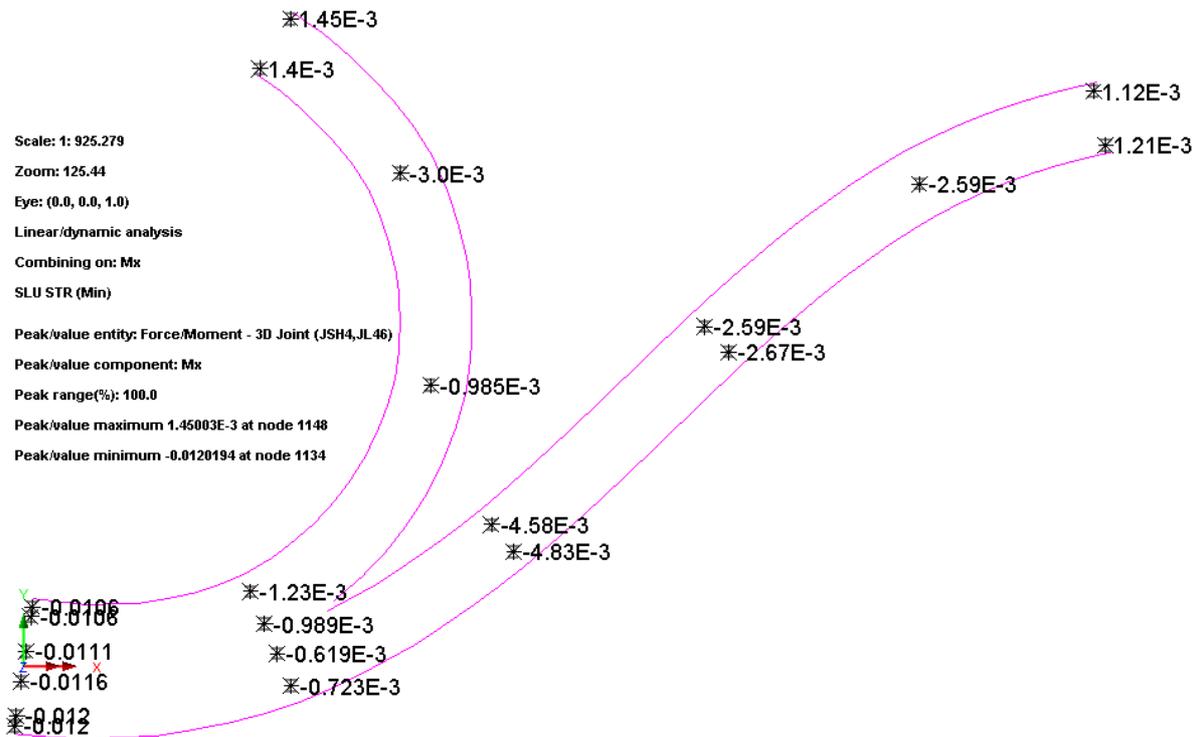
6.3.2 Rotazioni

La massima rotazioni attorno all'asse trasversale, rilevate sulle apparecchiature allo S.L.U. e S.L.E. sono riportate nei grafici seguenti:

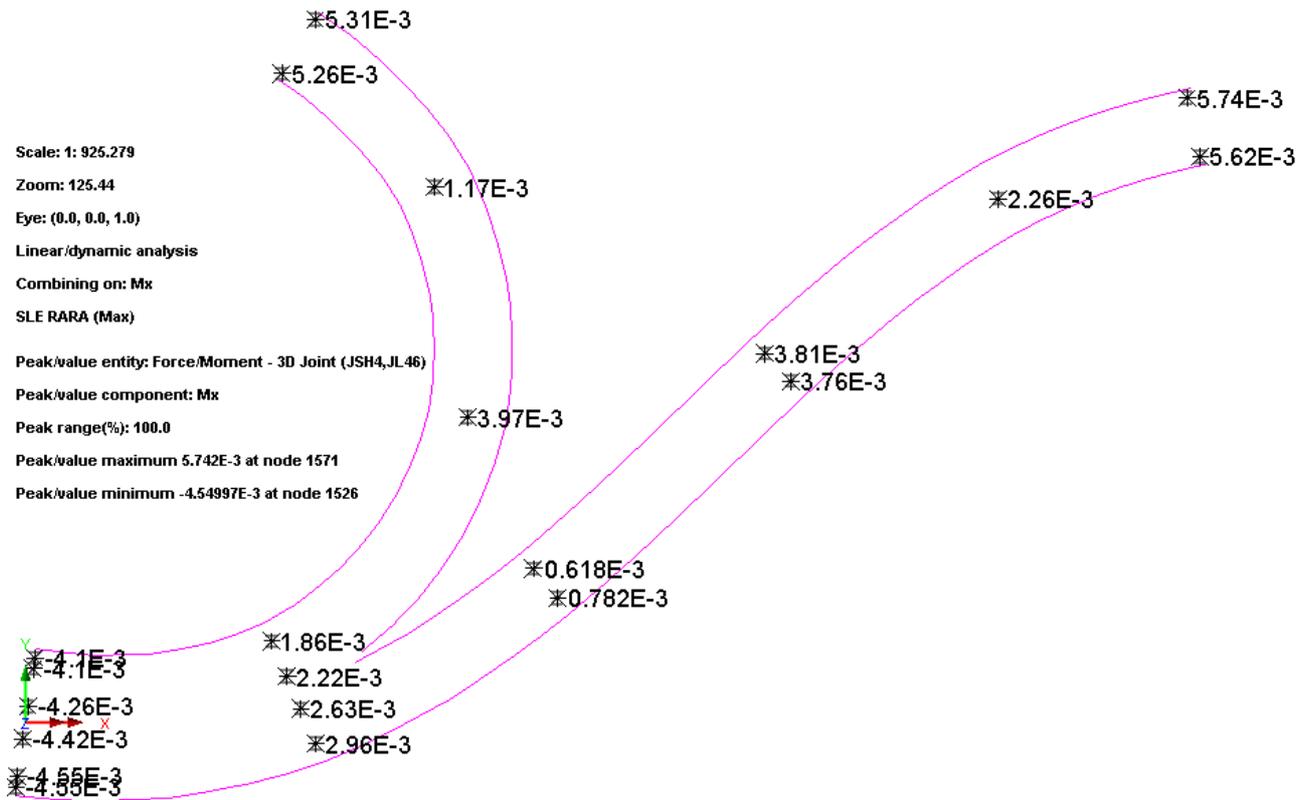
S.L.U. rot max



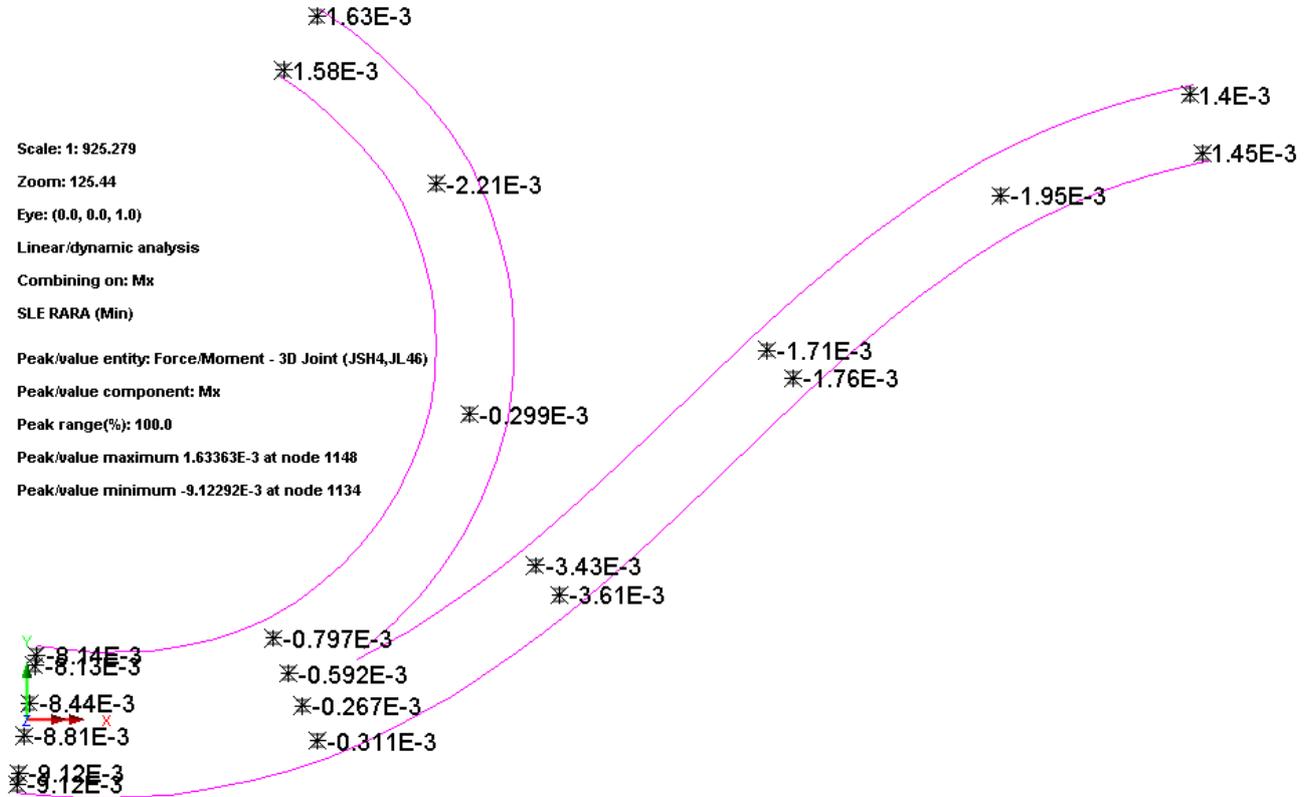
S.L.U. rot min



S.L.E. rot max



S.L.E. rot min



	Sp2	C3-D1	C2	C1	Sp1	D2	D3	D4	D5
S.L.U.	12.0·10 ⁻³	3.9·10 ⁻³	5.4·10 ⁻³	3.0·10 ⁻³	6.9·10 ⁻³	4.8·10 ⁻³	5.1·10 ⁻³	3.0·10 ⁻³	7.5·10 ⁻³

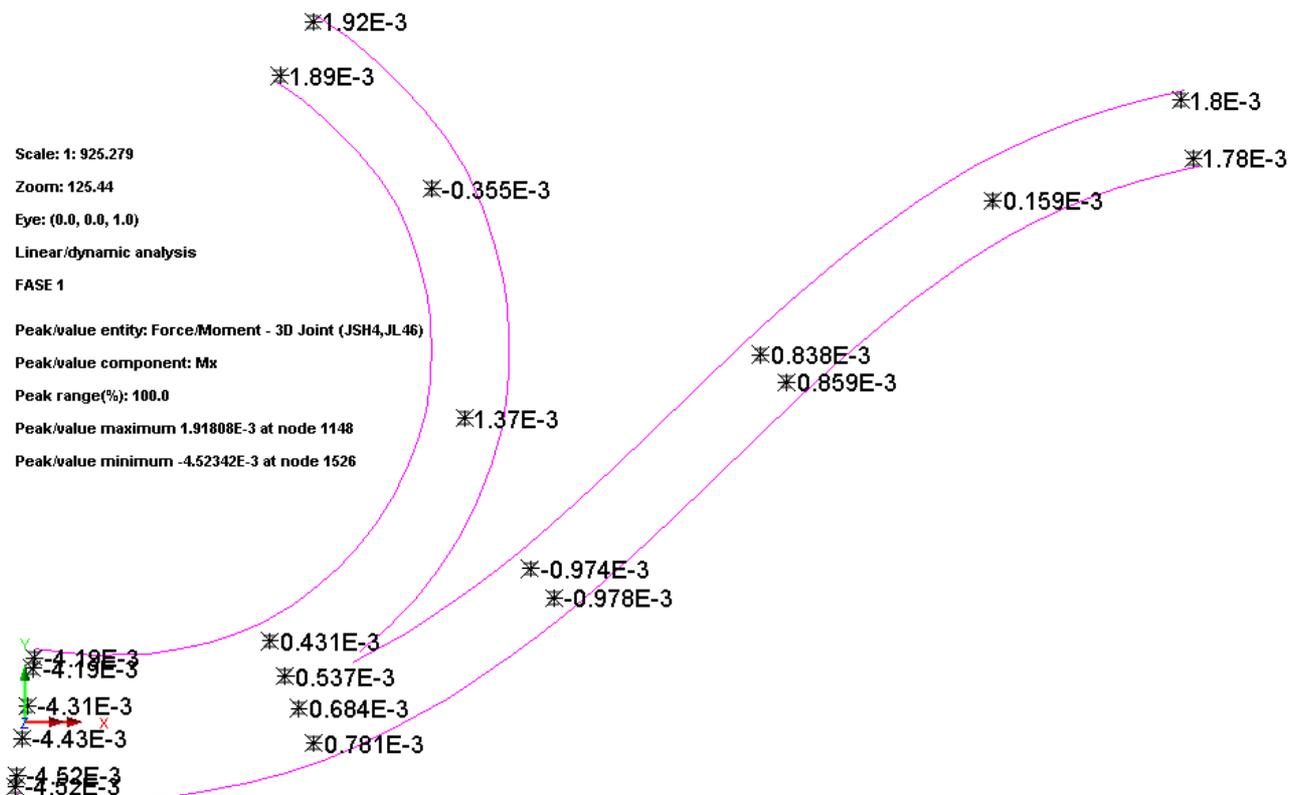
[rad]									
S.L.E.	$9.1 \cdot 10^{-3}$	$3.0 \cdot 10^{-3}$	$4.0 \cdot 10^{-3}$	$2.2 \cdot 10^{-3}$	$5.3 \cdot 10^{-3}$	$3.6 \cdot 10^{-3}$	$3.8 \cdot 10^{-3}$	$2.3 \cdot 10^{-3}$	$5.7 \cdot 10^{-3}$
[rad]									

Tali rotazioni d'esercizio risultano parzialmente compensate dalla rotazione di contromonta (vedi par. seguente). Di seguito si ripartano i valori netti (compensati) di progetto per S.L.U. e S.L.E.

Rotazioni appoggi (rad)

sostegno	costr. (*) θ_y max	S.L.U. θ_y max	S.L.E. θ_y max
Sp2 (Dir. Val Fontanabuona)	$4.5 \cdot 10^{-3}$	$7.5 \cdot 10^{-3}$	$4.6 \cdot 10^{-3}$
D1-C3	$0.7 \cdot 10^{-3}$	$3.2 \cdot 10^{-3}$	$2.3 \cdot 10^{-3}$
C2	$1.4 \cdot 10^{-3}$	$4.0 \cdot 10^{-3}$	$2.6 \cdot 10^{-3}$
C1	$0.4 \cdot 10^{-3}$	$2.6 \cdot 10^{-3}$	$1.8 \cdot 10^{-3}$
Sp1 (Dir. Genova)	$1.9 \cdot 10^{-3}$	$5.0 \cdot 10^{-3}$	$3.4 \cdot 10^{-3}$
D2	$1.0 \cdot 10^{-3}$	$3.8 \cdot 10^{-3}$	$2.6 \cdot 10^{-3}$
D3	$0.8 \cdot 10^{-3}$	$4.3 \cdot 10^{-3}$	$3.0 \cdot 10^{-3}$
D4	$0.2 \cdot 10^{-3}$	$2.8 \cdot 10^{-3}$	$2.1 \cdot 10^{-3}$
D5 (Dir. Livorno)	$1.8 \cdot 10^{-3}$	$5.7 \cdot 10^{-3}$	$3.9 \cdot 10^{-3}$

(*) Rotazione teorica per contromonta



6.4 Dimensionamento varchi e giunti

I valori adottati per il dimensionamento discendono direttamente dai valori di deformazione rilevata in corrispondenza delle apparecchiature di vincolo posizionate sulle spalle; in questo caso si considerano le deformazioni longitudinali (δx e δy) in luogo della risultante.

La tabella seguente riporta, per tutti gli S.L., il valore dell'escursione massima teorica in corrispondenza dei giunti, valutata cautelativamente come doppio del valore assoluto dell'escursione di progetto.

Escursione complessiva giunto (mm) - fase di esercizio

sostegno	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.		
	pos.	tot δx	tot δy						
Sp 2	45	110	200	75	140	25	50	15	35
D5	46	310	240	215	175	65	90	30	75
Sp 1	47	60	365	45	250	20	65	20	20

Escursione complessiva giunto (mm) - fase sismica

sostegno	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC		
	pos.	max δx	max δy	max δx	max δy	max δx	max δy
Sp 2	45	130	120	300	255	380	315
D5	46	145	160	315	295	395	360
Sp 1	47	55	55	110	110	135	135

Il dimensionamento della corsa complessiva dei giunti (previsti in prima battuta privi di prerogolazione) viene effettuato con riferimento ai seguenti S.L.

S.L.E. caratteristico

Sisma SLD

La tabella seguente riporta quindi il valore di dimensionamento assegnato alle apparecchiature.

Escursione complessiva giunti (mm)

sostegno	pos.	S.L.E. car.		Sisma SLD	
		tot δx	tot δy	max δx	max δy
Sp 2	45	75	140	130	120
D5	46	215	175	145	160
Sp 1	47	45	250	55	55

Il dimensionamento del varco giunti viene effettuato con riferimento ai seguenti S.L.:

S.L.U.

sisma S.L.C.

Con riferimento alla massima escursione positiva in corrispondenza dei giunti, si rileva pertanto:

Varco giunti (mm)

sostegno	S.L.U. max δx	Sisma SLC max δx
Sp 2	55.0	190.0
D5	155.0	197.5
Sp 1	30.0	67.5

Si prevede pertanto, per le spalle, un varco complessivo di ampiezza minima pari a 160 mm.

Varco giunti (mm)

sostegno	δ tot
Sp 1-2-D5	160

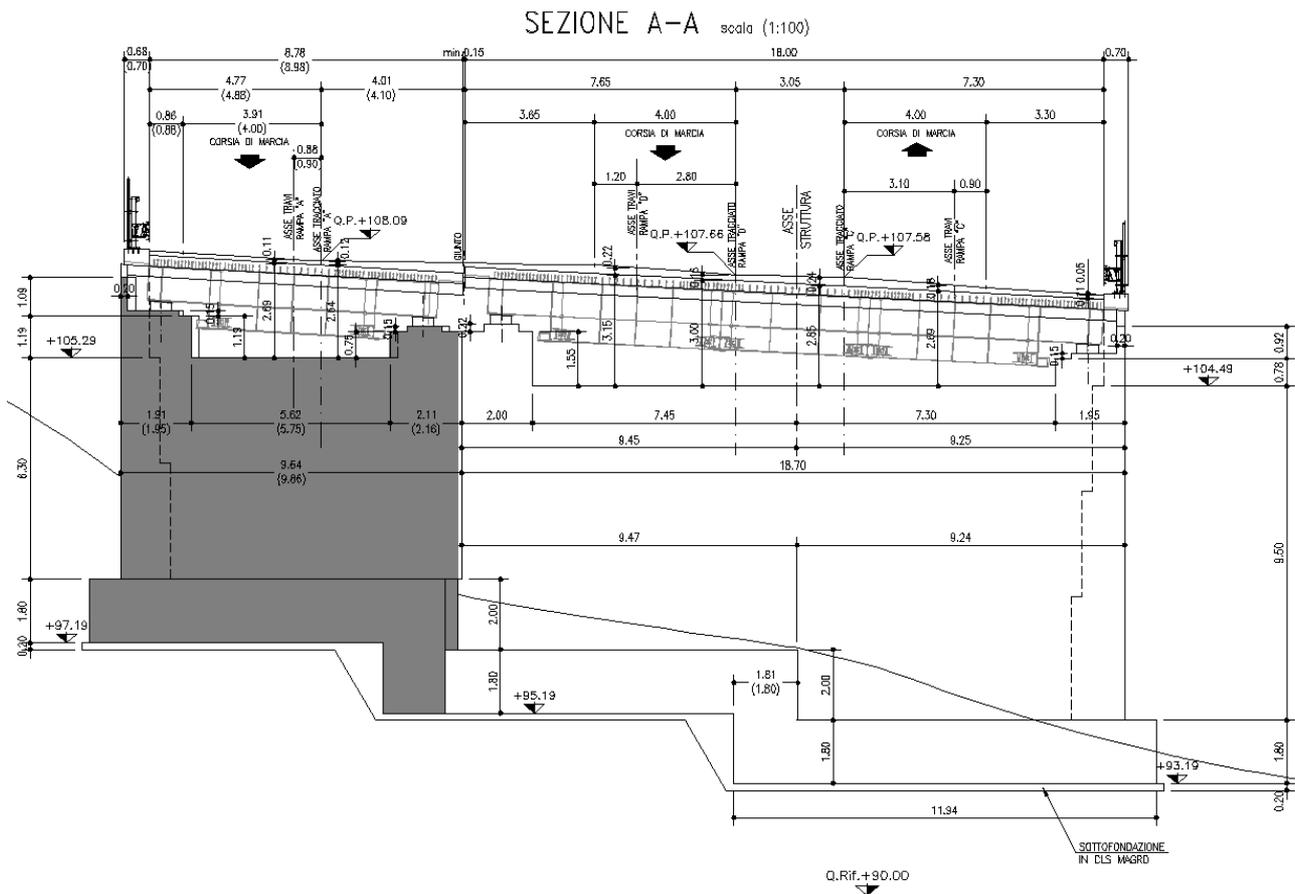
7. Spalle

7.1 Generalità

Le spalle Sp1 (Lato Genova) e Sp2 (Lato Val Fontanabuona) sono di tipo classico, formate da solettone, fondate rispettivamente su un pozzo e su fondazione diretta, paramento e paraghiaia. La pila-spalla D5 (Lato Livorno) risulta invece fondata su un sistema di micropali ed è caratterizzata da un'elevazione di altezza variabile assunta mediamente pari a 20m e poggiante su una suola di fondazione di spessore 1.5m.

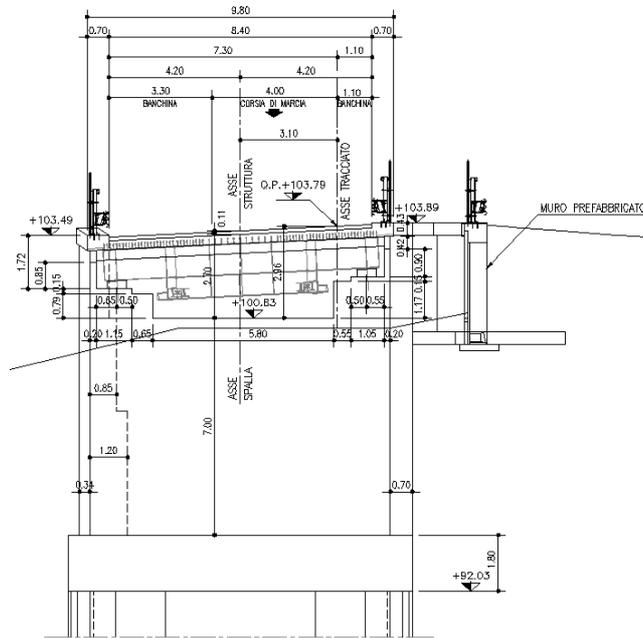
In figura si riporta la configurazione indicativa delle spalle.

Spalla Sp2 (Lato Val Fontanabuona)



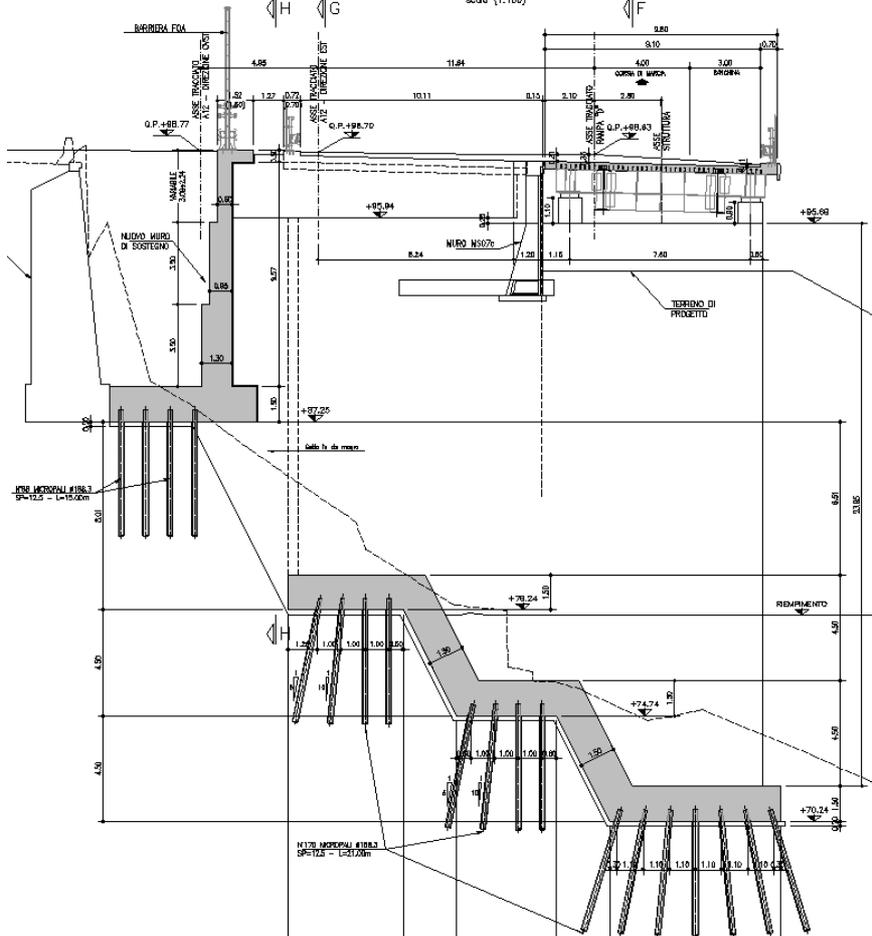
Spalla Sp1 (Lato Genova)

PROSPETTO A-A
scala (1:100)



Spalla pila-spalla D5 (Lato Livorno)

SEZIONE C-C
scala (1:100)



Le caratteristiche geometriche degli elementi strutturali principali sono riepilogate nelle tabelle seguenti.

Spalla Sp1 (Lato Genova)

Definizione carpenterie [m]			
Largh. spalla (b_i)	11.00		
	t_i/b_i	h_i	h_i
Paraghiaia (t_1, h_1)	0.40	2.73	
Mensola parag. (t_2, h_2, h_2'')	0.40	0.60	0.40
Paramento (t_3, h_3)	1.90	7.00	
Fondazione (b_4, h_4)	11.00	1.80	
Suola esterna (b_5)	1.40	1.80	
Suola interna (b_6)	7.70	1.80	
Piano app. impalcato (b_7)		0.40	
h media baggioli (h_8)		0.20	
dist. Ax appoggi da filo param	0.50		
γ_{cls}	25.00	[kN/m ³]	

Spalla Sp2 (Lato Val Fontanabuona)

Definizione carpenterie [m]			
Largh. spalla (b_i)	18.71		
	t_i/b_i	h_i	h_i
Paraghiaia (t_1, h_1)	0.40	2.71	
Mensola parag. (t_2, h_2, h_2'')	0.40	0.60	0.40
Paramento (t_3, h_3)	1.90	8.50	
Fondazione (b_4, h_4)	10.20	1.80	
Suola esterna (b_5)	1.00	1.80	
Suola interna (b_6)	7.30	1.80	
Piano app. impalcato (b_7)		0.40	
h media baggioli (h_8)		0.20	
dist. Ax appoggi da filo param	0.50		
γ_{cls}	25.00	[kN/m ³]	

7.2 Analisi dei carichi

Ai fini del calcolo delle sollecitazioni lungo gli elementi strutturali principali, si considerano i seguenti contributi di carico

In condizioni statiche (S.L.E. e S.L.U.) le azioni da considerare agenti sulla spalla sono:

- Peso proprio spalla (calcestruzzo)
- Peso proprio del terreno sulla suola interna
- Sovraccarico accidentale sul rilevato a tergo spalla ($q = 20 \text{ kN/m}^2$)
- Spinta statica a riposo del terreno a tergo spalla
- Spinta del sovraccarico a tergo (a riposo)

- Carichi derivanti dall'impalcato

Per la determinazione dei vari effetti si considerano i seguenti parametri generali di calcolo:

- Peso specifico terreno rilevato: $\gamma_t = 20.0 \text{ kN/m}^3$;
- Angolo attrito interno rilevato: $\phi_r = 35.0^\circ$;
- Attrito terreno-terreno (cautelativamente): $\delta = 0^\circ$;

In condizioni sismiche (SIS), le azioni da considerare agenti sulla spalla sono:

- Peso proprio spalla (calcestruzzo)
- Peso proprio del terreno sulla suola interna
- Spinta sismica del terreno a tergo spalla (formula Mononobe-Okabe)
- Azione inerziale del corpo spalla stesso
- Carichi permanenti derivanti dall'impalcato

Per la determinazione dei vari effetti sismici si considerano i seguenti parametri generali di calcolo:

- Accelerazione locale $a_g = 0.116 \text{ g}$ (Comune di Rapallo)
- Categoria di sottosuolo: E
- Condizione topografica: T1
- Accelerazione di aggancio spettro (T=0) $a_{max} = 0.186 \text{ g}$
- Coefficiente sismico orizzontale $k_h = 0.045$
- Coefficiente sismico verticale $k_v = 0.022$

Le sollecitazioni trasmesse dall'impalcato sono la somma delle sollecitazioni relative alla combinazione quasi permanente e delle azioni inerziali, valutate per T=0.

Il calcolo delle sollecitazioni lungo la spalla ed in fondazione viene effettuato mediante una semplice procedura implementata su foglio elettronico, basato sulla teoria dell'equilibrio limite focalizzando l'attenzione sul comportamento longitudinale del sistema.

Per semplicità, sia per la spalla Sp1, sia per la spalla Sp2, le sollecitazioni vengono dedotte considerando una porzione di spalla di larghezza pari a 1 m, trascurando, nell'analisi, la presenza dei contributi di carico dovuto ai muri laterali, e le sollecitazioni flettenti con asse momento longitudinale.

Di seguito si riportano in forma tabellare i risultati delle analisi condotte per la determinazione dei carichi gravanti sui pali di fondazione propri del corpo spalle; a tali addendi si sommano le azioni trasmesse dall'impalcato, rispettivamente valutate con riferimento alle combinazioni per max Fx (azione longitudinale) e concomitante Fz (azione verticale), e per la combinazione min Fz, con concomitante Fx. Si noti che in quest'ultimo caso, ad eccezione della combinazione sismica, le azioni longitudinali da impalcato sono rivolte verso il terrapieno, essendo il concomitante orizzontale generato quasi esclusivamente dalle azioni verticali dei carichi mobili.

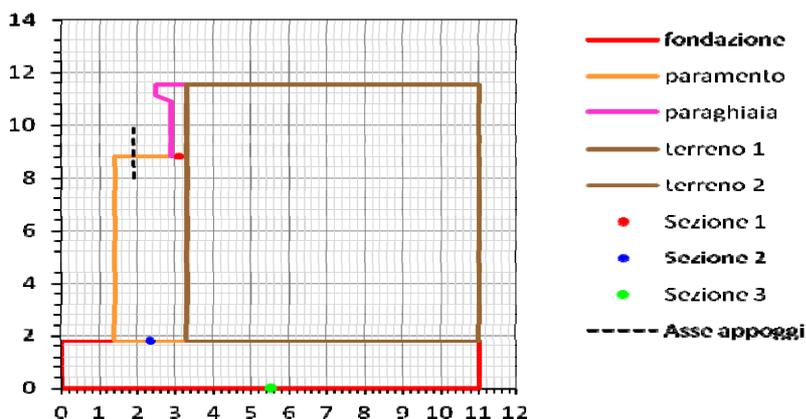
La particolare configurazione dello schema di vincolo, basato su appoggi elastici, comporta la nascita di azioni orizzontali stabilizzanti (rivolte verso il rilevato) di significativa entità, dato lo schema statico di trave semplicemente appoggiata di grande luce.

7.3 Calcolo sollecitazioni

Di seguito si riportano le tabelle recanti le generalità relative al calcolo delle sollecitazioni lungo le spalle, rispettivamente per le due condizioni di massima azione longitudinale e massima azione verticale.

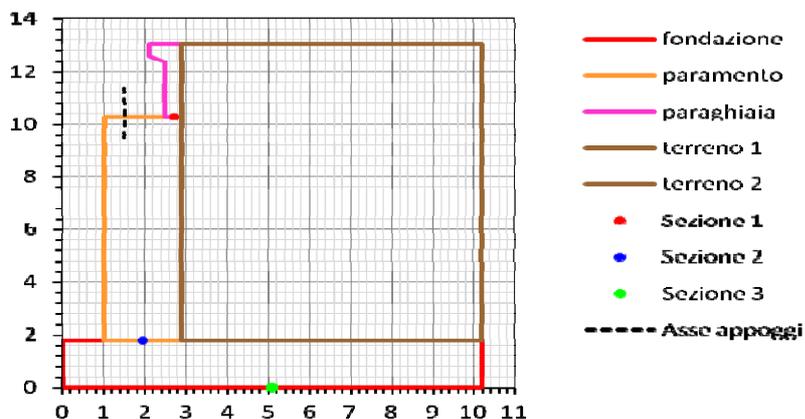
Spalla Sp1 (Lato Genova) – generalità

Definizione carpenterie [m]				Carichi a tergo spalla			
Largh. spalla (b_1)	11.00			G_k	3.00	kN/m ²	
	t_i/b_i	h_i	h_i	Q_k	20.00	kN/m ² $Q_{Acc.}$ sbalzo paragt	
Paraghiaia (t_1, h_1)	0.40	2.73		Carichi aggiuntivi			
Mensola parag. (t_2, h_2, h_2'')	0.40	0.60	0.40				
Paramento (t_3, h_3)	1.90	7.00					
Fondazione (b_4, h_4)	11.00	1.80					
Suola esterna (b_5)	1.40	1.80					
Suola interna (b_6)	7.70	1.80					
Piano app. impalcato (b_7)		0.40		Azioni accidentali (quota p. appoggio imp.)			
h media baggioli (h_8)		0.20			Vx (kN)	N (kN)	
dist. Ax appoggi da filo param	0.50			S.L.U. Str	116	-3760	
γ_{cis}	25.00	[kN/m ³]		S.L.U. Geo	100	-3276	
				S.L.U. Sisma	168	-1574	
				S.L.E. Fond.	80	-2775	
				S.L.E. Freq.	20	-2140	
				S.L.E. Q. Per.	11	-1283	
					Vx (kN/m)	N (kN/m)	
				S.L.U. Str	11	-342	
				S.L.U. Geo	9	-298	
				S.L.U. Sisma	15	-143	
				S.L.E. Fond.	7	-252	
				S.L.E. Freq.	2	-195	
				S.L.E. Q. Per.	1	-117	
Caratteristiche terreno				Caratterizzazione sismica			
		[°]	[rad]	a_{max} (g)	0.186	a_g	0.116
ϕ rilevato (M1)	35.0	0.6109		Cat. Suolo	E	Cat. Topog.	T1
δ Attrito terra-muro (M1)	17.5	0.3054		F_0	2.492	T_c	0.291
ϕ rilevato (M2)	29.3	0.5106		S_s	1.600	S_T	1.000
δ Attrito terra-muro (M2)	14.6	0.2553		S	1.60		
ψ Incl. Paramento	90.0	1.5708		β_m	0.240	NTC-08 Table 7.11.11	
β Incl. scarpata	0.0	0.0000		k_h	0.045	NTC-08 §7.11.6	
γ_t rilevato	20.00	[kN/m ³]		k_v	0.022	NTC-08 §7.11.7	
Coefficienti di spinta							
	θ_A 0.0455		θ_B 0.0435				
$k_{0,statico}$ (M1)	0.4264	$k_{0,statico}$ (M2)	0.5113				
$k_{a,statico}$ (M1)	0.2461	$k_{a,statico}$ (M2)	0.3105				
$k_{a,din.1}$ (M1)	0.2716	$k_{a,din.1}$ (M2)	0.3394				
$k_{a,din.2}$ (M1)	0.2705	$k_{a,din.2}$ (M2)	0.3381				



Spalla Sp2 (Lato Val Fontanabuona) - generalità

Definizione carpenterie [m]				Carichi a tergo spalla			
Largh. spalla (b ₁)	18.71			G _k	3.00	kN/m ²	
	t _i /b _i	h _i	h _i	Q _k	20.00	kN/m ²	q _{Acc. sbalzo}
Paraghiaia (t ₁ , h ₁)	0.40	2.71		Carichi aggiuntivi			
Mensola parag. (t ₂ , h ₂ , h _{2''})	0.40	0.60	0.40				
Paramento (t ₃ , h ₃)	1.90	8.50					
Fondazione (b ₄ , h ₄)	10.20	1.80					
Suola esterna (b ₅)	1.00	1.80					
Suola interna (b ₆)	7.30	1.80					
Piano app. impalcato (b ₇)		0.40		Azioni accidentali (quota p. appoggio imp.)			
h media baggioli (h ₈)		0.20		Vx (kN)	N (kN)		
dist. Ax appoggi da filo param	0.50			S.L.U. Str	658	-6500	
γ _{cls}	25.00	[kN/m ³]		S.L.U. Geo	658	-5600	
Caratteristiche terreno				S.L.U. Sisma	700	-4890	
		[°]	[rad]	S.L.E. Fond.	443	-4813	
φ _{rilevato} (M1)	35.0	0.6109		S.L.E. Freq.	59	-4131	
δ Attrito terra-muro (M1)	17.5	0.3054		S.L.E. Q. Per.	44	-3177	
φ _{rilevato} (M2)	29.3	0.5106		Vx (kN/m)	N (kN/m)		
δ Attrito terra-muro (M2)	14.6	0.2553		S.L.U. Str	35	-347	
ψ Incl. Paramento	90.0	1.5708		S.L.U. Geo	35	-299	
β Incl. scarpata	0.0	0.0000		S.L.U. Sisma	37	-261	
γ _t rilevato	20.00	[kN/m ³]		S.L.E. Fond.	24	-257	
Coefficienti di spinta				S.L.E. Freq.	3	-221	
	θ _A 0.0455	θ _B 0.0435		S.L.E. Q. Per.	2	-170	
k _{0,statico} (M1) 0.4264	k _{0,statico} (M2) 0.5113			Caratterizzazione sismica			
k _{a,statico} (M1) 0.2461	k _{a,statico} (M2) 0.3105			a _{max} (g)	0.186	a _g	0.116
k _{a,din.1} (M1) 0.2716	k _{a,din.1} (M2) 0.3394			Cat. Suolo	E	Cat. Topog.	T1
k _{a,din.2} (M1) 0.2705	k _{a,din.2} (M2) 0.3381			F ₀	2.492	T _c	0.291
				S _s	1.600	S _T	1.000
				S	1.60		
				β _m	0.240	NTC-08 Table 7.11.II	
				k _h	0.045	NTC-08 §7.11.6	
				k _v	0.022	NTC-08 §7.11.7	



L'idealizzazione, effettuata per semplicità, della spalla Sp2, prevede un paramento di altezza costante, pari alla altezza media dell'elemento, una larghezza complessiva di fondazione (impronta) pari a 18.71 m ed una profondità pari a 10.2 m.

Le azioni trasmesse dall'impalcato, per i rispettivi involucri (output limitate alle sole caratteristiche di interesse) sono le seguenti:

Spalla Sp1 (Lato Genova)

Azioni verticali massime e minime

	Vx (kN/m)	N (kN/m)		Vx (kN/m)	N (kN/m)
S.L.U. Str	11	-342	S.L.U. Str	-6	-38
S.L.U. Geo	9	-298	S.L.U. Geo	16	-203
S.L.U. Sisma	15	-143	S.L.U. Sisma	-10	-87
S.L.E. Fond.	7	-252	S.L.E. Fond.	13	-168
S.L.E. Freq.	2	-195	S.L.E. Freq.	6	-117
S.L.E. Q. Per.	1	-117	S.L.E. Q. Per.	4	-114

Azioni orizzontali massime e minime

	Vx (kN/m)	N (kN/m)		Vx (kN/m)	N (kN/m)
S.L.U. Str	-13	-51	S.L.U. Str	-25	-230
S.L.U. Geo	-11	-61	S.L.U. Geo	-23	-203
S.L.U. Sisma	14	-118	S.L.U. Sisma	-27	-87
S.L.E. Fond.	-8	-67	S.L.E. Fond.	-17	-168
S.L.E. Freq.	-2	-88	S.L.E. Freq.	-4	-117
S.L.E. Q. Per.	-1	-91	S.L.E. Q. Per.	-2	-114

Spalla Sp2 (Lato Val Fontanabuona)

Azioni verticali massime e minime

	Vx (kN/m)	N (kN/m)		Vx (kN/m)	N (kN/m)
S.L.U. Str	35	-347	S.L.U. Str	-35	-107
S.L.U. Geo	35	-299	S.L.U. Geo	27	-164
S.L.U. Sisma	37	-261	S.L.U. Sisma	-73	-46
S.L.E. Fond.	24	-257	S.L.E. Fond.	18	-163
S.L.E. Freq.	3	-221	S.L.E. Freq.	-5	-162
S.L.E. Q. Per.	2	-170	S.L.E. Q. Per.	-11	-161

Azioni orizzontali massime e minime

	Vx (kN/m)	N (kN/m)		Vx (kN/m)	N (kN/m)
S.L.U. Str	-26	-211	S.L.U. Str	-48	-162
S.L.U. Geo	-19	-184	S.L.U. Geo	-41	-164
S.L.U. Sisma	75	-264	S.L.U. Sisma	-14	-46
S.L.E. Fond.	-15	-154	S.L.E. Fond.	-33	-163
S.L.E. Freq.	7	-149	S.L.E. Freq.	-10	-162
S.L.E. Q. Per.	13	-149	S.L.E. Q. Per.	-4	-161

7.3.1 Sollecitazioni lungo l'elevazione

Si riportano le tabelle recanti le sollecitazioni (valutate con riferimento alla striscia di larghezza unitaria) gravanti rispettivamente allo spiccato paraghiaia ed allo spiccato paramento. Per lo spiccato paraghiaia, le sollecitazioni sono identiche rispettivamente per la condizione Fx max ed Fzmin.

Spalla Sp1 (Lato Genova) - Condizione Fx max**Sezione 1 (spiccato parte superiore paraghiaia)**

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)	
da spalla	Pesi propri cls spalla	0	-32	2
	Sovraccarico acc. sbalzo par.	0	-16	3
	Sovraccarico perm. sbalzo par.	0	-2	0
	Spinta orizz. terreno (M1)	32	0	29
	Spinta orizz. sov. perm. (M1)	3	0	5
	Spinta orizz. sov. acc. (M1)	23	0	32
	Δ Sismico Sp. terreno - θ_1 (M1)	1	0	2
	Δ Sismico Sp. perm. - θ_1 (M1)	2	0	3
	Δ Sismico Sp. terreno - θ_2 (M1)	2	0	3
	Δ Sismico Sp. perm. - θ_2 (M1)	2	0	3
	Eff. inerziale elem. cls	6	0	9
da impalcato	S.L.U. STR min N	0	0	0
	S.L.U. Sisma min N	0	0	0
	S.L.E. fond. min N	0	0	0
	S.L.E. freq. min N	0	0	0
	S.L.E. q.p. min N	0	0	0

Sezione 2 (spiccato paramento)

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)	
da spalla	Pesi propri cls spalla	0	-365	-22
	Sovraccarico acc.	0	-38	0
	Sovraccarico perm.	0	-6	0
	Spinta orizz. terreno (M1)	404	0	1309
	Spinta orizz. sov. perm. (M1)	12	0	61
	Spinta orizz. sov. acc. (M1)	83	0	404
	Peso terreno 1 tergo spalla	0	0	0
	Δ Sismico Sp. terreno - θ_1 (M1)	18	0	90
	Δ Sismico Sp. perm. - θ_1 (M1)	8	0	39
	Δ Sismico Sp. terreno - θ_2 (M1)	29	0	140
	Δ Sismico Sp. perm. - θ_2 (M1)	8	0	38
Eff. inerziale elem. cls	68	0	267	
da impalcato	S.L.U. STR min N	-13	-51	-67
	S.L.U. Sisma min N	14	-118	152
	S.L.U. GEO min N	-11	-61	-49
	S.L.E. fond. min N	-8	-67	-30
	S.L.E. freq. min N	-2	-88	25
	S.L.E. q.p. min N	-1	-91	37

Spalla Sp1 (Lato Genova) - Condizione Fz min**Sezione 1 (spiccato parte superiore paraghiaia)**

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
Pesi propri cls spalla	0	-32	2
Sovraccarico acc. sbalzo par.	0	-16	3
Sovraccarico perm. sbalzo par.	0	-2	0
da spalla			
Spinta orizz. terreno (M1)	32	0	29
Spinta orizz. sov. perm. (M1)	3	0	5
Spinta orizz. sov. acc. (M1)	23	0	32
Δ Sismico Sp. terreno - θ_1 (M1)	1	0	2
Δ Sismico Sp. perm. - θ_1 (M1)	2	0	3
Δ Sismico Sp. terreno - θ_2 (M1)	2	0	3
Δ Sismico Sp. perm. - θ_2 (M1)	2	0	3
Eff. inerziale elem. cls	6	0	9
da impalcato			
S.L.U. STR min N	0	0	0
S.L.U. Sisma min N	0	0	0
S.L.E. fond. min N	0	0	0
S.L.E. freq. min N	0	0	0
S.L.E. q.p. min N	0	0	0

Sezione 2 (spiccato paramento)

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
Pesi propri cls spalla	0	-365	-22
Sovraccarico acc.	0	-38	0
Sovraccarico perm.	0	-6	0
da spalla			
Spinta orizz. terreno (M1)	404	0	1309
Spinta orizz. sov. perm. (M1)	12	0	61
Spinta orizz. sov. acc. (M1)	83	0	404
Peso terreno 1 tergo spalla	0	0	0
Δ Sismico Sp. terreno - θ_1 (M1)	18	0	90
Δ Sismico Sp. perm. - θ_1 (M1)	8	0	39
Δ Sismico Sp. terreno - θ_2 (M1)	29	0	140
Δ Sismico Sp. perm. - θ_2 (M1)	8	0	38
Eff. inerziale elem. cls	68	0	267
da impalcato			
S.L.U. STR min N	-25	-230	-79
S.L.U. Sisma min N	-27	-87	-157
S.L.U. GEO min N	-23	-203	-74
S.L.E. fond. min N	-17	-168	-50
S.L.E. freq. min N	-4	-117	21
S.L.E. q.p. min N	-2	-114	40

Spalla Sp2 (Lato Val Fontanabuona) - Condizione Fx max**Sezione 1 (spiccato parte superiore paraghiaia)**

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
Pesi propri cls spalla	0	-32	2
Sovraccarico acc. sbalzo par.	0	-16	3
Sovraccarico perm. sbalzo par.	0	-2	0
da spalla			
Spinta orizz. terreno (M1)	31	0	28
Spinta orizz. sov. perm. (M1)	3	0	5
Spinta orizz. sov. acc. (M1)	23	0	31
Δ Sismico Sp. terreno - θ_1 (M1)	1	0	2
Δ Sismico Sp. perm. - θ_1 (M1)	2	0	3
Δ Sismico Sp. terreno - θ_2 (M1)	2	0	3
Δ Sismico Sp. perm. - θ_2 (M1)	2	0	3
Eff. inerziale elem. cls	6	0	9
da impalcato			
S.L.U. STR min N	0	0	0
S.L.U. Sisma min N	0	0	0
S.L.E. fond. min N	0	0	0
S.L.E. freq. min N	0	0	0
S.L.E. q.p. min N	0	0	0

Sezione 2 (spiccato paramento)

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
Pesi propri cls spalla	0	-436	-22
Sovraccarico acc.	0	-38	0
Sovraccarico perm.	0	-6	0
da spalla			
Spinta orizz. terreno (M1)	535	0	2000
Spinta orizz. sov. perm. (M1)	14	0	80
Spinta orizz. sov. acc. (M1)	96	0	535
Peso terreno 1 tergo spalla	0	0	0
Δ Sismico Sp. terreno - θ_1 (M1)	24	0	137
Δ Sismico Sp. perm. - θ_1 (M1)	9	0	51
Δ Sismico Sp. terreno - θ_2 (M1)	38	0	214
Δ Sismico Sp. perm. - θ_2 (M1)	9	0	51
Eff. inerziale elem. cls	81	0	378
da impalcato			
S.L.U. STR min N	-26	-211	-135
S.L.U. Sisma min N	75	-264	775
S.L.U. GEO min N	-19	-184	-81
S.L.E. fond. min N	-15	-154	-60
S.L.E. freq. min N	7	-149	128
S.L.E. q.p. min N	13	-149	184

Spalla Sp2 (Lato Val Fontanabuona) - Condizione Fz min**Sezione 1 (spiccato parte superiore paraghiaia)**

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
Pesi propri cls spalla	0	-32	2
Sovraccarico acc. sbalzo par.	0	-16	3
Sovraccarico perm. sbalzo par.	0	-2	0
da spalla			
Spinta orizz. terreno (M1)	31	0	28
Spinta orizz. sov. perm. (M1)	3	0	5
Spinta orizz. sov. acc. (M1)	23	0	31
Δ Sismico Sp. terreno - θ_1 (M1)	1	0	2
Δ Sismico Sp. perm. - θ_1 (M1)	2	0	3
Δ Sismico Sp. terreno - θ_2 (M1)	2	0	3
Δ Sismico Sp. perm. - θ_2 (M1)	2	0	3
Eff. inerziale elem. cls	6	0	9
da impalcato			
S.L.U. STR min N	0	0	0
S.L.U. Sisma min N	0	0	0
S.L.E. fond. min N	0	0	0
S.L.E. freq. min N	0	0	0
S.L.E. q.p. min N	0	0	0

Sezione 2 (spiccato paramento)

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
Pesi propri cls spalla	0	-436	-22
Sovraccarico acc.	0	-38	0
Sovraccarico perm.	0	-6	0
da spalla			
Spinta orizz. terreno (M1)	535	0	2000
Spinta orizz. sov. perm. (M1)	14	0	80
Spinta orizz. sov. acc. (M1)	96	0	535
Peso terreno 1 tergo spalla	0	0	0
Δ Sismico Sp. terreno - θ_1 (M1)	24	0	137
Δ Sismico Sp. perm. - θ_1 (M1)	9	0	51
Δ Sismico Sp. terreno - θ_2 (M1)	38	0	214
Δ Sismico Sp. perm. - θ_2 (M1)	9	0	51
Eff. inerziale elem. cls	81	0	378
da impalcato			
S.L.U. STR min N	-48	-162	-348
S.L.U. Sisma min N	-14	-46	-97
S.L.U. GEO min N	-41	-164	-287
S.L.E. fond. min N	-33	-163	-215
S.L.E. freq. min N	-10	-162	-13
S.L.E. q.p. min N	-4	-161	34

7.3.2 Sollecitazioni in fondazione

Di seguito si riportano le sollecitazioni agenti allo spiccato fondazione per metro di larghezza di spalla e risp. sull'intera fondazione di larghezza pari 9.60 m per ambedue le spalle.

Spalla Sp1 (Lato Genova)

Nmax				Vmax				
Sezione 3 (spiccato fondazione)				Sezione 3 (spiccato fondazione)				
Sollecitazioni per le singole condizioni elementari				Sollecitazioni per le singole condizioni elementari				
	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)		Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)	
da spalla	Pesi propri cls spalla	0	-860	1127	Pesi propri cls spalla	0	-860	1127
	Sovraccarico acc.	0	-192	-134	Sovraccarico acc.	0	-192	-134
	Sovraccarico perm.	0	-29	-20	Sovraccarico perm.	0	-29	-20
	Spinta orizz. terreno (M1)	567	0	2179	Spinta orizz. terreno (M1)	567	0	2179
	Spinta orizz. terreno (M2)	680	0	2612	Spinta orizz. terreno (M2)	680	0	2612
	Spinta orizz. sovr. perm. (M1)	15	0	85	Spinta orizz. sovr. perm. (M1)	15	0	85
	Spinta orizz. sovr. acc. (M1)	98	0	567	Spinta orizz. sovr. acc. (M1)	98	0	567
	Spinta orizz. sovr. perm. (M2)	18	0	102	Spinta orizz. sovr. perm. (M2)	18	0	102
	Spinta orizz. sovr. acc. (M2)	118	0	680	Spinta orizz. sovr. acc. (M2)	118	0	680
	Peso terreno 1 tergo spalla	0	0	0	Peso terreno 1 tergo spalla	0	0	0
	Peso terreno 2 tergo spalla	0	-1498	-2472	Peso terreno 2 tergo spalla	0	-1498	-2472
	Δ Sismico Sp. terreno - θ ₁ (M1)	26	0	149	Δ Sismico Sp. terreno - θ ₁ (M1)	26	0	149
	Δ Sismico Sp. perm. - θ ₁ (M1)	9	0	54	Δ Sismico Sp. perm. - θ ₁ (M1)	9	0	54
	Δ Sismico Sp. terreno - θ ₂ (M1)	40	0	233	Δ Sismico Sp. terreno - θ ₂ (M1)	40	0	233
	Δ Sismico Sp. perm. - θ ₂ (M1)	9	0	54	Δ Sismico Sp. perm. - θ ₂ (M1)	9	0	54
	Δ Sismico Sp. terreno - θ ₁ (M2)	28	0	164	Δ Sismico Sp. terreno - θ ₁ (M2)	28	0	164
	Δ Sismico Sp. perm. - θ ₁ (M2)	12	0	68	Δ Sismico Sp. perm. - θ ₁ (M2)	12	0	68
Δ Sismico Sp. terreno - θ ₂ (M2)	27	0	154	Δ Sismico Sp. terreno - θ ₂ (M2)	27	0	154	
Δ Sismico Sp. perm. - θ ₂ (M2)	12	0	67	Δ Sismico Sp. perm. - θ ₂ (M2)	12	0	67	
Eff. inerziale elem. cls	160	0	472	Eff. inerziale elem. cls	160	0	472	
Eff. inerziale terreno tergo spalla	278	0	1854	Eff. inerziale terreno tergo spalla	278	0	1854	
da impalcato	S.L.U. STR min N	11	-342	1325	S.L.U. STR min N	-25	-230	599
	S.L.U. Sisma min N	15	-143	652	S.L.U. Sisma min N	-27	-87	69
	S.L.U. GEO min N	9	-298	1154	S.L.U. GEO min N	-23	-203	523
	S.L.E. fond. min N	7	-252	973	S.L.E. fond. min N	-17	-168	449
	S.L.E. freq. min N	2	-195	717	S.L.E. freq. min N	-4	-117	382
	S.L.E. q.p. min N	1	-117	429	S.L.E. q.p. min N	-2	-114	395
	Sollecitazioni complessive per le combinazioni di verifica (m)				Sollecitazioni complessive per le combinazioni di verifica (m)			
totale (m)	S.L.U. STR min N	928	-3824	3121	S.L.U. STR min N	893	-3711	2395
	S.L.U. Sisma min N (θ ₁)	1070	-2530	4079	S.L.U. Sisma min N (θ ₁)	1027	-2474	3496
	S.L.U. Sisma min N (θ ₂)	1084	-2530	4163	S.L.U. Sisma min N (θ ₂)	1042	-2474	3579
	S.L.U. GEO min N	719	-2934	2614	S.L.U. GEO min N	687	-2839	1983
	S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₁)	1031	-2530	4086	S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₁)	988	-2474	3503
	S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₂)	1189	-2530	4548	S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₂)	1146	-2474	3964
	S.L.E. fond. min N	687	-2831	2304	S.L.E. fond. min N	663	-2747	1779
	S.L.E. freq. min N	652	-2716	1918	S.L.E. freq. min N	646	-2638	1583
	S.L.E. q.p. min N	583	-2504	1327	S.L.E. q.p. min N	580	-2501	1293
	Sezione 3 (spiccato fondazione)				Sezione 3 (spiccato fondazione)			
Sollecitazioni complessive per le combinazioni di verifica (totali)				Sollecitazioni complessive per le combinazioni di verifica (totali)				
totale, b=11 m	S.L.U. STR min N	10213	-42059	34336	S.L.U. STR min N	9819	-40825	26346
	S.L.U. Sisma min N (θ ₁)	11768	-27831	44871	S.L.U. Sisma min N (θ ₁)	11301	-27216	38454
	S.L.U. Sisma min N (θ ₂)	11927	-27831	45788	S.L.U. Sisma min N (θ ₂)	11461	-27216	39372
	S.L.U. GEO min N	7904	-32279	28756	S.L.U. GEO min N	7552	-31230	21814
	S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₁)	11340	-27831	44947	S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₁)	10873	-27216	38531
	S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₂)	13076	-27831	50024	S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₂)	12609	-27216	43608
	S.L.E. fond. min N	7559	-31144	25344	S.L.E. fond. min N	7289	-30218	19570
	S.L.E. freq. min N	7176	-29876	21095	S.L.E. freq. min N	7107	-29023	17411
	S.L.E. q.p. min N	6409	-27541	14599	S.L.E. q.p. min N	6380	-27507	14220

Spalla Sp2 (Lato Val Fontanabuona)

Nmax

Vmax

Sezione 3 (spiccato fondazione)

Sezione 3 (spiccato fondazione)

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
Pesi propri cls spalla	0	-895	1351
Sovraccarico acc.	0	-184	-92
Sovraccarico perm.	0	-28	-14
Spinta orizz. terreno (M1)	721	0	3126
Spinta orizz. terreno (M2)	865	0	3749
Spinta orizz. sovr. perm. (M1)	17	0	108
Spinta orizz. sovr. acc. (M1)	111	0	721
Spinta orizz. sovr. perm. (M2)	20	0	130
Spinta orizz. sovr. acc. (M2)	133	0	865
Peso terreno 1 tergo spalla	0	0	0
Peso terreno 2 tergo spalla	0	-1636	-2372
Δ Sismico Sp. terreno - θ ₁ (M1)	33	0	214
Δ Sismico Sp. perm. - θ ₁ (M1)	11	0	69
Δ Sismico Sp. terreno - θ ₂ (M1)	51	0	334
Δ Sismico Sp. perm. - θ ₂ (M1)	11	0	69
Δ Sismico Sp. terreno - θ ₁ (M2)	36	0	235
Δ Sismico Sp. perm. - θ ₁ (M2)	13	0	86
Δ Sismico Sp. terreno - θ ₂ (M2)	34	0	221
Δ Sismico Sp. perm. - θ ₂ (M2)	13	0	86
Eff. inerziale elem. cls	166	0	600
Eff. inerziale terreno tergo spalla	304	0	2248
S.L.U. STR min N	35	-347	1620
S.L.U. Sisma min N	37	-261	1333
S.L.U. GEO min N	35	-299	1447
S.L.E. fond. min N	24	-257	1175
S.L.E. freq. min N	3	-221	828
S.L.E. q.p. min N	2	-170	636

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
Pesi propri cls spalla	0	-895	1351
Sovraccarico acc.	0	-184	-92
Sovraccarico perm.	0	-28	-14
Spinta orizz. terreno (M1)	721	0	3126
Spinta orizz. terreno (M2)	865	0	3749
Spinta orizz. sovr. perm. (M1)	17	0	108
Spinta orizz. sovr. acc. (M1)	111	0	721
Spinta orizz. sovr. perm. (M2)	20	0	130
Spinta orizz. sovr. acc. (M2)	133	0	865
Peso terreno 1 tergo spalla	0	0	0
Peso terreno 2 tergo spalla	0	-1636	-2372
Δ Sismico Sp. terreno - θ ₁ (M1)	33	0	214
Δ Sismico Sp. perm. - θ ₁ (M1)	11	0	69
Δ Sismico Sp. terreno - θ ₂ (M1)	51	0	334
Δ Sismico Sp. perm. - θ ₂ (M1)	11	0	69
Δ Sismico Sp. terreno - θ ₁ (M2)	36	0	235
Δ Sismico Sp. perm. - θ ₁ (M2)	13	0	86
Δ Sismico Sp. terreno - θ ₂ (M2)	34	0	221
Δ Sismico Sp. perm. - θ ₂ (M2)	13	0	86
Eff. inerziale elem. cls	166	0	600
Eff. inerziale terreno tergo spalla	304	0	2248
S.L.U. STR min N	-48	-162	75
S.L.U. Sisma min N	-14	-46	23
S.L.U. GEO min N	-41	-164	153
S.L.E. fond. min N	-33	-163	239
S.L.E. freq. min N	-10	-162	479
S.L.E. q.p. min N	-4	-161	534

Sollecitazioni complessive per le combinazioni di verifica (m)

Sollecitazioni complessive per le combinazioni di verifica (m)

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
S.L.U. STR min N	1181	-4050	5439
S.L.U. Sisma min N (θ ₁)	1288	-2820	6664
S.L.U. Sisma min N (θ ₂)	1307	-2820	6784
S.L.U. GEO min N	917	-3097	4464
S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₁)	1275	-2820	6746
S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₂)	1439	-2820	7331
S.L.E. fond. min N	872	-3000	4003
S.L.E. freq. min N	819	-2908	3468
S.L.E. q.p. min N	740	-2728	2835

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
S.L.U. STR min N	1097	-3864	3894
S.L.U. Sisma min N (θ ₁)	1238	-2604	5354
S.L.U. Sisma min N (θ ₂)	1256	-2604	5474
S.L.U. GEO min N	841	-2961	3171
S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₁)	1224	-2604	5435
S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₂)	1388	-2604	6021
S.L.E. fond. min N	816	-2906	3067
S.L.E. freq. min N	806	-2849	3119
S.L.E. q.p. min N	733	-2720	2734

Sezione 3 (spiccato fondazione)

Sezione 3 (spiccato fondazione)

Sollecitazioni complessive per le combinazioni di verifica (totali)

Sollecitazioni complessive per le combinazioni di verifica (totali)

	Vx (kN)	N (kN)	My (kNm)
S.L.U. STR min N	22096	-75767	101756
S.L.U. Sisma min N (θ ₁)	24108	-52756	124683
S.L.U. Sisma min N (θ ₂)	24452	-52756	126922
S.L.U. GEO min N	17161	-57942	83522
S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₁)	23858	-52756	126210
S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₂)	26923	-52756	137170
S.L.E. fond. min N	16323	-56122	74902
S.L.E. freq. min N	15316	-54408	64879
S.L.E. q.p. min N	13849	-51043	53049

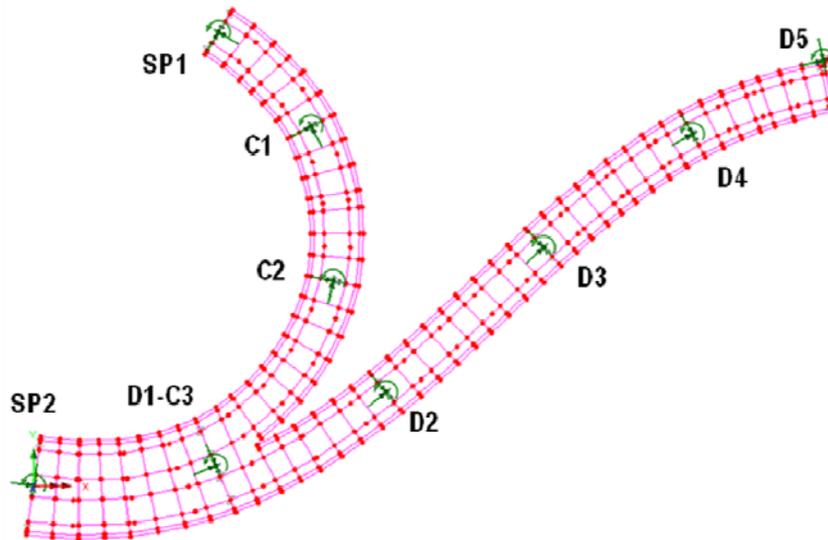
	Vx (kN)	N (kN)	My (kNm)
S.L.U. STR min N	20534	-72294	72850
S.L.U. Sisma min N (θ ₁)	23154	-48729	100171
S.L.U. Sisma min N (θ ₂)	23498	-48729	102411
S.L.U. GEO min N	15727	-55401	59326
S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₁)	22904	-48729	101698
S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₂)	25969	-48729	112659
S.L.E. fond. min N	15259	-54362	57393
S.L.E. freq. min N	15073	-53304	58357
S.L.E. q.p. min N	13722	-50887	51151

totale, b=18.71 m

totale, b=18.71 m

8. Reazioni in fondazione

Di seguito vengono riportate le reazioni a intradosso fondazione relative alle elevazioni delle rampe C e D e della pila-spalla D5. Per la valutazione delle sollecitazioni su quest'ultima elevazione è stata considerata anche la spinta geostatica ($K_0 = 0.43$) del terreno di monte e di valle essendo questi ultimi caratterizzati da altezze differenti.



8.1 Rampa C e D - Elevazione D1-C3

Pila D1-C3 - SLU STR						Pila D1-C3 - SISMA SLV						Pila D1-C3 - SLU GEO					
Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
420	759	26200	38337	6693	-93	1879	806	24478	27114	24781	211	412	600	25353	26123	6571	-47
-665	-372	33500	-4505	-10604	-228	-2035	-739	24101	-5419	-27271	-375	-564	-328	25776	-4374	-8998	-188
140	1121	24548	29504	2238	-212	1002	1347	23861	28578	12580	168	123	963	24434	25825	1954	-187
-324	-1047	33412	240	-5165	21	-1158	-1279	24718	-6883	-15070	-332	-224	-963	25214	-7655	-3577	62
178	509	23170	10860	2839	-80	1099	1215	23580	24422	14121	220	205	380	22800	2897	3278	-35
-375	-444	37195	-7196	-5981	-117	-1274	-1124	25017	-2104	-16909	-394	-319	-388	28900	-6875	-5085	-95
75	637	36937	54424	1188	-207	1053	1270	24477	36030	13389	180	70	549	28683	45896	1124	-172
-201	-639	27713	-25715	-3206	11	-1165	-1261	24188	-14110	-15174	-322	-125	-613	26661	-28613	-1991	43
420	759	26200	38337	6693	-93	1879	806	24478	27114	24781	211	412	600	25353	26123	6571	-47
-665	-372	33500	-4505	-10604	-228	-2035	-739	24101	-5419	-27271	-375	-564	-328	25776	-4374	-8998	-188
-64	-753	25051	-15515	-1024	103	1174	1128	23951	25038	15313	263	-10	-707	24393	-19862	-163	120
-40	671	34334	29384	-636	-316	-1330	-1061	24628	-3343	-17803	-427	-26	577	26473	24602	-408	-265

Pila D1-C3 - SLE RARA						Pila D1-C3 - SLE FREQUENTE						Pila D1-C3 - SLE Q.PERMANENTE					
Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
283	484	25685	29241	4509	-76	59	37	24690	15008	940	-43	12	-81	24691	12859	189	-37
-493	-217	24818	-2104	-7860	-180	-215	30	23889	6687	-3430	-121	-168	148	23889	8837	-2678	-127
53	782	24382	22278	842	-175	-116	268	24078	11829	-1848	-128	-163	150	24079	9679	-2600	-121
-207	-721	24832	2307	-3298	14	-40	-200	24501	9867	-642	-36	7	-82	24500	12016	110	-43
107	335	23300	7986	1706	-70	-67	18	23613	6320	-1072	-75	-66	18	23797	5523	-1059	-70
-270	-281	27670	-3061	-4314	-96	-116	71	26268	8939	-1853	-109	-108	73	24799	16795	-1729	-105
29	442	27467	41186	464	-159	-109	77	26112	25926	-1736	-123	-112	73	24695	17131	-1791	-109
-135	-445	26713	-17336	-2152	-3	-5	-65	25436	-3187	-80	-33	0	-64	23971	4789	6	-32
283	484	25685	29241	4509	-76	59	37	24690	15008	940	-43	12	-81	24691	12859	189	-37
-493	-217	24818	-2104	-7860	-180	-215	30	23889	6687	-3430	-121	-168	148	23889	8837	-2678	-127
-26	-540	24742	-10093	-411	70	20	-67	24982	1535	316	-6	8	-69	24169	6139	133	-26
-61	476	25506	22460	-971	-243	-173	139	25448	15569	-2763	-161	-164	136	24410	15556	-2623	-138

8.2 Rampa C - Elevazione C2

Pila C2 - SLU STR						Pila C2 - SISMA SLV						Pila C2 - SLU GEO					
Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
216	128	10421	1869	3097	0	324	149	6404	1855	4268	0	184	111	8206	1621	2643	0
-167	-153	7844	-2248	-2376	0	-286	-170	7291	-2171	-3700	0	-148	-130	7974	-1900	-2100	0
192	145	7701	2132	2738	0	186	272	6189	3415	2456	0	161	127	7868	1869	2296	0
-145	-170	10624	-2496	-2049	0	-148	-294	7506	-3731	-1889	0	-126	-145	8363	-2136	-1781	0
-31	-72	5811	-1049	-403	0	177	262	6077	3265	2314	0	-27	-64	6016	-935	-350	0
69	38	13577	555	964	0	-141	-286	7611	-3620	-1785	0	54	38	11125	557	752	0
192	145	7701	2132	2738	0	186	272	6189	3415	2456	0	161	127	7868	1869	2296	0
-145	-170	10624	-2496	-2049	0	-148	-294	7506	-3731	-1889	0	-126	-145	8363	-2136	-1781	0
216	128	10421	1869	3097	0	324	149	6404	1855	4268	0	184	111	8206	1621	2643	0
-167	-153	7844	-2248	-2376	0	-286	-170	7291	-2171	-3700	0	-148	-130	7974	-1900	-2100	0
-148	-131	7595	-1924	-2099	0	277	121	6572	1449	3564	0	-132	-111	7761	-1625	-1865	0
162	35	10611	502	2331	0	-238	-143	7123	-1765	-2997	0	137	31	8368	447	1980	0

Pila C2 - SLE RARA						Pila C2 - SLE FREQUENTE						Pila C2 - SLE Q.PERMANENTE					
Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
154	88	7659	1287	2214	0	62	19	6837	285	911	0	44	4	6796	58	653	0
-113	-109	7654	-1606	-1609	0	-24	-41	6858	-601	-343	0	-6	-25	6898	-374	-85	0
138	99	7468	1448	1980	0	57	22	6682	320	836	0	39	6	6641	93	578	0
-99	-120	7890	-1757	-1399	0	-19	-43	7013	-636	-269	0	-1	-28	7053	-409	-11	0
-11	-49	6070	-711	-117	0	27	-11	6414	-163	405	0	30	-4	6530	-57	437	0
45	22	10054	314	621	0	-3	-22	8637	-329	-42	0	6	-20	7158	-298	93	0
138	99	7468	1448	1980	0	57	22	6682	320	836	0	39	6	6641	93	578	0
-99	-120	7890	-1757	-1399	0	-19	-43	7013	-636	-269	0	-1	-28	7053	-409	-11	0
154	88	7659	1287	2214	0	62	19	6837	285	911	0	44	4	6796	58	653	0
-113	-109	7654	-1606	-1609	0	-24	-41	6858	-601	-343	0	-6	-25	6898	-374	-85	0
-99	-93	7477	-1363	-1400	0	-22	-39	6924	-574	-308	0	-3	-23	6964	-348	-51	0
118	22	7802	321	1700	0	60	18	6771	258	876	0	42	2	6731	32	618	0

8.3 Rampa C - Elevazione C1

Pila C1 - SLU STR						Pila C1 - SISMA SLV						Pila C1 - SLU GEO					
Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
1715	1852	9880	17129	10215	-212	1497	1383	6402	15510	14962	720	1483	1554	7532	13486	11185	-219
-1630	-1773	7123	-14963	-15628	230	-1431	-1301	6296	-13620	-19541	-699	-1405	-1543	6965	-13084	-13515	192
1401	2521	9294	19857	11007	23	622	3351	5907	32069	7810	524	1217	2169	7324	17112	9684	17
-1300	-2429	7977	-17601	-16775	9	-556	-3269	6791	-30179	-12389	-503	-1125	-2148	7401	-16634	-12316	-31
-937	-980	5337	-8964	-10254	129	1335	1651	5838	16813	15678	832	-803	-908	5167	-9211	-6692	67
956	1241	12185	11081	6047	-72	-1281	-1539	6869	-14587	-20522	-797	825	1073	9771	9562	5396	-61
1528	2236	8133	21263	7546	-18	684	3286	6398	32728	6052	509	1328	1935	7816	18269	6692	-21
-1441	-2147	8826	-19100	-12974	39	-618	-3203	6299	-30838	-10631	-489	-1248	-1915	6643	-17871	-9035	-3
1542	1869	7436	15639	15524	-174	1437	1413	5997	14860	16950	735	1341	1574	6953	12211	15566	-190
-1450	-1825	9885	-13443	-20911	179	-1371	-1331	6700	-12970	-21529	-714	-1258	-1594	7816	-11784	-17874	152
-889	-940	6978	-8660	-8987	262	1308	1715	5915	17635	14984	866	-764	-821	6842	-7613	-7775	219
1140	615	9640	5816	5862	-322	-1242	-1632	6782	-15745	-19563	-845	985	488	7328	3746	7394	-312

Pila C1 - SLE RARA						Pila C1 - SLE FREQUENTE						Pila C1 - SLE Q.PERMANENTE					
Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
1174	1198	7379	11386	6302	-156	326	153	6596	2189	-423	-76	127	-125	6592	-117	-2301	-63
-1102	-1130	6852	-9588	-10826	171	-260	-71	6101	-299	-4156	97	-61	207	6106	2007	-2279	83
918	1735	6882	13662	6884	36	140	495	6097	4336	-559	68	-59	217	6093	2030	-2436	81
-834	-1658	7547	-11798	-11671	-11	-74	-412	6600	-2446	-4021	-47	125	-134	6605	-140	-2143	-60
-629	-613	5518	-5767	-7169	94	-29	182	5764	1161	-1643	50	-35	143	6028	1185	-1584	50
650	819	9098	7573	3503	-49	60	-8	7977	830	-2516	-6	88	-31	6679	1041	-3259	-14
1023	1521	7383	14769	4011	0	201	429	6589	4995	-2316	53	3	151	6584	2689	-4193	66
-950	-1446	6815	-12975	-8546	16	-135	-347	6108	-3106	-2263	-32	63	-69	6113	-799	-386	-46
1043	1222	7088	10179	10407	-129	266	183	6192	1539	1565	-61	67	-95	6187	-768	-312	-48
-966	-1181	7379	-8359	-14912	134	-200	-101	6505	351	-6144	82	-1	177	6510	2658	-4267	69
-597	-575	6744	-5432	-6324	198	-82	273	6781	1839	-1866	97	-61	207	6106	2007	-2279	83
792	343	7203	3518	3495	-241	148	-160	6629	-384	-2255	-79	127	-125	6592	-117	-2301	-63

8.4 Rampa D - Elevazione D2

Pila D2 - SLU STR						Pila D2 - SISMA SLV						Pila D2 - SLU GEO					
Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
39	462	13702	14171	1057	-21	575	710	12271	16361	10379	73	35	376	13587	10779	935	-19
-89	-240	17879	-7264	-2382	12	-583	-681	12673	-12859	-10585	-72	-76	-210	13766	-6393	-2029	10
5	591	12874	18631	143	-19	464	830	12198	18872	7964	72	4	509	12829	16064	120	-16
-16	-559	16434	-14510	-430	20	-472	-801	12745	-15370	-8169	-71	-12	-508	12588	-14135	-334	16
-19	-344	11661	-9285	-503	12	569	714	12149	15327	10210	73	-17	-297	11793	-7963	-448	10
14	343	20715	8455	363	-11	-573	-705	12795	-12229	-10328	-73	13	271	16238	5686	358	-10
13	576	18241	21706	341	-19	463	830	12461	19188	7936	72	11	497	14074	18589	300	-17
-20	-544	13422	-17492	-531	20	-471	-801	12482	-15686	-8141	-71	-16	-496	13350	-16580	-431	16
39	462	13702	14171	1057	-21	575	710	12271	16361	10379	73	35	376	13587	10779	935	-19
-89	-240	17879	-7264	-2382	12	-583	-681	12673	-12859	-10585	-72	-76	-210	13766	-6393	-2029	10
-26	-429	13731	-12572	-704	24	560	791	12352	17780	9964	75	-23	-374	13552	-10910	-616	21
18	461	17722	13435	491	-23	-567	-762	12591	-14278	-10169	-74	17	376	13692	10065	465	-20

Pila D2 - SLE RARA						Pila D2 - SLE FREQUENTE						Pila D2 - SLE Q.PERMANENTE					
Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
29	130	13380	5282	768	-9	13	-26	13365	409	338	0	6	-26	12437	1051	149	0
-66	-148	13243	-4517	-1773	8	-19	55	13254	1247	-520	1	-13	55	12506	2452	-354	1
1	407	12402	13183	33	-12	-4	123	12341	5114	-110	-1	-7	56	12337	3244	-184	1
-10	-381	12543	-9734	-271	13	-4	-94	12603	-1612	-95	2	-1	-27	12607	259	-21	0
-13	-236	11863	-6229	-350	8	-4	-25	12078	-158	-95	0	-1	-23	12316	17	-20	0
9	236	15355	5958	233	-7	-2	32	14063	1420	-45	1	-4	31	12628	3082	-97	1
7	397	13519	15420	186	-12	-7	55	13497	5776	-174	1	-8	55	12600	3560	-212	1
-13	-370	13171	-11901	-352	13	0	-26	13193	-2199	-2	0	0	-26	12344	-57	6	-1
29	130	13380	5282	768	-9	13	-26	13365	409	338	0	6	-26	12437	1051	149	0
-66	-148	13243	-4517	-1773	8	-19	55	13254	1247	-520	1	-13	55	12506	2452	-354	1
-19	-274	13420	-7927	-515	16	-13	-12	12515	599	-341	4	-10	55	12519	2469	-267	2
12	300	13114	8964	332	-15	5	41	12428	2903	136	-3	2	-26	12425	1033	61	-1

8.5 Rampa D - Elevazione D3

Pila D3 - SLU STR						Pila D3 - SISMA SLV						Pila D3 - SLU GEO					
Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
100	572	12043	12813	1883	-9	641	743	10577	12689	9811	125	81	494	11842	11002	1518	-8
-158	-564	15546	-14019	-2968	15	-642	-735	10879	-14958	-9839	-121	-156	-500	12041	-11448	-2936	10
34	951	12258	17745	635	-23	634	750	10579	12265	9677	126	28	822	11179	15404	521	-20
-37	-946	14008	-18684	-693	29	-635	-742	10877	-14534	-9705	-121	-56	-830	11577	-15612	-1055	22
22	570	10119	10606	416	-15	561	711	10318	11216	8044	131	-8	481	10188	9758	-148	-16
-21	-544	18397	-17568	-394	20	-554	-697	11136	-13401	-7925	-126	-17	-472	14484	-15100	-321	17
52	931	11779	21601	984	-24	636	745	10462	12770	9722	125	17	795	11600	19209	325	-24
-58	-923	15800	-24549	-1089	29	-638	-737	10995	-15039	-9750	-121	-48	-800	12275	-21129	-899	25
100	572	12043	12813	1883	-9	641	743	10577	12689	9811	125	81	494	11842	11002	1518	-8
-158	-564	15546	-14019	-2968	15	-642	-735	10879	-14958	-9839	-121	-156	-500	12041	-11448	-2936	10
42	-863	11507	-19425	783	41	576	723	10424	11511	8334	133	32	-750	11390	-16875	595	35
-87	610	15323	9417	-1632	-39	-578	-714	11032	-13781	-8362	-129	-96	517	11847	8831	-1802	-37

Pila D3 - SLE RARA						Pila D3 - SLE FREQUENTE						Pila D3 - SLE Q.PERMANENTE					
Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
79	388	11711	8615	1484	-4	49	13	11710	629	926	6	38	22	10805	-436	724	5
-120	-379	11507	-9731	-2260	9	-51	-12	11495	-2096	-961	-2	-40	-14	10652	-1833	-752	-1
30	641	10766	11691	557	-14	32	149	10801	1614	593	2	31	29	10807	-860	589	6
-33	-636	11471	-12659	-621	19	-33	-141	10655	-3884	-621	3	-33	-21	10650	-1409	-617	-1
15	383	10257	6819	291	-9	13	19	10410	-858	250	3	14	15	10571	-1284	271	4
-15	-363	13646	-12238	-276	13	-9	-1	12329	-2993	-176	1	-8	-2	10884	-901	-152	1
40	626	11503	14533	759	-15	34	144	10684	2119	639	1	34	24	10689	-355	635	6
-46	-619	11707	-16990	-858	19	-36	-15	11684	-4468	-682	-1	-35	-16	10767	-1914	-663	-1
79	388	11711	8615	1484	-4	49	13	11710	629	926	6	38	22	10805	-436	724	5
-120	-379	11507	-9731	-2260	9	-51	-12	11495	-2096	-961	-2	-40	-14	10652	-1833	-752	-1
33	-569	11293	-13167	618	28	30	-93	10682	-3463	557	10	30	27	10677	-989	561	6
-67	408	11361	6030	-1267	-28	-31	101	10774	1194	-585	-6	-31	-19	10780	-1281	-589	-2

8.6 Rampa D - Elevazione D4

Pila D4 - SLU STR						Pila D4 - SISMA SLV						Pila D4 - SLU GEO					
Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
410	354	9490	2742	3186	0	412	133	6011	1010	3188	0	388	297	7380	2304	3015	0
-456	-360	7666	-2789	-3548	0	-450	-134	6503	-1016	-3492	0	-391	-314	7434	-2433	-3041	0
289	452	7254	3505	2247	0	215	357	5932	2773	1662	0	254	388	7085	3014	1975	0
-336	-457	9968	-3550	-2609	0	-254	-357	6581	-2778	-1966	0	-258	-405	7785	-3140	-2001	0
214	225	5629	1747	1662	0	380	161	5891	1226	2944	0	220	183	5564	1419	1713	0
-253	-190	12229	-1467	-1965	0	-429	-155	6626	-1179	-3321	0	-217	-164	9848	-1270	-1687	0
289	452	7254	3505	2247	0	215	357	5932	2773	1662	0	254	388	7085	3014	1975	0
-336	-457	9968	-3550	-2609	0	-254	-357	6581	-2778	-1966	0	-258	-405	7785	-3140	-2001	0
410	354	9490	2742	3186	0	412	133	6011	1010	3188	0	388	297	7380	2304	3015	0
-456	-360	7666	-2789	-3548	0	-450	-134	6503	-1016	-3492	0	-391	-314	7434	-2433	-3041	0
-328	-444	8185	-3442	-2549	0	290	281	6210	2182	2247	0	-285	-382	7160	-2964	-2212	0
119	237	7870	1835	920	0	-329	-282	6303	-2188	-2551	0	141	192	6716	1489	1091	0

Pila D4 - SLE RARA						Pila D4 - SLE FREQUENTE						Pila D4 - SLE Q.PERMANENTE					
Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
281	231	7045	1790	2182	0	73	22	6205	167	569	0	26	-28	6215	-222	203	0
-319	-236	7280	-1829	-2479	0	-112	-22	6308	-173	-873	0	-65	28	6298	217	-507	0
181	310	6964	2407	1407	0	-10	88	6107	682	-78	0	-57	38	6118	293	-444	0
-219	-315	7410	-2444	-1704	0	-29	-88	6406	-688	-226	0	18	-38	6396	-298	140	0
144	149	5756	1156	1117	0	-3	0	5927	-2	-26	0	-5	-1	6096	-6	-41	0
-177	-122	9090	-945	-1380	0	-37	19	7847	148	-286	0	-43	7	6421	54	-336	0
181	310	6964	2407	1407	0	-10	88	6107	682	-78	0	-57	38	6118	293	-444	0
-219	-315	7410	-2444	-1704	0	-29	-88	6406	-688	-226	0	18	-38	6396	-298	140	0
281	231	7045	1790	2182	0	73	22	6205	167	569	0	26	-28	6215	-222	203	0
-319	-236	7280	-1829	-2479	0	-112	-22	6308	-173	-873	0	-65	28	6298	217	-507	0
-215	-306	6746	-2371	-1667	0	-29	-88	6406	-687	-226	0	18	-38	6396	-298	141	0
66	163	6761	1263	512	0	-10	88	6107	682	-79	0	-57	38	6118	293	-445	0

8.7 Rampa D - Elevazione D5

Pila D5 - SLU STR						Pila D5 - SISMA SLV						Pila D5 - SLU GEO					
Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
-5660	613	41076	5084	-56884	3727	-276	1872	38598	25246	25449	3943	-5766	534	40040	3553	-58248	3197
-9451	-305	52317	-17364	-110953	-2622	-12405	-1847	39038	-35375	-163727	-3571	-9066	-237	39717	-13658	-106353	-2492
-6058	840	53363	7947	-64062	2059	-3532	4202	38748	63105	-26041	1996	-6156	753	40604	8278	-66101	1554
-8821	-796	39627	-26204	-99236	-1568	-9150	-4176	38888	-73233	-112237	-1623	-8482	-686	38810	-23569	-94685	-1388
-8222	398	38126	6390	-86392	2258	-398	1908	38481	25960	22778	3564	-7959	346	38256	4817	-84026	1943
-6609	-409	57605	-35137	-75641	-1582	-12252	-1940	39151	-37388	-160389	-3043	-6639	-324	43493	-29010	-75700	-1623
-6059	833	39613	16373	-63856	2090	-3532	4202	38742	63116	-26044	1996	-6163	749	38941	13882	-65287	1551
-8839	-774	54383	-39205	-99090	-1673	-9150	-4176	38894	-73244	-112234	-1624	-8491	-669	41330	-33071	-95200	-1449
-5699	599	52748	1813	-54295	3576	-277	1873	38627	25240	25457	3941	-5793	520	39932	2340	-56681	3097
-9422	-310	41320	-18306	-113257	-2525	-12404	-1848	39008	-35368	-163735	-3568	-9048	-241	40400	-16033	-107677	-2439
-7936	601	41075	4845	-81997	3786	-313	1866	38598	25110	24679	3951	-7716	524	40040	3352	-79747	3247
-6962	-540	52408	-25321	-81344	-3381	-12369	-1840	39038	-35238	-162956	-3578	-6938	-442	39795	-20534	-81076	-3155

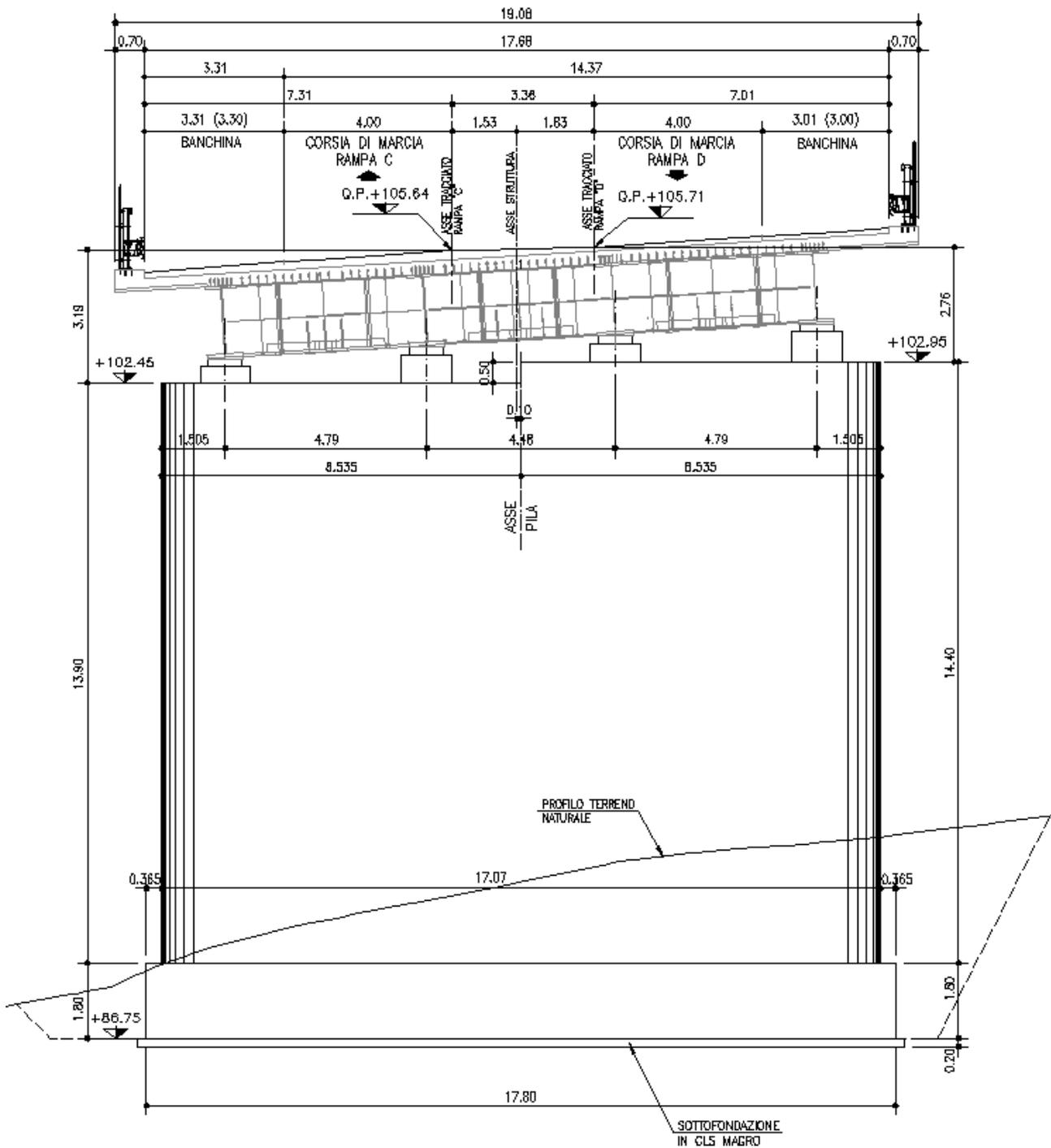
Pila D5 - SLE RARA						Pila D5 - SLE FREQUENTE						Pila D5 - SLE Q.PERMANENTE					
Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc	Vlong	Vtrasv	N	Mtrasv	Mlong	Mtorc
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
-5854	397	39888	826	-59940	2667	-6128	34	38821	-4403	-64617	1114	-6184	-57	38828	-6546	-65808	769
-6998	-184	39363	-11675	-82625	-1887	-6554	-8	38814	-5725	-73661	-742	-6498	82	38807	-3582	-72470	-396
-6177	583	40157	5175	-66584	1317	-6389	182	38901	-1151	-70093	21	-6445	92	38908	-3294	-71284	-325
-6492	-546	38793	-19975	-72353	-917	-6293	-156	38735	-8977	-68184	352	-6236	-66	38728	-6835	-66994	698
-6107	265	38317	2630	-64558	1571	-6290	-13	38500	-4663	-68296	465	-6306	-20	38711	-5832	-68479	389
-6522	-275	42664	-25374	-73353	-1014	-6346	-10	41149	-15418	-69422	98	-6344	-11	38920	-5596	-69132	132
-6185	580	38812	9622	-65831	1308	-6389	182	38894	-1140	-70096	21	-6445	92	38901	-3283	-71287	-325
-6498	-531	40883	-27811	-72846	-963	-6231	-73	40860	-16951	-67209	691	-6236	-66	38734	-6846	-66991	697
-5876	385	39696	198	-58622	2586	-6128	35	38851	-4410	-64609	1112	-6185	-56	38858	-6552	-65800	766
-6984	-187	40055	-14167	-83732	-1847	-6553	-9	38785	-5719	-73669	-739	-6497	81	38778	-3576	-72478	-394
-5897	389	39888	664	-60851	2675	-6164	27	38821	-4540	-65387	1122	-6220	-63	38828	-6682	-66578	776
-6786	-339	39428	-17109	-78118	-2339	-6518	-1	38815	-5589	-72890	-749	-6461	89	38807	-3446	-71700	-404

9. Verifica pile

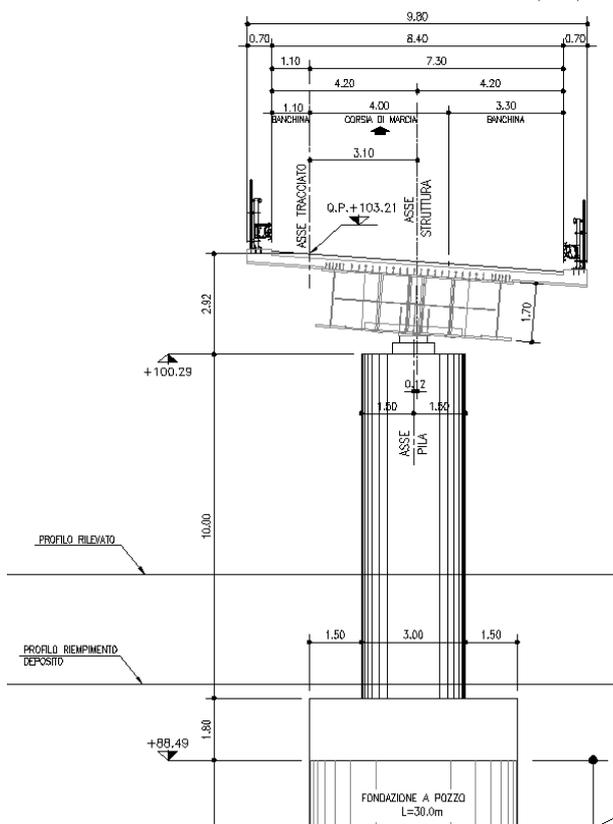
9.1 Descrizione della struttura

Le strutture di elevazione hanno uno spessore di 1.5, larghezza e altezza variabile.

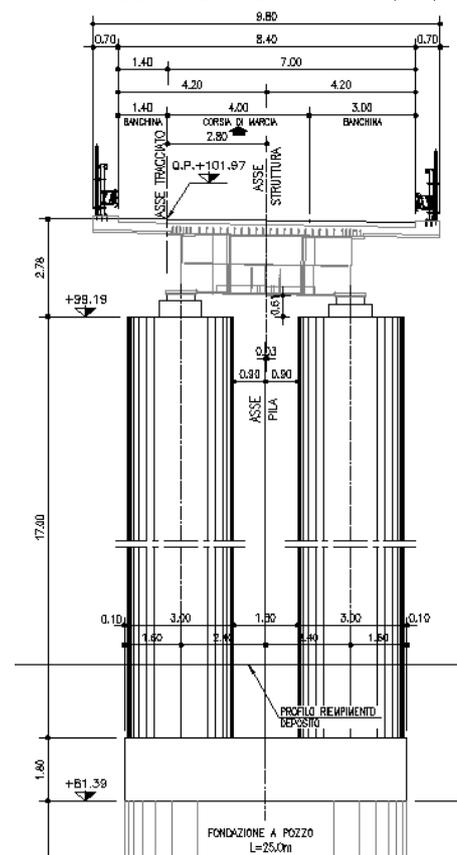
SEZIONE PILA D1-C3 scala (1:100)



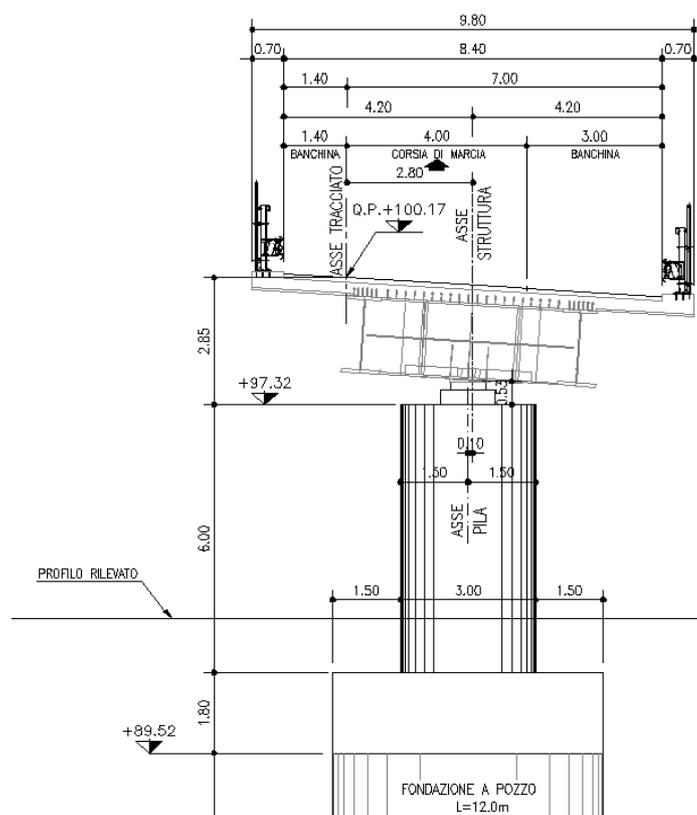
SEZIONE PILA C1 scala (1:100)



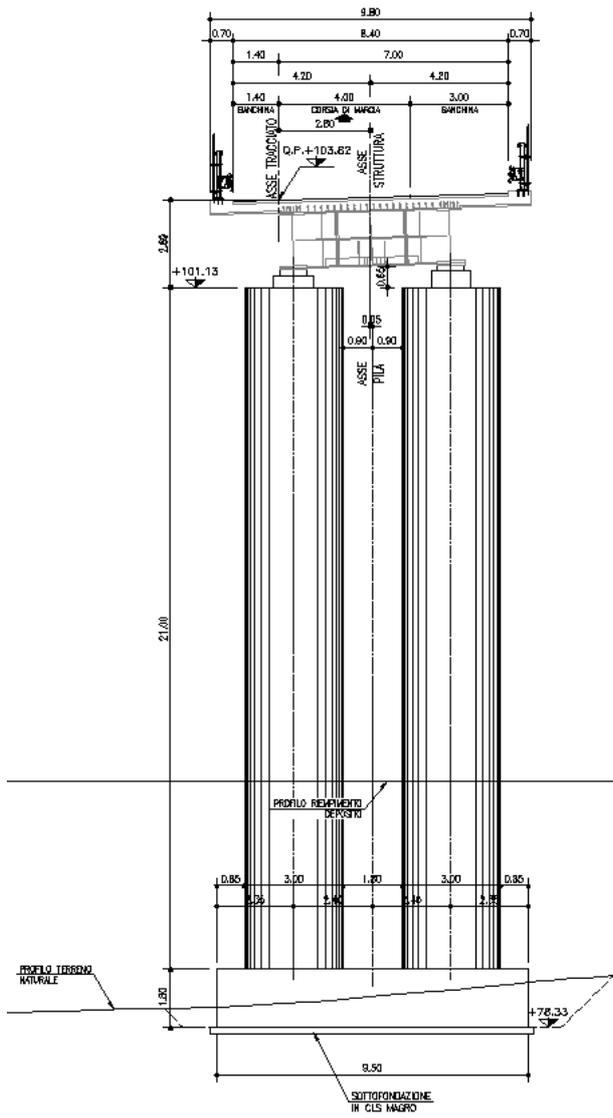
SEZIONE PILA D3 scala (1:100)



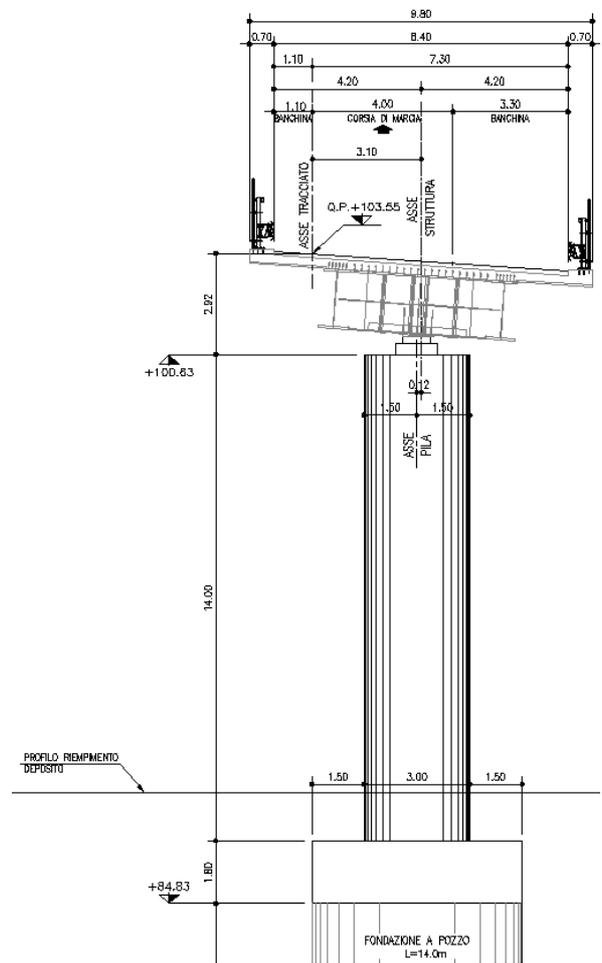
SEZIONE PILA D4 scala (1:100)



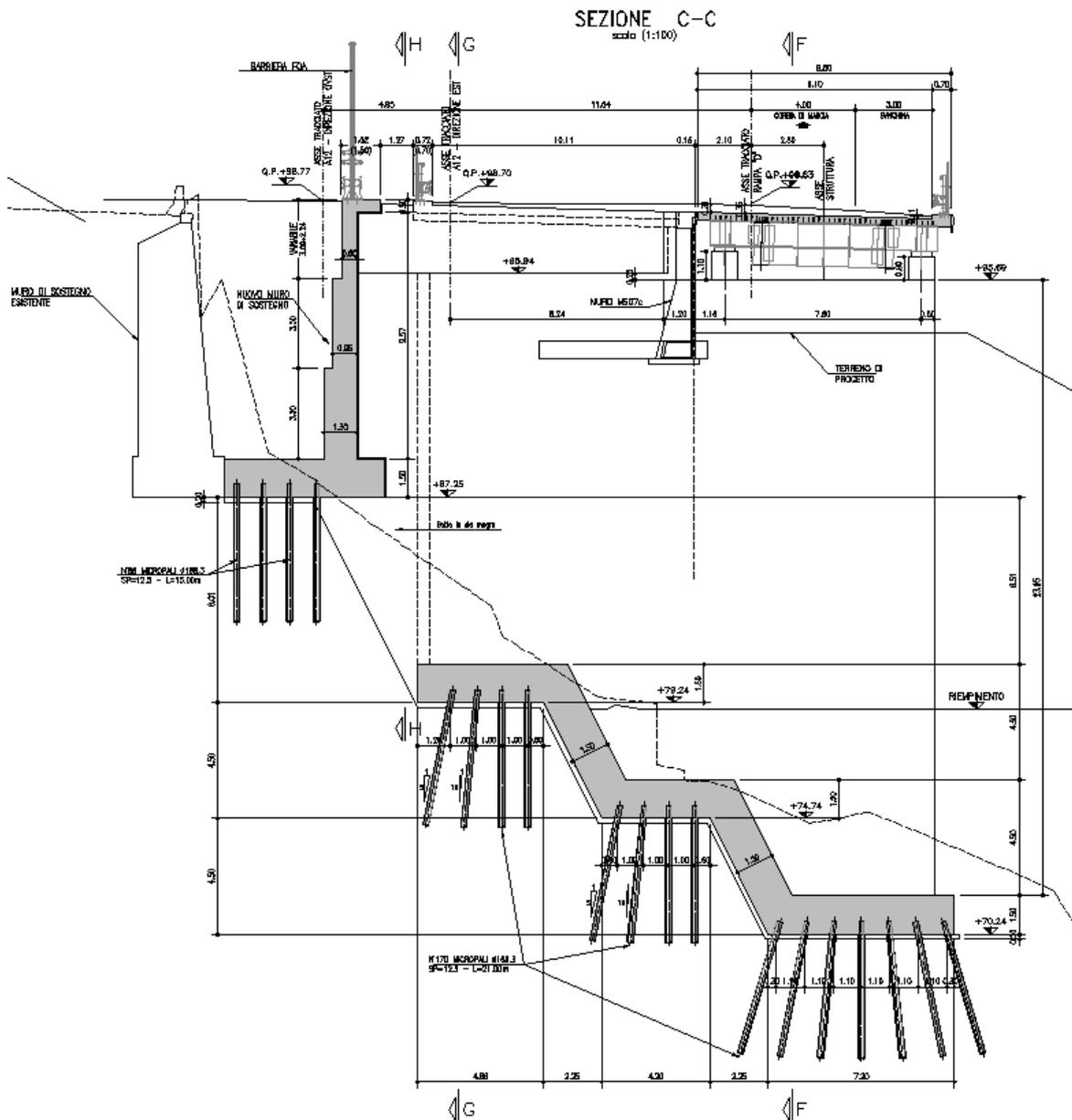
SEZIONE PILA D2 scala (1:100)



SEZIONE PILA C2 scala (1:100)



SEZIONE PILA SPALLA D5



Pila	Larghezza [m]	Spessore [m]	Altezza [m]
C3-D1	17	1.5	14.00
C2	3.0	1.5	14.00
C1	3.0	1.5	10.00
D2	3.0 (x2 elevazioni)	1.5	21.00
D3	3.0 (x2 elevazioni)	1.5	17.00
D4	3.0	1.5	6.00
D5	20.0	3.0	20.00

Le verifiche verranno condotte con riferimento alla sezione di spicco dell'elevazione essendo caratterizzate dalle maggiori sollecitazioni assiali, flettenti e di taglio. Nel caso di elevazioni con altezza maggiore di 20 m di considerano sia gli effetti del primo ordine sia quelli del secondo ordine (calcolati considerando un'eccentricità pari a 1/500 dell'altezza dell'elevazione in esame)

9.2 Sollecitazioni di verifica – Pila D1-C3

Di seguito si riportano le massime sollecitazioni di verifica riferite alle combinazioni di S.L.U. e S.L.E. per la sezione di spiccatto dell'elevazione:

$$\begin{matrix} A_{pila} & 25.102 & m^2 \\ H_{pila} & 14.15 & m \end{matrix} \rightarrow e \quad 0.00 \quad m$$



SLU STR	F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}	SLU SILV	F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
	-18414	-9534	117	831	-298	14830	1653	14830	1653		-18917	-10037	1347	1209	437	22213	16249	22213	16249
	-30879	-21999	-305	-788	116	-11294	-4320	-11294	-4320		-20263	-11383	-1509	-1145	-596	-157	-18550	-157	-18550
	-20629	-11749	290	1347	-451	36115	4103	36115	4103		-19319	-10439	1941	832	262	19507	22565	19507	22565
	-27906	-19026	-620	-668	-36	1732	-8767	1732	-8767		-19843	-10963	-2089	-787	-411	2057	-24660	2057	-24660
	-19595	-10715	77	1576	-553	34300	1093	34300	1093		-19168	-10288	1271	1308	390	25811	15175	25811	15175
	-27789	-18909	-272	-1532	348	-10059	-3853	-10059	-3853		-19993	-11113	-1419	-1262	-539	-4247	-17271	-4247	-17271
	-20564	-11684	-215	-1505	435	-23429	-3047	-23429	-3047		-19247	-10367	1401	1150	476	22952	17027	22952	17027
	-27936	-19056	31	1549	-611	37231	443	37231	443		-19915	-11035	-1550	-1104	-626	-1388	-19122	-1388	-19122
	-30570	-18582	24	923	-406	57984	333	57984	333		-19833	-10953	1303	1257	401	33792	15626	33792	15626
	-21160	-9172	-311	-1422	358	-29279	-4406	-29279	-4406		-19347	-10467	-1465	-1194	-559	-11736	-17928	-11736	-17928
	-20629	-11749	290	1347	-451	36115	4103	36115	4103		-19319	-10439	1941	832	262	19507	22565	19507	22565
	-27906	-19026	-620	-668	-36	1732	-8767	1732	-8767		-19843	-10963	-2089	-787	-411	2057	-24660	2057	-24660

SLE RARA	F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}	SLE FREQUENTE	F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
	-18555	-9675	66	548	-214	10632	940	10632	940		-18896	-10016	-62	6	-68	6190	-870	6190	-870
	-22992	-14112	-223	-513	61	-5817	-3152	-5817	-3152		-21569	-12689	-110	55	-100	8807	-1550	8807	-1550
	-20271	-11391	192	883	-312	26290	2720	26290	2720		-19464	-10584	29	139	-83	9787	413	9787	413
	-20742	-11862	-461	-418	-55	3615	-6524	3615	-6524		-19698	-10818	-177	-93	-66	11777	-2508	11777	-2508
	-19489	-10610	19	1073	-398	25243	269	25243	269		-19323	-10444	-104	297	-166	12037	-1473	12037	-1473
	-20669	-11789	-181	-1036	228	-4743	-2559	-4743	-2559		-19838	-10958	-44	-251	17	9526	-622	9526	-622
	-20208	-11328	-145	-1018	284	-14517	-2058	-14517	-2058		-19417	-10537	-40	-241	31	3118	-562	3118	-562
	-20777	-11897	-8	1055	-431	27284	-116	27284	-116		-19745	-10865	-108	287	-180	18445	-1534	18445	-1534
	-22756	-13876	-2	629	-289	43518	-25	43518	-25		-21415	-12535	-100	56	-110	25717	-1421	25717	-1421
	-21931	-13051	-165	-570	110	-19554	-2339	-19554	-2339		-20649	-11769	-63	7	-59	-2895	-891	-2895	-891
	-20271	-11391	192	883	-312	26290	2720	26290	2720		-19464	-10584	29	139	-83	9787	413	9787	413
	-20742	-11862	-461	-418	-55	3615	-6524	3615	-6524		-19698	-10818	-177	-93	-66	11777	-2508	11777	-2508

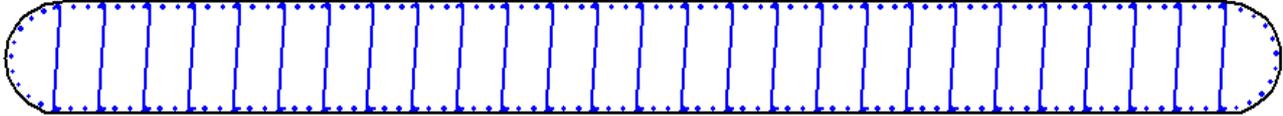
SLE Q.PERMANENTE	F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _{y,trasv}	M _{z,long}	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
	-19080	-10200	-61	8	-63	5410	-869	5410	-869
	-20100	-11220	-101	56	-95	16647	-1432	16647	-1432
	-19471	-10591	-4	-51	-28	6757	-57	6757	-57
	-19691	-10811	-144	97	-121	14807	-2038	14807	-2038
	-19331	-10451	-137	107	-110	9008	-1943	9008	-1943
	-19831	-10951	-11	-61	-39	12556	-152	12556	-152
	-19409	-10529	-6	-51	-24	6148	-92	6148	-92
	-19752	-10872	-142	97	-125	15416	-2004	15416	-2004
	-19995	-11115	-105	56	-100	16989	-1492	16989	-1492
	-19185	-10305	-57	7	-59	5067	-809	5067	-809
	-19471	-10591	-4	-51	-28	6757	-57	6757	-57
	-19691	-10811	-144	97	-121	14807	-2038	14807	-2038

Legenda:

- F_x Azione verticale negativa se di compressione
- F_y Azione di taglio in direzione trasversale
- F_z Azione di taglio in direzione longitudinale
- M_x Momento torsionale
- M_y Momento flettente longitudinale del I ordine
- M_z Momento flettente trasversale del I ordine
- M_{y,II} Momento flettente longitudinale del I+II ordine
- M_{z,II} Momento flettente trasversale del I+II ordine

9.2.1 Verifiche della sezione di spiccato

Si considera la sezione di spiccato riportata di seguito. Si considera un calcestruzzo di classe C32/40 e condizioni di esposizione aggressive. Per la verifica si considera un'armatura composta da 177 ϕ 24+177 ϕ 24 e un copriferro di 40 mm inoltre si dispongono spilli ϕ 10.



Di seguito si riportano le verifiche condotte con riferimento alle massime sollecitazioni dedotte agli S.L. ultimi e di esercizio.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: PILA D1C3_BASE

(Percorso File: D:\Lavoro\110013 - FONTANABUONA\RAMPA C-D\LUSAS\PROVA\OUT\PILA D1C3_BASE.sez)

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inertza
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C32/40
 Resis. compr. di calcolo fcd : 181.30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta fcd': 90.65 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 333458 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione fctm: 30.20 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 144.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk: 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo ftd: 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. $\beta_1*\beta_2$: 1.00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. $\beta_1*\beta_2$: 0.50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-791.00	-75.00

2	-802.00	-72.00
3	-813.00	-67.00
4	-823.00	-61.00
5	-832.00	-54.00
6	-840.00	-45.00
7	-846.00	-35.00
8	-851.00	-24.00
9	-853.00	-12.00
10	-854.00	0.00
11	-853.00	11.00
12	-851.00	23.00
13	-846.00	34.00
14	-840.00	44.00
15	-832.00	53.00
16	-823.00	60.00
17	-813.00	66.00
18	-802.00	71.00
19	-791.00	74.00
20	-779.00	75.00
21	778.00	75.00
22	790.00	74.00
23	801.00	71.00
24	812.00	66.00
25	822.00	60.00
26	831.00	53.00
27	839.00	44.00
28	845.00	34.00
29	849.00	23.00
30	852.00	11.00
31	853.00	0.00
32	852.00	-12.00
33	849.00	-24.00
34	845.00	-35.00
35	839.00	-45.00
36	831.00	-54.00
37	822.00	-61.00
38	812.00	-67.00
39	801.00	-72.00
40	790.00	-75.00
41	778.00	-75.00
42	-779.00	-75.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	798.00	65.00	48
2	816.00	56.00	48
3	831.00	43.00	48
4	841.00	26.00	48
5	846.00	6.00	48
6	845.00	-14.00	48
7	838.00	-32.00	48
8	826.00	-48.00	48
9	810.00	-60.00	48
10	792.00	-67.00	48
11	772.00	-68.00	48
12	752.00	-68.00	48
13	732.00	-68.00	48
14	712.00	-68.00	48
15	692.00	-68.00	48
16	672.00	-68.00	48
17	652.00	-68.00	48
18	632.00	-68.00	48
19	612.00	-68.00	48
20	592.00	-68.00	48
21	572.00	-68.00	48
22	552.00	-68.00	48
23	532.00	-68.00	48
24	512.00	-68.00	48
25	492.00	-68.00	48
26	472.00	-68.00	48
27	452.00	-68.00	48

28	432.00	-68.00	48
29	412.00	-68.00	48
30	392.00	-68.00	48
31	372.00	-68.00	48
32	352.00	-68.00	48
33	332.00	-68.00	48
34	312.00	-68.00	48
35	292.00	-68.00	48
36	272.00	-68.00	48
37	252.00	-68.00	48
38	232.00	-68.00	48
39	212.00	-68.00	48
40	192.00	-68.00	48
41	172.00	-68.00	48
42	152.00	-68.00	48
43	132.00	-68.00	48
44	112.00	-68.00	48
45	92.00	-68.00	48
46	72.00	-68.00	48
47	52.00	-68.00	48
48	32.00	-68.00	48
49	12.00	-68.00	48
50	-8.00	-68.00	48
51	-28.00	-68.00	48
52	-48.00	-68.00	48
53	-68.00	-68.00	48
54	-88.00	-68.00	48
55	-108.00	-68.00	48
56	-128.00	-68.00	48
57	-148.00	-68.00	48
58	-168.00	-68.00	48
59	-188.00	-68.00	48
60	-208.00	-68.00	48
61	-228.00	-68.00	48
62	-248.00	-68.00	48
63	-268.00	-68.00	48
64	-288.00	-68.00	48
65	-308.00	-68.00	48
66	-328.00	-68.00	48
67	-348.00	-68.00	48
68	-368.00	-68.00	48
69	-388.00	-68.00	48
70	-408.00	-68.00	48
71	-428.00	-68.00	48
72	-448.00	-68.00	48
73	-468.00	-68.00	48
74	-488.00	-68.00	48
75	-508.00	-68.00	48
76	-528.00	-68.00	48
77	-548.00	-68.00	48
78	-568.00	-68.00	48
79	-588.00	-68.00	48
80	-608.00	-68.00	48
81	-628.00	-68.00	48
82	-648.00	-68.00	48
83	-668.00	-68.00	48
84	-688.00	-68.00	48
85	-708.00	-68.00	48
86	-728.00	-68.00	48
87	-748.00	-68.00	48
88	-768.00	-68.00	48
89	-788.00	-68.00	48
90	-807.00	-62.00	48
91	-824.00	-51.00	48
92	-837.00	-36.00	48
93	-845.00	-18.00	48
94	-847.00	2.00	48
95	-843.00	21.00	48
96	-834.00	39.00	48
97	-820.00	53.00	48
98	-803.00	63.00	48
99	-784.00	67.00	48
100	-764.00	68.00	48
101	-744.00	68.00	48
102	-724.00	68.00	48
103	-704.00	68.00	48
104	-684.00	68.00	48
105	-664.00	68.00	48

106	-644.00	68.00	48
107	-624.00	68.00	48
108	-604.00	68.00	48
109	-584.00	68.00	48
110	-564.00	68.00	48
111	-544.00	68.00	48
112	-524.00	68.00	48
113	-504.00	68.00	48
114	-484.00	68.00	48
115	-464.00	68.00	48
116	-444.00	68.00	48
117	-424.00	68.00	48
118	-404.00	68.00	48
119	-384.00	68.00	48
120	-364.00	68.00	48
121	-344.00	68.00	48
122	-324.00	68.00	48
123	-304.00	68.00	48
124	-284.00	68.00	48
125	-264.00	68.00	48
126	-244.00	68.00	48
127	-224.00	68.00	48
128	-204.00	68.00	48
129	-184.00	68.00	48
130	-164.00	68.00	48
131	-144.00	68.00	48
132	-124.00	68.00	48
133	-104.00	68.00	48
134	-84.00	68.00	48
135	-64.00	68.00	48
136	-44.00	68.00	48
137	-24.00	68.00	48
138	-4.00	68.00	48
139	16.00	68.00	48
140	36.00	68.00	48
141	56.00	68.00	48
142	76.00	68.00	48
143	96.00	68.00	48
144	116.00	68.00	48
145	136.00	68.00	48
146	156.00	68.00	48
147	176.00	68.00	48
148	196.00	68.00	48
149	216.00	68.00	48
150	236.00	68.00	48
151	256.00	68.00	48
152	276.00	68.00	48
153	296.00	68.00	48
154	316.00	68.00	48
155	336.00	68.00	48
156	356.00	68.00	48
157	376.00	68.00	48
158	396.00	68.00	48
159	416.00	68.00	48
160	436.00	68.00	48
161	456.00	68.00	48
162	476.00	68.00	48
163	496.00	68.00	48
164	516.00	68.00	48
165	536.00	68.00	48
166	556.00	68.00	48
167	576.00	68.00	48
168	596.00	68.00	48
169	616.00	68.00	48
170	636.00	68.00	48
171	656.00	68.00	48
172	676.00	68.00	48
173	696.00	68.00	48
174	716.00	68.00	48
175	736.00	68.00	48
176	756.00	68.00	48
177	776.00	68.00	48

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.

My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1841500	1482900	165300	83000	11600
2	2062900	3611500	410300	134700	28900
3	1959500	3430000	109300	157600	7700
4	3057000	5798400	33300	92300	2300
5	2062900	3611500	410300	134700	28900
6	1891800	2221300	1624800	120800	134600
7	1931900	1950600	2256400	83200	194000
8	1916900	2581000	1517500	130700	127000
9	1983300	3379200	1562600	125700	130200
10	1931900	1950600	2256400	83200	194000

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	1855600	1063200	93900
2	2027100	2629000	272000
3	1949000	2524300	26900
4	2275600	4351800	-2500
5	2027100	2629000	272000

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	1889600	618900	-87100
2	1946400	978600	41200
3	1932400	1203700	-147400
4	2141500	2571600	-142200
5	1946400	978600	41200

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	1908000	540900	-87000
2	1947100	675700	-5800
3	1933100	900700	-194300
4	1999600	1698900	-149200
5	1947100	675700	-5800

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.9 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.5 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 2.7 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia

My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	1841500	1482900	165300	1841499	9802519	1053216	6.606
2	S	2062900	3611500	410300	2062900	9947015	1153720	2.755
3	S	1959500	3430000	109300	1959515	9884437	352106	2.882
4	S	3057000	5798400	33300	3057005	10585673	55338	1.826
5	S	2062900	3611500	410300	2062900	9947015	1153720	2.755
6	S	1891800	2221300	1624800	1891774	9798813	7191907	4.415
7	S	1931900	1950600	2256400	1931883	9779873	11259041	4.998
8	S	1916900	2581000	1517500	1916910	9825919	5782546	3.807
9	S	1983300	3379200	1562600	1983306	9877471	4513446	2.917
10	S	1931900	1950600	2256400	1931883	9779873	11259041	4.998

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.01162	778.0	75.0	0.00186	776.0	68.0	-0.03014	-788.0	-68.0
2	0.00350	-0.01117	778.0	75.0	0.00191	776.0	68.0	-0.02915	-788.0	-68.0
3	0.00350	-0.01177	778.0	75.0	0.00184	776.0	68.0	-0.03047	-788.0	-68.0
4	0.00350	-0.00956	778.0	75.0	0.00208	776.0	68.0	-0.02555	-788.0	-68.0
5	0.00350	-0.01117	778.0	75.0	0.00191	776.0	68.0	-0.02915	-788.0	-68.0
6	0.00350	-0.00812	778.0	75.0	0.00229	776.0	68.0	-0.02240	-788.0	-68.0
7	0.00350	-0.00644	778.0	75.0	0.00250	776.0	68.0	-0.01869	-788.0	-68.0
8	0.00350	-0.00882	778.0	75.0	0.00220	776.0	68.0	-0.02395	-788.0	-68.0
9	0.00350	-0.00941	778.0	75.0	0.00213	776.0	68.0	-0.02525	-788.0	-68.0
10	0.00350	-0.00644	778.0	75.0	0.00250	776.0	68.0	-0.01869	-788.0	-68.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000097	0.000234161	-0.014137538		
2	0.000000112	0.000227078	-0.013618034		
3	0.000000036	0.000237160	-0.014315089		
4	0.000000033	0.000202751	-0.011732011		
5	0.000000112	0.000227078	-0.013618034		
6	0.000000753	0.000172878	-0.010051932		
7	0.000001093	0.000143214	-0.008091692		
8	0.000000609	0.000185301	-0.010871495		
9	0.000000475	0.000195876	-0.011560579		
10	0.000001093	0.000143214	-0.008091692		

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 5.7 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
 N.Bracci staffe: 2
 Numero Legature: 27 (Diametro = 8 mm)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata

Vsdu Taglio agente [daN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
 Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A_Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m] (Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst	A_Eff
1	S	83005	7002342	3544924	145.6	1643.4	21.80°	1.040	6.5276.6(236.9)	
2	S	134714	7038480	3541821	145.6	1644.4	21.80°	1.045	10.5276.4(236.7)	
3	S	157601	7019779	3554022	145.6	1643.4	21.80°	1.043	12.3277.3(237.6)	
4	S	92300	7206177	3551137	145.5	1650.1	21.80°	1.067	7.2277.3(237.6)	
5	S	134714	7038480	3541821	145.6	1644.4	21.80°	1.045	10.5276.4(236.7)	
6	S	121385	7025698	3412163	145.5	1648.1	21.80°	1.042	9.5266.4(226.7)	
7	S	84679	7040165	3310513	145.4	1650.7	21.80°	1.042	6.6258.6(218.9)	
8	S	131117	7026607	3447013	145.5	1647.2	21.80°	1.042	10.2269.1(229.4)	
9	S	126016	7033200	3475596	145.5	1646.2	21.80°	1.044	9.8271.3(231.6)	
10	S	84679	7040165	3310513	145.4	1650.7	21.80°	1.042	6.6258.6(218.9)	

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm²]
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm²]
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di conglomerato [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
 K3 Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
 Ap.fess. Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	19.4	778.0	75.0	-124	-788.0	-68.0	39637	195	0.125	0.008
2	S	44.0	778.0	75.0	-785	-788.0	-68.0	66515	267	0.163	0.071
3	S	41.8	778.0	75.0	-746	-788.0	-68.0	66544	267	0.162	0.068
4	S	69.6	778.0	75.0	-1549	-788.0	-68.0	66943	272	0.170	0.164
5	S	44.0	778.0	75.0	-785	-788.0	-68.0	66515	267	0.163	0.071

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	13.3	-779.0	75.0	-1	772.0	-68.0	0	0	0.163	0.000
2	S	18.3	778.0	75.0	-83	-788.0	-68.0	32307	184	0.125	0.005
3	S	21.8	-779.0	75.0	-165	772.0	-68.0	43922	201	0.125	0.011
4	S	43.1	-779.0	75.0	-726	772.0	-68.0	66401	265	0.160	0.065
5	S	18.3	778.0	75.0	-83	-788.0	-68.0	32307	184	0.125	0.005

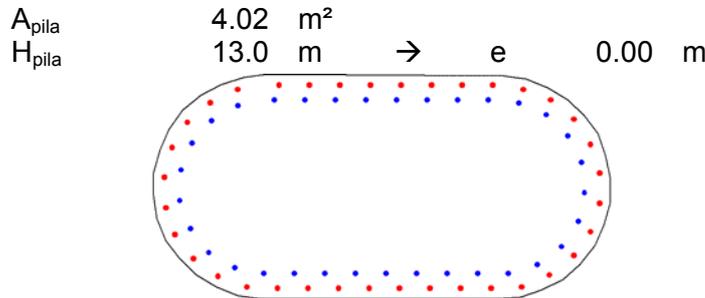
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	12.5	-779.0	75.0	12	772.0	-68.0	0	0	0.125	0.000
2	S	14.1	-779.0	75.0	-7	772.0	-68.0	0	0	0.147	0.000
3	S	17.3	-779.0	75.0	-65	772.0	-68.0	26535	175	0.125	0.004
4	S	29.5	-779.0	75.0	-357	772.0	-68.0	57687	239	0.147	0.029
5	S	14.1	-779.0	75.0	-7	772.0	-68.0	0	0	0.147	0.000

Le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.

9.3 Sollecitazioni di verifica – Pila C2

Di seguito si riportano le massime sollecitazioni di verifica riferite alle combinazioni di S.L.U. e S.L.E. per la sezione di spiccatto dell'elevazione:



	F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}		F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}		
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	
SLU STR	-4820	-3513	-160	181	0	2291	-2077	2291	-2077		-5300	-3994	347	185	0	2254	4050	2254	4050		
	-11659	-10352	133	-228	0	-2908	1725	-2908	1725		-5926	-4620	-368	-234	0	-2891	-4315	-2891	-4315		
	-6602	-5295	252	-443	0	-5663	3270	-5663	3270		-5477	-4170	352	161	0	1936	4104	1936	4104		
	-8972	-7666	-277	390	0	4974	-3605	4974	-3605		-5757	-4450	-372	-213	0	-2614	-4364	-2614	-4364		
	-6823	-5517	-263	413	0	5268	-3422	5268	-3422		-5590	-4283	157	399	0	4819	1806	4819	1806		
	-8569	-7263	238	-478	0	-6118	3096	-6118	3096		-5644	-4337	-177	-451	0	-5496	-2067	-5496	-2067		
	-6852	-5546	244	-370	0	-4704	3168	-4704	3168		-5755	-4448	159	389	0	4690	1836	4690	1836		
	-8742	-7435	-269	312	0	3949	-3491	3949	-3491		-5515	-4209	-178	-446	0	-5438	-2086	-5438	-2086		
	-6823	-5517	-263	413	0	5268	-3422	5268	-3422		-5590	-4283	157	399	0	4819	1806	4819	1806		
	-8569	-7263	238	-478	0	-6118	3096	-6118	3096		-5644	-4337	-177	-451	0	-5496	-2067	-5496	-2067		
-6602	-5295	252	-443	0	-5663	3270	-5663	3270		-5477	-4170	352	161	0	1936	4104	1936	4104			
-8972	-7666	-277	390	0	4974	-3605	4974	-3605		-5757	-4450	-372	-213	0	-2614	-4364	-2614	-4364			
SLE RARA	-5011	-3704	-110	110	0	1395	-1426	1395	-1426		-5199	-3892	-11	-30	0	-390	-139	-390	-139		
	-8643	-7336	87	-153	0	-1944	1132	-1944	1132		-7342	-6035	-11	-8	0	-108	-146	-108	-146		
	-6361	-5054	166	-309	0	-3950	2157	-3950	2157		-5540	-4233	27	-106	0	-1359	356	-1359	356		
	-6639	-5332	-188	263	0	3355	-2438	3355	-2438		-5694	-4387	-47	53	0	681	-617	681	-617		
	-6548	-5242	-179	277	0	3532	-2333	3532	-2333		-5630	-4324	-46	56	0	716	-599	716	-599		
	-6317	-5011	158	-332	0	-4246	2058	-4246	2058		-5604	-4297	26	-108	0	-1394	338	-1394	338		
	-6574	-5267	97	-187	0	-2385	1255	-2385	1255		-5807	-4501	23	-55	0	-704	294	-704	294		
	-6449	-5143	-156	90	0	1134	-2031	1134	-2031		-5463	-4156	-42	-2	0	-43	-544	-43	-544		
	-6548	-5242	-179	277	0	3532	-2333	3532	-2333		-5630	-4324	-46	56	0	716	-599	716	-599		
	-6317	-5011	158	-332	0	-4246	2058	-4246	2058		-5604	-4297	26	-108	0	-1394	338	-1394	338		
-6361	-5054	166	-309	0	-3950	2157	-3950	2157		-5540	-4233	27	-106	0	-1359	356	-1359	356			
-6639	-5332	-188	263	0	3355	-2438	3355	-2438		-5694	-4387	-47	53	0	681	-617	681	-617			
SLE Q.PERMANENTE	-5357	-4051	-10	-30	0	-395	-130	-395	-130												
	-5869	-4563	-10	-19	0	-242	-136	-242	-136												
	-5534	-4227	-6	-55	0	-713	-75	-713	-75												
	-5700	-4393	-14	3	0	35	-185	35	-185												
	-5636	-4330	-13	5	0	70	-167	70	-167												
	-5598	-4291	-7	-58	0	-748	-93	-748	-93												
	-5801	-4495	-11	-4	0	-58	-137	-58	-137												
	-5469	-4162	-9	-53	0	-689	-113	-689	-113												
	-5636	-4330	-13	5	0	70	-167	70	-167												
	-5598	-4291	-7	-58	0	-748	-93	-748	-93												
-5534	-4227	-6	-55	0	-713	-75	-713	-75													
-5700	-4393	-14	3	0	35	-185	35	-185													

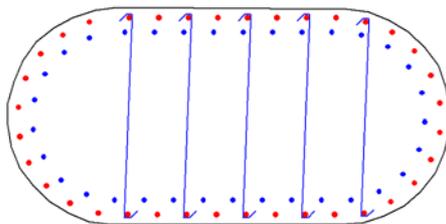
Legenda:

- F_x Azione verticale negativa se di compressione
- F_y Azione di taglio in direzione trasversale
- F_z Azione di taglio in direzione longitudinale
- M_x Momento torsionale
- M_y Momento flettente longitudinale del I ordine

M_z Momento flettente trasversale del I ordine
 $M_{y,II}$ Momento flettente longitudinale del I+II ordine
 $M_{z,II}$ Momento flettente trasversale del I+II ordine

9.3.1 Verifiche della sezione di spiccato

Si considera la sezione di spiccato riportata di seguito. Si considera un calcestruzzo di classe C32/40 e condizioni di esposizione aggressive. Per la verifica si considera un'armatura composta da 72 ϕ 26+66 ϕ 24 e un copriferro di 40 mm inoltre si dispongono spilli ϕ 10.



Di seguito si riportano le verifiche condotte con riferimento alle massime sollecitazioni dedotte agli S.L. ultimi e di esercizio.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: PILA C2_BASE

(Percorso File: D:\Lavoro\110013 - FONTANABUONA\RAMPA C-D\LUSAS\PROVA\OUT\PILA C2_BASE.sez)

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C32/40
 Resis. compr. di calcolo f_{cd} : 181.30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta f_{cd}' : 90.65 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza $ec2$: 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale E_c : 333458 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione f_{ctm} : 30.20 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 144.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. f_{yk} : 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura f_{tk} : 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo f_{yd} : 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo f_{td} : 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo E_{pu} : 0.068
 Modulo Elastico E_f : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito

Coeff. Aderenza	ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00 daN/cm ²
Coeff. Aderenza	diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50 daN/cm ²
Comb.Rare	Sf Limite :	3600.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-80.00	-75.00
2	-95.00	-73.00
3	-109.00	-67.00
4	-122.00	-59.00
5	-133.00	-48.00
6	-142.00	-36.00
7	-148.00	-21.00
8	-150.00	-6.00
9	-150.00	9.00
10	-146.00	24.00
11	-140.00	38.00
12	-131.00	51.00
13	-119.00	61.00
14	-106.00	68.00
15	-91.00	73.00
16	-76.00	75.00
17	79.00	74.00
18	94.00	72.00
19	108.00	66.00
20	121.00	58.00
21	132.00	47.00
22	141.00	35.00
23	146.00	20.00
24	149.00	5.00
25	149.00	-10.00
26	145.00	-25.00
27	139.00	-39.00
28	129.00	-52.00
29	118.00	-62.00
30	104.00	-69.00
31	90.00	-74.00
32	74.00	-75.00
33	-64.00	-75.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-95.00	54.00	34
2	-112.00	44.00	34
3	-125.00	29.00	34
4	-132.00	11.00	34
5	-133.00	-9.00	34
6	-126.00	-28.00	34
7	-114.00	-44.00	34
8	-97.00	-54.00	34
9	-78.00	-58.00	34
10	-58.00	-58.00	34
11	-38.00	-58.00	34
12	-18.00	-58.00	34
13	2.00	-58.00	34
14	22.00	-58.00	34
15	42.00	-58.00	34
16	62.00	-58.00	34
17	82.00	-58.00	34
18	101.00	-52.00	34
19	117.00	-40.00	34
20	128.00	-23.00	34
21	132.00	-4.00	34
22	130.00	16.00	34
23	121.00	34.00	34

24	107.00	48.00	34
25	89.00	56.00	34
26	69.00	58.00	34
27	49.00	58.00	34
28	29.00	58.00	34
29	9.00	58.00	34
30	-11.00	58.00	34
31	-31.00	58.00	34
32	-51.00	58.00	34
33	-71.00	58.00	34
34	-95.00	65.00	36.70
35	-113.00	56.00	36.70
36	-128.00	43.00	36.70
37	-138.00	26.00	36.70
38	-143.00	6.00	36.70
39	-142.00	-14.00	36.70
40	-136.00	-32.00	36.70
41	-124.00	-48.00	36.70
42	-108.00	-60.00	36.70
43	-89.00	-67.00	36.70
44	-69.00	-68.00	36.70
45	-49.00	-68.00	36.70
46	-29.00	-68.00	36.70
47	-9.00	-68.00	36.70
48	11.00	-68.00	36.70
49	31.00	-68.00	36.70
50	51.00	-68.00	36.70
51	71.00	-68.00	36.70
52	91.00	-67.00	36.70
53	109.00	-59.00	36.70
54	125.00	-46.00	36.70
55	136.00	-30.00	36.70
56	142.00	-11.00	36.70
57	142.00	9.00	36.70
58	136.00	28.00	36.70
59	125.00	45.00	36.70
60	110.00	58.00	36.70
61	92.00	65.00	36.70
62	72.00	68.00	36.70
63	52.00	68.00	36.70
64	32.00	68.00	36.70
65	12.00	68.00	36.70
66	-8.00	68.00	36.70
67	-28.00	68.00	36.70
68	-48.00	68.00	36.70
69	-68.00	68.00	36.70

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	482000	229100	-207700	18000	-16000
2	660200	-566400	326900	-44400	25100
3	682400	526800	-342300	41200	-26400
4	682400	526800	-342300	41200	-26400
5	660200	-566400	326900	-44400	25100
6	530100	225400	404900	18500	34700
7	547700	193600	410300	16000	35100
8	559000	481800	180600	39800	15600
9	559000	481800	180600	39800	15600
10	547700	193600	410300	16000	35100

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	501100	139500	-142700
2	636100	-395000	215600
3	654900	353200	-233300
4	654900	353200	-233300
5	636100	-395000	215600

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	519900	-39100	-14000
2	554000	-135900	35600
3	563100	71600	-59900
4	563100	71600	-59900
5	554000	-135900	35600

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	535800	-39500	-13000
2	553400	-71300	-7600
3	563700	7000	-16800
4	563700	7000	-16800
5	553400	-71300	-7600

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.9 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 3.1 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000

N. Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	482000	229100	-207700	481997	1645699	-1502869	7.182
2	S	660200	-566400	326900	660196	-1809490	1053726	3.207
3	S	682400	526800	-342300	682423	1814775	-1174405	3.434
4	S	682400	526800	-342300	682423	1814775	-1174405	3.434
5	S	660200	-566400	326900	660196	-1809490	1053726	3.207
6	S	530100	225400	404900	530108	1340170	2370618	5.885
7	S	547700	193600	410300	547713	1233516	2571676	6.298
8	S	559000	481800	180600	559025	1862412	693890	3.862
9	S	559000	481800	180600	559025	1862412	693890	3.862
10	S	547700	193600	410300	547713	1233516	2571676	6.298

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00133	-91.0	73.0	0.00310	-95.0	65.0	-0.00740	91.0	-67.0
2	0.00350	-0.00138	90.0	-74.0	0.00307	91.0	-67.0	-0.00742	-95.0	65.0
3	0.00350	-0.00126	-91.0	73.0	0.00306	-95.0	65.0	-0.00719	91.0	-67.0
4	0.00350	-0.00126	-91.0	73.0	0.00306	-95.0	65.0	-0.00719	91.0	-67.0
5	0.00350	-0.00138	90.0	-74.0	0.00307	91.0	-67.0	-0.00742	-95.0	65.0
6	0.00350	-0.00110	108.0	66.0	0.00321	110.0	58.0	-0.00690	-108.0	-60.0
7	0.00350	-0.00108	121.0	58.0	0.00322	110.0	58.0	-0.00688	-108.0	-60.0
8	0.00350	-0.00185	79.0	74.0	0.00299	72.0	68.0	-0.00845	-89.0	-67.0
9	0.00350	-0.00185	79.0	74.0	0.00299	72.0	68.0	-0.00845	-89.0	-67.0
10	0.00350	-0.00108	121.0	58.0	0.00322	110.0	58.0	-0.00688	-108.0	-60.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000015795	0.000057291	-0.002119639		
2	0.000011277	-0.000063540	-0.002216864		
3	-0.000012101	0.000060596	-0.002024689		
4	-0.000012101	0.000060596	-0.002024689		
5	0.000011277	-0.000063540	-0.002216864		
6	0.000023382	0.000042467	-0.001828134		
7	0.000025369	0.000038705	-0.001814518		
8	0.000008468	0.000074697	-0.002696502		
9	0.000008468	0.000074697	-0.002696502		
10	0.000025369	0.000038705	-0.001814518		

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm
 Passo staffe: 13.4 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
 N.Bracci staffe: 2
 Numero Legature: 5 (Diametro = 8 mm)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Vsdu Taglio agente [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
 Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro.
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A_Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 (Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst	A_Eff
1	S	21633	1107791	265889	141.7	260.5	21.80°	1.067	1.7	21.3(13.8)
2	S	48148	1158338	279549	139.0	271.5	21.80°	1.091	3.9	22.8(15.3)
3	S	45619	1159005	275889	139.4	270.0	21.80°	1.094	3.7	22.5(15.0)
4	S	45619	1159005	275889	139.4	270.0	21.80°	1.094	3.7	22.5(15.0)
5	S	48148	1158338	279549	139.0	271.5	21.80°	1.091	3.9	22.8(15.3)
6	S	32885	1007665	215926	152.8	218.4	21.80°	1.073	2.4	16.0(8.5)
7	S	32568	978948	212990	158.1	204.7	21.80°	1.076	2.3	15.3(7.8)
8	S	41274	1146673	292550	138.1	274.0	21.80°	1.077	3.4	24.1(16.6)

9	S	41274	1146673	292550	138.1	274.0	21.80°	1.077	3.4	24.1(16.6)
10	S	32568	978948	212990	158.1	204.7	21.80°	1.076	2.3	15.3(7.8)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm ²]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm ²]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	24.6	-91.0	73.0	-55	91.0	-67.0	0	0		0.000
2	S	48.8	90.0	-74.0	-304	-95.0	65.0	0	0		0.000
3	S	46.5	-91.0	73.0	-269	91.0	-67.0	0	0		0.000
4	S	46.5	-91.0	73.0	-269	91.0	-67.0	0	0		0.000
5	S	48.8	90.0	-74.0	-304	-95.0	65.0	0	0		0.000

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	13.7	0.0	0.0	109	72.0	68.0	0	0		0.000
2	S	22.4	90.0	-74.0	10	-68.0	68.0	0	0		0.000
3	S	18.4	-91.0	73.0	68	91.0	-67.0	0	0		0.000
4	S	18.4	-91.0	73.0	68	91.0	-67.0	0	0		0.000
5	S	22.4	90.0	-74.0	10	-68.0	68.0	0	0		0.000

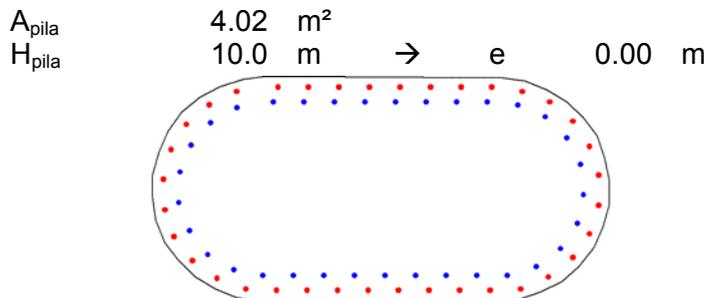
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	14.1	0.0	0.0	114	72.0	68.0	0	0		0.000
2	S	16.8	0.0	0.0	87	72.0	68.0	0	0		0.000
3	S	12.4	-119.0	61.0	153	109.0	-59.0	0	0		0.000
4	S	12.4	-119.0	61.0	153	109.0	-59.0	0	0		0.000
5	S	16.8	0.0	0.0	87	72.0	68.0	0	0		0.000

Le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.

9.4 Sollecitazioni di verifica – Pila C1

Di seguito si riportano le massime sollecitazioni di verifica riferite alle combinazioni di S.L.U. e S.L.E. per la sezione di spicco dell'elevazione:



	F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}		F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
SLU STR	-4062	-3057	-270	125	0	1216	-2702	1216	1216	-2702	-4635	-3630	399	222	0	2101	3828	2101	3828
	-10246	-9241	291	-139	0	-1351	2908	-1351	2908	-5149	-4144	-387	-250	0	-2380	-3709	-2380	-3709	
	-7552	-6195	493	-194	0	-1881	4928	-1881	4928	-4670	-3665	411	235	0	2235	3950	2235	3950	
	-6034	-4677	-481	153	0	1475	-4811	1475	-4811	-5110	-4105	-402	-265	0	-2539	-3853	-2539	-3853	
	-5925	-4920	-443	246	0	2403	-4431	2403	-4431	-4698	-3693	299	340	0	3239	2873	3239	2873	
	-7627	-6622	453	-284	0	-2783	4532	-2783	4532	-5082	-4077	-289	-370	0	-3544	-2777	-3544	-2777	
	-6457	-5452	491	-217	0	-2112	4915	-2112	4915	-4811	-3806	411	218	0	2065	3947	2065	3947	
	-7332	-6327	-479	190	0	1844	-4792	1844	-4792	-4968	-3963	-401	-249	0	-2369	-3850	-2369	-3850	
	-5925	-4920	-443	246	0	2403	-4431	2403	-4431	-4698	-3693	299	340	0	3239	2873	3239	2873	
	-7627	-6622	453	-284	0	-2783	4532	-2783	4532	-5082	-4077	-289	-370	0	-3544	-2777	-3544	-2777	
SLU SLV	-7552	-6195	493	-194	0	-1881	4928	-1881	4928	-4670	-3665	411	235	0	2235	3950	2235	3950	
	-6034	-4677	-481	153	0	1475	-4811	1475	-4811	-5110	-4105	-402	-265	0	-2539	-3853	-2539	-3853	

	F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}		F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
SLE RARA	-4240	-3235	-179	82	0	795	-1789	795	-1789	-4462	-3457	6	-5	0	-46	58	-46	58	
	-7623	-6618	196	-95	0	-929	1956	-929	1956	-6461	-5456	9	-14	0	-140	91	-140	91	
	-5587	-4582	332	-126	0	-1221	3320	-1221	3320	-4757	-3752	77	-20	0	-189	774	-189	774	
	-5740	-4735	-322	92	0	883	-3222	883	-3222	-5022	-4017	-68	-11	0	-116	-677	-116	-677	
	-5628	-4623	-292	167	0	1631	-2917	1631	-2917	-4759	-3754	-47	38	0	373	-469	373	-469	
	-5675	-4670	300	-199	0	-1951	3002	-1951	3002	-5020	-4015	57	-69	0	-678	565	-678	565	
	-5759	-4754	332	-147	0	-1426	3315	-1426	3315	-4898	-3893	77	-37	0	-359	771	-359	771	
	-5718	-4713	-321	123	0	1190	-3213	1190	-3213	-4881	-3876	-67	6	0	54	-674	54	-674	
	-5628	-4623	-292	167	0	1631	-2917	1631	-2917	-4759	-3754	-47	38	0	373	-469	373	-469	
	-5675	-4670	300	-199	0	-1951	3002	-1951	3002	-5020	-4015	57	-69	0	-678	565	-678	565	
SLE FREQUENTE	-5587	-4582	332	-126	0	-1221	3320	-1221	3320	-4757	-3752	77	-20	0	-189	774	-189	774	
	-5740	-4735	-322	92	0	883	-3222	883	-3222	-5022	-4017	-68	-11	0	-116	-677	-116	-677	
	-5628	-4623	-292	167	0	1631	-2917	1631	-2917	-4759	-3754	-47	38	0	373	-469	373	-469	
	-5675	-4670	300	-199	0	-1951	3002	-1951	3002	-5020	-4015	57	-69	0	-678	565	-678	565	
	-5759	-4754	332	-147	0	-1426	3315	-1426	3315	-4898	-3893	77	-37	0	-359	771	-359	771	
	-5718	-4713	-321	123	0	1190	-3213	1190	-3213	-4881	-3876	-67	6	0	54	-674	54	-674	
	-5628	-4623	-292	167	0	1631	-2917	1631	-2917	-4759	-3754	-47	38	0	373	-469	373	-469	
	-5675	-4670	300	-199	0	-1951	3002	-1951	3002	-5020	-4015	57	-69	0	-678	565	-678	565	
	-5587	-4582	332	-126	0	-1221	3320	-1221	3320	-4757	-3752	77	-20	0	-189	774	-189	774	
	-5740	-4735	-322	92	0	883	-3222	883	-3222	-5022	-4017	-68	-11	0	-116	-677	-116	-677	

	F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _{y,trasv}	M _{z,long}	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
SLE Q.PERMANENTE	-4716	-3711	3	-5	0	-45	33	-45	33
	-5068	-4063	9	-23	0	-234	86	-234	86
	-4751	-3746	15	9	0	88	155	88	155
	-5029	-4024	-6	-39	0	-393	-58	-393	-58
	-4766	-3761	15	10	0	96	150	96	150
	-5014	-4009	-5	-40	0	-401	-54	-401	-54
	-4892	-3887	15	-8	0	-82	152	-82	152
	-4888	-3883	-6	-22	0	-223	-55	-223	-55
	-4766	-3761	15	10	0	96	150	96	150
	-5014	-4009	-5	-40	0	-401	-54	-401	-54
-4751	-3746	15	9	0	88	155	88	155	
-5029	-4024	-6	-39	0	-393	-58	-393	-58	

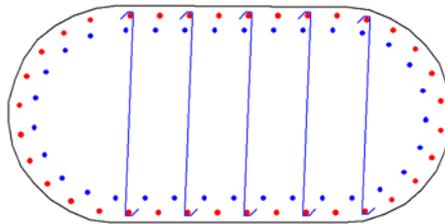
Legenda:

- F_x Azione verticale negativa se di compressione
- F_y Azione di taglio in direzione trasversale
- F_z Azione di taglio in direzione longitudinale
- M_x Momento torsionale
- M_y Momento flettente longitudinale del I ordine

M_z Momento flettente trasversale del I ordine
 $M_{y,II}$ Momento flettente longitudinale del I+II ordine
 $M_{z,II}$ Momento flettente trasversale del I+II ordine

9.4.1 Verifiche della sezione di spiccato

Si considera la sezione di spiccato riportata di seguito. Si considera un calcestruzzo di classe C32/40 e condizioni di esposizione aggressive. Per la verifica si considera un'armatura composta da 72 ϕ 26+66 ϕ 24 e un copriferro di 40 mm inoltre si dispongono spilli ϕ 10.



Di seguito si riportano le verifiche condotte con riferimento alle massime sollecitazioni dedotte agli S.L. ultimi e di esercizio.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: PILA C1_BASE

(Percorso File: D:\Lavoro\110013 - FONTANABUONA\RAMPA C-D\LUSAS\PROVA\OUT\PILA C1_BASE.sez)

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C32/40
 Resis. compr. di calcolo f_{cd} : 181.30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta f_{cd}' : 90.65 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza $ec2$: 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale E_c : 333458 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione f_{ctm} : 30.20 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 144.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. f_{yk} : 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura f_{tk} : 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo f_{yd} : 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo f_{td} : 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo E_{pu} : 0.068
 Modulo Elastico E_f : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito

Coeff. Aderenza	ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00 daN/cm ²
Coeff. Aderenza	diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50 daN/cm ²
Comb.Rare	Sf Limite :	3600.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-80.00	-75.00
2	-95.00	-73.00
3	-109.00	-67.00
4	-122.00	-59.00
5	-133.00	-48.00
6	-142.00	-36.00
7	-148.00	-21.00
8	-150.00	-6.00
9	-150.00	9.00
10	-146.00	24.00
11	-140.00	38.00
12	-131.00	51.00
13	-119.00	61.00
14	-106.00	68.00
15	-91.00	73.00
16	-76.00	75.00
17	79.00	74.00
18	94.00	72.00
19	108.00	66.00
20	121.00	58.00
21	132.00	47.00
22	141.00	35.00
23	146.00	20.00
24	149.00	5.00
25	149.00	-10.00
26	145.00	-25.00
27	139.00	-39.00
28	129.00	-52.00
29	118.00	-62.00
30	104.00	-69.00
31	90.00	-74.00
32	74.00	-75.00
33	-64.00	-75.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-95.00	54.00	34
2	-112.00	44.00	34
3	-125.00	29.00	34
4	-132.00	11.00	34
5	-133.00	-9.00	34
6	-126.00	-28.00	34
7	-114.00	-44.00	34
8	-97.00	-54.00	34
9	-78.00	-58.00	34
10	-58.00	-58.00	34
11	-38.00	-58.00	34
12	-18.00	-58.00	34
13	2.00	-58.00	34
14	22.00	-58.00	34
15	42.00	-58.00	34
16	62.00	-58.00	34
17	82.00	-58.00	34
18	101.00	-52.00	34
19	117.00	-40.00	34
20	128.00	-23.00	34
21	132.00	-4.00	34
22	130.00	16.00	34
23	121.00	34.00	34

24	107.00	48.00	34
25	89.00	56.00	34
26	69.00	58.00	34
27	49.00	58.00	34
28	29.00	58.00	34
29	9.00	58.00	34
30	-11.00	58.00	34
31	-31.00	58.00	34
32	-51.00	58.00	34
33	-71.00	58.00	34
34	-95.00	65.00	36.70
35	-113.00	56.00	36.70
36	-128.00	43.00	36.70
37	-138.00	26.00	36.70
38	-143.00	6.00	36.70
39	-142.00	-14.00	36.70
40	-136.00	-32.00	36.70
41	-124.00	-48.00	36.70
42	-108.00	-60.00	36.70
43	-89.00	-67.00	36.70
44	-69.00	-68.00	36.70
45	-49.00	-68.00	36.70
46	-29.00	-68.00	36.70
47	-9.00	-68.00	36.70
48	11.00	-68.00	36.70
49	31.00	-68.00	36.70
50	51.00	-68.00	36.70
51	71.00	-68.00	36.70
52	91.00	-67.00	36.70
53	109.00	-59.00	36.70
54	125.00	-46.00	36.70
55	136.00	-30.00	36.70
56	142.00	-11.00	36.70
57	142.00	9.00	36.70
58	136.00	28.00	36.70
59	125.00	45.00	36.70
60	110.00	58.00	36.70
61	92.00	65.00	36.70
62	72.00	68.00	36.70
63	52.00	68.00	36.70
64	32.00	68.00	36.70
65	12.00	68.00	36.70
66	-8.00	68.00	36.70
67	-28.00	68.00	36.70
68	-48.00	68.00	36.70
69	-68.00	68.00	36.70

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	406300	121500	-270200	12500	-27100
2	755200	-188200	492700	-19500	49200
3	592600	240200	-443200	24600	-44400
4	592600	240200	-443200	24600	-44400
5	755200	-188200	492700	-19500	49200
6	463600	210100	382800	22100	39900
7	467000	223400	394900	23500	41100
8	469800	323900	287300	33900	29800
9	469800	323900	287300	33900	29800
10	467000	223400	394900	23500	41100

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	424000	79400	-179000
2	558700	-122100	331900
3	562800	163100	-291800
4	562800	163100	-291800
5	558700	-122100	331900

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	446200	-4600	5700
2	475800	-18900	77300
3	476000	37300	-46900
4	476000	37300	-46900
5	475800	-18900	77300

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	471700	-4600	3300
2	475100	8800	15400
3	476600	9600	15000
4	476600	9600	15000
5	475100	8800	15400

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.9 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 3.1 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

N. Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	406300	121500	-270200	406326	1149886	-2569068	9.469
2	S	755200	-188200	492700	755226	-1093077	2878548	5.857
3	S	592600	240200	-443200	592615	1318786	-2437524	5.483
4	S	592600	240200	-443200	592615	1318786	-2437524	5.483
5	S	755200	-188200	492700	755226	-1093077	2878548	5.857
6	S	463600	210100	382800	463575	1314336	2358761	6.192
7	S	467000	223400	394900	467027	1334394	2324101	5.915
8	S	469800	323900	287300	469827	1659092	1475115	5.131
9	S	469800	323900	287300	469827	1659092	1475115	5.131
10	S	467000	223400	394900	467027	1334394	2324101	5.915

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00121	-119.0	61.0	0.00315	-113.0	56.0	-0.00713	109.0	-59.0
2	0.00350	-0.00086	118.0	-62.0	0.00317	109.0	-59.0	-0.00635	-113.0	56.0
3	0.00350	-0.00098	-119.0	61.0	0.00316	-113.0	56.0	-0.00662	109.0	-59.0
4	0.00350	-0.00098	-119.0	61.0	0.00316	-113.0	56.0	-0.00662	109.0	-59.0
5	0.00350	-0.00086	118.0	-62.0	0.00317	109.0	-59.0	-0.00635	-113.0	56.0
6	0.00350	-0.00118	108.0	66.0	0.00320	110.0	58.0	-0.00709	-108.0	-60.0
7	0.00350	-0.00117	108.0	66.0	0.00320	110.0	58.0	-0.00707	-108.0	-60.0
8	0.00350	-0.00138	94.0	72.0	0.00306	92.0	65.0	-0.00744	-89.0	-67.0
9	0.00350	-0.00138	94.0	72.0	0.00306	92.0	65.0	-0.00744	-89.0	-67.0
10	0.00350	-0.00117	108.0	66.0	0.00320	110.0	58.0	-0.00707	-108.0	-60.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000026255	0.000038738	-0.001987392		
2	0.000025993	-0.000032574	-0.001586739		
3	-0.000022921	0.000040784	-0.001715387		
4	-0.000022921	0.000040784	-0.001715387		
5	0.000025993	-0.000032574	-0.001586739		
6	0.000023990	0.000042940	-0.001924987		
7	0.000023575	0.000043496	-0.001916803		
8	0.000015690	0.000058060	-0.002155247		
9	0.000015690	0.000058060	-0.002155247		
10	0.000023575	0.000043496	-0.001916803		

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm
 Passo staffe: 13.4 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
 N.Bracci staffe: 2
 Numero Legature: 5 (Diametro = 8 mm)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Vsdu Taglio agente [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
 Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro.
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A_Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 (Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst	A_Eff
1	S	25592	935210	186283	159.8	197.0	21.80°	1.056	1.8	13.2(5.7)
2	S	45999	1003132	185040	166.0	194.5	21.80°	1.104	3.1	12.7(5.2)
3	S	43269	1018311	187500	153.7	217.7	21.80°	1.082	3.2	13.9(6.4)
4	S	43269	1018311	187500	153.7	217.7	21.80°	1.082	3.2	13.9(6.4)
5	S	45999	1003132	185040	166.0	194.5	21.80°	1.104	3.1	12.7(5.2)
6	S	38690	985557	215838	153.4	214.7	21.80°	1.064	2.9	16.0(8.5)
7	S	40179	990251	216481	152.6	216.7	21.80°	1.064	3.0	16.1(8.6)
8	S	40447	1104565	268475	141.5	260.5	21.80°	1.065	3.2	21.5(14.0)

9	S	40447	1104565	268475	141.5	260.5	21.80°	1.065	3.2	21.5(14.0)
10	S	40179	990251	216481	152.6	216.7	21.80°	1.064	3.0	16.1(8.6)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm ²]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm ²]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	19.9	-119.0	61.0	-34	109.0	-59.0	0	0		0.000
2	S	30.6	118.0	-62.0	-107	-113.0	56.0	0	0		0.000
3	S	32.1	-106.0	68.0	-125	109.0	-59.0	0	0		0.000
4	S	32.1	-106.0	68.0	-125	109.0	-59.0	0	0		0.000
5	S	30.6	118.0	-62.0	-107	-113.0	56.0	0	0		0.000

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	9.4	90.0	-74.0	127	-95.0	65.0	0	0		0.000
2	S	13.4	129.0	-52.0	86	-128.0	43.0	0	0		0.000
3	S	13.7	-106.0	68.0	83	91.0	-67.0	0	0		0.000
4	S	13.7	-106.0	68.0	83	91.0	-67.0	0	0		0.000
5	S	13.4	129.0	-52.0	86	-128.0	43.0	0	0		0.000

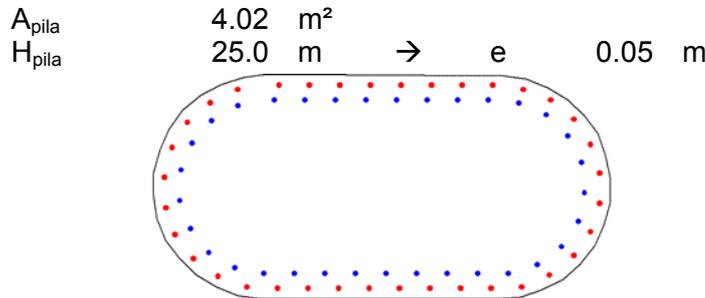
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	9.8	90.0	-74.0	136	-95.0	65.0	0	0		0.000
2	S	10.6	108.0	66.0	127	-108.0	-60.0	0	0		0.000
3	S	10.7	94.0	72.0	126	-108.0	-60.0	0	0		0.000
4	S	10.7	94.0	72.0	126	-108.0	-60.0	0	0		0.000
5	S	10.6	108.0	66.0	127	-108.0	-60.0	0	0		0.000

Le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.

9.5 Sollecitazioni di verifica – Pila D2a

Di seguito si riportano le massime sollecitazioni di verifica riferite alle combinazioni di S.L.U. e S.L.E. per la sezione di spicco dell'elevazione:



	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]		F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
SLU STR	-3939	-1426	-19	251	0	6153	-473	6204	-523		-4334	-1822	294	436	0	8503	5225	8568	5289
	-9416	-6903	20	-230	0	-5638	496	-5882	740		-4990	-2478	-295	-422	0	-8147	-5260	-8235	-5348
	-5762	-3249	43	-355	0	-8677	1067	-8792	1182		-4393	-1880	294	444	0	8710	5245	8776	5312
	-6937	-4425	-65	224	0	5500	-1635	5656	-1791		-4939	-2427	-296	-433	0	-8444	-5287	-8529	-5372
	-4159	-1646	-33	414	0	10158	-825	10216	-883		-4368	-1856	294	444	0	8716	5232	8782	5297
	-6727	-4214	31	-402	0	-9874	774	-10023	923		-4964	-2452	-296	-434	0	-8450	-5273	-8537	-5360
	-4955	-2443	34	-355	0	-8697	849	-8784	935		-4620	-2107	289	420	0	8420	4817	8495	4892
	-6112	-3600	-38	367	0	8977	-946	9104	-1073		-4713	-2200	-290	-410	0	-8155	-4859	-8232	-4936
	-4159	-1646	-33	414	0	10158	-825	10216	-883		-4368	-1856	294	444	0	8716	5232	8782	5297
	-6727	-4214	31	-402	0	-9874	774	-10023	923		-4964	-2452	-296	-434	0	-8450	-5273	-8537	-5360
-5762	-3249	43	-355	0	-8677	1067	-8792	1182		-4393	-1880	294	444	0	8710	5245	8776	5312	
-6937	-4425	-65	224	0	5500	-1635	5656	-1791		-4939	-2427	-296	-433	0	-8444	-5287	-8529	-5372	

	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]		F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
SLE RARA	-4135	-1622	-12	170	0	4180	-311	4238	-368		-4390	-1878	0	12	0	308	10	374	77
	-6961	-4448	13	-153	0	-3752	326	-3910	483		-5915	-3403	-2	1	0	36	-41	157	-161
	-5300	-2788	29	-232	0	-5671	726	-5770	825		-4583	-2070	6	-30	0	-722	157	-795	231
	-5316	-2803	-47	148	0	3620	-1178	3720	-1277		-4750	-2237	-8	41	0	988	-199	1067	-278
	-4323	-1811	-22	280	0	6886	-547	6950	-611		-4487	-1975	-4	73	0	1790	-90	1860	-159
	-4957	-2445	20	-271	0	-6651	503	-6738	590		-4845	-2333	2	-62	0	-1524	48	-1607	131
	-4906	-2393	23	-233	0	-5690	566	-5774	651		-4807	-2294	5	-30	0	-729	119	-810	200
	-4509	-1997	-26	242	0	5921	-644	5992	-715		-4526	-2013	-6	41	0	995	-161	1066	-232
	-4323	-1811	-22	280	0	6886	-547	6950	-611		-4487	-1975	-4	73	0	1790	-90	1860	-159
	-4957	-2445	20	-271	0	-6651	503	-6738	590		-4845	-2333	2	-62	0	-1524	48	-1607	131
-5300	-2788	29	-232	0	-5671	726	-5770	825		-4583	-2070	6	-30	0	-722	157	-795	231	
-5316	-2803	-47	148	0	3620	-1178	3720	-1277		-4750	-2237	-8	41	0	988	-199	1067	-278	

	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _{y,trasv} [kNm]	M _{z,long} [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
SLE Q.PERMANENTE	-4488	-1976	1	13	0	324	20	394	90
	-4836	-2324	-2	1	0	32	-56	114	-138
	-4547	-2035	2	21	0	531	41	603	113
	-4785	-2273	-3	-11	0	-265	-82	-345	-162
	-4523	-2010	1	21	0	537	27	608	98
	-4810	-2297	-3	-11	0	-271	-69	-352	-150
	-4771	-2259	0	21	0	524	2	604	82
	-4561	-2049	-2	-10	0	-258	-44	-330	-116
	-4523	-2010	1	21	0	537	27	608	98
	-4810	-2297	-3	-11	0	-271	-69	-352	-150
-4547	-2035	2	21	0	531	41	603	113	
-4785	-2273	-3	-11	0	-265	-82	-345	-162	

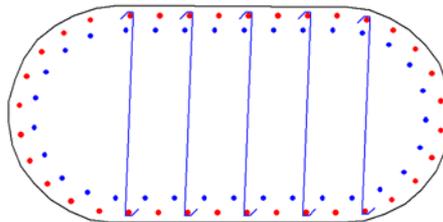
Legenda:

- F_x Azione verticale negativa se di compressione
- F_y Azione di taglio in direzione trasversale
- F_z Azione di taglio in direzione longitudinale
- M_x Momento torsionale
- M_y Momento flettente longitudinale del I ordine

M_z Momento flettente trasversale del I ordine
 $M_{y,II}$ Momento flettente longitudinale del I+II ordine
 $M_{z,II}$ Momento flettente trasversale del I+II ordine

9.5.1 Verifiche della sezione di spiccato

Si considera la sezione di spiccato riportata di seguito. Si considera un calcestruzzo di classe C32/40 e condizioni di esposizione aggressive. Per la verifica si considera un'armatura composta da 73 ϕ 26+34 ϕ 24 e un copriferro di 40 mm inoltre si dispongono spilli ϕ 10.



Di seguito si riportano le verifiche condotte con riferimento alle massime sollecitazioni dedotte agli S.L. ultimi e di esercizio.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: PILA D2a_BASE

(Percorso File: D:\Lavoro\110013 - FONTANABUONA\RAMPA C-D\LUSAS\PROVA\OUT\PILA D2a_BASE.sez)

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C32/40
 Resis. compr. di calcolo f_{cd} : 181.30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta f_{cd}' : 90.65 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza $ec2$: 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale E_c : 333458 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione f_{ctm} : 30.20 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 144.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. f_{yk} : 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura f_{tk} : 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo f_{yd} : 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo f_{td} : 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo E_{pu} : 0.068
 Modulo Elastico E_f : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito

Coeff. Aderenza	ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00 daN/cm ²
Coeff. Aderenza	diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50 daN/cm ²
Comb.Rare	Sf Limite :	3600.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-80.00	-75.00
2	-95.00	-73.00
3	-109.00	-67.00
4	-122.00	-59.00
5	-133.00	-48.00
6	-142.00	-36.00
7	-148.00	-21.00
8	-150.00	-6.00
9	-150.00	9.00
10	-146.00	24.00
11	-140.00	38.00
12	-131.00	51.00
13	-119.00	61.00
14	-106.00	68.00
15	-91.00	73.00
16	-76.00	75.00
17	79.00	74.00
18	94.00	72.00
19	108.00	66.00
20	121.00	58.00
21	132.00	47.00
22	141.00	35.00
23	146.00	20.00
24	149.00	5.00
25	149.00	-10.00
26	145.00	-25.00
27	139.00	-39.00
28	129.00	-52.00
29	118.00	-62.00
30	104.00	-69.00
31	90.00	-74.00
32	74.00	-75.00
33	-64.00	-75.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-95.00	54.00	34
2	-112.00	44.00	34
3	-125.00	29.00	34
4	-132.00	11.00	34
5	-133.00	-9.00	34
6	-126.00	-28.00	34
7	-114.00	-44.00	34
8	-97.00	-54.00	34
9	-78.00	-58.00	34
10	-58.00	-58.00	34
11	-38.00	-58.00	34
12	-18.00	-58.00	34
13	2.00	-58.00	34
14	22.00	-58.00	34
15	42.00	-58.00	34
16	62.00	-58.00	34
17	82.00	-58.00	34
18	101.00	-52.00	34
19	117.00	-40.00	34
20	128.00	-23.00	34
21	132.00	-4.00	34
22	130.00	16.00	34
23	121.00	34.00	34

24	107.00	48.00	34
25	89.00	56.00	34
26	69.00	58.00	34
27	49.00	58.00	34
28	29.00	58.00	34
29	9.00	58.00	34
30	-11.00	58.00	34
31	-31.00	58.00	34
32	-51.00	58.00	34
33	-71.00	58.00	34
34	-95.00	65.00	36.70
35	-113.00	56.00	36.70
36	-128.00	43.00	36.70
37	-138.00	26.00	36.70
38	-143.00	6.00	36.70
39	-142.00	-14.00	36.70
40	-136.00	-32.00	36.70
41	-124.00	-48.00	36.70
42	-108.00	-60.00	36.70
43	-89.00	-67.00	36.70
44	-69.00	-68.00	36.70
45	-49.00	-68.00	36.70
46	-29.00	-68.00	36.70
47	-9.00	-68.00	36.70
48	11.00	-68.00	36.70
49	31.00	-68.00	36.70
50	51.00	-68.00	36.70
51	71.00	-68.00	36.70
52	91.00	-67.00	36.70
53	109.00	-59.00	36.70
54	125.00	-46.00	36.70
55	136.00	-30.00	36.70
56	142.00	-11.00	36.70
57	142.00	9.00	36.70
58	136.00	28.00	36.70
59	125.00	45.00	36.70
60	110.00	58.00	36.70
61	92.00	65.00	36.70
62	72.00	68.00	36.70
63	52.00	68.00	36.70
64	32.00	68.00	36.70
65	12.00	68.00	36.70
66	-8.00	68.00	36.70
67	-28.00	68.00	36.70
68	-48.00	68.00	36.70
69	-68.00	68.00	36.70

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	393900	620300	-52400	25000	-1900
2	576200	-879300	118200	-35500	4200
3	415900	1021600	-88400	41300	-3300
4	415900	1021600	-88400	41300	-3300
5	576200	-879300	118200	-35500	4200
6	433500	856700	528900	43500	29300
7	439300	877600	531100	44400	29400
8	436900	878100	529700	44400	29300
9	436900	878100	529700	44400	29300
10	439300	877600	531100	44400	29400

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	413500	423700	-36900
2	530100	-577000	82400
3	432400	695000	-61100
4	432400	695000	-61100
5	530100	-577000	82400

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	439100	37400	7600
2	458300	-79600	23000
3	448800	185900	-16000
4	448800	185900	-16000
5	458300	-79600	23000

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	448900	39400	9000
2	454800	60200	11200
3	452300	60800	9800
4	452300	60800	9800
5	454800	60200	11200

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.9 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 3.1 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000

N. Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	393900	620300	-52400	393923	1833244	-160348	2.954
2	S	576200	-879300	118200	576195	-1886958	244480	2.146
3	S	415900	1021600	-88400	415910	1843505	-154653	1.804
4	S	415900	1021600	-88400	415910	1843505	-154653	1.804
5	S	576200	-879300	118200	576195	-1886958	244480	2.146
6	S	433500	856700	528900	433510	1742564	1068244	2.030
7	S	439300	877600	531100	439297	1749266	1048447	1.988
8	S	436900	878100	529700	436928	1747156	1053547	1.990
9	S	436900	878100	529700	436928	1747156	1053547	1.990
10	S	439300	877600	531100	439297	1749266	1048447	1.988

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00271	-76.0	75.0	0.00282	-68.0	68.0	-0.01033	71.0	-68.0
2	0.00350	-0.00237	74.0	-75.0	0.00288	71.0	-68.0	-0.00956	-68.0	68.0
3	0.00350	-0.00267	-76.0	75.0	0.00283	-68.0	68.0	-0.01023	71.0	-68.0
4	0.00350	-0.00267	-76.0	75.0	0.00283	-68.0	68.0	-0.01023	71.0	-68.0
5	0.00350	-0.00237	74.0	-75.0	0.00288	71.0	-68.0	-0.00956	-68.0	68.0
6	0.00350	-0.00171	94.0	72.0	0.00300	92.0	65.0	-0.00819	-89.0	-67.0
7	0.00350	-0.00172	94.0	72.0	0.00300	92.0	65.0	-0.00821	-89.0	-67.0
8	0.00350	-0.00172	94.0	72.0	0.00300	92.0	65.0	-0.00820	-89.0	-67.0
9	0.00350	-0.00172	94.0	72.0	0.00300	92.0	65.0	-0.00820	-89.0	-67.0
10	0.00350	-0.00172	94.0	72.0	0.00300	92.0	65.0	-0.00821	-89.0	-67.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000002510	0.000094140	-0.003751315		
2	0.000003610	-0.000087728	-0.003346771		
3	-0.000002405	0.000093521	-0.003696839		
4	-0.000002405	0.000093521	-0.003696839		
5	0.000003610	-0.000087728	-0.003346771		
6	0.000012427	0.000067714	-0.002543568		
7	0.000012222	0.000068118	-0.002553366		
8	0.000012280	0.000068030	-0.002552466		
9	0.000012280	0.000068030	-0.002552466		
10	0.000012222	0.000068118	-0.002553366		

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm
 Passo staffe: 13.4 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
 N.Bracci staffe: 2
 Numero Legature: 5 (Diametro = 8 mm)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Vsdu Taglio agente [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
 Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro.
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A_Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 (Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst	A_Eff
1	S	25045	1115265	311890	138.1	272.2	21.80°	1.054	2.1	25.6(18.1)
2	S	35650	1146659	308237	137.9	273.8	21.80°	1.080	2.9	25.4(17.9)
3	S	41377	1118461	312097	138.1	272.2	21.80°	1.057	3.4	25.7(18.2)
4	S	41377	1118461	312097	138.1	272.2	21.80°	1.057	3.4	25.7(18.2)
5	S	35650	1146659	308237	137.9	273.8	21.80°	1.080	2.9	25.4(17.9)
6	S	48019	1113085	281036	139.6	267.5	21.80°	1.060	3.9	22.9(15.4)
7	S	48838	1113964	281750	139.5	267.6	21.80°	1.061	4.0	22.9(15.4)
8	S	48843	1113606	281562	139.5	267.6	21.80°	1.060	4.0	22.9(15.4)

9	S	48843	1113606	281562	139.5	267.6	21.80°	1.060	4.0	22.9(15.4)
10	S	48838	1113964	281750	139.5	267.6	21.80°	1.061	4.0	22.9(15.4)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm ²]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm ²]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	51.9	-76.0	75.0	-772	71.0	-68.0	9265	219	0.181	0.058
2	S	71.1	74.0	-75.0	-1134	-68.0	68.0	9238	217	0.184	0.084
3	S	83.2	-76.0	75.0	-1585	71.0	-68.0	10099	228	0.188	0.180
4	S	83.2	-76.0	75.0	-1585	71.0	-68.0	10099	228	0.188	0.180
5	S	71.1	74.0	-75.0	-1134	-68.0	68.0	9238	217	0.184	0.084

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	11.9	79.0	74.0	89	-89.0	-67.0	0	0		0.000
2	S	15.8	90.0	-74.0	46	-68.0	68.0	0	0		0.000
3	S	24.9	-76.0	75.0	-98	71.0	-68.0	3640	173	0.125	0.006
4	S	24.9	-76.0	75.0	-98	71.0	-68.0	3640	173	0.125	0.006
5	S	15.8	90.0	-74.0	46	-68.0	68.0	0	0		0.000

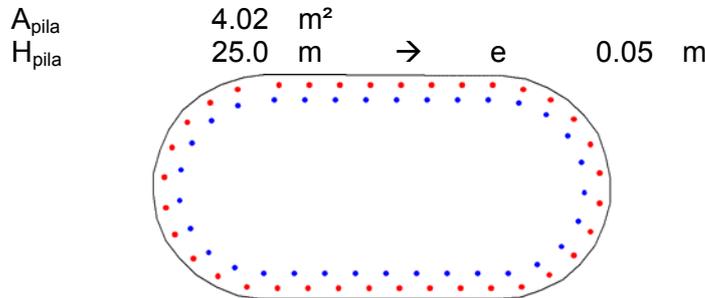
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	12.2	79.0	74.0	89	-89.0	-67.0	0	0		0.000
2	S	14.0	79.0	74.0	69	-69.0	-68.0	0	0		0.000
3	S	14.0	79.0	74.0	68	-69.0	-68.0	0	0		0.000
4	S	14.0	79.0	74.0	68	-69.0	-68.0	0	0		0.000
5	S	14.0	79.0	74.0	69	-69.0	-68.0	0	0		0.000

Le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.

9.6 Sollecitazioni di verifica – Pila D2b

Di seguito si riportano le massime sollecitazioni di verifica riferite alle combinazioni di S.L.U. e S.L.E. per la sezione di spicco dell'elevazione:



	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]		F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
S.L.U. STR	-4409	-1897	10	-230	0	-5649	241	-5716	308		-4813	-2301	271	401	0	7943	4607	8025	4688
	-10346	-7834	-13	245	0	6014	-314	6291	-591		-5658	-3145	-273	-387	0	-7595	-4652	-7706	-4764
	-6376	-3863	33	-355	0	-8686	826	-8822	963		-5148	-2635	275	444	0	8709	4956	8802	5049
	-7006	-4494	-59	224	0	5495	-1471	5654	-1630		-5314	-2802	-277	-434	0	-8450	-5006	-8549	-5105
	-5612	-3099	-25	414	0	10155	-625	10264	-735		-5082	-2569	275	444	0	8715	4943	8806	5034
	-6659	-4146	23	-403	0	-9879	565	-10025	712		-5380	-2868	-277	-434	0	-8457	-4993	-8558	-5095
	-5034	-2522	24	-355	0	-8701	611	-8790	700		-5021	-2509	273	420	0	8419	4634	8508	4723
	-7322	-4809	-29	366	0	8972	-719	9142	-889		-5441	-2928	-275	-410	0	-8161	-4684	-8264	-4787
	-5612	-3099	-25	414	0	10155	-625	10264	-735		-5082	-2569	275	444	0	8715	4943	8806	5034
	-6659	-4146	23	-403	0	-9879	565	-10025	712		-5380	-2868	-277	-434	0	-8457	-4993	-8558	-5095
-6376	-3863	33	-355	0	-8686	826	-8822	963		-5148	-2635	275	444	0	8709	4956	8802	5049	
-7006	-4494	-59	224	0	5495	-1471	5654	-1630		-5314	-2802	-277	-434	0	-8450	-5006	-8549	-5105	
S.L.U. SLV																			

	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]		F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
S.L.E. RARA	-4580	-2067	6	-154	0	-3775	147	-3848	220		-4833	-2321	-3	1	0	29	-81	111	-163
	-7702	-5190	-8	166	0	4081	-207	4264	-391		-6602	-4090	1	12	0	300	22	445	166
	-5903	-3390	22	-232	0	-5678	562	-5798	682		-6063	-3551	5	21	0	521	118	647	243
	-5369	-2856	-43	148	0	3617	-1066	3718	-1167		-5188	-2676	-7	40	0	984	-165	1079	-260
	-5473	-2960	-17	280	0	6883	-416	6988	-521		-5282	-2770	-3	72	0	1786	-73	1884	-171
	-4967	-2455	15	-271	0	-6655	365	-6742	452		-5180	-2667	1	-62	0	-1528	23	-1622	118
	-5075	-2563	16	-233	0	-5694	405	-5784	495		-5149	-2636	3	-30	0	-733	76	-826	169
	-5428	-2916	-20	242	0	5918	-492	6021	-595		-5313	-2801	-5	41	0	991	-126	1090	-225
	-5473	-2960	-17	280	0	6883	-416	6988	-521		-5282	-2770	-3	72	0	1786	-73	1884	-171
	-4967	-2455	15	-271	0	-6655	365	-6742	452		-5180	-2667	1	-62	0	-1528	23	-1622	118
-5903	-3390	22	-232	0	-5678	562	-5798	682		-6063	-3551	5	21	0	521	118	647	243	
-5369	-2856	-43	148	0	3617	-1066	3718	-1167		-5188	-2676	-7	40	0	984	-165	1079	-260	
S.L.E. FREQUENTE																			

	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _{y,trasv} [kNm]	M _{z,long} [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
S.L.E. PERMANENTE	-4978	-2466	-2	2	0	44	-39	132	-126
	-5493	-2981	0	12	0	304	-7	409	-112
	-5311	-2798	1	21	0	527	27	626	126
	-5151	-2639	-3	-11	0	-268	-77	-362	-171
	-5245	-2732	1	21	0	533	15	630	111
	-5217	-2705	-3	-11	0	-275	-65	-370	-160
	-5186	-2674	0	21	0	520	-11	615	-106
	-5276	-2763	-2	-10	0	-262	-38	-359	-136
	-5245	-2732	1	21	0	533	15	630	111
	-5217	-2705	-3	-11	0	-275	-65	-370	-160
-5311	-2798	1	21	0	527	27	626	126	
-5151	-2639	-3	-11	0	-268	-77	-362	-171	

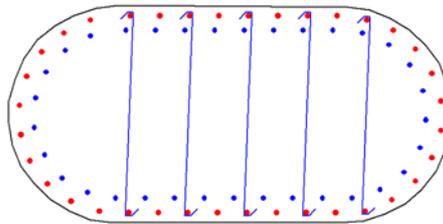
Legenda:

- F_x Azione verticale negativa se di compressione
- F_y Azione di taglio in direzione trasversale
- F_z Azione di taglio in direzione longitudinale
- M_x Momento torsionale
- M_y Momento flettente longitudinale del I ordine

M_z	Momento flettente trasversale del I ordine
$M_{y,II}$	Momento flettente longitudinale del I+II ordine
$M_{z,II}$	Momento flettente trasversale del I+II ordine

9.6.1 Verifiche della sezione di spiccato

Si considera la sezione di spiccato riportata di seguito. Si considera un calcestruzzo di classe C32/40 e condizioni di esposizione aggressive. Per la verifica si considera un'armatura composta da 73 ϕ 26+34 ϕ 24 e un copriferro di 40 mm inoltre si dispongono spilli ϕ 10.



Di seguito si riportano le verifiche condotte con riferimento alle massime sollecitazioni dedotte agli S.L. ultimi e di esercizio.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: PILA D2b_BASE

(Percorso File: D:\Lavoro\110013 - FONTANABUONA\RAMPA C-D\LUSAS\PROVA\OUT\PILA D2b_BASE.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO -	Classe: C32/40	
	Resis. compr. di calcolo f_{cd} :	181.30 daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta f_{cd}' :	90.65 daN/cm ²
	Def.unit. max resistenza $ec2$:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu :	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale E_c :	333458 daN/cm ²
	Coeff. di Poisson :	0.20
	Resis. media a trazione f_{ctm} :	30.20 daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0
	Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):	
	Sc Limite :	192.00 daN/cm ²
	Apert.Fess.Limite :	Non prevista
	Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):	
	Sc Limite :	192.00 daN/cm ²
	Apert.Fess.Limite :	0.300 mm
	Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):	
	Sc Limite :	144.00 daN/cm ²
	Apert.Fess.Limite :	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo: B450C	
	Resist. caratt. snervam. f_{yk} :	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura f_{tk} :	4500.0 daN/cm ²
	Resist. snerv. di calcolo f_{yd} :	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di calcolo f_{td} :	3913.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di calcolo E_{pu} :	0.068
	Modulo Elastico E_f :	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito

Coeff. Aderenza	ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00 daN/cm ²
Coeff. Aderenza	diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50 daN/cm ²
Comb.Rare	Sf Limite :	3600.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-80.00	-75.00
2	-95.00	-73.00
3	-109.00	-67.00
4	-122.00	-59.00
5	-133.00	-48.00
6	-142.00	-36.00
7	-148.00	-21.00
8	-150.00	-6.00
9	-150.00	9.00
10	-146.00	24.00
11	-140.00	38.00
12	-131.00	51.00
13	-119.00	61.00
14	-106.00	68.00
15	-91.00	73.00
16	-76.00	75.00
17	79.00	74.00
18	94.00	72.00
19	108.00	66.00
20	121.00	58.00
21	132.00	47.00
22	141.00	35.00
23	146.00	20.00
24	149.00	5.00
25	149.00	-10.00
26	145.00	-25.00
27	139.00	-39.00
28	129.00	-52.00
29	118.00	-62.00
30	104.00	-69.00
31	90.00	-74.00
32	74.00	-75.00
33	-64.00	-75.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-95.00	54.00	34
2	-112.00	44.00	34
3	-125.00	29.00	34
4	-132.00	11.00	34
5	-133.00	-9.00	34
6	-126.00	-28.00	34
7	-114.00	-44.00	34
8	-97.00	-54.00	34
9	-78.00	-58.00	34
10	-58.00	-58.00	34
11	-38.00	-58.00	34
12	-18.00	-58.00	34
13	2.00	-58.00	34
14	22.00	-58.00	34
15	42.00	-58.00	34
16	62.00	-58.00	34
17	82.00	-58.00	34
18	101.00	-52.00	34
19	117.00	-40.00	34
20	128.00	-23.00	34
21	132.00	-4.00	34
22	130.00	16.00	34
23	121.00	34.00	34

24	107.00	48.00	34
25	89.00	56.00	34
26	69.00	58.00	34
27	49.00	58.00	34
28	29.00	58.00	34
29	9.00	58.00	34
30	-11.00	58.00	34
31	-31.00	58.00	34
32	-51.00	58.00	34
33	-71.00	58.00	34
34	-95.00	65.00	36.70
35	-113.00	56.00	36.70
36	-128.00	43.00	36.70
37	-138.00	26.00	36.70
38	-143.00	6.00	36.70
39	-142.00	-14.00	36.70
40	-136.00	-32.00	36.70
41	-124.00	-48.00	36.70
42	-108.00	-60.00	36.70
43	-89.00	-67.00	36.70
44	-69.00	-68.00	36.70
45	-49.00	-68.00	36.70
46	-29.00	-68.00	36.70
47	-9.00	-68.00	36.70
48	11.00	-68.00	36.70
49	31.00	-68.00	36.70
50	51.00	-68.00	36.70
51	71.00	-68.00	36.70
52	91.00	-67.00	36.70
53	109.00	-59.00	36.70
54	125.00	-46.00	36.70
55	136.00	-30.00	36.70
56	142.00	-11.00	36.70
57	142.00	9.00	36.70
58	136.00	28.00	36.70
59	125.00	45.00	36.70
60	110.00	58.00	36.70
61	92.00	65.00	36.70
62	72.00	68.00	36.70
63	52.00	68.00	36.70
64	32.00	68.00	36.70
65	12.00	68.00	36.70
66	-8.00	68.00	36.70
67	-28.00	68.00	36.70
68	-48.00	68.00	36.70
69	-68.00	68.00	36.70

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	441000	-571600	30700	-23100	900
2	637600	-882300	96300	-35500	3300
3	561200	1026400	-73500	41300	-2600
4	561200	1026400	-73500	41300	-2600
5	637600	-882300	96300	-35500	3300
6	481400	802400	468800	40100	27100
7	514800	880100	504900	44400	27500
8	508200	880600	503400	44400	27400
9	508200	880600	503400	44400	27400
10	514800	880100	504900	44400	27500

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	458000	-384800	21900
2	590300	-579900	68200
3	547300	698700	-52100
4	547300	698700	-52100
5	590300	-579900	68200

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	483400	11100	-16300
2	606400	64600	24300
3	528300	188400	-17200
4	528300	188400	-17200
5	606400	64600	24300

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	497900	13100	-12600
2	531100	62500	12600
3	524500	63000	11100
4	524500	63000	11100
5	531100	62500	12600

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.9 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 3.1 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000

N. Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	441000	-571600	30700	440984	-1834858	99820	3.212
2	S	637600	-882300	96300	637595	-1915335	211894	2.172
3	S	561200	1026400	-73500	561209	1909246	-141370	1.860
4	S	561200	1026400	-73500	561209	1909246	-141370	1.860
5	S	637600	-882300	96300	637595	-1915335	211894	2.172
6	S	481400	802400	468800	481430	1773062	1022898	2.203
7	S	514800	880100	504900	514800	1787267	1024027	2.030
8	S	508200	880600	503400	508204	1783569	1028480	2.030
9	S	508200	880600	503400	508204	1783569	1028480	2.030
10	S	514800	880100	504900	514800	1787267	1024027	2.030

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00293	74.0	-75.0	0.00281	71.0	-68.0	-0.01080	-68.0	68.0
2	0.00350	-0.00228	74.0	-75.0	0.00288	71.0	-68.0	-0.00934	-68.0	68.0
3	0.00350	-0.00233	-76.0	75.0	0.00286	-68.0	68.0	-0.00949	71.0	-68.0
4	0.00350	-0.00233	-76.0	75.0	0.00286	-68.0	68.0	-0.00949	71.0	-68.0
5	0.00350	-0.00228	74.0	-75.0	0.00288	71.0	-68.0	-0.00934	-68.0	68.0
6	0.00350	-0.00168	94.0	72.0	0.00300	92.0	65.0	-0.00811	-89.0	-67.0
7	0.00350	-0.00163	94.0	72.0	0.00301	92.0	65.0	-0.00799	-89.0	-67.0
8	0.00350	-0.00163	94.0	72.0	0.00301	92.0	65.0	-0.00800	-89.0	-67.0
9	0.00350	-0.00163	94.0	72.0	0.00301	92.0	65.0	-0.00800	-89.0	-67.0
10	0.00350	-0.00163	94.0	72.0	0.00301	92.0	65.0	-0.00799	-89.0	-67.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000001696	-0.000098323	-0.003999752		
2	0.000003096	-0.000086743	-0.003234841		
3	-0.000002083	0.000088665	-0.003308184		
4	-0.000002083	0.000088665	-0.003308184		
5	0.000003096	-0.000086743	-0.003234841		
6	0.000011786	0.000067988	-0.002503044		
7	0.000011637	0.000067338	-0.002442210		
8	0.000011705	0.000067350	-0.002449453		
9	0.000011705	0.000067350	-0.002449453		
10	0.000011637	0.000067338	-0.002442210		

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	8 mm	
Passo staffe:	13.4 cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2	
Numero Legature:	5	(Diametro = 8 mm)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] = proiezz. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil. [cm ² /m]
A_Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz. [cm ² /m] (Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst	A_Eff
1	S	23113	1121960	313965	138.1	272.2	21.80°	1.061	1.9	25.8(18.3)
2	S	35600	1160003	308807	137.6	275.4	21.80°	1.088	2.9	25.5(18.0)
3	S	41354	1146547	311715	137.7	274.6	21.80°	1.077	3.4	25.7(18.2)
4	S	41354	1146547	311715	137.7	274.6	21.80°	1.077	3.4	25.7(18.2)
5	S	35600	1160003	308807	137.6	275.4	21.80°	1.088	2.9	25.5(18.0)
6	S	44087	1123030	282600	139.3	268.7	21.80°	1.066	3.6	23.0(15.5)
7	S	48383	1130748	282464	139.2	269.6	21.80°	1.071	3.9	23.1(15.6)
8	S	48384	1129780	282291	139.2	269.6	21.80°	1.070	3.9	23.0(15.5)

9	S	48384	1129780	282291	139.2	269.6	21.80°	1.070	3.9	23.0(15.5)
10	S	48383	1130748	282464	139.2	269.6	21.80°	1.071	3.9	23.1(15.6)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm ²]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm ²]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	46.9	74.0	-75.0	-610	-68.0	68.0	8503	206	0.176	0.043
2	S	71.3	74.0	-75.0	-1058	-68.0	68.0	8990	213	0.181	0.077
3	S	84.2	-76.0	75.0	-1438	71.0	-68.0	9857	227	0.185	0.151
4	S	84.2	-76.0	75.0	-1438	71.0	-68.0	9857	227	0.185	0.151
5	S	71.3	74.0	-75.0	-1058	-68.0	68.0	8990	213	0.181	0.077

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	11.0	-106.0	68.0	125	91.0	-67.0	0	0		0.000
2	S	17.7	79.0	74.0	104	-89.0	-67.0	0	0		0.000
3	S	26.3	-76.0	75.0	-62	71.0	-68.0	2357	171	0.125	0.004
4	S	26.3	-76.0	75.0	-62	71.0	-68.0	2357	171	0.125	0.004
5	S	17.7	79.0	74.0	104	-89.0	-67.0	0	0		0.000

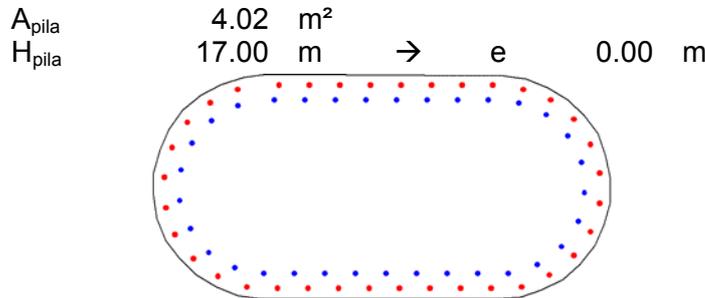
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	11.3	-91.0	73.0	129	91.0	-67.0	0	0		0.000
2	S	15.8	79.0	74.0	89	-89.0	-67.0	0	0		0.000
3	S	15.6	79.0	74.0	87	-69.0	-68.0	0	0		0.000
4	S	15.6	79.0	74.0	87	-69.0	-68.0	0	0		0.000
5	S	15.8	79.0	74.0	89	-89.0	-67.0	0	0		0.000

Le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.

9.7 Sollecitazioni di verifica – Pila D3a

Di seguito si riportano le massime sollecitazioni di verifica riferite alle combinazioni di S.L.U. e S.L.E. per la sezione di spiccato dell'elevazione:



	SLU STR									SLU SLV								
	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
	-3624	-1916	-25	346	0	5838	-430	5838	-430	-4067	-2359	351	385	0	5979	5086	5979	5086
	-9466	-7758	34	-341	0	-5748	580	-5748	580	-4907	-3198	-343	-381	0	-5920	-4937	-5920	-4937
	-5211	-3503	123	-565	0	-9517	2090	-9517	2090	-4159	-2451	365	390	0	6067	5315	6067	5315
	-6443	-4735	-147	346	0	5825	-2504	5825	-2504	-4814	-3106	-361	-388	0	-6038	-5255	-6038	-5255
	-5331	-3623	-41	588	0	9916	-692	9916	-692	-4317	-2608	326	409	0	6421	4610	6421	4610
	-6533	-4824	50	-589	0	-9932	853	-9932	853	-4656	-2948	-323	-407	0	-6391	-4550	-6391	-4550
	-4999	-3291	120	-567	0	-9550	2043	-9550	2043	-4096	-2388	364	389	0	6054	5296	6054	5296
	-6684	-4975	-89	373	0	6291	-1508	6291	-1508	-4877	-3169	-360	-388	0	-6025	-5236	-6025	-5236
	-5331	-3623	-41	588	0	9916	-692	9916	-692	-4317	-2608	326	409	0	6421	4610	6421	4610
	-6533	-4824	50	-589	0	-9932	853	-9932	853	-4656	-2948	-323	-407	0	-6391	-4550	-6391	-4550
	-5211	-3503	123	-565	0	-9517	2090	-9517	2090	-4159	-2451	365	390	0	6067	5315	6067	5315
	-6443	-4735	-147	346	0	5825	-2504	5825	-2504	-4814	-3106	-361	-388	0	-6038	-5255	-6038	-5255

	SLE RARA									SLE FREQUENTE								
	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
	-3827	-2118	-15	231	0	3897	-253	3897	-253	-4181	-2472	14	3	0	59	231	59	231
	-7027	-5319	22	-227	0	-3826	374	-3826	374	-5781	-4072	-6	1	0	18	-94	18	-94
	-4955	-3247	88	-376	0	-6327	1488	-6327	1488	-4514	-2805	37	-68	0	-1146	633	-1146	633
	-4820	-3111	-108	230	0	3877	-1835	3877	-1835	-4460	-2751	-34	70	0	1176	-574	1176	-574
	-5133	-3424	-23	395	0	6650	-384	6650	-384	-4521	-2813	14	86	0	1451	239	1451	239
	-4812	-3103	29	-395	0	-6661	501	-6661	501	-4452	-2744	-11	-84	0	-1422	-179	-1422	-179
	-4791	-3083	86	-377	0	-6345	1459	-6345	1459	-4451	-2742	36	-69	0	-1160	614	-1160	614
	-5005	-3297	-65	250	0	4216	-1103	4216	-1103	-4522	-2814	-33	71	0	1189	-555	1189	-555
	-5133	-3424	-23	395	0	6650	-384	6650	-384	-4521	-2813	14	86	0	1451	239	1451	239
	-4812	-3103	29	-395	0	-6661	501	-6661	501	-4452	-2744	-11	-84	0	-1422	-179	-1422	-179
	-4955	-3247	88	-376	0	-6327	1488	-6327	1488	-4514	-2805	37	-68	0	-1146	633	-1146	633
	-4820	-3111	-108	230	0	3877	-1835	3877	-1835	-4460	-2751	-34	70	0	1176	-574	1176	-574

	SLE Q.PERMANENTE								
	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _{y,trasv} [kNm]	M _{z,long} [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
	-4358	-2649	13	3	0	47	229	47	229
	-4616	-2908	-5	1	0	13	-80	13	-80
	-4450	-2741	27	8	0	134	458	134	458
	-4524	-2815	-23	-6	0	-105	-398	-105	-398
	-4586	-2877	24	10	0	171	414	171	414
	-4388	-2679	-21	-8	0	-141	-355	-141	-355
	-4387	-2678	26	7	0	121	439	121	439
	-4587	-2878	-22	-5	0	-92	-379	-92	-379
	-4586	-2877	24	10	0	171	414	171	414
	-4388	-2679	-21	-8	0	-141	-355	-141	-355
	-4450	-2741	27	8	0	134	458	134	458
	-4524	-2815	-23	-6	0	-105	-398	-105	-398

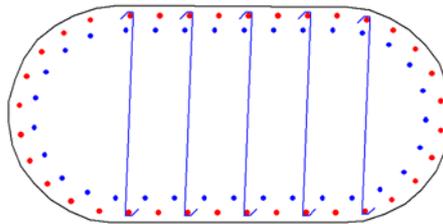
Legenda:

- F_x Azione verticale negativa se di compressione
- F_y Azione di taglio in direzione trasversale
- F_z Azione di taglio in direzione longitudinale
- M_x Momento torsionale
- M_y Momento flettente longitudinale del I ordine

M_z	Momento flettente trasversale del I ordine
$M_{y,II}$	Momento flettente longitudinale del I+II ordine
$M_{z,II}$	Momento flettente trasversale del I+II ordine

9.7.1 Verifiche della sezione di spiccato

Si considera la sezione di spiccato riportata di seguito. Si considera un calcestruzzo di classe C32/40 e condizioni di esposizione aggressive. Per la verifica si considera un'armatura composta da 73 ϕ 26+34 ϕ 24 e un copriferro di 40 mm inoltre si dispongono spilli ϕ 10.



Di seguito si riportano le verifiche condotte con riferimento alle massime sollecitazioni dedotte agli S.L. ultimi e di esercizio.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: PILA D3a_BASE

(Percorso File: D:\Lavoro\110013 - FONTANABUONA\RAMPA C-D\LUSAS\PROVA\OUT\PILA D3a_BASE.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO -	Classe: C32/40	
	Resis. compr. di calcolo f_{cd} :	181.30 daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta f_{cd}' :	90.65 daN/cm ²
	Def.unit. max resistenza $ec2$:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu :	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale E_c :	333458 daN/cm ²
	Coeff. di Poisson :	0.20
	Resis. media a trazione f_{ctm} :	30.20 daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0
	Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):	
	Sc Limite :	192.00 daN/cm ²
	Apert.Fess.Limite :	Non prevista
	Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):	
	Sc Limite :	192.00 daN/cm ²
	Apert.Fess.Limite :	0.300 mm
	Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):	
	Sc Limite :	144.00 daN/cm ²
	Apert.Fess.Limite :	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo: B450C	
	Resist. caratt. snervam. f_{yk} :	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura f_{tk} :	4500.0 daN/cm ²
	Resist. snerv. di calcolo f_{yd} :	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di calcolo f_{td} :	3913.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di calcolo E_{pu} :	0.068
	Modulo Elastico E_f :	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito

Coeff. Aderenza	ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00 daN/cm ²
Coeff. Aderenza	diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50 daN/cm ²
Comb.Rare	Sf Limite :	3600.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-80.00	-75.00
2	-95.00	-73.00
3	-109.00	-67.00
4	-122.00	-59.00
5	-133.00	-48.00
6	-142.00	-36.00
7	-148.00	-21.00
8	-150.00	-6.00
9	-150.00	9.00
10	-146.00	24.00
11	-140.00	38.00
12	-131.00	51.00
13	-119.00	61.00
14	-106.00	68.00
15	-91.00	73.00
16	-76.00	75.00
17	79.00	74.00
18	94.00	72.00
19	108.00	66.00
20	121.00	58.00
21	132.00	47.00
22	141.00	35.00
23	146.00	20.00
24	149.00	5.00
25	149.00	-10.00
26	145.00	-25.00
27	139.00	-39.00
28	129.00	-52.00
29	118.00	-62.00
30	104.00	-69.00
31	90.00	-74.00
32	74.00	-75.00
33	-64.00	-75.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-95.00	54.00	34
2	-112.00	44.00	34
3	-125.00	29.00	34
4	-132.00	11.00	34
5	-133.00	-9.00	34
6	-126.00	-28.00	34
7	-114.00	-44.00	34
8	-97.00	-54.00	34
9	-78.00	-58.00	34
10	-58.00	-58.00	34
11	-38.00	-58.00	34
12	-18.00	-58.00	34
13	2.00	-58.00	34
14	22.00	-58.00	34
15	42.00	-58.00	34
16	62.00	-58.00	34
17	82.00	-58.00	34
18	101.00	-52.00	34
19	117.00	-40.00	34
20	128.00	-23.00	34
21	132.00	-4.00	34
22	130.00	16.00	34
23	121.00	34.00	34

24	107.00	48.00	34
25	89.00	56.00	34
26	69.00	58.00	34
27	49.00	58.00	34
28	29.00	58.00	34
29	9.00	58.00	34
30	-11.00	58.00	34
31	-31.00	58.00	34
32	-51.00	58.00	34
33	-71.00	58.00	34
34	-95.00	65.00	36.70
35	-113.00	56.00	36.70
36	-128.00	43.00	36.70
37	-138.00	26.00	36.70
38	-143.00	6.00	36.70
39	-142.00	-14.00	36.70
40	-136.00	-32.00	36.70
41	-124.00	-48.00	36.70
42	-108.00	-60.00	36.70
43	-89.00	-67.00	36.70
44	-69.00	-68.00	36.70
45	-49.00	-68.00	36.70
46	-29.00	-68.00	36.70
47	-9.00	-68.00	36.70
48	11.00	-68.00	36.70
49	31.00	-68.00	36.70
50	51.00	-68.00	36.70
51	71.00	-68.00	36.70
52	91.00	-67.00	36.70
53	109.00	-59.00	36.70
54	125.00	-46.00	36.70
55	136.00	-30.00	36.70
56	142.00	-11.00	36.70
57	142.00	9.00	36.70
58	136.00	28.00	36.70
59	125.00	45.00	36.70
60	110.00	58.00	36.70
61	92.00	65.00	36.70
62	72.00	68.00	36.70
63	52.00	68.00	36.70
64	32.00	68.00	36.70
65	12.00	68.00	36.70
66	-8.00	68.00	36.70
67	-28.00	68.00	36.70
68	-48.00	68.00	36.70
69	-68.00	68.00	36.70

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	362500	583700	-43000	34600	-2600
2	521200	-951800	209000	-56500	12200
3	533200	991600	-69300	58800	-4100
4	533200	991600	-69300	58800	-4100
5	521200	-951800	209000	-56500	12200
6	406800	597900	508500	38400	35100
7	416000	606700	531400	39000	36400
8	431700	642000	460900	40800	32600
9	431700	642000	460900	40800	32600
10	416000	606700	531400	39000	36400

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	382700	389700	-25400
2	495600	-632700	148700
3	513300	665000	-38500
4	513300	665000	-38500
5	495600	-632700	148700

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	418100	5900	23000
2	451400	-114700	63200
3	452200	145100	23800
4	452200	145100	23800
5	451400	-114700	63200

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	435800	4600	22800
2	445000	13400	45700
3	458600	17000	41400
4	458600	17000	41400
5	445000	13400	45700

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.9 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 3.1 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000

N. Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	362500	583700	-43000	362488	1819801	-139563	3.117
2	S	521200	-951800	209000	521206	-1849936	406172	1.944
3	S	533200	991600	-69300	533198	1897328	-131081	1.913
4	S	533200	991600	-69300	533198	1897328	-131081	1.913
5	S	521200	-951800	209000	521206	-1849936	406172	1.944
6	S	406800	597900	508500	406826	1654255	1394248	2.757
7	S	416000	606700	531400	415987	1645421	1441597	2.713
8	S	431700	642000	460900	431696	1708734	1217254	2.655
9	S	431700	642000	460900	431696	1708734	1217254	2.655
10	S	416000	606700	531400	415987	1645421	1441597	2.713

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00283	-76.0	75.0	0.00281	-68.0	68.0	-0.01058	71.0	-68.0
2	0.00350	-0.00229	90.0	-74.0	0.00292	91.0	-67.0	-0.00937	-68.0	68.0
3	0.00350	-0.00242	-76.0	75.0	0.00285	-68.0	68.0	-0.00967	71.0	-68.0
4	0.00350	-0.00242	-76.0	75.0	0.00285	-68.0	68.0	-0.00967	71.0	-68.0
5	0.00350	-0.00229	90.0	-74.0	0.00292	91.0	-67.0	-0.00937	-68.0	68.0
6	0.00350	-0.00150	94.0	72.0	0.00305	92.0	65.0	-0.00772	-89.0	-67.0
7	0.00350	-0.00146	94.0	72.0	0.00305	92.0	65.0	-0.00763	-89.0	-67.0
8	0.00350	-0.00159	94.0	72.0	0.00302	92.0	65.0	-0.00791	-89.0	-67.0
9	0.00350	-0.00159	94.0	72.0	0.00302	92.0	65.0	-0.00791	-89.0	-67.0
10	0.00350	-0.00146	94.0	72.0	0.00305	92.0	65.0	-0.00763	-89.0	-67.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000002237	0.000096174	-0.003883061		
2	0.000005704	-0.000084316	-0.003252747		
3	-0.000001960	0.000090061	-0.003403551		
4	-0.000001960	0.000090061	-0.003403551		
5	0.000005704	-0.000084316	-0.003252747		
6	0.000015399	0.000060427	-0.002298306		
7	0.000015742	0.000059370	-0.002254448		
8	0.000013740	0.000063996	-0.002399249		
9	0.000013740	0.000063996	-0.002399249		
10	0.000015742	0.000059370	-0.002254448		

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	8 mm	
Passo staffe:	13.4 cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2	
Numero Legature:	5	(Diametro = 8 mm)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] = proiez. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil. [cm ² /m]
A_Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz. [cm ² /m] (Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst	A_Eff
1	S	34656	1108430	312927	138.2	271.4	21.80°	1.050	2.8	25.7(18.2)
2	S	57217	1135921	302713	138.1	272.7	21.80°	1.072	4.7	24.9(17.4)
3	S	58883	1140072	312384	137.8	273.8	21.80°	1.074	4.9	25.7(18.2)
4	S	58883	1140072	312384	137.8	273.8	21.80°	1.074	4.9	25.7(18.2)
5	S	57217	1135921	302713	138.1	272.7	21.80°	1.072	4.7	24.9(17.4)
6	S	45813	1095665	270518	141.2	261.2	21.80°	1.056	3.7	21.8(14.3)
7	S	46960	1096776	269150	141.4	260.7	21.80°	1.057	3.8	21.6(14.1)
8	S	46672	1108695	275919	140.1	265.4	21.80°	1.060	3.8	22.4(14.9)

9	S	46672	1108695	275919	140.1	265.4	21.80°	1.060	3.8	22.4(14.9)
10	S	46960	1096776	269150	141.4	260.7	21.80°	1.057	3.8	21.6(14.1)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm ²]									
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)									
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)									
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm ²]									
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)									
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)									
Ac eff.	Area di conglomerato [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre									
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm									
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni									
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm									

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	47.4	-76.0	75.0	-702	71.0	-68.0	9308	220	0.180	0.052
2	S	79.7	90.0	-74.0	-1393	-68.0	68.0	9337	213	0.188	0.129
3	S	79.7	-76.0	75.0	-1372	71.0	-68.0	9917	228	0.185	0.131
4	S	79.7	-76.0	75.0	-1372	71.0	-68.0	9917	228	0.185	0.131
5	S	79.7	90.0	-74.0	-1393	-68.0	68.0	9337	213	0.188	0.129

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	9.5	132.0	47.0	108	-124.0	-48.0	0	0		0.000
2	S	19.5	90.0	-74.0	-9	-95.0	65.0	0	0	0.188	0.000
3	S	21.1	79.0	74.0	-31	-69.0	-68.0	1040	166	0.125	0.002
4	S	21.1	79.0	74.0	-31	-69.0	-68.0	1040	166	0.125	0.002
5	S	19.5	90.0	-74.0	-9	-95.0	65.0	0	0	0.125	0.000

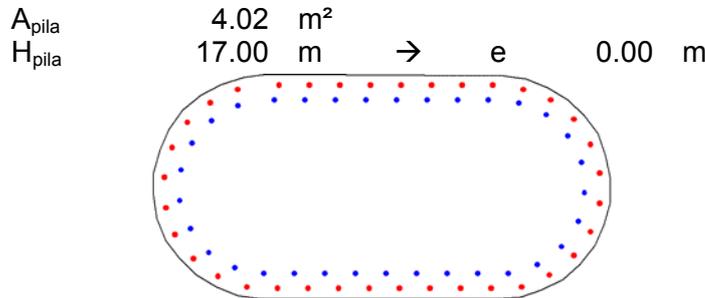
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	9.8	132.0	47.0	115	-124.0	-48.0	0	0		0.000
2	S	11.3	121.0	58.0	98	-124.0	-48.0	0	0		0.000
3	S	11.7	121.0	58.0	102	-108.0	-60.0	0	0		0.000
4	S	11.7	121.0	58.0	102	-108.0	-60.0	0	0		0.000
5	S	11.3	121.0	58.0	98	-124.0	-48.0	0	0		0.000

Le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.

9.8 Sollecitazioni di verifica – Pila D3b

Di seguito si riportano le massime sollecitazioni di verifica riferite alle combinazioni di S.L.U. e S.L.E. per la sezione di spiccato dell'elevazione:



S.L.U. STR	F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}	S.L.U. SLV	F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
	-3121	-1413	61	-572	0	-9634	1042	-9634	1042		-3579	-1870	322	398	0	6242	4352	6242	4352
	-8628	-6919	-28	344	0	5795	-470	5795	-470		-4378	-2669	-315	-395	0	-6186	-4234	-6186	-4234
	-4614	-2905	113	-565	0	-9519	1913	-9519	1913		-3851	-2142	385	390	0	6065	5480	6065	5480
	-6387	-4679	-142	346	0	5823	-2416	5823	-2416		-4108	-2400	-383	-388	0	-6039	-5447	-6039	-5447
	-4326	-2617	-36	588	0	9914	-609	9914	-609		-3742	-2034	350	409	0	6419	4830	6419	4830
	-5877	-4169	43	-589	0	-9934	738	-9934	738		-4217	-2508	-348	-407	0	-6393	-4797	-6393	-4797
	-4395	-2686	110	-567	0	-9552	1862	-9552	1862		-3759	-2050	384	389	0	6052	5459	6052	5459
	-5598	-3890	-76	373	0	6288	-1293	6288	-1293		-4200	-2492	-382	-388	0	-6026	-5426	-6026	-5426
	-4326	-2617	-36	588	0	9914	-609	9914	-609		-3742	-2034	350	409	0	6419	4830	6419	4830
	-5877	-4169	43	-589	0	-9934	738	-9934	738		-4217	-2508	-348	-407	0	-6393	-4797	-6393	-4797
	-4614	-2905	113	-565	0	-9519	1913	-9519	1913		-3851	-2142	385	390	0	6065	5480	6065	5480
	-6387	-4679	-142	346	0	5823	-2416	5823	-2416		-4108	-2400	-383	-388	0	-6039	-5447	-6039	-5447

S.L.E. RARA	F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}	S.L.E. FREQUENTE	F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
	-3381	-1673	39	-381	0	-6424	657	-6424	657		-3698	-1989	-6	-1	0	-14	-98	-14	-98
	-6372	-4664	-15	230	0	3870	-261	3870	-261		-5233	-3525	12	3	0	46	205	46	205
	-4521	-2812	80	-376	0	-6329	1362	-6329	1362		-4034	-2325	34	-68	0	-1148	582	-1148	582
	-4679	-2971	-104	230	0	3876	-1775	3876	-1775		-3925	-2217	-32	70	0	1174	-549	1174	-549
	-4226	-2518	-20	394	0	6648	-336	6648	-336		-4044	-2336	13	86	0	1450	221	1450	221
	-4369	-2660	25	-395	0	-6663	427	-6663	427		-3914	-2206	-11	-84	0	-1424	-188	-1424	-188
	-4348	-2640	78	-377	0	-6347	1331	-6347	1331		-3942	-2233	33	-69	0	-1161	560	-1161	560
	-4104	-2396	-56	250	0	4214	-949	4214	-949		-4017	-2309	-31	71	0	1187	-527	1187	-527
	-4226	-2518	-20	394	0	6648	-336	6648	-336		-4044	-2336	13	86	0	1450	221	1450	221
	-4369	-2660	25	-395	0	-6663	427	-6663	427		-3914	-2206	-11	-84	0	-1424	-188	-1424	-188
	-4521	-2812	80	-376	0	-6329	1362	-6329	1362		-4034	-2325	34	-68	0	-1148	582	-1148	582
	-4679	-2971	-104	230	0	3876	-1775	3876	-1775		-3925	-2217	-32	70	0	1174	-549	1174	-549

S.L.E. Q. PERMANENTE	F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _{y,trasv}	M _{z,long}	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
	-3822	-2113	-6	0	0	-7	-100	-7	-100
	-4135	-2426	13	4	0	64	217	64	217
	-4093	-2384	25	8	0	133	424	133	424
	-3866	-2158	-23	-6	0	-107	-391	-107	-391
	-3985	-2277	22	10	0	169	379	169	379
	-3974	-2265	-20	-8	0	-143	-346	-143	-346
	-4001	-2292	24	7	0	119	403	119	403
	-3958	-2250	-22	-6	0	-94	-369	-94	-369
	-3985	-2277	22	10	0	169	379	169	379
	-3974	-2265	-20	-8	0	-143	-346	-143	-346
	-4093	-2384	25	8	0	133	424	133	424
	-3866	-2158	-23	-6	0	-107	-391	-107	-391

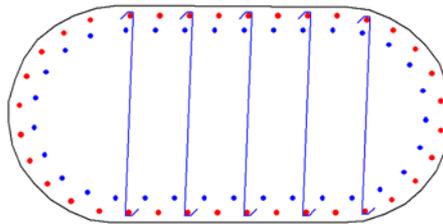
Legenda:

- F_x Azione verticale negativa se di compressione
- F_y Azione di taglio in direzione trasversale
- F_z Azione di taglio in direzione longitudinale
- M_x Momento torsionale
- M_y Momento flettente longitudinale del I ordine

M_z Momento flettente trasversale del I ordine
 $M_{y,II}$ Momento flettente longitudinale del I+II ordine
 $M_{z,II}$ Momento flettente trasversale del I+II ordine

9.8.1 Verifiche della sezione di spiccato

Si considera la sezione di spiccato riportata di seguito. Si considera un calcestruzzo di classe C32/40 e condizioni di esposizione aggressive. Per la verifica si considera un'armatura composta da 73 ϕ 26+34 ϕ 24 e un copriferro di 40 mm inoltre si dispongono spilli ϕ 10.



Di seguito si riportano le verifiche condotte con riferimento alle massime sollecitazioni dedotte agli S.L. ultimi e di esercizio.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: PILA D3b_BASE

(Percorso File: D:\Lavoro\110013 - FONTANABUONA\RAMPA C-D\LUSAS\PROVA\OUT\PILA D3b_BASE.sez)

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C32/40
 Resis. compr. di calcolo f_{cd} : 181.30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta f_{cd}' : 90.65 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza $ec2$: 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale E_c : 333458 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione f_{ctm} : 30.20 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 144.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. f_{yk} : 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura f_{tk} : 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo f_{yd} : 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo f_{td} : 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo E_{pu} : 0.068
 Modulo Elastico E_f : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito

Coeff. Aderenza	ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00 daN/cm ²
Coeff. Aderenza	diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50 daN/cm ²
Comb.Rare	Sf Limite :	3600.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-80.00	-75.00
2	-95.00	-73.00
3	-109.00	-67.00
4	-122.00	-59.00
5	-133.00	-48.00
6	-142.00	-36.00
7	-148.00	-21.00
8	-150.00	-6.00
9	-150.00	9.00
10	-146.00	24.00
11	-140.00	38.00
12	-131.00	51.00
13	-119.00	61.00
14	-106.00	68.00
15	-91.00	73.00
16	-76.00	75.00
17	79.00	74.00
18	94.00	72.00
19	108.00	66.00
20	121.00	58.00
21	132.00	47.00
22	141.00	35.00
23	146.00	20.00
24	149.00	5.00
25	149.00	-10.00
26	145.00	-25.00
27	139.00	-39.00
28	129.00	-52.00
29	118.00	-62.00
30	104.00	-69.00
31	90.00	-74.00
32	74.00	-75.00
33	-64.00	-75.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-95.00	54.00	34
2	-112.00	44.00	34
3	-125.00	29.00	34
4	-132.00	11.00	34
5	-133.00	-9.00	34
6	-126.00	-28.00	34
7	-114.00	-44.00	34
8	-97.00	-54.00	34
9	-78.00	-58.00	34
10	-58.00	-58.00	34
11	-38.00	-58.00	34
12	-18.00	-58.00	34
13	2.00	-58.00	34
14	22.00	-58.00	34
15	42.00	-58.00	34
16	62.00	-58.00	34
17	82.00	-58.00	34
18	101.00	-52.00	34
19	117.00	-40.00	34
20	128.00	-23.00	34
21	132.00	-4.00	34
22	130.00	16.00	34
23	121.00	34.00	34

24	107.00	48.00	34
25	89.00	56.00	34
26	69.00	58.00	34
27	49.00	58.00	34
28	29.00	58.00	34
29	9.00	58.00	34
30	-11.00	58.00	34
31	-31.00	58.00	34
32	-51.00	58.00	34
33	-71.00	58.00	34
34	-95.00	65.00	36.70
35	-113.00	56.00	36.70
36	-128.00	43.00	36.70
37	-138.00	26.00	36.70
38	-143.00	6.00	36.70
39	-142.00	-14.00	36.70
40	-136.00	-32.00	36.70
41	-124.00	-48.00	36.70
42	-108.00	-60.00	36.70
43	-89.00	-67.00	36.70
44	-69.00	-68.00	36.70
45	-49.00	-68.00	36.70
46	-29.00	-68.00	36.70
47	-9.00	-68.00	36.70
48	11.00	-68.00	36.70
49	31.00	-68.00	36.70
50	51.00	-68.00	36.70
51	71.00	-68.00	36.70
52	91.00	-67.00	36.70
53	109.00	-59.00	36.70
54	125.00	-46.00	36.70
55	136.00	-30.00	36.70
56	142.00	-11.00	36.70
57	142.00	9.00	36.70
58	136.00	28.00	36.70
59	125.00	45.00	36.70
60	110.00	58.00	36.70
61	92.00	65.00	36.70
62	72.00	68.00	36.70
63	52.00	68.00	36.70
64	32.00	68.00	36.70
65	12.00	68.00	36.70
66	-8.00	68.00	36.70
67	-28.00	68.00	36.70
68	-48.00	68.00	36.70
69	-68.00	68.00	36.70

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	312200	-963400	104200	-57200	6100
2	461400	-952000	191200	-56600	11200
3	432600	991400	-61000	58800	-3600
4	432600	991400	-61000	58800	-3600
5	461400	-952000	191200	-56600	11200
6	357900	624200	435100	39800	32200
7	385100	606400	548000	38900	38400
8	374300	641800	483000	40800	35000
9	374300	641800	483000	40800	35000
10	385100	606400	548000	38900	38400

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	338200	-642500	65600
2	452100	-632900	136200
3	422700	664800	-33700
4	422700	664800	-33700
5	452100	-632900	136200

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	369800	-1500	-9800
2	403400	-114900	58100
3	404500	144900	22100
4	404500	144900	22100
5	403400	-114900	58100

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	382200	-800	-10000
2	409300	13200	42400
3	398600	16800	37900
4	398600	16800	37900
5	409300	13200	42400

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.9 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 3.1 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000

N. Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	312200	-963400	104200	312224	-1772227	184891	1.839
2	S	461400	-952000	191200	461405	-1827258	371268	1.921
3	S	432600	991400	-61000	432598	1852466	-123295	1.869
4	S	432600	991400	-61000	432598	1852466	-123295	1.869
5	S	461400	-952000	191200	461405	-1827258	371268	1.921
6	S	357900	624200	435100	357904	1687393	1165385	2.696
7	S	385100	606400	548000	385103	1625856	1463118	2.677
8	S	374300	641800	483000	374302	1675982	1248126	2.602
9	S	374300	641800	483000	374302	1675982	1248126	2.602
10	S	385100	606400	548000	385103	1625856	1463118	2.677

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00313	74.0	-75.0	0.00279	71.0	-68.0	-0.01125	-68.0	68.0
2	0.00350	-0.00247	74.0	-75.0	0.00289	91.0	-67.0	-0.00978	-68.0	68.0
3	0.00350	-0.00267	-76.0	75.0	0.00283	-68.0	68.0	-0.01024	71.0	-68.0
4	0.00350	-0.00267	-76.0	75.0	0.00283	-68.0	68.0	-0.01024	71.0	-68.0
5	0.00350	-0.00247	74.0	-75.0	0.00289	91.0	-67.0	-0.00978	-68.0	68.0
6	0.00350	-0.00174	94.0	72.0	0.00301	92.0	65.0	-0.00826	-89.0	-67.0
7	0.00350	-0.00149	94.0	72.0	0.00305	92.0	65.0	-0.00770	-89.0	-67.0
8	0.00350	-0.00165	94.0	72.0	0.00302	92.0	65.0	-0.00805	-89.0	-67.0
9	0.00350	-0.00165	94.0	72.0	0.00302	92.0	65.0	-0.00805	-89.0	-67.0
10	0.00350	-0.00149	94.0	72.0	0.00305	92.0	65.0	-0.00770	-89.0	-67.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000003074	-0.000100072	-0.004232896		
2	0.000005429	-0.000087483	-0.003462945		
3	-0.000001936	0.000094096	-0.003704325		
4	-0.000001936	0.000094096	-0.003704325		
5	0.000005429	-0.000087483	-0.003462945		
6	0.000013681	0.000066568	-0.002578873		
7	0.000016112	0.000059364	-0.002288706		
8	0.000014323	0.000064208	-0.002469322		
9	0.000014323	0.000064208	-0.002469322		
10	0.000016112	0.000059364	-0.002288706		

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	8 mm	
Passo staffe:	13.4 cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2	
Numero Legature:	5	(Diametro = 8 mm)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A_Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] (Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst	A_Eff
1	S	57372	1096291	311869	138.5	269.7	21.80°	1.043	4.7	25.6(18.1)
2	S	57205	1125165	304237	138.2	272.0	21.80°	1.064	4.7	25.0(17.5)
3	S	58868	1120810	313228	138.1	272.2	21.80°	1.060	4.8	25.8(18.3)
4	S	58868	1120810	313228	138.1	272.2	21.80°	1.060	4.8	25.8(18.3)
5	S	57205	1125165	304237	138.2	272.0	21.80°	1.064	4.7	25.0(17.5)
6	S	45405	1097126	277579	140.0	265.3	21.80°	1.049	3.7	22.5(15.0)
7	S	47528	1089238	268506	141.6	259.5	21.80°	1.053	3.8	21.5(14.0)
8	S	47374	1097246	274841	140.4	264.2	21.80°	1.052	3.8	22.2(14.7)

9	S	47374	1097246	274841	140.4	264.2	21.80°	1.052	3.8	22.2(14.7)
10	S	47528	1089238	268506	141.6	259.5	21.80°	1.053	3.8	21.5(14.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm ²]									
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)									
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)									
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm ²]									
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)									
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)									
Ac eff.	Area di conglomerato [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre									
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm									
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni									
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm									

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	76.2	74.0	-75.0	-1591	-68.0	68.0	10094	226	0.191	0.169
2	S	78.9	90.0	-74.0	-1445	-68.0	68.0	9549	216	0.189	0.139
3	S	78.6	-76.0	75.0	-1489	71.0	-68.0	10133	231	0.187	0.156
4	S	78.6	-76.0	75.0	-1489	71.0	-68.0	10133	231	0.187	0.156
5	S	78.9	90.0	-74.0	-1445	-68.0	68.0	9549	216	0.189	0.139

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	7.9	-148.0	-21.0	104	136.0	28.0	0	0		0.000
2	S	18.5	90.0	-74.0	-24	-95.0	65.0	600	164	0.125	0.001
3	S	20.3	79.0	74.0	-51	-69.0	-68.0	2243	169	0.125	0.003
4	S	20.3	79.0	74.0	-51	-69.0	-68.0	2243	169	0.125	0.003
5	S	18.5	90.0	-74.0	-24	-95.0	65.0	600	164	0.125	0.001

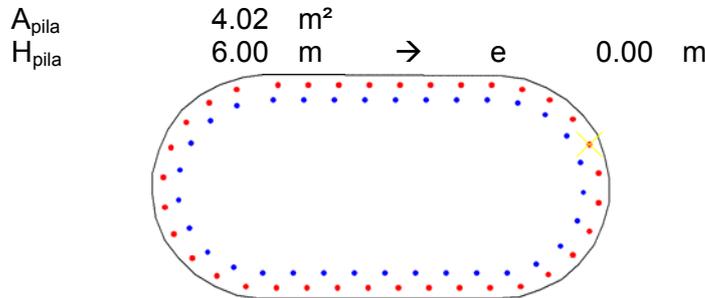
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	8.1	-148.0	-21.0	107	142.0	9.0	0	0		0.000
2	S	10.5	121.0	58.0	89	-124.0	-48.0	0	0		0.000
3	S	10.3	121.0	58.0	85	-108.0	-60.0	0	0		0.000
4	S	10.3	121.0	58.0	85	-108.0	-60.0	0	0		0.000
5	S	10.5	121.0	58.0	89	-124.0	-48.0	0	0		0.000

Le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.

9.9 Sollecitazioni di verifica – Pila D4

Di seguito si riportano le massime sollecitazioni di verifica riferite alle combinazioni di S.L.U. e S.L.E. per la sezione di spiccato dell'elevazione:



	F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}		F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
SLU STR	-4295	-3692	-28	-346	0	-1857	-152	-1857	-152		-4600	-3997	303	351	0	2102	1796	2102	1796
	-10432	-9829	86	331	0	1776	466	1776	466		-5252	-4649	-252	-334	0	-2015	-1521	-2015	-1521
	-6259	-5656	185	345	0	1851	998	1851	998		-4735	-4132	405	320	0	1920	2352	1920	2352
	-7962	-7359	-172	-323	0	-1731	-928	-1731	-928		-5114	-4511	-367	-302	0	-1823	-2147	-1823	-2147
	-8174	-7360	-14	639	0	3432	-75	3432	-75		-4900	-4297	258	374	0	2226	1554	2226	1554
	-5918	-5104	56	-613	0	-3291	300	-3291	300		-4948	-4345	-220	-356	0	-2128	-1349	-2128	-1349
	-5602	-4999	-12	622	0	3340	-67	3340	-67		-4900	-4297	258	373	0	2225	1555	2225	1555
	-7285	-6682	55	-594	0	-3191	298	-3191	298		-4949	-4346	-221	-355	0	-2127	-1350	-2127	-1350
	-8174	-7360	-14	639	0	3432	-75	3432	-75		-4900	-4297	258	374	0	2226	1554	2226	1554
	-5918	-5104	56	-613	0	-3291	300	-3291	300		-4948	-4345	-220	-356	0	-2128	-1349	-2128	-1349
SLU SLV	-6259	-5656	185	345	0	1851	998	1851	998		-4735	-4132	405	320	0	1920	2352	1920	2352
	-7962	-7359	-172	-323	0	-1731	-928	-1731	-928		-5114	-4511	-367	-302	0	-1823	-2147	-1823	-2147

	F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}		F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
SLE RARA	-4422	-3819	-20	-230	0	-1235	-107	-1235	-107		-4594	-3991	5	1	0	7	28	7	28
	-7759	-7156	68	221	0	1186	367	1186	367		-6515	-5912	45	0	0	-1	241	-1	241
	-5892	-5289	147	230	0	1235	796	1235	796		-4903	-4300	87	3	0	14	469	14	469
	-5919	-5316	-130	-212	0	-1136	-702	-1136	-702		-4947	-4344	-53	16	0	88	-285	88	-285
	-6081	-5478	-20	433	0	2326	-105	2326	-105		-5074	-4471	-32	102	0	551	-173	551	-173
	-5629	-5026	54	-411	0	-2209	290	-2209	290		-4774	-4171	70	-84	0	-453	378	-453	378
	-5416	-4813	-19	422	0	2269	-102	2269	-102		-5074	-4471	-32	102	0	550	-172	550	-172
	-5402	-4799	54	-400	0	-2147	292	-2147	292		-4775	-4172	70	-84	0	-452	376	-452	376
	-6081	-5478	-20	433	0	2326	-105	2326	-105		-5074	-4471	-32	102	0	551	-173	551	-173
	-5629	-5026	54	-411	0	-2209	290	-2209	290		-4774	-4171	70	-84	0	-453	378	-453	378
SLE FREQUENTE	-5892	-5289	147	230	0	1235	796	1235	796		-4903	-4300	87	3	0	14	469	14	469
	-5919	-5316	-130	-212	0	-1136	-702	-1136	-702		-4947	-4344	-53	16	0	88	-285	88	-285
	-4974	-4344	-53	16	0	88	-285	88	-285		-4974	-4344	-53	16	0	88	-285	88	-285

	F _x	F _{x,top}	F _y	F _z	M _x	M _{y,trasv}	M _{z,long}	M _{y,trasv,II}	M _{z,long,II}
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
SLE Q.PERMANENTE	-4764	-4161	6	3	0	15	35	15	35
	-5089	-4486	45	13	0	72	240	72	240
	-4892	-4289	77	3	0	16	418	16	418
	-4957	-4354	-39	15	0	81	-213	81	-213
	-5063	-4460	-38	26	0	139	-207	139	-207
	-4785	-4182	76	-8	0	-42	412	-42	412
	-5063	-4460	-38	26	0	138	-206	138	-206
	-4786	-4183	76	-8	0	-41	411	-41	411
	-5063	-4460	-38	26	0	139	-207	139	-207
	-4785	-4182	76	-8	0	-42	412	-42	412

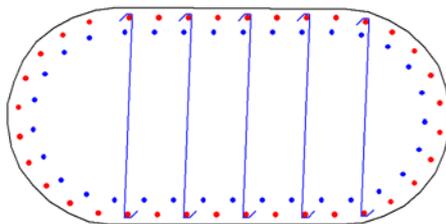
Legenda:

- F_x Azione verticale negativa se di compressione
- F_y Azione di taglio in direzione trasversale
- F_z Azione di taglio in direzione longitudinale
- M_x Momento torsionale
- M_y Momento flettente longitudinale del I ordine

M_z Momento flettente trasversale del I ordine
 $M_{y,II}$ Momento flettente longitudinale del I+II ordine
 $M_{z,II}$ Momento flettente trasversale del I+II ordine

9.9.1 Verifiche della sezione di spiccato

Si considera la sezione di spiccato riportata di seguito. Si considera un calcestruzzo di classe C32/40 e condizioni di esposizione aggressive. Per la verifica si considera un'armatura composta da 73 ϕ 26+34 ϕ 24 e un copriferro di 40 mm inoltre si dispongono spilli ϕ 10.



Di seguito si riportano le verifiche condotte con riferimento alle massime sollecitazioni dedotte agli S.L. ultimi e di esercizio.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: PILA D4 BASE

(Percorso File: D:\Lavoro\110013 - FONTANABUONA\RAMPA C-D\LUSAS\PROVA\OUT\PILA D4_BASE.sez)

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C32/40
 Resis. compr. di calcolo f_{cd} : 181.30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta f_{cd}' : 90.65 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza $ec2$: 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale E_c : 333458 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione f_{ctm} : 30.20 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 144.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. f_{yk} : 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura f_{tk} : 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo f_{yd} : 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo f_{td} : 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo E_{pu} : 0.068
 Modulo Elastico E_f : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito

Coeff. Aderenza	ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00 daN/cm ²
Coeff. Aderenza	diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50 daN/cm ²
Comb.Rare	Sf Limite :	3600.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-80.00	-75.00
2	-95.00	-73.00
3	-109.00	-67.00
4	-122.00	-59.00
5	-133.00	-48.00
6	-142.00	-36.00
7	-148.00	-21.00
8	-150.00	-6.00
9	-150.00	9.00
10	-146.00	24.00
11	-140.00	38.00
12	-131.00	51.00
13	-119.00	61.00
14	-106.00	68.00
15	-91.00	73.00
16	-76.00	75.00
17	79.00	74.00
18	94.00	72.00
19	108.00	66.00
20	121.00	58.00
21	132.00	47.00
22	141.00	35.00
23	146.00	20.00
24	149.00	5.00
25	149.00	-10.00
26	145.00	-25.00
27	139.00	-39.00
28	129.00	-52.00
29	118.00	-62.00
30	104.00	-69.00
31	90.00	-74.00
32	74.00	-75.00
33	-64.00	-75.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-95.00	54.00	34
2	-112.00	44.00	34
3	-125.00	29.00	34
4	-132.00	11.00	34
5	-133.00	-9.00	34
6	-126.00	-28.00	34
7	-114.00	-44.00	34
8	-97.00	-54.00	34
9	-78.00	-58.00	34
10	-58.00	-58.00	34
11	-38.00	-58.00	34
12	-18.00	-58.00	34
13	2.00	-58.00	34
14	22.00	-58.00	34
15	42.00	-58.00	34
16	62.00	-58.00	34
17	82.00	-58.00	34
18	101.00	-52.00	34
19	117.00	-40.00	34
20	128.00	-23.00	34
21	132.00	-4.00	34
22	130.00	16.00	34
23	121.00	34.00	34

24	107.00	48.00	34
25	89.00	56.00	34
26	69.00	58.00	34
27	49.00	58.00	34
28	29.00	58.00	34
29	9.00	58.00	34
30	-11.00	58.00	34
31	-31.00	58.00	34
32	-51.00	58.00	34
33	-71.00	58.00	34
34	-95.00	65.00	36.70
35	-113.00	56.00	36.70
36	-128.00	43.00	36.70
37	-138.00	26.00	36.70
38	-143.00	6.00	36.70
39	-142.00	-14.00	36.70
40	-136.00	-32.00	36.70
41	-124.00	-48.00	36.70
42	-108.00	-60.00	36.70
43	-89.00	-67.00	36.70
44	-69.00	-68.00	36.70
45	-49.00	-68.00	36.70
46	-29.00	-68.00	36.70
47	-9.00	-68.00	36.70
48	11.00	-68.00	36.70
49	31.00	-68.00	36.70
50	51.00	-68.00	36.70
51	71.00	-68.00	36.70
52	91.00	-67.00	36.70
53	109.00	-59.00	36.70
54	125.00	-46.00	36.70
55	136.00	-30.00	36.70
56	142.00	-11.00	36.70
57	142.00	9.00	36.70
58	136.00	28.00	36.70
59	125.00	45.00	36.70
60	110.00	58.00	36.70
61	92.00	65.00	36.70
62	72.00	68.00	36.70
63	52.00	68.00	36.70
64	32.00	68.00	36.70
65	12.00	68.00	36.70
66	-8.00	68.00	36.70
67	-28.00	68.00	36.70
68	-48.00	68.00	36.70
69	-68.00	68.00	36.70

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	429600	-185700	-15200	-34600	-2900
2	626000	185000	99800	34400	18400
3	817500	343200	-7600	63800	-1400
4	817500	343200	-7600	63800	-1400
5	626000	185000	99800	34400	18400
6	460100	210100	179600	35000	30300
7	473500	192000	235100	32000	40400
8	490100	222500	155400	37300	25800
9	490100	222500	155400	37300	25800
10	473500	192000	235100	32000	40400

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	442300	-123600	-10700
2	589200	123500	79500
3	608100	232500	-10600
4	608100	232500	-10600
5	589200	123500	79500

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	459500	700	2800
2	490300	1300	46800
3	507500	55000	-17300
4	507500	55000	-17300
5	490300	1300	46800

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	476400	1500	3400
2	489200	1600	41800
3	506400	13900	-20800
4	506400	13900	-20800
5	489200	1600	41800

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.9 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 3.1 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000

N. Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	429600	-185700	-15200	429591	-1829282	-163356	9.878
2	S	626000	185000	99800	626007	1843568	974249	9.922
3	S	817500	343200	-7600	817499	2018407	-58387	5.867
4	S	817500	343200	-7600	817499	2018407	-58387	5.867
5	S	626000	185000	99800	626007	1843568	974249	9.922
6	S	460100	210100	179600	460107	1669055	1424854	7.947
7	S	473500	192000	235100	473496	1539881	1860153	7.968
8	S	490100	222500	155400	490084	1740187	1192525	7.778
9	S	490100	222500	155400	490084	1740187	1192525	7.778
10	S	473500	192000	235100	473496	1539881	1860153	7.968

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00282	-80.0	-75.0	0.00280	-69.0	-68.0	-0.01064	72.0	68.0
2	0.00350	-0.00150	94.0	72.0	0.00301	92.0	65.0	-0.00771	-89.0	-67.0
3	0.00350	-0.00187	-76.0	75.0	0.00291	-68.0	68.0	-0.00845	71.0	-68.0
4	0.00350	-0.00187	-76.0	75.0	0.00291	-68.0	68.0	-0.00845	71.0	-68.0
5	0.00350	-0.00150	94.0	72.0	0.00301	92.0	65.0	-0.00771	-89.0	-67.0
6	0.00350	-0.00142	94.0	72.0	0.00306	92.0	65.0	-0.00752	-89.0	-67.0
7	0.00350	-0.00123	94.0	72.0	0.00310	92.0	65.0	-0.00711	-108.0	-60.0
8	0.00350	-0.00152	94.0	72.0	0.00303	92.0	65.0	-0.00776	-89.0	-67.0
9	0.00350	-0.00152	94.0	72.0	0.00303	92.0	65.0	-0.00776	-89.0	-67.0
10	0.00350	-0.00123	94.0	72.0	0.00310	92.0	65.0	-0.00711	-108.0	-60.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000002312	-0.000096457	-0.003919188		
2	0.000010751	0.000066498	-0.002298483		
3	-0.000000872	0.000082654	-0.002765330		
4	-0.000000872	0.000082654	-0.002765330		
5	0.000010751	0.000066498	-0.002298483		
6	0.000015337	0.000059102	-0.002196971		
7	0.000019000	0.000051321	-0.001981124		
8	0.000013219	0.000063614	-0.002322861		
9	0.000013219	0.000063614	-0.002322861		
10	0.000019000	0.000051321	-0.001981124		

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm
 Passo staffe: 13.4 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
 N.Bracci staffe: 2
 Numero Legature: 5 (Diametro = 8 mm)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Vsdu Taglio agente [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
 Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro.
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A_Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 (Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst	A_Eff
1	S	34654	1120817	312403	138.1	272.4	21.80°	1.059	2.9	25.7(18.2)
2	S	36862	1154017	283779	138.7	272.3	21.80°	1.086	3.0	23.2(15.7)
3	S	63813	1192773	313439	137.2	277.7	21.80°	1.113	5.3	25.9(18.4)
4	S	63813	1192773	313439	137.2	277.7	21.80°	1.113	5.3	25.9(18.4)
5	S	36862	1154017	283779	138.7	272.3	21.80°	1.086	3.0	23.2(15.7)
6	S	41434	1106416	269702	141.2	261.9	21.80°	1.064	3.3	21.7(14.2)
7	S	43965	1076183	258637	144.9	247.8	21.80°	1.065	3.4	20.3(12.8)
8	S	41722	1123472	276559	139.8	267.6	21.80°	1.068	3.4	22.5(15.0)

9	S	41722	1123472	276559	139.8	267.6	21.80°	1.068	3.4	22.5(15.0)
10	S	43965	1076183	258637	144.9	247.8	21.80°	1.065	3.4	20.3(12.8)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm ²]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm ²]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	18.7	0.0	0.0	-4	72.0	68.0	0	0		0.000
2	S	23.3	94.0	72.0	16	-89.0	-67.0	0	0		0.000
3	S	30.7	-76.0	75.0	-69	71.0	-68.0	0	0		0.000
4	S	30.7	-76.0	75.0	-69	71.0	-68.0	0	0		0.000
5	S	23.3	94.0	72.0	16	-89.0	-67.0	0	0		0.000

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	9.3	108.0	66.0	135	-108.0	-60.0	0	0		0.000
2	S	11.8	149.0	5.0	117	-142.0	-14.0	0	0		0.000
3	S	14.9	-76.0	75.0	86	91.0	-67.0	0	0		0.000
4	S	14.9	-76.0	75.0	86	91.0	-67.0	0	0		0.000
5	S	11.8	149.0	5.0	117	-142.0	-14.0	0	0		0.000

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	9.7	94.0	72.0	139	-89.0	-67.0	0	0		0.000
2	S	11.6	149.0	5.0	120	-142.0	-14.0	0	0		0.000
3	S	11.8	-106.0	68.0	128	91.0	-67.0	0	0		0.000
4	S	11.8	-106.0	68.0	128	91.0	-67.0	0	0		0.000
5	S	11.6	149.0	5.0	120	-142.0	-14.0	0	0		0.000

Le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.

9.10 Sollecitazioni di verifica – Pila-spalla D5

Di seguito si riportano le massime sollecitazioni di verifica riferite alle combinazioni di S.L.U. e S.L.E. per la sezione di spiccatto dell'elevazione:

$$\begin{matrix} A_{pila} & 60.0 & \text{m}^2 \\ H_{pila} & 19.7 & \text{m} \end{matrix} \rightarrow e \quad 0.00 \text{ m}$$



	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]		F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
SLU STR	-32559	-3009	-8281	421	2034	6284	-75205	6284	-75205	SLU SLV	-32917	-3367	-410	1829	3356	22712	23574	22712	23574
	-50085	-20535	-6541	-434	-1319	-35066	-64397	-35066	-64397		-33576	-4026	-12231	-1863	-2797	-34140	-142040	-34140	-142040
	-35568	-6018	-5745	336	2985	-1902	-50032	-1902	-50032		-33034	-3484	-280	1791	3771	22003	26219	22003	26219
	-44799	-15249	-9427	-315	-2548	-17153	-96321	-17153	-96321		-33464	-3914	-12395	-1767	-3370	-32203	-145347	-32203	-145347
	-45848	-5956	-6170	883	1625	7609	-57166	7609	-57166		-33185	-3635	-3550	4034	1310	55824	-20893	55824	-20893
	-34054	5838	-8704	-840	-1110	-25956	-83703	-25956	-83703		-33313	-3763	-9125	-4010	-909	-66023	-98235	-66023	-98235
	-35516	-5966	-8025	636	3454	4695	-71822	4695	-71822		-33040	-3490	-317	1784	3778	21866	25507	21866	25507
	-44880	-15330	-6868	-577	-3022	-25295	-69045	-25295	-69045		-33458	-3908	-12358	-1760	-3377	-32065	-144635	-32065	-144635
	-34047	-4497	-6172	877	1653	16047	-56973	16047	-56973		-33179	-3629	-3550	4034	1310	55836	-20897	55836	-20897
	-46861	-17311	-8720	-819	-1209	-38999	-83499	-38999	-83499		-33319	-3769	-9125	-4010	-909	-66035	-98231	-66035	-98231
	-45307	-5414	-5783	321	2837	-5283	-47354	-5283	-47354		-33064	-3514	-281	1792	3769	21995	26230	21995	26230
	-35828	4064	-9399	-319	-2452	-17963	-98613	-17963	-98613		-33434	-3884	-12394	-1768	-3368	-32195	-145358	-32195	-145358

	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]		F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
SLE RARA	-32749	-3199	-6145	280	1427	2554	-56137	2554	-56137	SLE PRECEDENTE	-32931	-3381	-6286	-15	483	-4669	-58777	-4669	-58777
	-37094	-7544	-6476	-292	-836	-25324	-62676	-25324	-62676		-35580	-6030	-6342	-11	116	-15422	-59824	-15422	-59824
	-34366	-4816	-5886	207	2263	-3909	-51760	-3909	-51760		-33253	-3703	-6129	35	1117	-4417	-55447	-4417	-55447
	-33794	-4244	-6987	-190	-1855	-11535	-71903	-11535	-71903		-33245	-3695	-6546	-11	-716	-5783	-63681	-5783	-63681
	-34590	-5040	-6253	612	1022	4925	-58811	4925	-58811		-33332	-3782	-6407	189	-50	-1276	-60861	-1276	-60861
	-33222	-3672	-6411	-576	-600	-19803	-61029	-19803	-61029		-33166	-3616	-6269	-165	451	-8923	-58267	-8923	-58267
	-34326	-4776	-5952	412	2468	561	-53094	561	-53094		-33259	-3709	-6165	28	1124	-4554	-56159	-4554	-56159
	-33800	-4250	-6764	-74	-2121	-10879	-67547	-10879	-67547		-33239	-3689	-6510	-4	-723	-5645	-62969	-5645	-62969
	-33246	-3696	-6260	609	1013	9377	-58046	9377	-58046		-33326	-3776	-6407	189	-50	-1265	-60866	-1265	-60866
	-35312	-5762	-6416	-562	-643	-27665	-61500	-27665	-61500		-35291	-5741	-6221	-76	736	-16906	-57658	-16906	-57658
	-34186	-4636	-5908	195	2182	-4614	-50396	-4614	-50396		-33282	-3732	-6129	36	1115	-4425	-55437	-4425	-55437
	-34543	-4993	-6972	-191	-1813	-13935	-72981	-13935	-72981		-34551	-5001	-6504	88	-446	-7742	-63792	-7742	-63792

	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _{y,trasv} [kNm]	M _{z,long} [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
SLE Q.PERMANENTE	-33142	-3592	-6301	-22	410	-5831	-58924	-5831	-58924
	-33351	-3801	-6340	-12	149	-5597	-59541	-5597	-59541
	-33259	-3709	-6171	-60	825	-6539	-56280	-6539	-56280
	-33239	-3689	-6504	85	-424	-3660	-62849	-3660	-62849
	-33339	-3789	-6449	93	-342	-3399	-61694	-3399	-61694
	-33159	-3609	-6226	-69	743	-6801	-57434	-6801	-57434
	-33265	-3715	-6208	-67	832	-6676	-56991	-6676	-56991
	-33233	-3683	-6468	91	-431	-3523	-62137	-3523	-62137
	-33333	-3783	-6449	93	-342	-3387	-61698	-3387	-61698
	-33165	-3615	-6226	-69	743	-6813	-57430	-6813	-57430
	-33289	-3739	-6172	-60	823	-6547	-56269	-6547	-56269
	-33209	-3659	-6503	84	-422	-3652	-62859	-3652	-62859

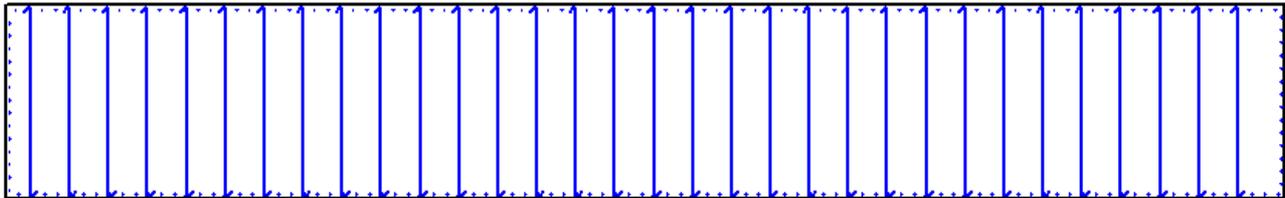
Legenda:

- F_x Azione verticale negativa se di compressione
- F_y Azione di taglio in direzione trasversale
- F_z Azione di taglio in direzione longitudinale
- M_x Momento torsionale
- M_y Momento flettente longitudinale del I ordine
- M_z Momento flettente trasversale del I ordine
- M_{y,II} Momento flettente longitudinale del I+II ordine

$M_{z,II}$ Momento flettente trasversale del I+II ordine

9.10.1 Verifiche della sezione di spiccato

Si considera la sezione di spiccato riportata di seguito. Si considera un calcestruzzo di classe C32/40 e condizioni di esposizione aggressive. Per la verifica si considera un'armatura composta da $224\phi 26 + 224\phi 26$ e un copriferro di 40 mm inoltre si dispongono spilli $\phi 10$.



Di seguito si riportano le verifiche condotte con riferimento alle massime sollecitazioni dedotte agli S.L. ultimi e di esercizio.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: PILA D5_BASE

(Percorso File: D:\Lavoro\110013 - FONTANABUONA\RAMPA C-D\LUSAS\PROVA\OUT\PILA D5_BASE.sez)

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inertza
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C32/40
 Resis. compr. di calcolo f_{cd} : 181.30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta f_{cd}' : 90.65 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza $ec2$: 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale E_c : 333458 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione f_{ctm} : 30.20 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 144.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. f_{yk} : 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura f_{tk} : 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo f_{yd} : 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo f_{td} : 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo E_{pu} : 0.068
 Modulo Elastico E_f : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-985.00	-150.00
2	-985.00	150.00
3	985.00	150.00
4	985.00	-150.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-980.00	123.00	36.80
2	-980.00	103.00	36.80
3	-980.00	83.00	36.80
4	-980.00	63.00	36.80
5	-980.00	43.00	36.80
6	-980.00	23.00	36.80
7	-980.00	3.00	36.80
8	-980.00	-17.00	36.80
9	-980.00	-37.00	36.80
10	-980.00	-57.00	36.80
11	-980.00	-77.00	36.80
12	-980.00	-97.00	36.80
13	-980.00	-117.00	36.80
14	-980.00	-137.00	36.80
15	-966.00	-143.00	36.80
16	-946.00	-143.00	36.80
17	-926.00	-143.00	36.80
18	-906.00	-143.00	36.80
19	-886.00	-143.00	36.80
20	-866.00	-143.00	36.80
21	-846.00	-143.00	36.80
22	-826.00	-143.00	36.80
23	-806.00	-143.00	36.80
24	-786.00	-143.00	36.80
25	-766.00	-143.00	36.80
26	-746.00	-143.00	36.80
27	-726.00	-143.00	36.80
28	-706.00	-143.00	36.80
29	-686.00	-143.00	36.80
30	-666.00	-143.00	36.80
31	-646.00	-143.00	36.80
32	-626.00	-143.00	36.80
33	-606.00	-143.00	36.80
34	-586.00	-143.00	36.80
35	-566.00	-143.00	36.80
36	-546.00	-143.00	36.80
37	-526.00	-143.00	36.80
38	-506.00	-143.00	36.80
39	-486.00	-143.00	36.80
40	-466.00	-143.00	36.80
41	-446.00	-143.00	36.80
42	-426.00	-143.00	36.80
43	-406.00	-143.00	36.80
44	-386.00	-143.00	36.80
45	-366.00	-143.00	36.80
46	-346.00	-143.00	36.80
47	-326.00	-143.00	36.80
48	-306.00	-143.00	36.80
49	-286.00	-143.00	36.80
50	-266.00	-143.00	36.80
51	-246.00	-143.00	36.80
52	-226.00	-143.00	36.80
53	-206.00	-143.00	36.80
54	-186.00	-143.00	36.80
55	-166.00	-143.00	36.80
56	-146.00	-143.00	36.80
57	-126.00	-143.00	36.80
58	-106.00	-143.00	36.80
59	-86.00	-143.00	36.80

60	-66.00	-143.00	36.80
61	-46.00	-143.00	36.80
62	-26.00	-143.00	36.80
63	-6.00	-143.00	36.80
64	14.00	-143.00	36.80
65	34.00	-143.00	36.80
66	54.00	-143.00	36.80
67	74.00	-143.00	36.80
68	94.00	-143.00	36.80
69	114.00	-143.00	36.80
70	134.00	-143.00	36.80
71	154.00	-143.00	36.80
72	174.00	-143.00	36.80
73	194.00	-143.00	36.80
74	214.00	-143.00	36.80
75	234.00	-143.00	36.80
76	254.00	-143.00	36.80
77	274.00	-143.00	36.80
78	294.00	-143.00	36.80
79	314.00	-143.00	36.80
80	334.00	-143.00	36.80
81	354.00	-143.00	36.80
82	374.00	-143.00	36.80
83	394.00	-143.00	36.80
84	414.00	-143.00	36.80
85	434.00	-143.00	36.80
86	454.00	-143.00	36.80
87	474.00	-143.00	36.80
88	494.00	-143.00	36.80
89	514.00	-143.00	36.80
90	534.00	-143.00	36.80
91	554.00	-143.00	36.80
92	574.00	-143.00	36.80
93	594.00	-143.00	36.80
94	614.00	-143.00	36.80
95	634.00	-143.00	36.80
96	654.00	-143.00	36.80
97	674.00	-143.00	36.80
98	694.00	-143.00	36.80
99	714.00	-143.00	36.80
100	734.00	-143.00	36.80
101	754.00	-143.00	36.80
102	774.00	-143.00	36.80
103	794.00	-143.00	36.80
104	814.00	-143.00	36.80
105	834.00	-143.00	36.80
106	854.00	-143.00	36.80
107	874.00	-143.00	36.80
108	894.00	-143.00	36.80
109	914.00	-143.00	36.80
110	934.00	-143.00	36.80
111	954.00	-143.00	36.80
112	974.00	-143.00	36.80
113	979.00	-128.00	36.80
114	979.00	-108.00	36.80
115	979.00	-88.00	36.80
116	979.00	-68.00	36.80
117	979.00	-48.00	36.80
118	979.00	-28.00	36.80
119	979.00	-8.00	36.80
120	979.00	12.00	36.80
121	979.00	32.00	36.80
122	979.00	52.00	36.80
123	979.00	72.00	36.80
124	979.00	92.00	36.80
125	979.00	112.00	36.80
126	979.00	132.00	36.80
127	970.00	143.00	36.80
128	950.00	143.00	36.80
129	930.00	143.00	36.80
130	910.00	143.00	36.80
131	890.00	143.00	36.80
132	870.00	143.00	36.80
133	850.00	143.00	36.80
134	830.00	143.00	36.80
135	810.00	143.00	36.80
136	790.00	143.00	36.80
137	770.00	143.00	36.80

138	750.00	143.00	36.80
139	730.00	143.00	36.80
140	710.00	143.00	36.80
141	690.00	143.00	36.80
142	670.00	143.00	36.80
143	650.00	143.00	36.80
144	630.00	143.00	36.80
145	610.00	143.00	36.80
146	590.00	143.00	36.80
147	570.00	143.00	36.80
148	550.00	143.00	36.80
149	530.00	143.00	36.80
150	510.00	143.00	36.80
151	490.00	143.00	36.80
152	470.00	143.00	36.80
153	450.00	143.00	36.80
154	430.00	143.00	36.80
155	410.00	143.00	36.80
156	390.00	143.00	36.80
157	370.00	143.00	36.80
158	350.00	143.00	36.80
159	330.00	143.00	36.80
160	310.00	143.00	36.80
161	290.00	143.00	36.80
162	270.00	143.00	36.80
163	250.00	143.00	36.80
164	230.00	143.00	36.80
165	210.00	143.00	36.80
166	190.00	143.00	36.80
167	170.00	143.00	36.80
168	150.00	143.00	36.80
169	130.00	143.00	36.80
170	110.00	143.00	36.80
171	90.00	143.00	36.80
172	70.00	143.00	36.80
173	50.00	143.00	36.80
174	30.00	143.00	36.80
175	10.00	143.00	36.80
176	-10.00	143.00	36.80
177	-30.00	143.00	36.80
178	-50.00	143.00	36.80
179	-70.00	143.00	36.80
180	-90.00	143.00	36.80
181	-110.00	143.00	36.80
182	-130.00	143.00	36.80
183	-150.00	143.00	36.80
184	-170.00	143.00	36.80
185	-190.00	143.00	36.80
186	-210.00	143.00	36.80
187	-230.00	143.00	36.80
188	-250.00	143.00	36.80
189	-270.00	143.00	36.80
190	-290.00	143.00	36.80
191	-310.00	143.00	36.80
192	-330.00	143.00	36.80
193	-350.00	143.00	36.80
194	-370.00	143.00	36.80
195	-390.00	143.00	36.80
196	-410.00	143.00	36.80
197	-430.00	143.00	36.80
198	-450.00	143.00	36.80
199	-470.00	143.00	36.80
200	-490.00	143.00	36.80
201	-510.00	143.00	36.80
202	-530.00	143.00	36.80
203	-550.00	143.00	36.80
204	-570.00	143.00	36.80
205	-590.00	143.00	36.80
206	-610.00	143.00	36.80
207	-630.00	143.00	36.80
208	-650.00	143.00	36.80
209	-670.00	143.00	36.80
210	-690.00	143.00	36.80
211	-710.00	143.00	36.80
212	-730.00	143.00	36.80
213	-750.00	143.00	36.80
214	-770.00	143.00	36.80
215	-790.00	143.00	36.80

216	-810.00	143.00	36.80
217	-830.00	143.00	36.80
218	-850.00	143.00	36.80
219	-870.00	143.00	36.80
220	-890.00	143.00	36.80
221	-910.00	143.00	36.80
222	-930.00	143.00	36.80
223	-950.00	143.00	36.80
224	-970.00	143.00	36.80

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	3255900	628400	-7520600	42100	-828100
2	3556800	-190300	-5003300	33500	-574600
3	4584800	760800	-5716600	88200	-617000
4	3404800	1604700	-5697300	87600	-617200
5	4530700	-528300	-4735400	32100	-578400
6	3291800	2271100	2357400	182900	-41100
7	3303500	2200300	2621900	179000	-28100
8	3318500	5582400	-2089300	403300	-355100
9	3317900	5583500	-2089800	403300	-355100
10	3306400	2199500	2622900	179100	-28100

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	3274900	255300	-5613800
2	3436600	-391000	-5176000
3	3459100	492500	-5881100
4	3324600	937700	-5804700
5	3418600	-461400	-5039700

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	3293200	-466900	-5877700
2	3325300	-441700	-5544700
3	3333300	-127700	-6086200
4	3332600	-126500	-6086600
5	3328300	-442500	-5543700

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	3314300	-583100	-5892500
2	3326000	-654000	-5628000
3	3333900	-339900	-6169400

4	3333300	-338700	-6169900
5	3328900	-654700	-5627000

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.2 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 10.5 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 2.4 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	3255900	628400	-7520600	3255886	8467133	-105024105	13.954
2	S	3556800	-190300	-5003300	3556823	-3871155	-113383419	22.638
3	S	4584800	760800	-5716600	4584824	13727102	-101727680	17.781
4	S	3404800	1604700	-5697300	3404817	16848129	-59903960	10.506
5	S	4530700	-528300	-4735400	4530693	-11741451	-107861159	22.744
6	S	3291800	2271100	2357400	3291778	17926223	18544571	7.885
7	S	3303500	2200300	2621900	3303497	17906201	21089292	8.089
8	S	3318500	5582400	-2089300	3318504	18082561	-6773385	3.239
9	S	3317900	5583500	-2089800	3317903	18081513	-6801346	3.239
10	S	3306400	2199500	2622900	3306424	17908961	21168061	8.106

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00389	-985.0	150.0	0.00331	-970.0	143.0	-0.01359	974.0	-143.0
2	0.00350	-0.00595	-985.0	-150.0	0.00336	-980.0	-137.0	-0.01836	979.0	132.0
3	0.00350	-0.00243	-985.0	150.0	0.00332	-970.0	143.0	-0.01018	974.0	-143.0
4	0.00350	-0.00391	-985.0	150.0	0.00318	-970.0	143.0	-0.01348	974.0	-143.0
5	0.00350	-0.00276	-985.0	-150.0	0.00330	-966.0	-143.0	-0.01094	970.0	143.0
6	0.00350	-0.01180	985.0	150.0	0.00270	970.0	143.0	-0.03141	-966.0	-143.0
7	0.00350	-0.01084	985.0	150.0	0.00276	970.0	143.0	-0.02922	-966.0	-143.0
8	0.00350	-0.01819	-985.0	150.0	0.00234	-970.0	143.0	-0.04595	974.0	-143.0
9	0.00350	-0.01817	-985.0	150.0	0.00234	-970.0	143.0	-0.04590	974.0	-143.0
10	0.00350	-0.01081	985.0	150.0	0.00276	970.0	143.0	-0.02915	-966.0	-143.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000006996	0.000011542	-0.005122091		
2	-0.000010160	-0.000006767	-0.007522650		
3	-0.000004471	0.000016785	-0.003421862		
4	-0.000002535	0.000040986	-0.005144946		
5	-0.000005284	-0.000014016	-0.003807252		
6	0.000001165	0.000111376	-0.014354167		

7	0.000001264	0.000103254	-0.013233590
8	-0.000000567	0.000164974	-0.021804296
9	-0.000000568	0.000164810	-0.021781302
10	0.000001267	0.000102990	-0.013196800

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	8 mm	
Passo staffe:	5.3 cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2	
Numero Legature:	32	(Diametro = 12 mm)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A_Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] (Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst	A_Eff
1	S	465232	5076488	1522659	328.8	532.6	21.80°	1.030	16.1	52.6(33.6)
2	S	459660	4929326	1236258	466.0	364.0	21.80°	1.033	11.2	30.1(11.2)
3	S	244046	7115654	3144373	302.6	801.6	21.80°	1.043	9.2	118.0(99.1)
4	S	12553511905700	8735848	8735848	296.4	1383.7	21.80°	1.032	4.8334.7	(315.8)
5	S	173996	6233245	2303208	308.8	688.3	21.80°	1.042	6.4	84.7(65.7)
6	S	1824601689645517106538	295.9	1969.0	21.80°	1.031	7.0656.6	(637.6)		
7	S	1786421690022816920228	295.9	1969.3	21.80°	1.031	6.9649.4	(630.5)		
8	S	4045171690866317882438	296.0	1969.8	21.80°	1.031	15.5686.3	(667.3)		
9	S	4045221690858917880870	296.0	1969.8	21.80°	1.031	15.5686.2	(667.2)		
10	S	17874116900069416914043	295.9	1969.3	21.80°	1.031	6.9649.2	(630.2)		

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm ²]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm ²]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	8.7	-985.0	150.0	28	974.0	-143.0	0	0		0.000
2	S	9.1	0.0	0.0	29	970.0	143.0	0	0		0.000
3	S	9.8	-985.0	150.0	20	974.0	-143.0	0	0		0.000
4	S	10.9	-985.0	150.0	-1	974.0	-143.0	0	0		0.000
5	S	9.2	0.0	0.0	27	970.0	143.0	0	0		0.000

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	9.4	0.0	0.0	18	970.0	143.0	0	0		0.000
2	S	9.3	0.0	0.0	22	970.0	143.0	0	0		0.000
3	S	8.6	0.0	0.0	31	970.0	143.0	0	0		0.000
4	S	8.6	0.0	0.0	31	970.0	143.0	0	0		0.000
5	S	9.3	0.0	0.0	22	970.0	143.0	0	0		0.000

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Rampa di svincolo C a 4 campate da 32 – 40 – 30 – 25 m – B = 9.80 m

Rampa di svincolo D a 5 campate da 37 – 35 – 40 – 35 – 27 m – B = 9.80 m

Pag. 240/240

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	9.8	0.0	0.0	13	970.0	143.0	0	0		0.000
2	S	9.9	0.0	0.0	12	970.0	143.0	0	0		0.000
3	S	9.3	0.0	0.0	22	970.0	143.0	0	0		0.000
4	S	9.3	0.0	0.0	22	970.0	143.0	0	0		0.000
5	S	9.9	0.0	0.0	12	970.0	143.0	0	0		0.000

Le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.