

Collegamento tra l'A4 (Torino–Milano) in località Santhià, Biella, Gattinara e l'A26 (Genova Voltri–Gravellona) in località Ghemme. Lotto 1

PROGETTO DEFINITIVO

COD.

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

I PROGETTISTI:

ing. Vincenzo Marzi
Ordine Ing. di Bari n.3594
ing. Achille Devitofranceschi
Ordine Ing. di Roma n.19116

IL GEOLOGO:

geol. Serena Majetta
Ordine Geol. del Lazio n.928

RESPONSABILE DEL SIA

arch. Giovanni Magarò
Ordine Arch. di Roma n.16183

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

geom. Fabio Quondam

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

ing. Nicolò Canepa

PROTOCOLLO

DATA

Cavalcavia autostrada A26 svincolo Ghemme – Relazione di calcolo

CODICE PROGETTO			NOME FILE				REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	CODICE ELAB.					
DPT007	D	1701	T00	CV06	STR	RE01	A	—
C								
B								
A	emissione				18/5/2018			
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO		

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

**Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo**

CAVALCAVIA AUTOSTRADA A26 SVINCOLO GHEMME – CV06

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

INDICE

1. PREMESSA.....	6
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3. MATERIALI.....	9
3.1. Calcestruzzo per pali di fondazione	9
3.2. Calcestruzzo per fondazioni spalle	9
3.3. Calcestruzzo per elevazione spalle	10
3.4. Calcestruzzo per solette, cordoli e baggioli	11
3.5. Calcestruzzo per predalle collaboranti con la soletta	11
3.6. Durabilità e copriferri	12
3.7. Acciaio per armatura lenta	13
3.8. Acciaio per carpenteria metallica	13
3.9. Acciaio per piolatura	14
4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	15
5. DESCRIZIONE DELL'OPERA	17
6. CLASSIFICAZIONE DEI PROFILI METALLICI.....	19
6.1. Travi principali	19
6.1.1. Sezione tipo A	19
6.1.2. Sezione tipo B	21
6.1.3. Sezione tipo D	22
6.2. Trasversi	23
6.2.1. Trasversi correnti.....	23

6.2.2.	Trasversi in appoggio.....	24
7.	DEFINIZIONE DELLE LARGHEZZE COLLABORANTI	25
8.	ANALISI DEI CARICHI	26
8.1.	Peso proprio delle strutture metalliche	26
8.2.	Peso proprio della soletta	26
8.3.	Spinta statica delle terre	26
8.4.	Sovraccarichi permanenti	26
8.5.	Cedimenti differenziali	27
8.6.	Ritiro della soletta	27
8.7.	Azioni variabili	27
8.7.1.	Carichi viaggianti da traffico	27
8.7.2.	Carichi variabili da traffico pesante per analisi della fatica.....	29
8.7.3.	Variazione termiche.....	29
8.7.4.	Vento	29
8.7.5.	Frenatura	29
8.7.6.	Azione centrifuga	30
8.7.7.	Azione sismica	30
8.7.8.	Carico di costruzione	30
8.8.	Azioni eccezionali	30
8.8.1.	Urto dei veicoli in svio.....	30
9.	COMBINAZIONI DI CARICO	31
9.1.	Combinazioni di carico SLU/SLE adottate ai fini delle verifiche dell'impalcato	31
9.2.	Combinazioni di carico sismiche	31
10.	MODELLI DI CALCOLO	32
10.1.	Modellazione globale sismica	32

10.2.	Modellazione delle travi principali composte acciaio-calcestruzzo	33
10.3.	Geometria dei conci	36
10.4.	ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DEI CODICI DI CALCOLO	38
10.4.1.	Origine e caratteristiche dei software di calcolo	38
10.4.2.	Affidabilità dei codici utilizzati	38
11.	CRITERI DI VERIFICA	40
11.1.	Premessa	40
11.2.	Verifiche considerate	40
11.2.1.	Verifiche agli SLU	40
11.2.2.	Verifiche agli SLE	40
11.2.3.	Verifiche allo SLF	41
12.	ANALISI E VERIFICHE DELLA SOLETTA	42
12.1.	Fase di getto – verifica predalle	42
12.2.	In situazione persistente / eccezionale	44
13.	ANALISI E VERIFICHE DELLE TRAVI PRINCIPALI	49
13.1.	Grafici di riepilogo delle azioni sollecitanti	49
13.2.	Verifiche SLU	88
13.3.	Verifiche SLE R	91
13.4.	Verifiche SLE F	94
13.5.	Verifiche a fessurazione	97
13.6.	Verifiche a fatica	97
14.	ANALISI E VERIFICA DEI TRASVERSI	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.

15. VERIFICA DEL SISTEMA DI VINCOLO (APPOGGI E GIUNTI)	100
16. SPALLE	103
16.1. Verifica muro frontale	103
16.2. Verifica paraghiaia	105
16.3. Fondazione	107

1. PREMESSA

La presente relazione riguarda il dimensionamento strutturale del cavalcavia su A26 svincolo Ghemme tra le progressive 40+361.54 e 40+441.54, previsto nell'ambito della progettazione definitiva del collegamento viario «Pedemontana piemontese» tra la A4 e la A26 (Santhia - Biella - Gattinara - Ghemme) – tratto Masserano – Ghemme.

Il cavalcavia presenta un impalcato a campata singola di lunghezza 50.00 m (in asse appoggi). Per entrambe le spalle sono previsti pali di fondazione trivellati.

La sede stradale presenta un bitumato di larghezza pari a 14.50 m più due cordoli da 0.75 m, per una larghezza complessiva di 16.00 m. Su entrambi i cordoli sono previste barriere H3 bordo ponte.

L'impalcato è realizzato con sistema costruttivo misto acciaio-calcestruzzo, costituito da 3 travi metalliche principali parallele all'asse stradale e soletta superiore di completamento in conglomerato cementizio armato. La collaborazione tra le travi metalliche e la soletta è ottenuta per mezzo di connettori (pioli tipo Nelson) saldati all'estradosso delle travi principali. Le travi principali sono collegate tra loro con traversi, aventi duplice funzione: da un lato, quella di contrastare - per tutto lo sviluppo del ponte - lo svergolamento e la perdita di forma, dall'altro - e specificatamente in corrispondenza degli appoggi - quella di trasferire le azioni trasversali alle sottostrutture e di permettere (in fase di manutenzione) il sollevamento dell'impalcato contrastando la flessione trasversale delle travi principali.

L'impalcato è vincolato alle spalle attraverso appoggi isolatori elastomerici, che realizzano un disaccoppiamento sismico tra impalcato e sotto-strutture.

Per motivi di realizzabilità e di trasporto ciascuna travata è prefabbricata in officina in conci, quindi trasportata e assemblata in opera mediante giunzioni saldate.

2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore elencate nel seguito.

- [I] Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- [II] Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951 – Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086”;
- [III] Legge 2 febbraio 1974 n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- [IV] D. M. Min. Il. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- [V] CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 “Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- [VI] UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”;
- [VII] UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale- Parte 1-1: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;
- [VIII] UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1) – Marzo 2005 – Azioni sulle strutture- Parte 2: “Carico da traffico sui ponti”;
- [IX] UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: “Regole generali e regole per gli edifici”;
- [X] UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2) – Gennaio 2006: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: “Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi”;
- [XI] UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005: “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”;
- [XII] UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- [XIII] UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti”;

- [XIV] UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- [XV] UNI EN 1994-2 (Eurocodice 4) – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 2: Regole generali e regole per i ponti
- [XVI] UNI EN 1993-1-9 (Eurocodice 3) – Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-9: Fatica
- [XVII] Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
- [XVIII] UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni;
- [XIX] UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
- [XX] UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.

3. MATERIALI

Per la realizzazione delle strutture si prevede l'utilizzo di calcestruzzi ed acciai aventi le seguenti caratteristiche.

3.1. Calcestruzzo per pali di fondazione

Classe di resistenza	C28/35
Diametro massimo inerte	32 mm
Classe di consistenza	S5
$R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 29.05 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 37.05 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.835 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}(5\%) = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.984 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (5%)
$f_{ctk}(95\%) = 1.3 \cdot f_{ctm} = 3.685 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (95%)
$f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 3.40 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm}/10]^{0.3} = 32588 \text{ N/mm}^2$	valore medio del modulo di elasticità longitudinale
$\nu = 0.15$	coefficiente di Poisson
$\alpha = 1.0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	coefficiente di dilatazione termica
$\alpha_{cc} = 0.85$	fattore di riduzione per carichi di lunga durata
$\gamma_c = 1.5$	coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 16.45 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a compressione
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.32 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a trazione
$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 17.43 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Rara
$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} = 13.07 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Q.perm.
$\alpha_{th}^{cls} = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$	coefficiente di espansione termica

3.2. Calcestruzzo per fondazioni spalle

Classe di resistenza	C28/35
Diametro massimo inerte	32 mm
Classe di consistenza	S4
$R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 29.05 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 37.05 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.835 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione semplice

$f_{ctk}(5\%) = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.984 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (5%)
$f_{ctk}(95\%) = 1.3 \cdot f_{ctm} = 3.685 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (95%)
$f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 3.40 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm}/10]^{0.3} = 32588 \text{ N/mm}^2$	valore medio del modulo di elasticità longitudinale
$\nu = 0.15$	coefficiente di Poisson
$\alpha = 1.0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	coefficiente di dilatazione termica
$\alpha_{cc} = 0.85$	fattore di riduzione per carichi di lunga durata
$\gamma_c = 1.5$	coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 16.45 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a compressione
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.32 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a trazione
$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 17.43 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Rara
$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} = 13.07 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Q.perm.
$\alpha_{th}^{cls} = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$	coefficiente di espansione termica

3.3. Calcestruzzo per elevazione spalle

Classe di resistenza	C32/40
Diametro massimo inerte	25 mm
Classe di consistenza	S4
$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.10 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}(5\%) = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (5%)
$f_{ctk}(95\%) = 1.3 \cdot f_{ctm} = 4.03 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (95%)
$f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 3.72 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm}/10]^{0.3} = 33643 \text{ N/mm}^2$	valore medio del modulo di elasticità longitudinale
$\nu = 0.15$	coefficiente di Poisson
$\alpha = 1.0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	coefficiente di dilatazione termica
$\alpha_{cc} = 0.85$	fattore di riduzione per carichi di lunga durata
$\gamma_c = 1.5$	coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 18.81 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a compressione
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.45 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a trazione
$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 19.92 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Rara
$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} = 14.94 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Q.perm.

$$\alpha_{th}^{cls} = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$$

coefficiente di espansione termica

3.4. Calcestruzzo per solette, cordoli e baggioli

Classe di resistenza	C35/45
Diametro massimo inerte	25 mm
Classe di consistenza	S5
$R_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 37.35 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45.35 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.35 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}(5\%) = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.35 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (5%)
$f_{ctk}(95\%) = 1.3 \cdot f_{ctm} = 4.36 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (95%)
$f_{ctfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 4.02 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm}/10]^{0.3} = 34625 \text{ N/mm}^2$	valore medio del modulo di elasticità longitudinale
$\nu = 0.15$	coefficiente di Poisson
$\alpha = 1.0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	coefficiente di dilatazione termica
$\alpha_{cc} = 0.85$	fattore di riduzione per carichi di lunga durata
$\gamma_c = 1.5$	coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 21.17 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a compressione
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.56 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a trazione
$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 22.41 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Rara
$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} = 16.81 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Q.perm.
$\alpha_{th}^{cls} = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$	coefficiente di espansione termica

3.5. Calcestruzzo per predalle collaboranti con la soletta

Classe di resistenza	C40/50
Diametro massimo inerte	16 mm
Classe di consistenza	secondo le specifiche di produzione
$R_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 41.50 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 49.50 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.60 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}(5\%) = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.52 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (5%)
$f_{ctk}(95\%) = 1.3 \cdot f_{ctm} = 4.68 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (95%)
$f_{ctfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 4.32 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione per flessione

$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm}/10]^{0.3} = 35547 \text{ N/mm}^2$	valore medio del modulo di elasticità longitudinale
$\nu = 0.15$	coefficiente di Poisson
$\alpha = 1.0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	coefficiente di dilatazione termica
$\alpha_{cc} = 0.85$	fattore di riduzione per carichi di lunga durata
$\gamma_c = 1.5$	coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 23.52 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a compressione
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.68 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a trazione
$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Rara
$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} = 18.68 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Q.perm.
$\alpha_{th}^{cls} = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$	coefficiente di espansione termica

3.6. Durabilità e copriferri

In relazione alle classi di esposizione ambientale definite nella UNI EN 206-1 e nella UNI 11104, sono state attribuite ai diversi elementi strutturali le seguenti classi di esposizione alle quali sono state associate le condizioni ambientali (vedi Tabella 4.1.III della [IV]):

- pali XC2 c.a. ordinarie
- fondazioni spalle XC2 c.a. ordinarie
- elevazioni spalle XC2 c.a. ordinarie
- soletta impalcato / predalle XC4+XD1 c.a. aggressive

Considerata la classe di esposizione ambientale dell'opera, la tipologia dell'opera e la classe del calcestruzzo impiegato, i valori del copriferro minimo (vedi tabella C4.1.IV della [V]) sono riportati nella seguente tabella, dove si è assunta una tolleranza di posizionamento delle armature pari a 5 mm.

Elemento	Cls classe	Condizioni ambientali	Tipo elemento	Copriferro di progetto c_{min}
pali	C28/35	ordinarie	altri elem.	75 mm
fondazioni spalle	C28/35	ordinarie	piastra	40 mm
elevazioni spalle	C32/40	ordinarie	piastra	40 mm
soletta impalcato / baggioli	C35/45	aggressive	piastra	35 mm
predalle collaboranti	C40/50	aggressive	piastra	25 mm

Tabella 3.1: Copriferri minimi

3.7. Acciaio per armatura lenta

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio saldabile del tipo B450C controllato in stabilimento caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

$$f_{y\text{ nom}} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t\text{ nom}} = 540 \text{ N/mm}^2$$

L'acciaio B450C deve rispettare le caratteristiche riportate nella seguente tabella.

Proprietà	Requisito	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq 450 \text{ N/mm}^2$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq 540 \text{ N/mm}^2$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	≥ 1.15 ≤ 1.35	10.0
$(f_t/f_{y\text{ nom}})_k$	≤ 1.25	10.0
Allungamento totale al carico massimo (A_{gt})	$\geq 7.5\%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12$	4ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16$	5ϕ	
$16 < \phi \leq 25$	8ϕ	
$25 < \phi \leq 40$	10ϕ	

Tabella 3.2: Caratteristiche dell'acciaio

La resistenza di calcolo dell'acciaio f_{yd} è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è pari a:

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 450/1.15 = 391.3 \text{ N/mm}^2$$

essendo $\gamma_s = 1.15$ il coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio.

L'acciaio B450C è idoneo per la realizzazione di strutture in zone sismiche, come indicato in [IV].

Il modulo di elasticità è pari a: $E_a = 210\,000 \text{ N/mm}^2$

Il coefficiente di espansione termica è pari a: $\alpha_{th}^a = 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}$

3.8. Acciaio per carpenteria metallica

Si adotta un acciaio da costruzione tipo S355W secondo UNI EN 10025. La tensione di snervamento f_y e di rottura f_u , in funzione degli spessori è la seguente [IV].

t [mm]	≤ 40	> 40 ≤ 80
f_y	355	335
f_u	490	470

Tabella 3.3: Tensioni massime [N/mm²] di snervamento e rottura dell'acciaio

Gli altri parametri di calcolo assunti sono appresso riportati:

modulo di elasticità $E_a = 210\,000\text{ N/mm}^2$

coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}\text{ }^\circ\text{C}$

coefficiente di Poisson $\nu = 0.3$

densità $\rho = 7850\text{ kg/m}^3$

3.9. Acciaio per piolatura

L'acciaio per i connettori Nelson è di tipo S235J2G3 con tensione di rottura $f_u = 450\text{ N/mm}^2$

4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La caratterizzazione dell'azione sismica dell'opera in esame viene effettuata ai sensi del *D.M. 14 gennaio 2008* e relative istruzioni.

Il sito ricade nella categoria classificata come **B**.

Si riportano di seguito i parametri utilizzati per la costruzione degli spettri allo **SLV** e allo **SLC**

Spettro SLV:

$$a_g/g = 0.048;$$

$$F_0 = 2.669;$$

$$S_s = 1.2;$$

$$S_T = 1;$$

$$\xi_{is} = 15\% \text{ (smorzamento equivalente sistema di isolamento)}$$

$$T_C^* = 0.302 \text{ s}; T_C = 0.4221 \text{ s}; T_B = 0.1407 \text{ s}; T_D = 1.792 \text{ s}.$$

Spettro SLC:

$$a_g/g = 0.06;$$

$$F_0 = 2.718;$$

$$S_s = 1.2;$$

$$S_T = 1;$$

$$\xi_{is} = 15\% \text{ (smorzamento equivalente sistema di isolamento)}$$

$$T_C^* = 0.319 \text{ s}; T_C = 0.441 \text{ s}; T_B = 0.147 \text{ s}; T_D = 1.84 \text{ s}.$$

Si riportano di seguito gli spettri **SLV** e **SLC**.

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

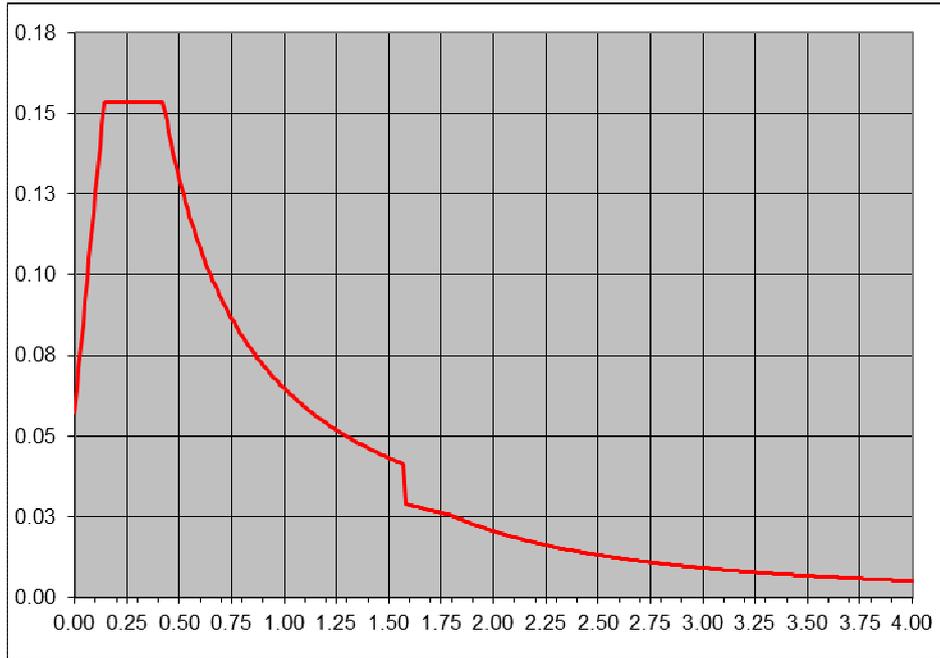


Figura 4.1. Spettro SLV

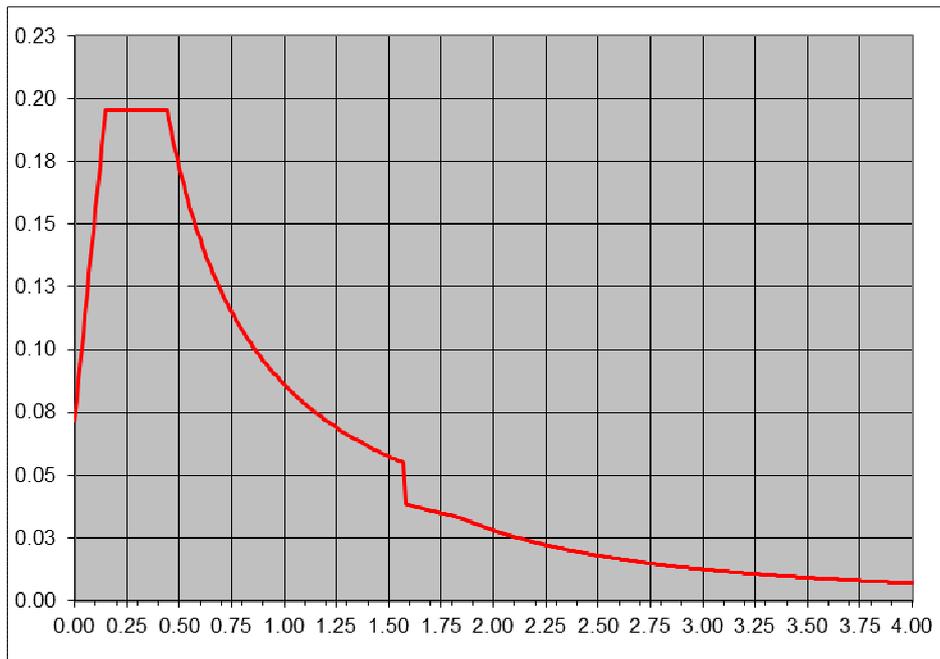


Figura 4.2. Spettro SLC

5. DESCRIZIONE DELL'OPERA

In accordo con il tracciato stradale, ciascuno dei due impalcati presenta un andamento curvo. Per ciò che riguarda le sottostrutture si prevede un'unica fondazione che colleghi le spalle omologhe dei due impalcato.

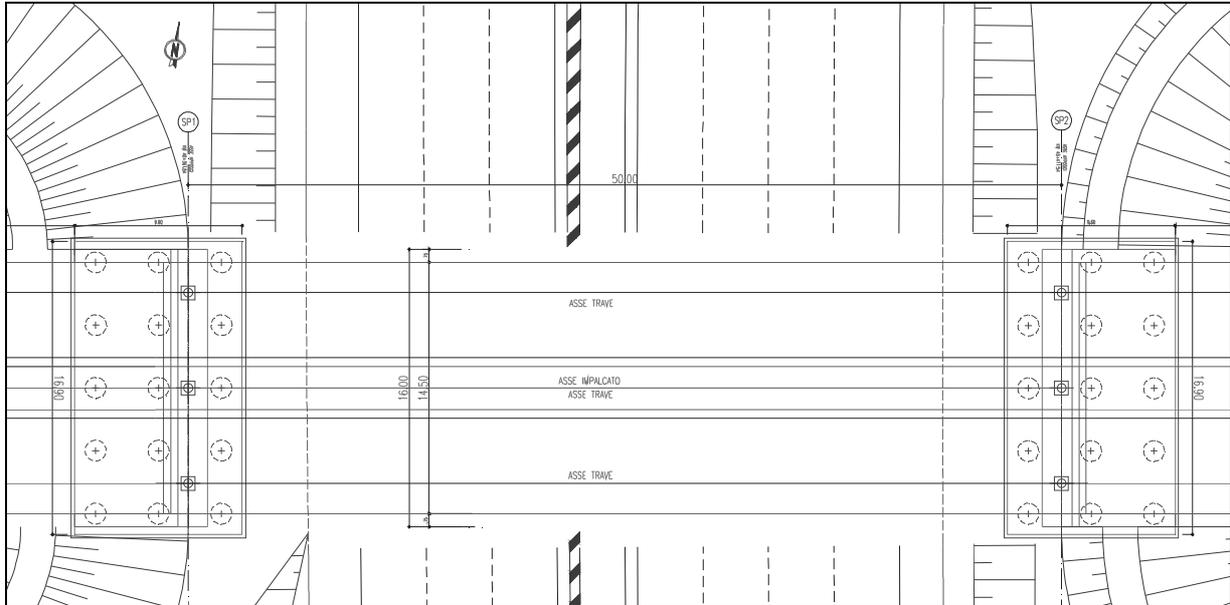


Figura 5.1: Pianta impalcato e fondazioni

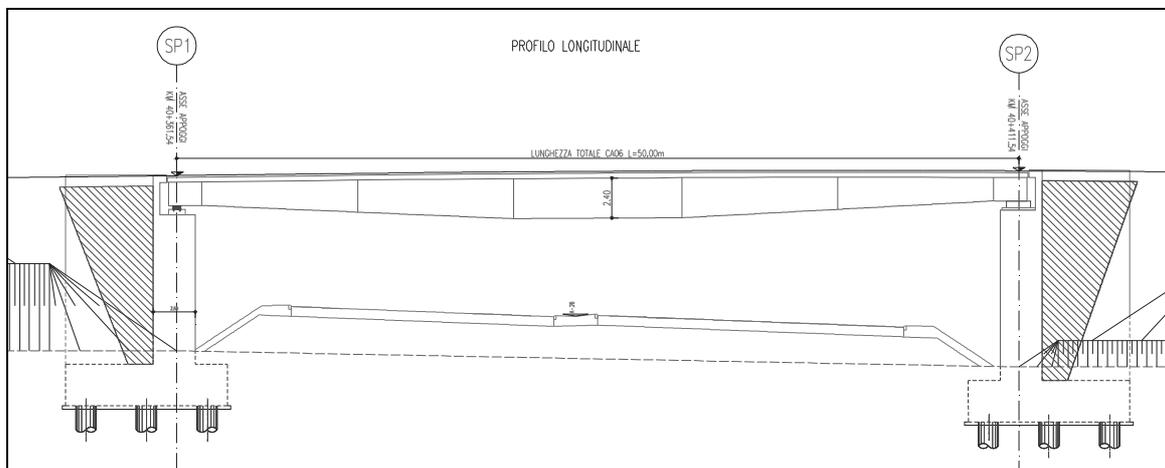


Figura 5.2: Sezione longitudinale

Entrambi gli impalcati presentano pendenza trasversale diretta verso l'interno della curva e ottenuta mediante sfalsamento in altezza delle travi principali.

Per la realizzazione della soletta di completamento si prevede un getto su predalles prefabbricate disposte trasversalmente all'impalcato, con fondello interrotto (e traliccio passante) in corrispondenza della piolatura delle travi.

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

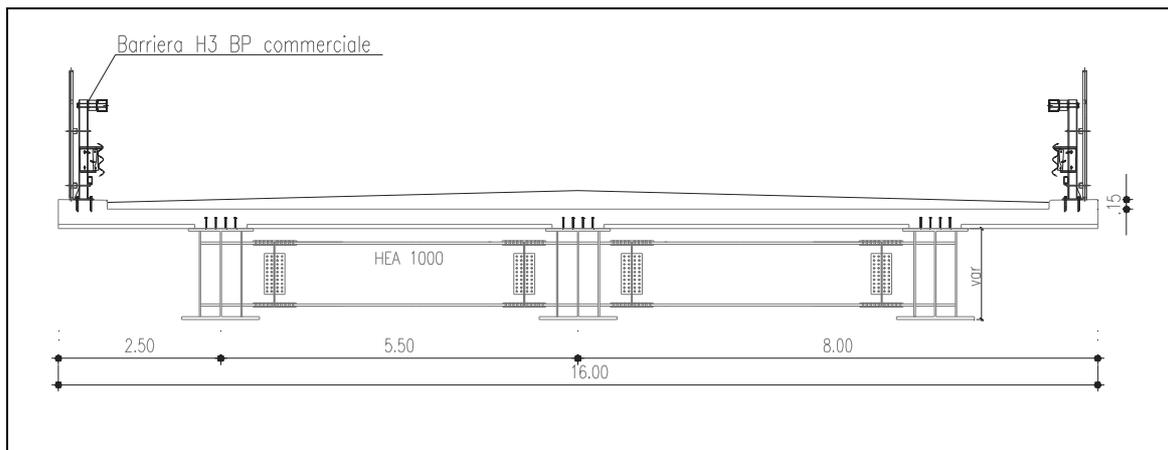


Figura 5.3: Sezione trasversale corrente con trasverso di spalla

6. CLASSIFICAZIONE DEI PROFILI METALLICI

A seguire si riporta la descrizione delle caratteristiche geometriche dei profili metallici adottati come travi principali e come traversi.

6.1. Travi principali

Le travi principali sono a doppio T mono-simmetriche ad altezza variabile, e presentano diverse tipologie di sezioni in funzione delle richieste di resistenza e rigidezza (figura successiva).

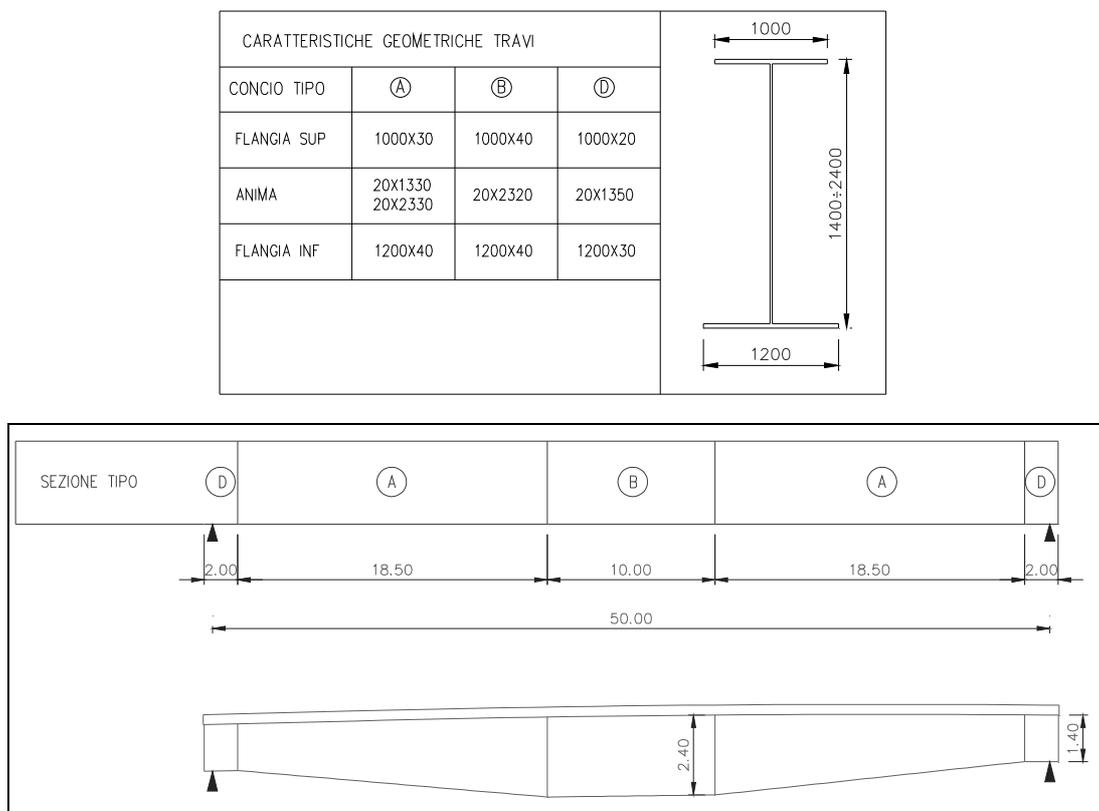


Figura 6.1: Sezioni tipo

Tenuto conto dell'elevata snellezza dell'anima e delle piattabande tutte le sezioni tipo delle travi principali sono state considerate, in sede di verifica, di classe 4, tenendo conto dell'assenza di irrigidimenti longitudinali.

6.1.1. Sezione tipo A

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1402 mm
Piattabanda superiore	1000x30 mm
Piattabanda inferiore	1200x40 mm

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

Anima	20x1332 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5000x300 mm
Raccordo	450x50 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 91 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 80 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 180 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	5000 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	200x20 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.046E+5	2.139E+5	2.249E+5	1.967E+5	3.677E+5	1.203E+5
Z _G (mm)	586.387	1104.614	1128.949	1061.014	1312.45	718.185
J _v (mm ⁴)	3.893E+10	9.47E+10	9.737E+10	8.994E+10	1.18E+11	5.292E+10
W _{y,0} (mm ³)	-6.639E+7	-8.574E+7	-8.625E+7	-8.477E+7	-8.987E+7	-7.369E+7
W _{y,1} (mm ³)	-7.125E+7	-8.896E+7	-8.942E+7	-8.809E+7	-9.27E+7	-7.803E+7
W _{y,3} (mm ³)	4.958E+7	3.547E+8	4.013E+8	2.896E+8	1.994E+9	8.099E+7
W _{y,4} (mm ³)	4.776E+7	3.189E+8	3.571E+8	2.641E+8	1.323E+9	7.744E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	2.729E+8	3.018E+8	2.303E+8	8.477E+8	7.216E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	2.218E+8	2.418E+8	1.911E+8	5.382E+8	6.506E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.703E+8	1.832E+8	1.5E+8	3.388E+8	5.616E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.464E+8	1.564E+8	1.302E+8	2.686E+8	5.121E+7
S _{v,1} (mm ³)	2.719E+7	5.206E+7	5.323E+7	4.997E+7	6.204E+7	3.351E+7
S _{v,2} (mm ³)	3.017E+7	6.34E+7	6.509E+7	6.039E+7	7.823E+7	3.811E+7
S _{v,3} (mm ³)	2.401E+7	6.268E+7	6.45E+7	5.943E+7	7.819E+7	3.384E+7
S _{v,4} (mm ³)	-3.725E-9	5.422E+7	5.677E+7	4.966E+7	7.597E+7	1.379E+7
n _E	1E+300	16.031	14.343	19.655	6.065	1E+300

Pre-classificazione

La preclassificazione e' riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	9.547E+6	1706.49	1751.6	1661.39
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.349E+7	1596.1	1659.81	1532.39
Strato di calcestruzzo inferiore	8.383E+6	1491.21	1530.81	1451.6
Strato di armatura superiore	3.073E+6	1660.6	1661.39	1659.81
Strato di armatura inferiore	3.073E+6	1531.6	1532.39	1530.81
Raccordo in cls	0E+00	1429.76	1451.6	1401.6
Flangia superiore della trave di acciaio	1.014E+7	1386.6	1401.6	1371.6
Anima della trave di acciaio	9.004E+6	705.8	1371.6	40
Flangia inferiore della trave di acciaio	1.623E+7	20	40	0
<i>Compressione ultima per la sezione completa</i>				
<i>Trazione ultima per la sezione completa</i>				
<i>Compressione ultima per la sezione senza anima</i>				
<i>Trazione ultima per la sezione senza anima</i>				

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M ₊)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M ₋)
Flangia superiore	16.33	0.814	1	0
Flangia inferiore	14.75	0.814	4	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M ₊)	66.58	0.814	0.503	-0.963	2

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	66.58	0.814	0	-0.046	1
Compressione semplice (N)	66.58	0.814	1	1	4

6.1.2. Sezione tipo B

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2400 mm
Piattabanda superiore	1000x40 mm
Piattabanda inferiore	1200x40 mm
Anima	20x2320 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5000x300 mm
Raccordo	450x50 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 91 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 80 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 180 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	5000 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	200x20 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.344E+5	2.437E+5	2.547E+5	2.264E+5	3.974E+5	1.501E+5
z _G (mm)	1129.762	1788.739	1823.819	1726.924	2102.592	1283.039
J _y (mm ⁴)	1.427E+11	2.736E+11	2.806E+11	2.613E+11	3.368E+11	1.729E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.263E+8	-1.53E+8	-1.539E+8	-1.513E+8	-1.602E+8	-1.348E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.309E+8	-1.565E+8	-1.573E+8	-1.549E+8	-1.633E+8	-1.391E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.16E+8	4.789E+8	5.234E+8	4.127E+8	1.308E+9	1.606E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.123E+8	4.476E+8	4.87E+8	3.881E+8	1.132E+9	1.548E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.138E+8	4.481E+8	3.613E+8	9.695E+8	1.482E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.691E+8	3.974E+8	3.253E+8	7.88E+8	1.387E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.144E+8	3.36E+8	2.803E+8	6.053E+8	1.257E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	2.846E+8	3.03E+8	2.554E+8	5.202E+8	1.179E+8
S _{y,1} (mm ³)	5.327E+7	8.49E+7	8.658E+7	8.193E+7	9.996E+7	6.063E+7
S _{y,2} (mm ³)	6.514E+7	1.155E+8	1.184E+8	1.104E+8	1.425E+8	7.608E+7
S _{y,3} (mm ³)	5.001E+7	1.122E+8	1.155E+8	1.064E+8	1.418E+8	6.448E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E-8	8.857E+7	9.328E+7	8.026E+7	1.307E+8	2.06E+7
n _E	1E+300	16.031	14.343	19.655	6.065	1E+300

Pre-classificazione

La preclassificazione è riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	9.547E+6	2704.89	2750	2659.79
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.349E+7	2594.5	2658.21	2530.79
Strato di calcestruzzo inferiore	8.383E+6	2489.61	2529.21	2450
Strato di armatura superiore	3.073E+6	2659	2659.79	2658.21
Strato di armatura inferiore	3.073E+6	2530	2530.79	2529.21
Raccordo in cls	0E+00	2428.16	2450	2400
Flangia superiore della trave di acciaio	1.352E+7	2380	2400	2360
Anima della trave di acciaio	1.569E+7	1200	2360	40
Flangia inferiore della trave di acciaio	1.623E+7	20	40	0
Compressione ultima per la sezione completa	-8.3E+7			
Trazione ultima per la sezione completa	5.159E+7			
Compressione ultima per la sezione senza anima	-6.731E+7			

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

Trazione ultima per la sezione senza anima	3.59E+7		
--	---------	--	--

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	12.25	0.814	1	0
Flangia inferiore	14.75	0.814	4	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	116	0.814	0.61	-0.866	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	116	0.814	0	-0.125	1
Compressione semplice (N)	116	0.814	1	1	4

6.1.3. Sezione tipo D

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1400 mm
Piattabanda superiore	1000x20 mm
Piattabanda inferiore	1200x30 mm
Anima	20x1350 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5000x300 mm
Raccordo	450x50 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 91 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 80 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 180 mm, numero 40/m

Irrigidenti verticali

Interasse	5000 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	200x20 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	8.3E+4	1.923E+5	2.033E+5	1.75E+5	3.46E+5	9.871E+4
Z _G (mm)	570.783	1155.272	1179.365	1111.434	1352.881	733.693
J _y (mm ⁴)	2.913E+10	7.979E+10	8.193E+10	7.591E+10	9.784E+10	4.304E+10
W _{y,0} (mm ³)	-5.104E+7	-6.907E+7	-6.947E+7	-6.83E+7	-7.232E+7	-5.866E+7
W _{y,1} (mm ³)	-5.387E+7	-7.091E+7	-7.129E+7	-7.02E+7	-7.396E+7	-6.116E+7
W _{y,3} (mm ³)	3.6E+7	3.551E+8	4.084E+8	2.827E+8	3.608E+9	6.659E+7
W _{y,4} (mm ³)	3.513E+7	3.26E+8	3.714E+8	2.631E+8	2.076E+9	6.46E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	2.707E+8	3.027E+8	2.242E+8	1.007E+9	6.009E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	2.129E+8	2.337E+8	1.814E+8	5.524E+8	5.405E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.584E+8	1.708E+8	1.386E+8	3.196E+8	4.651E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.342E+8	1.436E+8	1.189E+8	2.464E+8	4.235E+7
S _{y,1} (mm ³)	2.001E+7	4.105E+7	4.192E+7	3.947E+7	4.816E+7	2.587E+7
S _{y,2} (mm ³)	2.293E+7	5.371E+7	5.513E+7	5.117E+7	6.566E+7	3.082E+7
S _{y,3} (mm ³)	1.638E+7	5.321E+7	5.472E+7	5.045E+7	6.566E+7	2.665E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.863E-9	4.851E+7	5.051E+7	4.487E+7	6.491E+7	1.352E+7
n _E	1E+300	16.031	14.343	19.655	6.065	1E+300

Pre-classificazione

La preclassificazione è riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	Z _N (mm)	Z _{max} (mm)	Z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	9.547E+6	1704.89	1750	1659.79

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.349E+7	1594.5	1658.21	1530.79
Strato di calcestruzzo inferiore	8.383E+6	1489.61	1529.21	1450
Strato di armatura superiore	3.073E+6	1659	1659.79	1658.21
Strato di armatura inferiore	3.073E+6	1530	1530.79	1529.21
Raccordo in cls	0E+00	1428.16	1450	1400
Flangia superiore della trave di acciaio	6.762E+6	1390	1400	1380
Anima della trave di acciaio	9.129E+6	705	1380	30
Flangia inferiore della trave di acciaio	1.217E+7	15	30	0
<i>Compressione ultima per la sezione completa</i>	-6.562E+7			
<i>Trazione ultima per la sezione completa</i>	3.421E+7			
<i>Compressione ultima per la sezione senza anima</i>	-5.649E+7			
<i>Trazione ultima per la sezione senza anima</i>	2.508E+7			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ϵ	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	24.5	0.814	1	0
Flangia inferiore	19.66 7	0.814	4	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ϵ	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	67.5	0.814	0.54	-0.918	3
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	67.5	0.814	0	-0.021	1
Compressione semplice (N)	67.5	0.814	1	1	4

6.2. Trasversi

6.2.1. Trasversi correnti

I trasversi correnti presentano sezione doppio T normalizzata HEA 600. In presenza di sollecitazione di compressione (con o senza flessione) la sezione rientra in classe 4 ed ha le seguenti caratteristiche (riferite alla sezione efficace in compressione semplice):

Atot =	22'013.86	mm ²	(area dell'intera sezione)
Avz =	9'320.78	mm ²	(area sezione a taglio in direzione z)
Avy =	15'625.78	mm ²	(area sezione a taglio in direzione y)
Az =	9'320.78	mm ²	(area della parete della sezione // z)
Ay =	7'812.89	mm ²	(area della piattabanda, ovvero dell'ala // y)
Wy,el,sup =	4'786.29	cm ³	(modulo di resistenza elastico flangia sup)
Wy,el,inf =	4'786.29	cm ³	(modulo di resistenza elastico flangia inf)
Wy,el =	4'786.29	cm ³	(modulo di resistenza elastico)
Wz,el,sx =	751.36	cm ³	(modulo di resistenza elastico flangia sup)
Wz,el,dx =	751.36	cm ³	(modulo di resistenza elastico flangia inf)
Wz,el =	751.36	cm ³	(modulo di resistenza elastico)
Iy =	141'195.59	cm ⁴	(momento d'inerzia rispetto asse y)
iy =	24.97	cm	(raggio d'inerzia rispetto asse y)
Iz =	11'271.31	cm ⁴	(momento d'inerzia rispetto asse z)
iz =	7.05	cm	(raggio d'inerzia rispetto asse z)
Imin =	11'271.31	cm ⁴	(momento d'inerzia minimo)
imin =	7.05	cm	(raggio d'inerzia minimo)
It =	350.97	cm ⁴	(momento d'inerzia torsionale)

Tabella 6.1: Caratteristiche geometriche efficaci dei trasversi correnti HEA 600

6.2.2. Trasversi in appoggio

I trasversi in appoggio presentano sezione doppio T normalizzata HEA 1000.

H =	990.00	mm
B =	300.00	mm
tf =	31.00	mm
tw =	16.50	mm

Tabella 6.2:

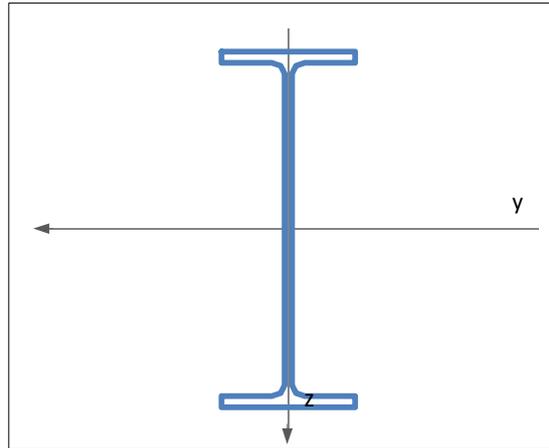


Figura 6.2: Geometria trasversi in appoggio

In presenza di sollecitazione di compressione (con o senza flessione) la sezione rientra in classe 4 ed ha le seguenti caratteristiche (riferite alla sezione efficace in compressione semplice):

Atot =	30'512.58	mm ²	(area dell'intera sezione)
Avz =	18'456.07	mm ²	(area sezione a taglio in direzione z)
Avy =	19'372.57	mm ²	(area sezione a taglio in direzione y)
Az =	18'456.07	mm ²	(area della parete della sezione // z)
Ay =	9'686.28	mm ²	(area della piattabanda, ovvero dell'ala // y)
Wy,el,sup =	11'143.91	cm ³	(modulo di resistenza elastico flangia sup)
Wy,el,inf =	11'143.91	cm ³	(modulo di resistenza elastico flangia inf)
Wy,el =	11'143.91	cm ³	(modulo di resistenza elastico)
Wz,el,sx =	933.00	cm ³	(modulo di resistenza elastico flangia sup)
Wz,el,dx =	933.00	cm ³	(modulo di resistenza elastico flangia inf)
Wz,el =	933.00	cm ³	(modulo di resistenza elastico)
Iy =	551'623.32	cm ⁴	(momento d'inerzia rispetto asse y)
iy =	39.96	cm	(raggio d'inerzia rispetto asse y)
Iz =	14'004.44	cm ⁴	(momento d'inerzia rispetto asse z)
iz =	6.35	cm	(raggio d'inerzia rispetto asse z)
Imin =	14'004.44	cm ⁴	(momento d'inerzia minimo)
imin =	6.35	cm	(raggio d'inerzia minimo)
It =	715.02	cm ⁴	(momento d'inerzia torsionale)

Tabella 6.3: Caratteristiche geometriche efficaci dei trasversi di pila/spalla HEA 1000

7. DEFINIZIONE DELLE LARGHEZZE COLLABORANTI

La larghezza efficace della soletta collaborante è stata calcolata secondo il punto 4.3.2.3 della NTC 08 [IV] e punto 5.4.1.2 di [XV]. Nella tabella seguente si riportano i valori delle larghezze efficace in funzione delle ascisse notevoli.

X (m)	b1* (mm)	b2* (mm)	b0 (mm)	Tipo	beff (mm)	Le (m)	be1 (mm)	be2 (mm)	beta1
0	2'500	2'500	450	0	5'000	50.00	2'275	2'275	1.000
12.5	2'500	2'500	450	1	5'000	50.00	2'275	2'275	1.000
37.5	2'500	2'500	450	1	5'000	50.00	2'275	2'275	1.000
50	2'500	2'500	450	0	5'000	50.00	2'275	2'275	1.000

Tabella 7.1: Riepilogo delle larghezze efficaci beff

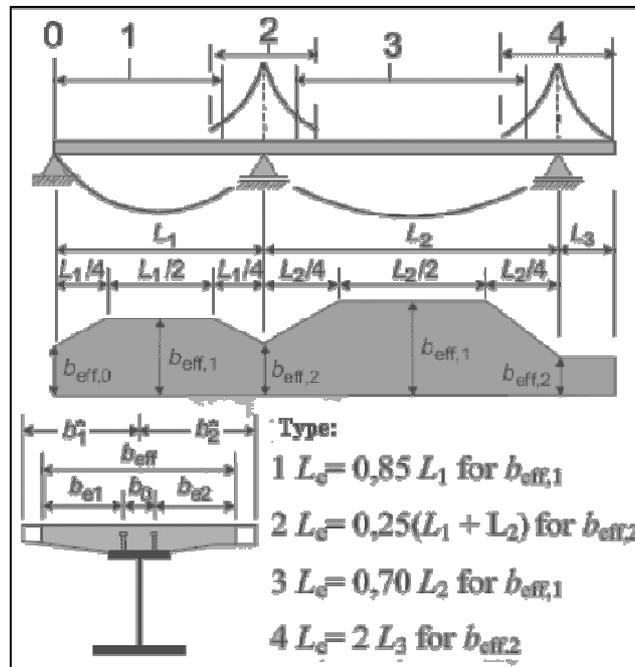


Figura 7.1: Schema di modellazione delle larghezze collaboranti

8. ANALISI DEI CARICHI

Le azioni prese in considerazione ai fini delle verifiche dell'impalcato in acciaio-calcestruzzo sono:

G1a	<i>Peso proprio impalcato metallico (travi principali e strutture di controvento)</i>
G1b	<i>Peso proprio della soletta di calcestruzzo armato (gettata in opera) e delle predalles</i>
G2	<i>Sovraccarichi permanenti (peso marciapiedi, pavimentazione, barriere, finiture, impianti, etc.)</i>
εsh+cr	<i>Effetto di ritiro e viscosità a lungo termine</i>
δi, i = 1,2...	<i>Cedimenti differenziali delle pile</i>
ΔT+	<i>Variazione termica differenziale positiva (T soletta > T acciaio)</i>
ΔT-	<i>Variazione termica differenziale negativa (T soletta < T acciaio)</i>
w	<i>Azione trasversale del vento su impalcato in esercizio (carico)</i>
TS	<i>Azione equivalente al traffico stradale - modello di carico 1 - assi di carico</i>
UDL	<i>Azione equivalente al traffico stradale - modello di carico 1 - carico distribuito</i>
LM5	<i>Azione equivalente all'azione della folla su marciapiedi praticabili</i>
LMF3	<i>Azione da traffico stradale - modello di carico 3 equivalente per analisi fatica</i>
Ek	<i>Azione sismica</i>

Tabella 8.1: Elenco delle azioni agenti

8.1. Peso proprio delle strutture metalliche

Il peso proprio delle travi metalliche è valutato in automatico dal software di analisi.

8.2. Peso proprio della soletta

Il peso proprio della soletta di calcestruzzo è pari a $25 \times 0.30 = 7.50 \text{ kN/m}^2$

8.3. Spinta statica delle terre

In considerazione del fatto che le spalle presentano fondazioni profonde, la spinta statica è stata valutata come spinta a riposo (K_0), assumendo come parametri fisico/meccanici del rilevato i seguenti valori:

peso di volume	γ	18.00 kN/m^3
angolo di attrito efficace	φ	33.00 °

Per tener conto dei carichi variabili a monte del rilevato è stato assunto, in sostituzione del modello di carico LM1 (cfr. § 8.7.1 successivo) un carico uniformemente distribuiti di 20 kN/m^2 .

8.4. Sovraccarichi permanenti

Pavimentazione: 23.00 x 0.11	2.53 kN/m^2
Marciapiedi: 25.00 x 0.15	3.75 kN/m^2

Barriere di sicurezza (su entrambi i lati)	2.00 kN/m
Velette (su entrambi i lati)	7.20 kN/m
Collettori di drenaggio (su ambo i lati)	2.00 kN/m

8.5. Cedimenti differenziali

Non presi in considerazione trattandosi di schema isostatico.

8.6. Ritiro della soletta

Gli effetti del ritiro sono valutati automaticamente dal software che ne scompone gli effetti in:

- una componente isostatica
- una componente iperstatica

La prima componente è, a sua volta, separata in un effetto locale - o sezionale - ed un effetto globale, quest'ultimo essendo corrispondente ad una distorsione distribuita lungo tutto lo sviluppo dell'impalcato (eccezione fatta per le zone fessurate a cavallo degli appoggi intermedi) e valutata dal software in funzione della sezione tipo localmente presente.

8.7. Azioni variabili

8.7.1. Carichi viaggianti da traffico

Ai fini della determinazione delle azioni variabili da traffico, l'opera in oggetto è considerata come un ponte stradale di 1° Categoria.

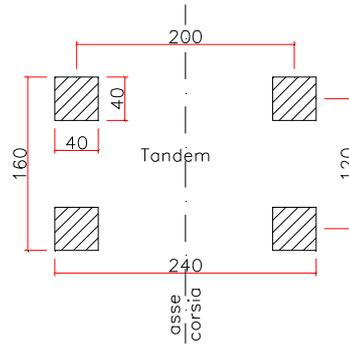
In relazione alla geometria della strada, a cui l'opera in esame è funzionale, si riportano le caratteristiche delle corsie convenzionali definite secondo il §5.1.3.3.2. di [IV]

$w =$	14.5 m	larghezza di carreggiata (corsie + banchine);
$n_l =$	4	numero di corsie convenzionali;
$w_l =$	3.0 m	larghezza di una corsia convenzionale;
$w - (3.0 \cdot n_l) =$	2.5 m	parte rimanente.

Le azioni variabili del traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite mediante lo schema di carico 1 (Load model 1, LM1) che prevede:

- il carico $Q_{1,k}$ costituito da un mezzo convenzionale a due assi (carico tandem, TS) posti ad un interasse di 1.20m lungo il senso di marcia e caratterizzati da una larghezza di 2.40m (comprese le dimensioni delle impronte);
- il carico ripartito $q_{1,k}$ (UDL)

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo



F 1. Schema di carico 1(LM) – Carico tandem (TS)

Trattandosi di ponte di 1° Categoria si considerano le intensità dei carichi riportate nella tabella seguente.

Posizione	Carico asse Q_{ik} (kN)	Carico ripartito q_{ik} (kN/m ²)
Corsia n. 1	300	9.00
Corsia n. 2	200	2.50
Corsia n. 3	100	2.50
Parte rimanente	0.00	2.50

Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie (Tabella 5.1.II [IV])

Il carico variabile da traffico è multi-componente e si caratterizza come gruppo di carico (cfr. tabella sotto) ossia può presentarsi sotto forma di azione GR. 1a, GR 1b, e così via. Ciascuna componente dei ciascun gruppo è costituita da uno schema di carico, eventualmente ridotto da un coefficiente di partecipazione, più altre azioni variabili legate al traffico stradale (frenatura/accelerazione, az. centrifuga).

	GRUPPI DI AZIONI DA TRAFFICO							
	GR.1a	GR.1b	GR.1c	GR.1d	GR.2a	GR.2b	GR.3	GR.4
LM1 - carreggiata	1.00	-	-	-	ψ_w	ψ_w	-	-
LM2 - carreggiata	-	1.00	-	-	-	-	-	-
LM3 - marciapiedi sommont.	-	-	1.00	-	-	-	-	-
LM4 - marciapiedi protetti	-	-	-	1.00	-	-	-	-
LM5 - marciapiedi e piste ccl.	ψ_w	-	-	-	-	-	1.00	1.00
LM5 - carreggiata	-	-	-	-	-	-	-	1.00
q3 - frenatura	-	-	-	-	1.00	-	-	-
q4 - forza centrifuga	-	-	-	-	-	1.00	-	-

Figura 8.1: Gruppi di carico da traffico per ponti stradali

Nel caso del ponte in esame si è fatto riferimento ai gruppi 1a e 2a.

8.7.2. Carichi variabili da traffico pesante per analisi della fatica

Ai fini delle verifiche a fatica - secondo il criterio del danneggiamento - si adotta il metodo semplificato basato sul modello di carico LMF 3 (figura sotto) e sui fattori equivalenti di danno λ_i .

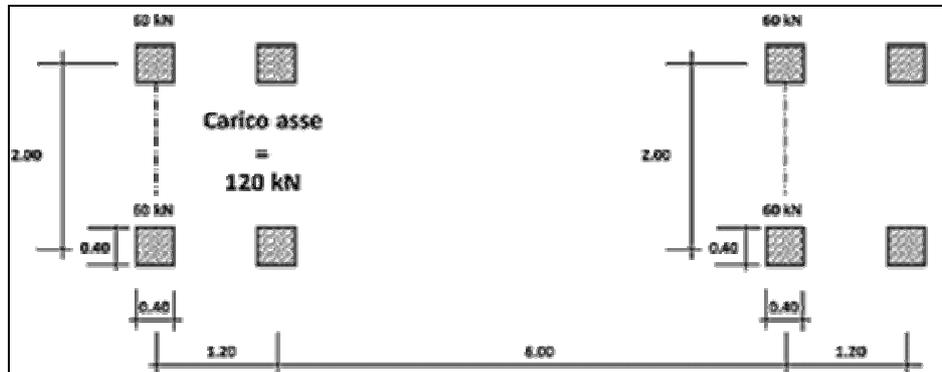


Figura 8.2: Modello di carico a fatica LMF 3

Le ipotesi di base sono: una vita utile di progetto a fatica pari a 100 anni ed un flusso annuo non superiore a 2×10^6 di veicoli con peso $P > 100$ kN (strade ed autostrade con 2 o più corsie per senso di marcia, caratterizzate da intenso traffico pesante).

8.7.3. Variazione termiche

Ai fini delle verifiche dell'impalcato sono state prese in considerazione due azioni termiche differenziali. Indicando con T_s la temperatura all'estradosso soletta e con T_b la temperatura all'intradosso delle travi metalliche, le azioni termiche considerate sono:

$$\Delta T_+ = T_s - T_b = 15^\circ\text{C} \text{ (variazione termica differenziale positiva)}$$

$$\Delta T_- = T_s - T_b = -18^\circ\text{C} \text{ (variazione termica differenziale negativa)}$$

8.7.4. Vento

Per la valutazione del carico del vento sull'impalcato si considera un'altezza velica di 3 m oltre il piano stradale (vento a ponte carico) ed una pressione $p = 2.50$ kN/m². Tale azione si traduce in un carico distribuito differenziale verticale, funzione del braccio della risultante orizzontale agente rispetto al baricentro della sezione composta, nonché dell'interasse delle travi.

8.7.5. Frenatura

La forza di frenamento o di accelerazione q_3 è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n. 1 ed è uguale a

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0,6 (2Q_{1k}) + 0,10 q_{1k} W_{1-} \leq 900 \text{ kN}$$

Tale azione, non dimensionante ai fini delle verifiche dell'impalcato, è presa in conto nelle verifiche delle sottostrutture, delle fondazioni e degli apparecchi di appoggio.

8.7.6. Azione centrifuga

L'azione centrifuga è stata valutata secondo la tabella seguente. Essa è applicata alla quota della pavimentazione.

Raggio di curvatura [m]	Q_c [kN]
$R < 200$	$0,2 \cdot Q_v$
$200 \leq R \leq 1500$	$40 \cdot Q_v / R$
$1500 \leq R$	0

Tabella 8.2

8.7.7. Azione sismica

L'azione sismica verticale è presente nella combinazione sismica, la quale esclude (in base ai fattori di combinazione previsti) i carichi da traffico. Pertanto non è stata presa in considerazione ai fini delle verifiche dell'impalcato bensì nel dimensionamento delle sottostrutture, fondazioni e collegamenti tra impalcato e sottostrutture, cioè baggioli, apparecchi d'appoggio e giunti di dilatazione. L'effetto dinamico del terreno a tergo delle spalle è stato tenuto in conto sia attraverso l'inerzia dovuta al peso proprio, sia attraverso l'incremento dinamico di spinta secondo la teoria di Wood.

Per gli altri dettagli si rimanda al cap. 4.

8.7.8. Carico di costruzione

Durante le fasi di getto della soletta sulle predalles si assume agente un carico aggiuntivo comprensivo sia degli effetti dinamici che della presenza degli addetti alle fasi di getto. Tale carico è assunto pari a $\Delta q = 1 \text{ kN/m}^2$.

8.8. Azioni eccezionali

8.8.1. Urto dei veicoli in svio

Si rimanda alla verifica dell'armatura trasversale di soletta (§ 12.2).

9. COMBINAZIONI DI CARICO

9.1. Combinazioni di carico SLU/SLE adottate ai fini delle verifiche dell'impalcato

A seguire si riporta un riepilogo dei coefficienti di combinazione, valutati in accordo con quanto riportata al §. 2.5.3 e al 5.1.3.12 della normativa adottata [IV].

COMBINAZIONI DI PROGETTO PER LE FASI PROVVISORIE (VARO E GETTO SOLETTA)												
	G1a		Δq									
SLU	1.35		1.35									
COMBINAZIONI DI PROGETTO IN ESERCIZIO												
	FASE 1		FASE 2a	FASE 2b		FASE 3°	FASE 3b				FATICA	
	G1a	G1b	G2	εsh+cr	δi, i = 1,2...	ΔT±	w	TS	UDL	LM5	LMF3	
SLU	1 / 1.35	1 / 1.35	1 / 1.35	1.20	0 / 1.20	0 / 0.72	0 / 0.90	0 / 1.35	0 / 1.35	0		
SLE R	1.00	1.00	1.00	1.00	0 / 1.00	0 / 0.60	0 / 0.60	0 / 1.00	0 / 1.00	0		
SLE F	1.00	1.00	1.00			0 / 0.50		0 / 0.75	0 / 0.40	0		
SLF											0 / 1.00	

9.2. Combinazioni di carico sismiche

Nella tabella a seguire sono dettagliati i coefficienti di combinazione adottati ai fini delle verifiche delle sottostrutture (con relative fondazioni), degli appoggi, baggioli e dei giunti, in aggiunta alle combinazioni espresse al precedente § 9.1.

		C. SISMICHE		
		1	2	3
G1	pei propri ⁽¹⁾	1.00	1.00	1.00
G2	permanenti portati	1.00	1.00	1.00
Ek,L	sisma long. ⁽²⁾	± 1.00	± 0.30	± 0.30
Ek,L	sisma trasv.	± 0.30	± 1.00	± 0.30
Ek,L	sisma vert.	± 0.30	± 0.30	± 1.00
⁽¹⁾ comprensivi delle spinte statiche del terreno				
⁽²⁾ comprensivo della spinta dinamica del terreno				

10. MODELLI DI CALCOLO

10.1. Modellazione globale sismica

Per l'analisi sismica del viadotto si utilizza un modello di calcolo ad elementi finiti utilizzando il codice *CSiBridge ver. 15.1.1*.

Tale modello utilizza elementi "beam" a 2 nodi per modellare il funzionamento delle sottostrutture (composto da un graticcio di elementi longitudinali che simulano le travi e trasversali che simulano la soletta).

Il sistema di vincolo dell'impalcato prevede l'utilizzo di elementi elastici lineari "link" che simulano il funzionamento degli isolatori in elastomero armato, disposti in corrispondenza degli appoggi dell'impalcato e sulle spalle, come rappresentato negli elaborati grafici relativi agli apparecchi di appoggio.

10.2. Modellazione delle travi principali composte acciaio-calcestruzzo

Trattandosi di un sistema misto, le azioni agenti vengono suddivise in tre fasi, corrispondenti al grado di maturazione del getto di calcestruzzo e quindi ai diversi livelli di rigidità e caratteristiche statiche delle sezioni resistenti, costituite in generale dalla trave principale metallica e dalla parte di soletta c.a. collaborante..

- Fase 1: considera il peso proprio della struttura metallica, delle lastre prefabbricate e del getto della soletta che, in questa fase, non è ancora reagente. La sezione resistente corrisponde alla sola parte metallica.
- Fase 2a, 2b: tiene in conto il peso dei successivi carichi permanenti applicati alla struttura (pavimentazione, marciapiedi, barriere di sicurezza, etc.) nonché i fenomeni legati a ritiro della soletta e i cedimenti differenziali. Tale fase fa riferimento ad una sezione resistente mista acciaio-calcestruzzo che, per tenere in considerazione i fenomeni lenti imputabili alla viscosità del calcestruzzo, viene modellata adottando valori del modulo elastico del calcestruzzo corrispondente a quello indicato dalla normativa (§ 5.4.2.2 di [XV]).
- Fase 3: corrisponde al transito dei carichi mobili e a tutte le altre azioni "istantanee": vento, variazioni termiche differenziali positive/negative. Le sollecitazioni sono assegnate ad una sezione resistente acciaio-calcestruzzo omogeneizzata a breve termine (tempo 0).

Si riporta a seguire il riepilogo delle caratteristiche reologiche del calcestruzzo della soletta nonché i coefficienti di omogeneizzazione scelti.

Caratteristiche del cls a tempo zero

Resistenza a compressione caratteristica, f_{ck} (N/mm ²)	37.35
Resistenza a compressione media, $f_{cm} = f_{ck} + 8$ (N/mm ²)	45.35
Modulo elastico secante, $E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$ k (N/mm ²)	34'625.49
Coefficiente di correzione, k	1.00
Tipo di aggregati presenti nell'impasto	Quarziti
Classe del cemento	N

Coefficienti di omogeneizzazione

Moduli elastici Longitudinali		Moduli elastici Tangenziali	
nE a tempo 0	6.065	nG a tempo 0	5.598
nE(t,t ₀) - Permanenti	16.031	nG(t,t ₀) - Permanenti	14.798
nE(t,t ₀) - Ritiro	14.343	nG(t,t ₀) - Ritiro	13.239
nE(t,t ₀) - Def. imposte	19.655	nG(t,t ₀) - Def. imposte	18.143

Tempo e ambiente

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

Eta' del calcestruzzo in giorni all'inizio del ritiro per essiccamento, t_s	2
Eta' del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione dei carichi permanenti, t_0	30
Eta' del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione del ritiro, t_0	2
Eta' del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte, t_0	30
Eta' del calcestruzzo in giorni, t	36'500
Dimensione fittizia dell'elemento di cls, $h_0 = 2A_c/u$ (mm)	288
Sezione dell'elemento, A_c (mm ²)	3'800'000.00
Perimetro a contatto con l'atmosfera, u (mm)	26'400.00
Umidita' relativa percentuale, RH (%)	75

Coefficiente di viscosita' $\varphi(t,t_0)$ e modulo elastico E_{cm} al tempo "t"

Coefficiente di viscosita' $\varphi(t,t_0) = \varphi_0 \beta_c(t,t_0) =$ al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.494
al momento dell'applicazione del ritiro	2.482
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.494

Coefficiente nominale di viscosita', $\varphi_0 = \varphi_{RH} \beta_c(f_{cm}) \beta_c(t_0) =$ al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.503
al momento dell'applicazione del ritiro	2.496
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.503

Coefficiente per l'evoluzione della viscosita' nel tempo, $\beta_c(t_0) = 1/(0.1+t_0^{0.20})$ al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	0.482
al momento dell'applicazione del ritiro	0.801
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	0.482

Eta' del calcestruzzo corretta in funzione della tipologia di cemento, $t_0 = t_0 [9/(2+t_0^{1.2})+1]^\alpha \geq 0.5$ al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	30.00
al momento dell'applicazione del ritiro	2.00
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	30.00

Coefficiente per la variabilita' della viscosita' nel tempo, $\beta_c(t,t_0) = [(t-t_0)/(\beta_H + t-t_0)]^{0.30}$ al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	0.994
al momento dell'applicazione del ritiro	0.994
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	0.994

Modulo elastico al tempo "t", $E_{cm}(t,t_0) = E_{cm}/[1+\psi*\varphi(t,t_0)]$ al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	13'100
al momento dell'applicazione del ritiro	14'642
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	10'684

$\psi =$ al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.100
al momento dell'applicazione del ritiro	0.550
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.500

Altri dati:	
Coefficiente che tiene conto dell'umidita', $\varphi_{RH} = 1 + [(1-RH/100)/(0.1h_0^{1/3})\alpha_1] \alpha_2$	1.249
Coefficiente per la resistenza del cls, $\alpha_1 = (35/f_{cm})^{0.7}$ per $f_{cm} > 35$ Mpa oppure $\alpha_1 = 1$ per $f_{cm} \leq 35$ Mpa	0.834
Coefficiente per la resistenza del cls, $\alpha_2 = (35/f_{cm})^{0.2}$ per $f_{cm} > 35$ Mpa oppure $\alpha_2 = 1$ per $f_{cm} \leq 35$ Mpa	0.950
Coefficiente per la resistenza del cls, $\beta_c(f_{cm}) = 16.8/f_{cm}^{0.5}$	2.495
Coefficiente per il tipo di cemento, $\alpha =$	0
Coefficiente che tiene conto dell'umidita', $\beta_H = 1.5 [1+(0.012 RH)^{18}] h_0 + 250$ $\alpha_3 \leq 1500$ α_3	716
Coefficiente per la resistenza del cls, $\alpha_3 = (35/f_{cm})^{0.5}$ per $f_{cm} > 35$ Mpa oppure $\alpha_3 = 1$ per $f_{cm} \leq 35$ Mpa	0.879

Deformazione di ritiro $\varepsilon_s(t,t_0)$

$$\varepsilon_s(t,t_0) = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0.000290$$

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

Dove:

Deformazione dovuta al ritiro per essiccamento, $\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) k_h \epsilon_{cd,0} =$	0.000221
Coeff. per la variabilita' della deformazione nel tempo, $\beta_{ds}(t, t_s) = (t-t_s)/[(t-t_s)+0.04(h_0^3)^{0.5}] =$	0.995
Parametro che dipende da h_0 (vedi prospetto seguente), $k_h =$	0.76
Deformazione di base, $\epsilon_{cd,0} = 0.85 [(220+110\alpha_{ds1}) * \exp(-\alpha_{ds2} * f_{cm}/f_{cm0})] 10^{-6} \beta_{RH} =$	0.000292
$\beta_{RH} = 1.55 [1-(RH/RH0)^3] =$	0.896
$f_{cm0} =$	10 Mpa
$RH0 =$	100%
Coefficiente per il tipo di cemento, $\alpha_{ds1} =$	4
Coefficiente per il tipo di cemento, $\alpha_{ds2} =$	0.12
Deformazione dovuta al ritiro autogeno, $\epsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \epsilon_{ca00} =$	0.0000684
$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) =$	1.00
$\epsilon_{ca00} = 2.5(f_{ck} - 10) 10^{-6} =$	0.0000684

Valori di k_h

h_0	k_h
100	1.00
200	0.85
300	0.75
≥ 500	0.70

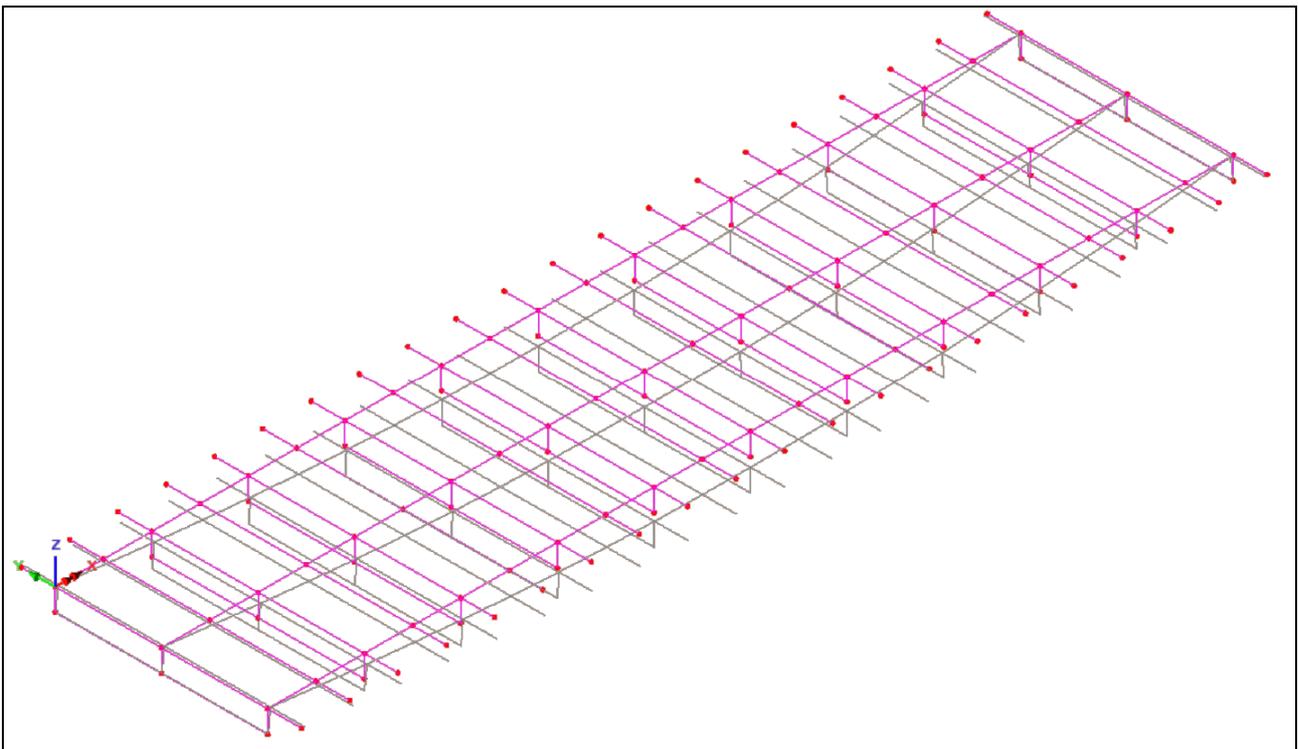


Figura 10.1: Modello di calcolo dell'impalcato e deformata sotto i pesi propri

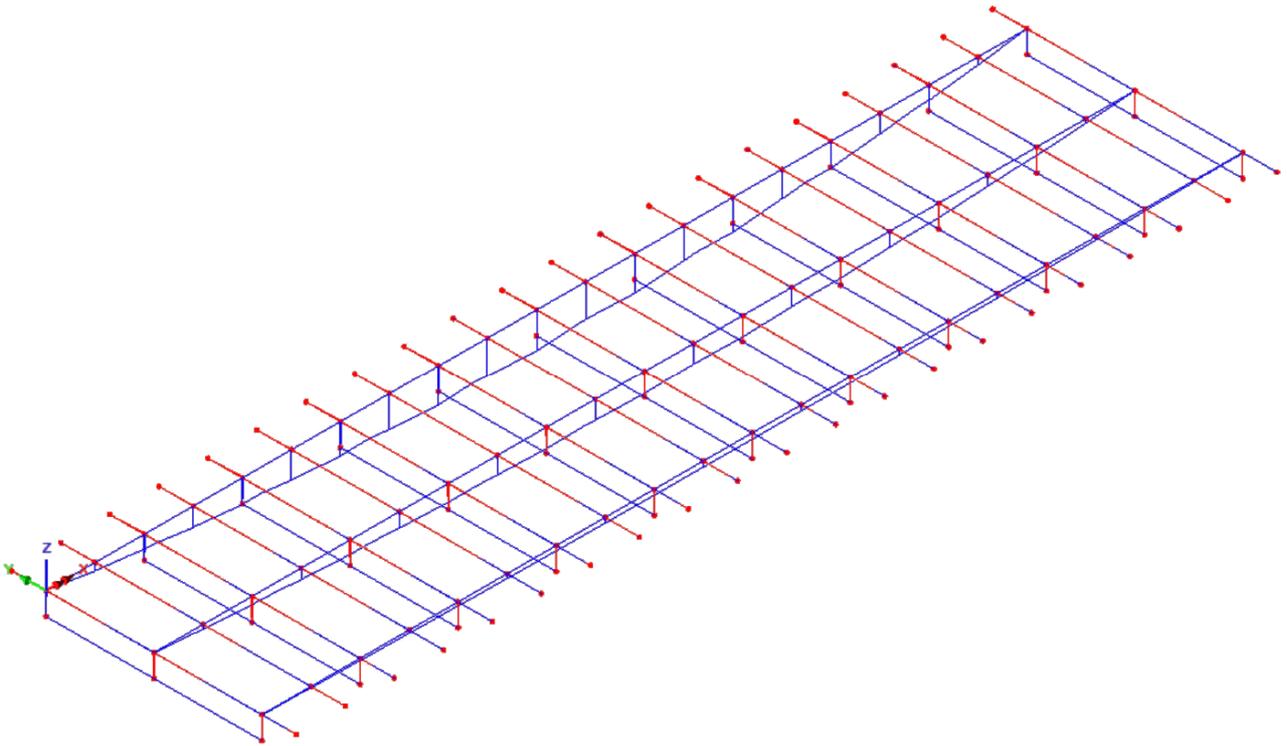


Figura 10.2: Momento flettente (andamento) sotto i carichi da traffico decentrati

10.3. Geometria dei conchi

A seguire si riporta un riepilogo delle caratteristiche geometriche delle sezioni delle travi principali, in funzione dell'ascissa x parallela all'asse stradale. La tabella seguente riepiloga le caratteristiche geometriche di tutte le sezioni trasversali prese in esame. Il significato dei simboli impiegati è:

X = ascissa della sezione

h_s = altezza delle travi (metalliche)

b_{sup} = larghezza della flangia superiore delle travi

t_{sup} = spessore della flangia superiore delle travi

h_w = altezza dell'anima delle travi

t_w = spessore dell'anima delle travi

b_{inf} = larghezza della flangia inferiore delle travi

t_{inf} = spessore della flangia inferiore delle travi

t_{cls} = spessore della soletta collaborante in cls

h_{cop} = spessore coppelle (predalles)

b_{eff} = larghezza efficace (collaborante) della soletta

$\varnothing s'$ = diametro armatura longitudinale superiore

s_{sup} = passo armatura longitudinale superiore

c_{sup} = copriferro di calcolo armatura longitudinale superiore

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

Øs = diametro armatura longitudinale inferiore

s inf = passo armatura longitudinale inferiore

c inf = copriferro di calcolo armatura longitudinale inferiore

d pioli = diametro pioli (gambo)

h pioli = altezza pioli

n pioli = numero di pioli su un metro lineare di piattabanda

X (m)	hs (mm)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)	tcls (mm)	hcop (mm)	beff (mm)	Øs' (mm)	s sup (mm)	c sup (mm)	Øs (mm)	s inf (mm)	c inf (mm)	d pioli (mm)	h pioli (mm)	n pioli (/m)
0.0	1'400	1'000	20	1'350	20	1'200	30	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	40
2.5	1'400	1'000	20	1'350	20	1'200	30	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	40
2.5	1'402	1'000	30	1'332	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	40
5.0	1'541	1'000	30	1'471	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	40
5.0	1'544	1'000	30	1'474	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	40
7.5	1'684	1'000	30	1'614	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	40
7.5	1'687	1'000	30	1'617	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
10.0	1'827	1'000	30	1'757	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
10.0	1'830	1'000	30	1'760	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
12.5	1'970	1'000	30	1'900	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
12.5	1'973	1'000	30	1'903	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
15.0	2'113	1'000	30	2'043	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
15.0	2'116	1'000	30	2'046	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
17.5	2'256	1'000	30	2'186	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
17.5	2'259	1'000	30	2'189	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
20.0	2'398	1'000	30	2'328	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
20.0	2'400	1'000	40	2'320	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
22.5	2'400	1'000	40	2'320	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
22.5	2'400	1'000	40	2'320	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
25.0	2'400	1'000	40	2'320	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
25.0	2'400	1'000	40	2'320	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
27.5	2'400	1'000	40	2'320	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
27.5	2'400	1'000	40	2'320	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
30.0	2'400	1'000	40	2'320	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
30.0	2'398	1'000	30	2'328	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
32.5	2'259	1'000	30	2'189	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
32.5	2'256	1'000	30	2'186	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
35.0	2'116	1'000	30	2'046	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
35.0	2'113	1'000	30	2'043	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
37.5	1'973	1'000	30	1'903	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
37.5	1'970	1'000	30	1'900	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
40.0	1'830	1'000	30	1'760	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
40.0	1'827	1'000	30	1'757	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
42.5	1'687	1'000	30	1'617	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	20
42.5	1'684	1'000	30	1'614	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	40
45.0	1'544	1'000	30	1'474	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	40
45.0	1'541	1'000	30	1'471	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	40
47.5	1'402	1'000	30	1'332	20	1'200	40	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	40
47.5	1'400	1'000	20	1'350	20	1'200	30	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	40
50.0	1'400	1'000	20	1'350	20	1'200	30	300	50	5'000	20	200	91	20	200	80	19	180	40

10.4. ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DEI CODICI DI CALCOLO

In accordo col cap. 10 della norma [IV] si riportano di seguito le considerazioni e valutazioni relativamente ai risultati dell'analisi e ai codici di calcolo adottati.

10.4.1. Origine e caratteristiche dei software di calcolo

L'analisi dei modelli di calcolo è stata condotta attraverso il software agli elementi finiti LUSAS Bridge v. 15 della casa software Lusas. La sovrapposizione dei risultati dei modelli e le verifiche di resistenza, tensionale, di stabilità, fessurazione e fatica sono state condotte per mezzo del software Ponti EC4 sviluppato dalla società Alhambra srl di Terni.

10.4.2. Affidabilità dei codici utilizzati

La versione di LUSAS Bridge adottata per gli scopi di questa progettazione consente di eseguire analisi di elementi finiti in campo lineare statico e dinamico, utilizzando una modellazione a grigliato con elementi beam (monodimensionali) aventi leggi costitutive lineari. Il software permette di definire i carichi da traffico in accordo con le norme [IV] e [VIII], consentendo di movimentare, lungo le corsie convenzionali, le azioni concentrate e distribuite che simulano il passaggio dei veicoli, valutando per ogni sezione dell'impalcato gli effetti massimi e quelli concomitanti (in termini di sollecitazioni).

Il software in parola permette, inoltre, un'analisi strutturale per fasi – necessaria per eseguire correttamente il progetto di questa tipologia di impalcati – cioè è in grado di analizzare ed estrarre i risultati di differenti modelli aventi in comune la geometria (posizione e dimensioni degli elementi f.e.m.), ed i vincoli.

Dopo aver esaminato la documentazione a corredo del software e quella reperibile sul sito web (www.lusas.com) si ritiene, per le particolari funzioni implementate (in particolare la possibilità di interfacciarsi col software post-processore PontiEC4), che il LUSAS sia affidabile ed idoneo alla progettazione in oggetto.

Il software PontiEC4, pre / post-processore e verificatore specifico per ponti misti acciaio-calcestruzzo, è in grado di definire, in fase di pre-processing, le sezioni degli elementi beam da usare nel modello LUSAS in funzione delle diverse fasi (1, 2a, 2b, 3a, 3b) contemplate nell'analisi / verifica del ponte a sezione composta. In fase di post-processing, il software estrae e sovrappone i risultati dell'analisi dei diversi modelli ed esegue le verifiche previste (cfr. §.11.2)

Anche per il software di verifica PontiEC4 valgono le stesse considerazioni e giudizio di idoneità e affidabilità espressi per il Lusas, anche in considerazione di tutta la documentazione e degli esempi svolti reperibili sul sito www.lusas.it

11. CRITERI DI VERIFICA

11.1. Premessa

L'analisi delle azioni agenti e le verifiche vengono eseguite sulla base di una suddivisione del comportamento dell'impalcato in tre macro-fasi, corrispondenti al grado di maturazione del getto di calcestruzzo e, quindi, ai diversi livelli di rigidezza e caratteristiche statiche delle sezioni (cfr. § 10.2). Il prospetto successivo riepiloga le fasi ed i modelli considerati ai fini delle verifiche globali dell'impalcato.

	Struttura resistente	Azioni agenti	
sovrapposizione	FASE 1	Impalcato metallico	Peso acciaio + soletta cls
	FASE 2a	Impalcato acc-cls	Sovracc. permanenti
	FASE 2b	Impalcato acc-cls	Ritiro e cedimenti differ.
	FASE 3a	Impalcato acc-cls	Azione termica
	FASE 3b	Impalcato acc-cls	Carichi traffico stradale + vento (in eserc.)
	FATICA	Impalcato acc-cls	Carichi traffico stradale - modelli di carico a fatica

Tabella 11.1: Fasi e modelli considerati

11.2. Verifiche considerate

Il quadro normativo di cui al § 3 prevede le verifiche sotto riportate.

11.2.1. Verifiche agli SLU

Agli Stati Limite Ultimi sono condotte le verifiche:

- di resistenza globale della sezione composta (stato limite elastico) con riferimento alle tensioni normali e tangenziali sugli elementi della trave metallica e sulle fibre della soletta c.a, tenendo conto delle instabilità locali per compressione e taglio di anima e piattabande (sez. di classe 4 con irrigidimenti longitudinali, dove presenti, e trasversali) e delle armature longitudinali presenti nella larghezza collaborante, nonché della fessurazione
- di resistenza della connessione tra travi e soletta, con riferimento alle caratteristiche resistenti dei connettori, delle armature e del calcestruzzo
- di resistenza e stabilità degli irrigidimenti (longitudinali e trasversali)

11.2.2. Verifiche agli SLE

Agli Stati Limite di Esercizio sono condotte le verifiche:

- tensionali della sezione composta (SLE R)

e) di resistenza della connessione (SLE R)

f) di fessurazione (SLE R e SLE F)

g) di web-breathing - limitazione dello sfogo dell'anima (SLE F).

Le verifiche alle tensioni in esercizio SLE QP per il calcestruzzo (0.45 fck), come previsto dalla norma [IV] e dalla Sezione 7 di [XV], sono implicitamente soddisfatte dalle verifiche alle tensioni SLE R (0.6 fck) perché il contributo dei carichi variabili è superiore a quello dei carichi permanenti portati. Pertanto le tensioni di compressione sul calcestruzzo della soletta in combinazione SLE Rara sono almeno pari al doppio di quelle che si hanno in combinazione quasi permanente, e quindi la verifica condotta sulle tensioni del calcestruzzo in combinazione rara rispetto al limite 0.6 fck include automaticamente la verifica in combinazione quasi permanente rispetto al limite 0.45 fck.

11.2.3. Verifiche allo SLF

Allo Stato Limite di Fatica sono condotte le verifiche:

h) delle flange e delle anime delle travi metalliche

i) della connessione (pioli)

j) dei giunti saldati a completa penetrazione longitudinali, ossia di composizione delle sezioni (flangia-anima, anima-irrigidimento longitudinali, qualora presenti) e trasversali, cioè tra omologhi elementi di segmenti di trave consecutivi (flangia con flangia oppure anima con anima).

12. ANALISI E VERIFICHE DELLA SOLETTA

12.1. Fase di getto – verifica predalle

MATERIALI			
Calcestruzzo		Acciaio d'armatura	
Rck	50 N/mm ²	f _{yk}	450.00 N/mm ²
f _{ck}	41.50 N/mm ²	γ _s	1.15
γ _c	1.50	f _{yd}	391.30 N/mm ²
α _{cc}	0.85	E _s	210.00 kN/mm ²
f _{cd}	23.52 N/mm ²	n	5.91
E _c	35.55 kN/mm ²		

GEOMETRIA	
s (spessore fondello)	6.00 cm
h (altezza traliccio)	16.00 cm
H (altezza soletta finita)	30.00 cm
b (larghezza fondello)	40.00 cm
i _L (passo longit. traliccio)	19.00 cm
i _T (passo trasv. traliccio)	20.00 cm
Ø ₁ (diametro ferro sup)	22 mm
Ø ₂ (diametro ferro diag)	10 mm
Ø ₃ (diametro ferri inf)	18 mm
■ Blocchi di alleggerimento	

SCHEMA STATICO	
○ Sbalzo (solo momento negativo e taglio)	
○ Trave appoggiata	
● Trave appoggiata con sbalzo	
L _S (lunghezza sbalzo)	2.55 m
L _I (luce interna)	5.50 m

ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI	
Q _k (peso):	$25 \cdot 0.30 \cdot 0.40 = 3.00$ kN/m
Δq (incremento dinamico getto)=	1.00 kN/m ²
Q _d :	$1.35 \cdot (3.00 + 1.00 \cdot 0.40) = 4.59$ kN/m
γ _G =	1.35
M _{Ed}	-14.92 kNm/m
M ⁺ _{Ed}	17.36 kNm/m
V _{Ed}	15.34 kN/m

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

VERIFICHE

- Verifica ad instabilità delle barre compresse superiori
- Verifica ad instabilità delle barre compresse inferiori
- Verifica di resistenza del calcestruzzo compresso

Verifica a taglio V

α_1 (inclinazione diagonali nel piano verticale)	$atan(16.00/(19.00/2)) =$	59.30 °
α_2 (inclinazione diagonali nel piano trasversale)	$atan(16.00/(20.00/2)) =$	57.99 °
$N_{2,Ed}$ (forza sul diagonale \emptyset_2 - SLU)	$15.34 / [2 * sen(59.30^\circ) * sen(57.99^\circ)] =$	10.52 kN
l_0 (lunghezza di libera inflessione dei diagonali)	$\sqrt{[16.00^2 + (19.00/2)^2 + (20.00/2)^2]} =$	21.12 cm
λ (snellezza diagonali)	$10 * 21.12 / (10.00/4) =$	84.50
ε	$\sqrt{[235 / 450]} =$	0.72
$\bar{\lambda}$	$84.50 / (93.9 * 0.72) =$	1.25
Φ	$0.5 * [1 + 0.49 * (1.25 - 0.2) + 1.25^2] =$	1.53
χ	$1 / [1.53 + \sqrt{(1.53^2 - 1.25^2)}] =$	0.41
$N_{2,Rd}$ (resistenza a compressione del diagonale \emptyset_2)	$1/1000 * 0.41 * 391.30 * 3.14 * 10^2/4 =$	12.68 kN > $N_{2,Ed}$ --> OK

Verifica a M-

$N_{1,Ed}$ (forza sulla barra superiore \emptyset_1) - SLU	93.27 kN	σ_s (tensione \emptyset_1)	245.36 N/mm ² < f_{yd} --> OK
$N_{3,Ed}$ (forza sulle barre inferiori \emptyset_3) - SLU	-46.64 kN	σ_s (tensione \emptyset_3)	-183.26 N/mm ² < f_{yd} --> OK
$N_{c.a.}$ (forza compressione sul fondello - SLE R)	-69.09 kN	σ_c (tensione sul cls)	2.56 N/mm ² < $0.6 f_{ck}$ --> OK
l_0 (lunghezza libera infless. barre int. \emptyset_3) =	19.00 cm	$\bar{\lambda}$	0.62
λ (snellezza)	$10 * 19.00 / (18 / 4) =$ 42.22	Φ	0.80
ε	$\sqrt{[235 / 450]} =$ 0.72	χ	0.77
$N_{3,Rd}$ (resistenza a instabilità barre inf. \emptyset_3)		$0.001 * 0.77 * 391.30 * 3.14 * 18^2/4 =$	76.89 kN > $N_{3,Ed}$ --> OK

Verifica a M+

$N_{1,Ed}$ (forza sulla barra superiore \emptyset_1)	-108.47 kN	σ_s (tensione \emptyset_1)	-285.36 N/mm ² < f_{yd} --> OK
$N_{3,Ed}$ (forza sulle barre inferiori \emptyset_3)	54.24 kN	σ_s (tensione \emptyset_3)	213.14 N/mm ² < f_{yd} --> OK
l_0 (lunghezza libera infless. barre sup. \emptyset_1) =	19.00 cm	$\bar{\lambda}$	0.51
λ (snellezza)	$10 * 19.00 / (22 / 4) =$ 34.55	Φ	0.71
ε	$\sqrt{[235 / 450]} =$ 0.72	χ	0.84
$N_{1,Rd}$ (resistenza a instabilità barre sup. \emptyset_1)		$0.001 * 0.84 * 391.30 * 3.14 * 22^2/4 =$	124.63 kN > $N_{1,Ed}$ --> OK

12.2. In situazione persistente / eccezionale

12.2.1 DATI GEOMETRICI

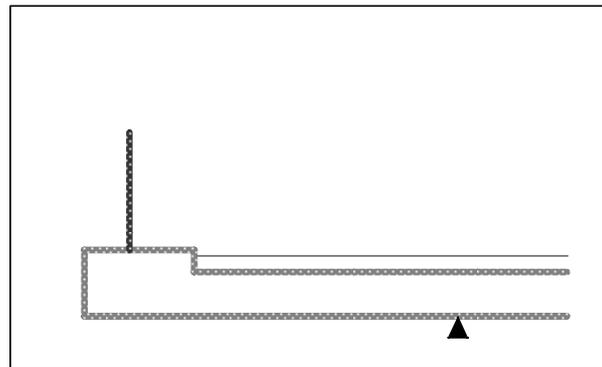
L_{sb}		2.55 m	(Lunghezza sbalzo)
S_{sol}		0.30 m	(Spessore totale soletta, comprensiva delle predalles)
S_{pav}		0.11 m	(Spessore medio pavimentazione sullo sbalzo)
S_{marc}		0.15 m	(Sovralzo marciapiede oltre la soletta)
L_{marc}		0.75 m	(Larghezza marciapiede)
L_{pav}	$= 2.55 - 0.75 =$	1.80 m	(Larghezza pavimentazione sulla parte a sbalzo)
$d_{rete/barr}$	<input type="checkbox"/> barriera fonoassorbente/parapetto		(Distanza rete/barriera fonoassorbente da incastro)
S_{guard}	<input checked="" type="checkbox"/> guard-rail	0.45 m	(Arretramento guard-rail rispetto filo marciapiede)
$d_{veletta}$	<input checked="" type="checkbox"/> veletta di chiusura laterale	2.55 m	(Distanza veletta da incastro)
d_{tubo}	<input checked="" type="checkbox"/> tubo di drenaggio	3.00 m	(Distanza collettore da incastro)

Diffusione dei carichi e delle sollecitazioni nella soletta dell'impalcato

α_{vert}	45°	(Diffusione verticale dei carichi nello spessore della soletta)	
α_{hor}	45°	(Diffusione orizzontale nel piano della soletta)	<input type="radio"/> Diffusione orizzontale da un solo lato <input checked="" type="radio"/> Diffusione orizzontale da ambo i lati

12.2.2 PESI UNITARI

Soletta impalcato	25.00 kN/m ³
Pavimentazione (sullo sbalzo)	23.00 kN/m ³
Guard-rail	1.00 kN/m
Veletta	3.60 kN/m
Tubo di drenaggio acque stradali	1.00 kN/m



Schema di calcolo

12.2.3 CALCOLO DELLE AZIONI

12.2.3.1 URTO VEICOLO IN SVIO

F_k		100.00 kN	(Azione urto)
L_{diff}		0.50 m	(Lunghezza di diffusione dell'urto sulla barriera)
$h_{barr sic}$		1.60 m	(Altezza della barriera di sicurezza)
h_{svio}	$= \min \{1.00 ; 1.60 - 0.10\} =$	1.00 m	(Altezza di applicazione dell'azione di svio)
F_k	$= 100.00 / 0.50 =$	200.00 kN/m	(Azione urto al piede barriera)
M_k	$= 200.00 * 1.00 =$	200.00 kNm/m	(Momento azione urto al piede barriera)
L_d	$= 0.50 + 2 * 1.80 * \tan(45^\circ) =$	4.10 m	(Larghezza diffusione urto alla sezione di incastro)
V_{Ak}	$= 200 * 0.50 / 4.10 =$	24.39 kN/m	(Azione urto - sezione di incastro)
m_{Ak}	$= 200 * 0.50 / 4.10 =$	24.39 kNm/m	(Momento azione urto - sezione di incastro)

12.2.3.2 CARICHI DA TRAFFICO

12.2.3.2.1 Schema di carico 1 (LM 1)

L_1	0.40 m	(Larghezza impronta direzione longitudinale)
L_2	0.40 m	(Larghezza impronta direzione trasversale)
l_{long}	1.20 m	(Interasse longitudinale impronte di carico)
l_{trasv}	2.00 m	(Interasse trasversale impronte di carico)
$Q_{1k} (TS - Tandem Sistem)$	150.00 kN	(Carico su singola ruota - corsia n. 1)
$q_{1k} (UDL)$	9.00 kN/m ²	(Carico uniformemente distribuito - corsia n. 1)

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

Schema 1-posizione 1 (adiacente guard rail)			
d1	= 1.80 - 0.40/2 =	1.60 m	(Braccio di leva impronte di carico fila esterna)
		100%	(Aliquota efficace impronte di carico fila esterna)
Ld1	= 0.40 + 2 * 1.60 * tan(45°) + 2 * (0.11 + 0.30/2) * tan(45°) =	4.12 m	(Larghezza diffusione 1 impronta di carico)
Ld2	= 0.40 + 1.20 + 2 * 1.60 * tan(45°) + 2 * (0.11 + 0.30/2) * tan(45°) =	5.32 m	(Larghezza diffusione 2 impronte di carico)
v1	= 150 * 100% / 4.12 + 9.00 * 1.80 =	52.61 kN/m	(Azione verticale 1 impronta + carico distrib.)
v2	= 2 * 150 * 100% / 5.32 + 9.00 * 1.80 =	72.59 kN/m	(Azione verticale 2 impronte + carico distrib.)
m1	= 150 * 100% / 4.12 * 1.60 + 9.00 * 1.80 ² / 2 =	72.83 kNm/m	(Momento 1 impronta + carico distrib.)
m2	= 2 * 150 * 100% / 5.32 * 1.60 + 9.00 * 1.80 ² / 2 =	104.81 kNm/m	(Momento 2 impronte + carico distrib.)

Schema 1-posizione 2 (adiacente trave)			
d1	= 0.40/2 =	0.20 m	(Braccio di leva impronte di carico fila esterna)
Ld1	= 0.40 + 2 * 0.20 * tan(45°) + 2 * (0.11 + 0.30/2) * tan(45°) =	1.32 m	(Larghezza diffusione 1 impronta di carico)
Ld2	= 0.40 + 1.20 + 2 * 0.20 * tan(45°) + 2 * (0.11 + 0.30/2) * tan(45°) =	2.52 m	(Larghezza diffusione 2 impronte di carico)
q1	= 150 / 1.32 + 9.00 * 1.80 =	129.84 kN/m	(Azione verticale 1 impronta + carico distrib.)
q2	= 2 * 150 / 2.52 + 9.00 * 1.80 =	135.25 kN/m	(Azione verticale 2 impronte + carico distrib.)
m1	= 150 / 1.32 * 0.20 + 9.00 * 1.80 ² / 2 =	37.31 kNm/m	(Momento 1 impronta + carico distrib.)
m2	= 2 * 150 / 2.52 * 0.20 + 9.00 * 1.80 ² / 2 =	38.39 kNm/m	(Momento 2 impronte + carico distrib.)

12.2.3.2.2 Schema di carico 2 (LM 2)

L ₁	0.60 m	(Larghezza impronta direzione longitudinale)
L ₂	0.35 m	(Larghezza impronta direzione trasversale)
l _{long}	2.00 m	(Interasse impronte)
Q _{1k}	200.00 kN	(Carico su singola ruota)

Schema 2-posizione 1 (adiacente guard rail)			
d	= 1.80 - 0.35/2 =	1.63 m	(Braccio di leva impronte di carico)
		100%	(Aliquota efficace impronte di carico fila esterna)
Ld1	= 0.60 + 2 * 1.63 * tan(45°) + 2 * (0.11 + 0.30/2) * tan(45°) =	4.37 m	(Larghezza diffusione 1 impronta di carico)
Ld2	= 0.60 + 2.00 + 2 * 1.63 * tan(45°) + 2 * (0.11 + 0.30/2) * tan(45°) =	6.37 m	(Larghezza diffusione 2 impronte di carico)
q1	= 200 * 100% / 4.37 =	45.77 kN/m	(Azione verticale a metro 1 impronta di carico)
q2	= 2 * 200 * 100% / 6.37 =	62.79 kN/m	(Azione verticale a metro 2 impronte di carico)
m1	= 45.77 * 1.63 =	74.37 kNm/m	(Momento a metro 1 impronta di carico)
m2	= 62.79 * 1.63 =	102.04 kNm/m	(Momento a metro 2 impronte di carico)

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

Schema 2-posizione 2 (adiacente trave)					
d		= 0.35/2 =	0.18	m	(Braccio di leva impronte di carico)
Ld1		= 0.60+2*0.18*tan(45°)+2*(0.11+0.30/2)*tan(45°) =	1.47	m	(Larghezza diffusione 1 impronta di carico)
Ld2		=0.60+2.00+2*0.18*tan(45°)+2*(0.11+0.30/2)*tan(45°) =	3.47	m	(Larghezza diffusione 2 impronte di carico)
q1		= 200 / 1.47 =	136.05	kN/m	(Azione verticale a metro 1 impronta di carico)
q2		= 2 * 200 / 3.47 =	115.27	kN/m	(Azione verticale a metro 2 impronte di carico)
m1		= 136.05 * 0.18 =	23.81	kNm/m	(Momento a metro 1 impronta di carico)
m2		= 115.27 * 0.18 =	20.17	kNm/m	(Momento a metro 2 impronte di carico)

12.2.3.2.3 Schema di carico 4 - folla (LM 4)

q _{5k}			5.00	kN/m ²	(Carico distribuito folla compatta)
L		= 2.35 - 2.25 =	0.10	m	(Larghezza zona caricata)
d		= (2.35 + 2.25) / 2 =	2.30	m	(Braccio di leva carico folla compatta)
v _k		= 5.00 * 0.10 =	0.50	kN/m	(Risultante carico folla compatta)
m _k		= 0.50 * 2.30 =	1.15	kNm/m	(Momento carico folla compatta)

12.2.4 RISULTATI

SOLLECITAZIONI DI PIASTRA ALL'INCASTRO - COND. DI CARICO ELEMENTARI						
AZIONE	TIPO	q [kN/m ²]	H [kN/m]	V [kN/m]	M [kNm/m]	
Peso proprio soletta	G1k	0.30 * 25 =	7.50	-	19.1	24.4
Peso marciapiede	G2k	0.15 * 25 =	3.75	-	2.8	6.1
Peso pavimentazione	G2k	0.11 * 23 =	2.53	-	4.6	4.1
Peso veletta	G2k		3.60	-	3.6	9.2
Peso guard-rail + tubo di drenaggio	G2k		2.00	-	2.0	5.3
Tot permanenti Gk				-	32.1	49.0
Traffico - LM 1 pos. 1	Q11k			-	72.6	104.8
Traffico - LM 1 pos. 2	Q12k			-	135.2	38.4
Traffico - LM 2 pos. 1	Q13k			-	62.8	102.0
Traffico - LM 2 pos. 2	Q14k			-	136.1	23.8
Traffico - LM 4 (folla)	Q15k			-	0.5	1.2
Azione del vento su barriera	Fwk			-	0.0	0.0
Azione eccezionale (urto veicolo)	Ak			24.4	0.0	24.4

COMBINAZIONI DI CARICO PER SITUAZIONI DI PROGETTO						
	Permanenti Gk	TRAFFICO Q1k			Vento Fwk	Urto Ak
		LM 1	LM 2	LM 5		
γ _F (A1) (persistente e transitoria)	1.35	1.35	1.35	1.35	1.50	-
γ _F (eccezionale)	1.00	-	1.00	-	-	1.00
ψ ₀	-	0.75	-	0.60	0.60	-
ψ ₁ (gruppi 1a e 1b)	-	0.75	0.75	-	0.20	-
ψ ₂	-	-	-	-	-	-
ψ ₀	-	-	-	-	0.60	-
ψ ₁ (gruppi 4)	-	-	-	0.75	0.20	-
ψ ₂	-	-	-	-	-	-

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

SOLLECITAZIONI DI PIASTRA ALL'INCASTRO - VALORI DI PROGETTO					
COMB.	GRUPPO		H [kN/m]	V [kN/m]	M [kNm/m]
1 - SLU	(Gr. 1a)	$1.35 * G_k + 1.35 * Q_{11k} + 1.35 * 0.6 * Q_{15k} + 1.5 * 0.6 * F_{wk}$	-	141.7	208.6
2 - SLU	(Gr. 1a)	$1.35 * G_k + 1.35 * Q_{12k} + 1.35 * 0.6 * Q_{15k} + 1.5 * 0.6 * F_{wk}$	-	226.3	118.9
3 - SLU	(Gr. 1b)	$1.35 * G_k + 1.35 * Q_{13k} + 1.5 * 0.6 * F_{wk}$	-	128.1	203.9
4 - SLU	(Gr. 1b)	$1.35 * G_k + 1.35 * Q_{14k} + 1.5 * 0.6 * F_{wk}$	-	227.0	98.3
5 - SLU	(Gr. 4)	$1.35 * G_k + 1.35 * Q_{15k} + 1.5 * 0.6 * F_{wk}$	-	44.0	67.7
6 - SLU	(Gr. 1a)	$1.35 * G_k + 1.5 * F_{wk} + 1.35 * 0.75 * Q_{11k} + 1.35 * 0 * Q_{15k}$	-	116.8	172.3
7 - SLU	(Gr. 1a)	$1.35 * G_k + 1.5 * F_{wk} + 1.35 * 0.75 * Q_{12k} + 1.35 * 0 * Q_{15k}$	-	180.3	105.1
8 - SLU	(Gr. 1b)	$1.35 * G_k + 1.5 * F_{wk} + 1.35 * 0 * Q_{13k}$	-	43.3	66.2
9 - ECC		$G_k + Q_{13k} + A_k$	24.4	94.9	175.5
10 - SLE R	(Gr. 1a)	$G_k + Q_{11k} + 0.6 * Q_{15k} + 0.6 * F_{wk}$	-	105.0	154.5
11 - SLE R	(Gr. 1a)	$G_k + Q_{12k} + 0.6 * Q_{15k} + 0.6 * F_{wk}$	-	167.6	88.1
12 - SLE R	(Gr. 1b)	$G_k + Q_{13k} + 0.6 * F_{wk}$	-	94.9	151.1
13 - SLE R	(Gr. 1b)	$G_k + Q_{14k} + 0.6 * F_{wk}$	-	168.1	72.8
14 - SLE R	(Gr. 4)	$G_k + Q_{15k} + 0.6 * F_{wk}$	-	32.6	50.2
15 - SLE R	(Gr. 1a)	$G_k + F_{wk} + 0.75 * Q_{11k} + 0 * Q_{15k}$	-	86.8	128.3
16 - SLE R	(Gr. 1a)	$G_k + F_{wk} + 0.75 * Q_{12k} + 0 * Q_{15k}$	-	133.8	78.5
17 - SLE R	(Gr. 1b)	$G_k + F_{wk} + 0 * Q_{13k}$	-	32.1	49.0
18 - SLE F	(Gr. 1a)	$G_k + 0.75 * Q_{11k} + 0 * Q_{15k} + 0 * F_{wk}$	-	86.5	127.6
19 - SLE F	(Gr. 1a)	$G_k + 0.75 * Q_{12k} + 0 * Q_{15k} + 0 * F_{wk}$	-	133.5	77.8
20 - SLE F	(Gr. 1b)	$G_k + 0.75 * Q_{13k} + 0 * F_{wk}$	-	79.2	125.6
21 - SLE F	(Gr. 1b)	$G_k + 0.75 * Q_{14k} + 0 * F_{wk}$	-	134.1	66.9
22 - SLE F	(Gr. 4)	$G_k + 0.75 * Q_{15k} + 0 * F_{wk}$	-	32.5	49.9
23 - SLE F		$G_k + 0.2 * F_{wk}$	-	32.1	49.0

GEOMETRIA SEZIONE

Dimensioni sezione

larghezza B	100.00	cm
altezza H	30.00	cm

Ferri trasversali

n. / Ø	passo (cm)	
A _{s,staffe}	-	cm ² /m
A _{piegati}	2.5Ø20 40.00	19.63 cm ² /m
Rapporto armatura trasversale ρ		2.78 ‰

Ferri longitudinali (flessione+taglio)

copriferro sup	9.00	cm
copriferro inf	8.00	cm
As'	5Ø20+5Ø26	42.25 cm ²
As	2.5Ø20+2.5Ø26	21.13 cm ²
Rapp. armatura superiore ρ		2.012 ‰
Rapp. armatura inferiore ρ		0.960 ‰
Rapp. relativo armatura ρ/ρ'		48 ‰

PARAMETRI SEZIONE INTERAMENTE REAGENTE

Area totale omogenizzata	3'950.72	cm ²
Posizione baricentro	14.60	cm
Momento statico baricentrico* ..	14'205.1	cm ³
Momento d'inerzia baricentrico ..	26.27	dm ⁴
Braccio coppia interna	18.49	cm

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO				VERIFICHE SLU N-M			VERIFICHE SLU TAGLIO					
<i>N.B. N >0 compressione</i>												
N [kN]	M [kNm]	V [kN]	T [kNm]	M _{Rd} [kNm]	N _{Rd} [kN]	η _{slc}	V _{Rd} [kN]	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	η _{slc} taglio cls	η _{slc} taglio c.a.	
0.00	-208.61	141.73		-279.5	5'831.3	1.34	210	1'200	308	1.48	2.17	
0.00	-118.95	226.31		-279.5	7'109.0	2.35	210	1'200	308	0.93	1.36	
0.00	-203.95	128.10		-279.5	5'906.2	1.37	210	1'200	308	1.64	2.40	
0.00	-98.33	227.00		-279.5	7'369.2	2.84	210	1'200	308	0.92	1.36	
0.00	-67.74	44.00		-279.5	7'720.3	4.13	210	1'200	308	4.77	7.00	
0.00	-172.31	116.82		-279.5	6'404.3	1.62	210	1'200	308	1.80	2.64	
0.00	-105.06	180.26		-279.5	7'285.0	2.66	210	1'200	308	1.16	1.71	
0.00	-66.19	43.32		-279.5	7'737.0	4.22	210	1'200	308	4.84	7.11	
-24.39	-175.46	94.89		-277.6	-1'331.0	1.58	207	1'200	308	2.18	3.25	

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

SOLLECITAZIONI SLE				VERIFICHE SLE							
<i>N.B. N >0 compressione</i>				<i>Tipo comb. (tensioni in esercizio, trazioni >0 [N/mm²])</i>				<i>(apertura fessure [mm])</i>			
N [kN]	M [kNm]	M _{decom} [kNm]	M _{fless} [kNm]	SLE	σ _c [N/mm ²]	σ _s [N/mm ²]	σ _{c,min}	σ _{s,max}	w _k [mm]	w _{k,max} [mm]	
0.00	-154.53	0.00	-50.27	Rara	-14.95	216.83	-22.41	±360.00	0.202		
0.00	-151.07	0.00	-50.27	Rara	-14.61	211.98	-22.41	±360.00	0.198		
0.00	-50.18	0.00	-50.27	Rara	-2.94	-21.21	-22.41	±360.00	-		
0.00	-128.32	0.00	-50.27	Rara	-12.41	180.06	-22.41	±360.00	0.168		
0.00	-127.63	0.00	-50.27	Frequente	-12.34	179.09	-22.41	±360.00	0.167	0.300	
0.00	-125.56	0.00	-50.27	Frequente	-12.14	176.19	-22.41	±360.00	0.165	0.300	
0.00	-49.89	0.00	-50.27	Frequente	-2.92	-21.08	-22.41	±360.00	-	0.300	
0.00	-49.03	0.00	-50.27	Frequente	-2.87	-20.72	-22.41	±360.00	-	0.300	
0.00	-49.03	0.00	-50.27	Q.perman.	-2.87	-20.72	-16.81	-	-	0.200	

13. ANALISI E VERIFICHE DELLE TRAVI PRINCIPALI

13.1. Grafici di riepilogo delle azioni sollecitanti

Nell'esposizione dei risultati delle analisi e delle verifiche si fa riferimento ad una numerazione delle "fibre" delle sezione composta acciaio-clc. dettagliata nella figura successiva.

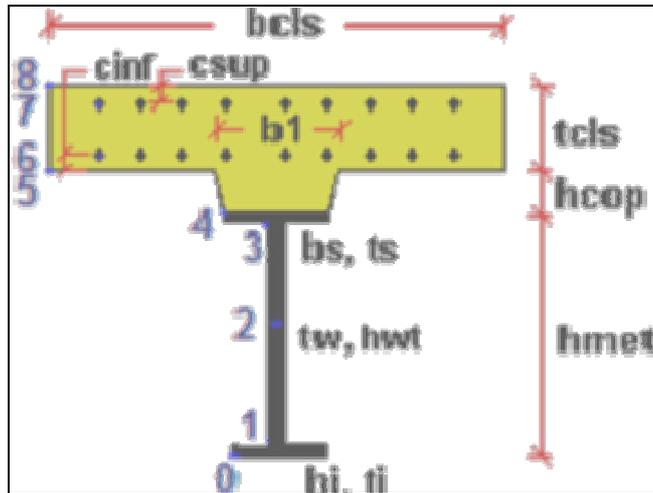


Figura 13.1: Simbologia adottata

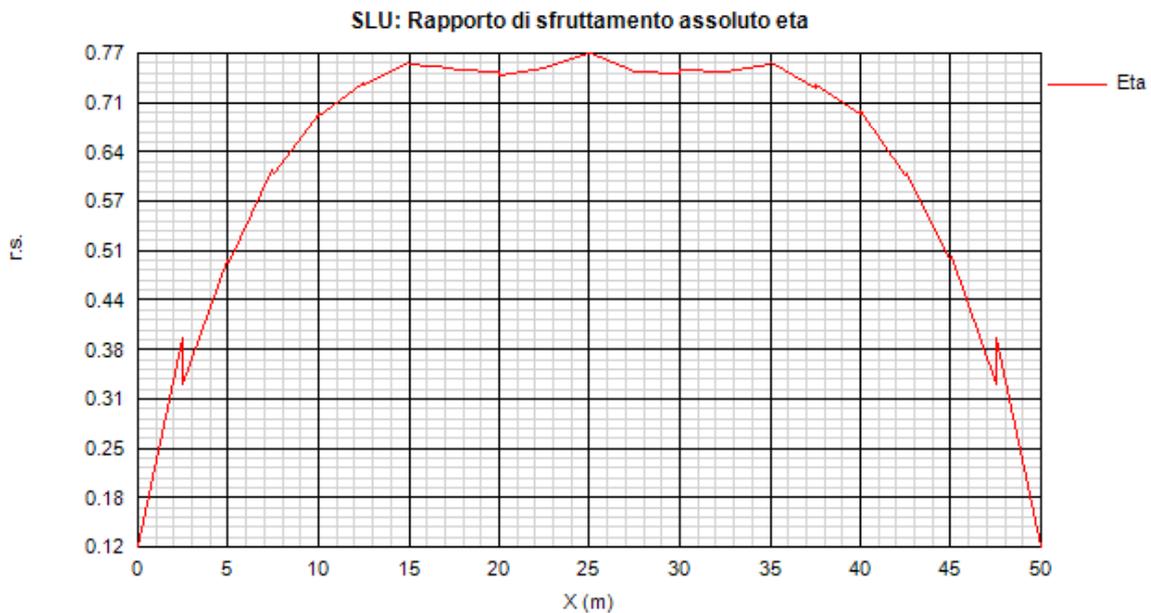


Figura 13.2:

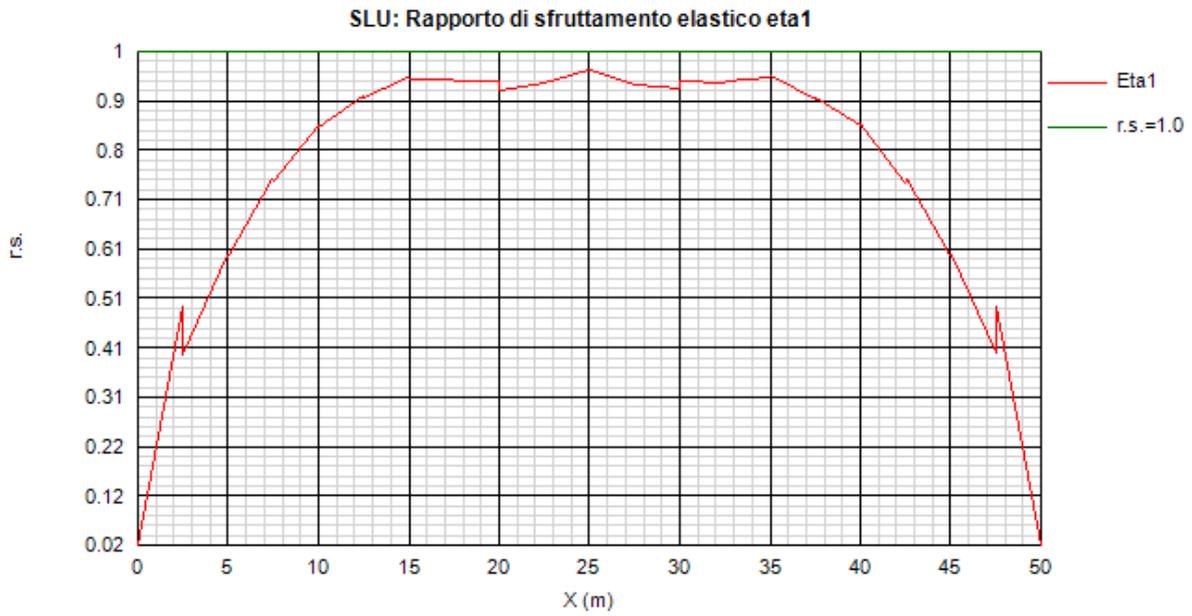


Figura 13.3:

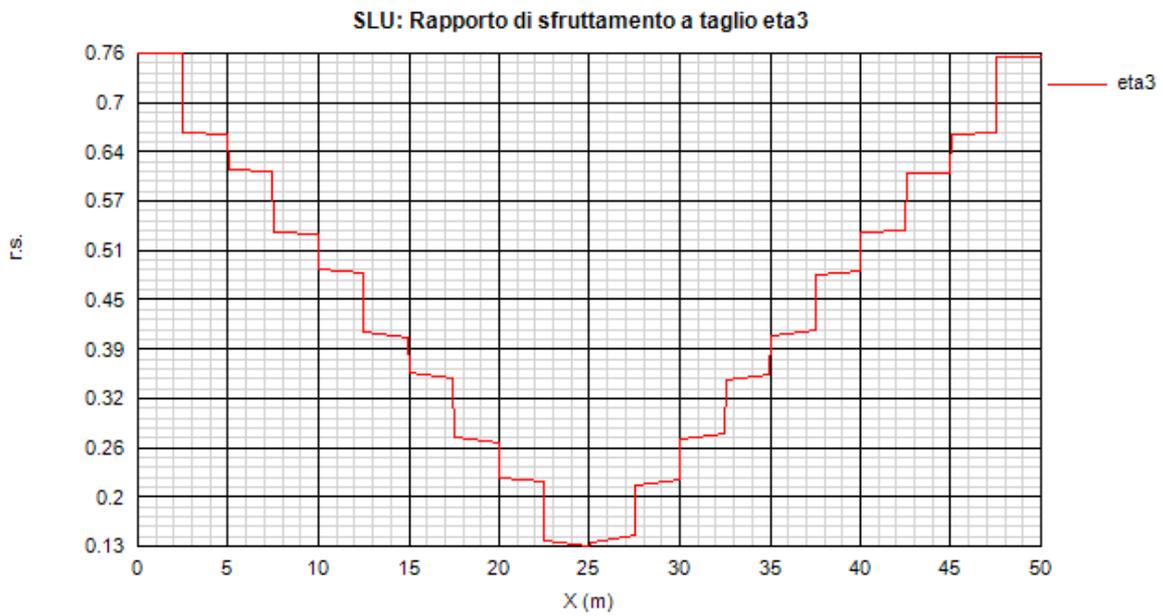


Figura 13.4:

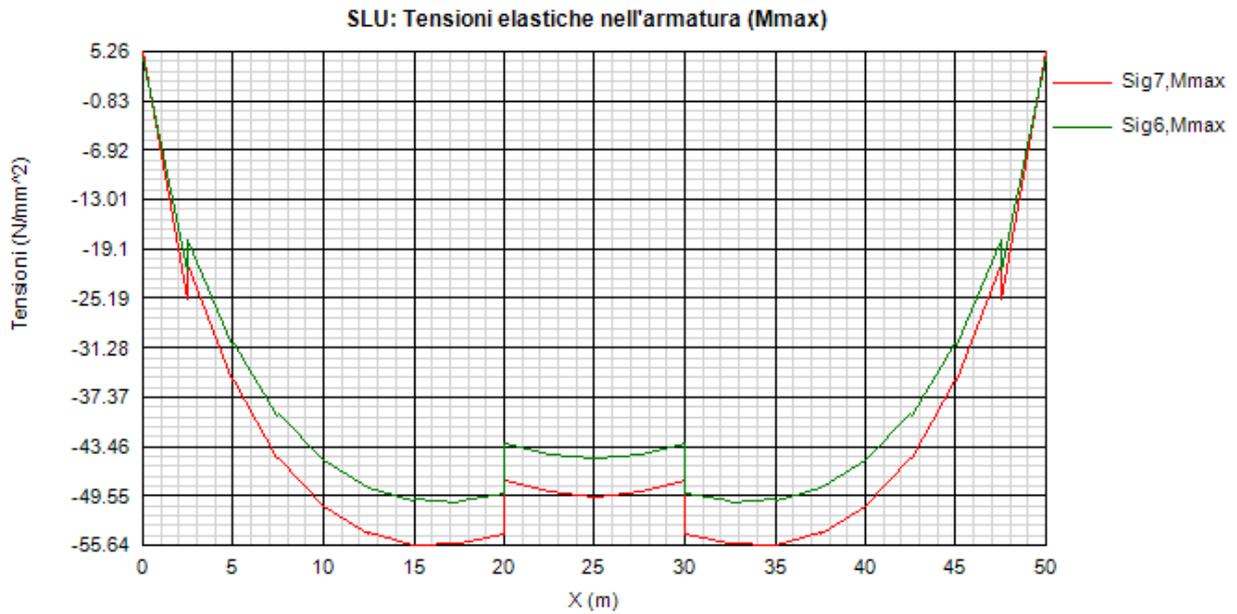


Figura 13.5:

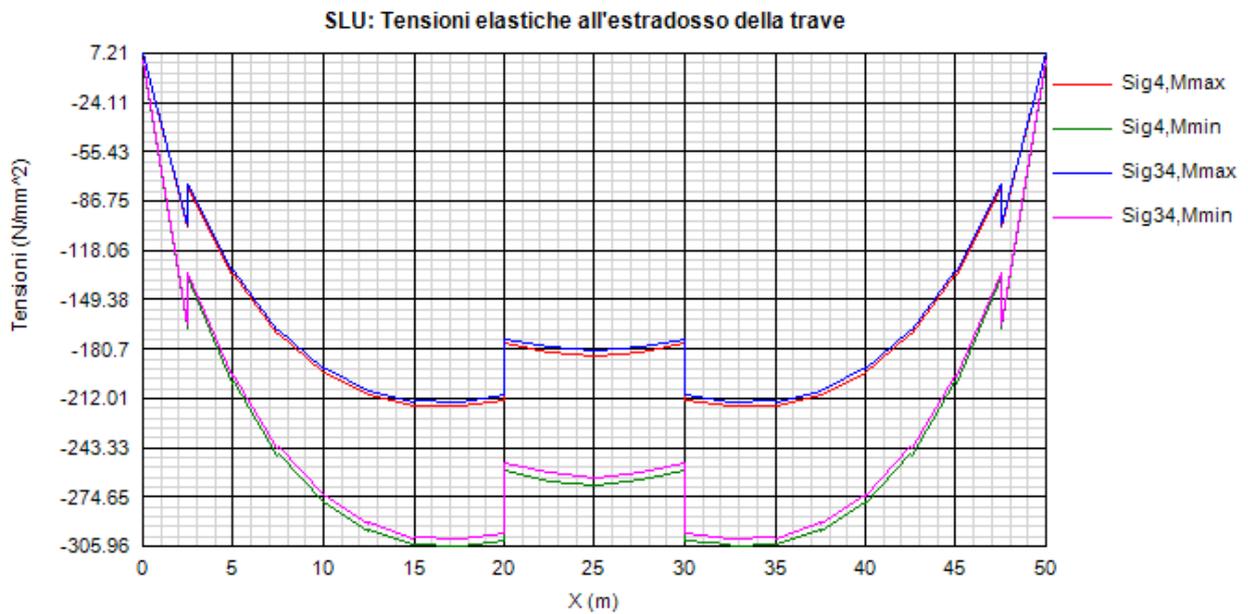


Figura 13.6:

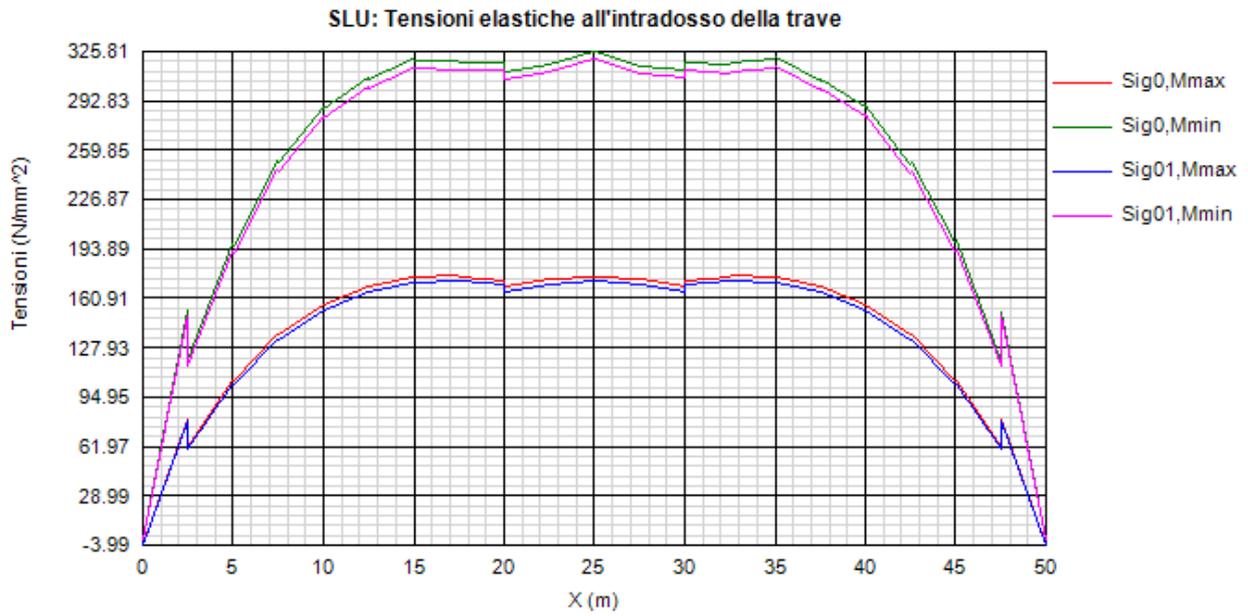


Figura 13.7:

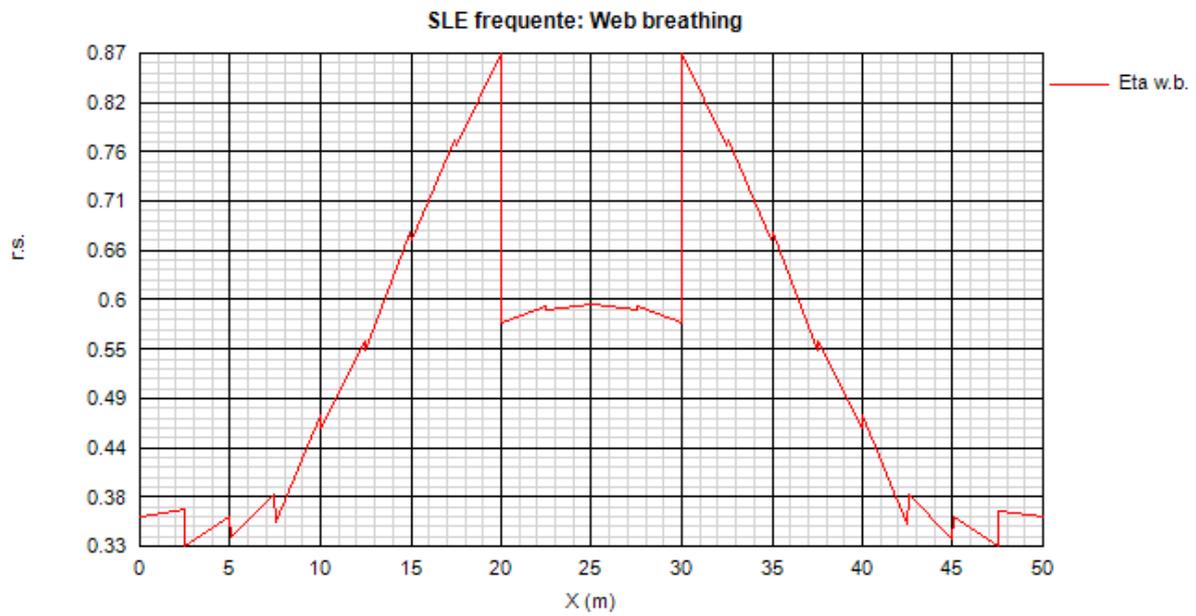


Figura 13.8:

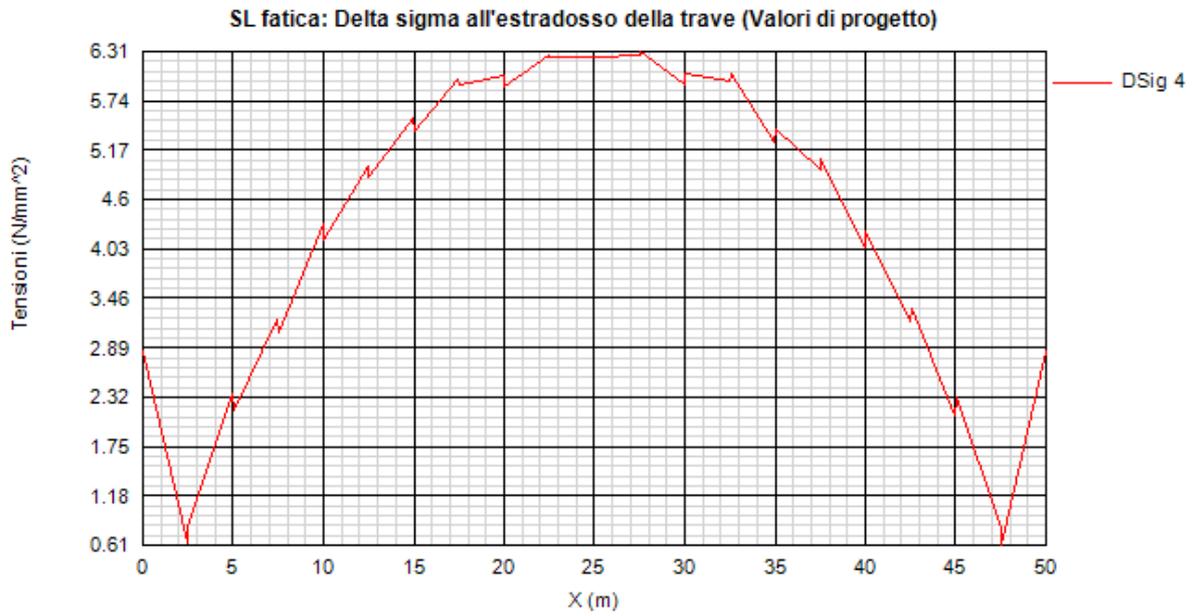


Figura 13.9:

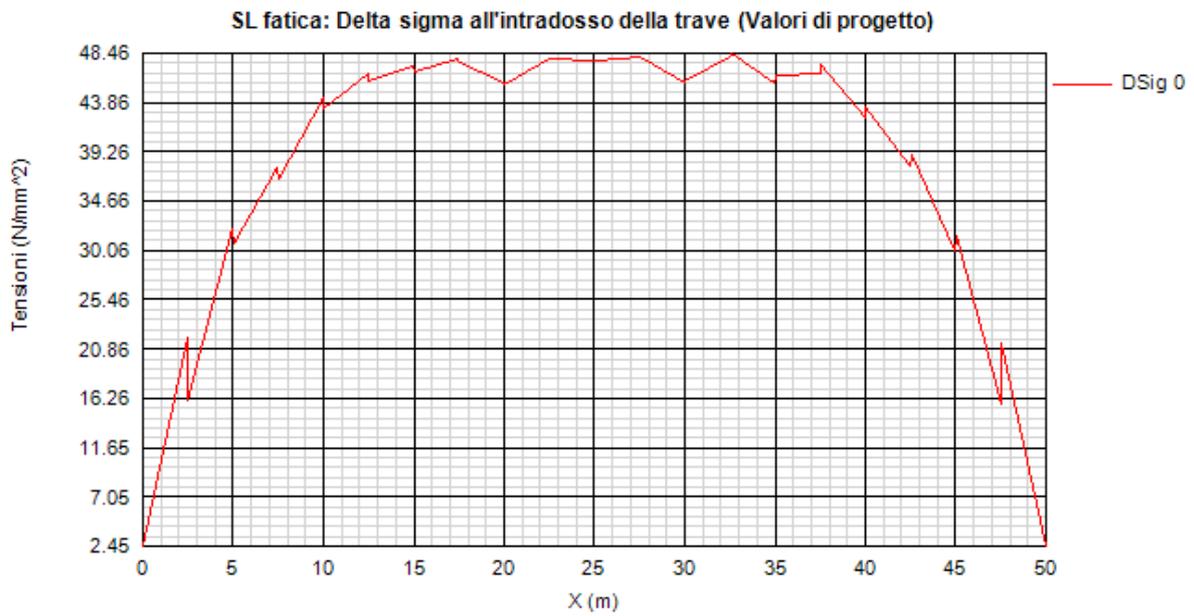


Figura 13.10:

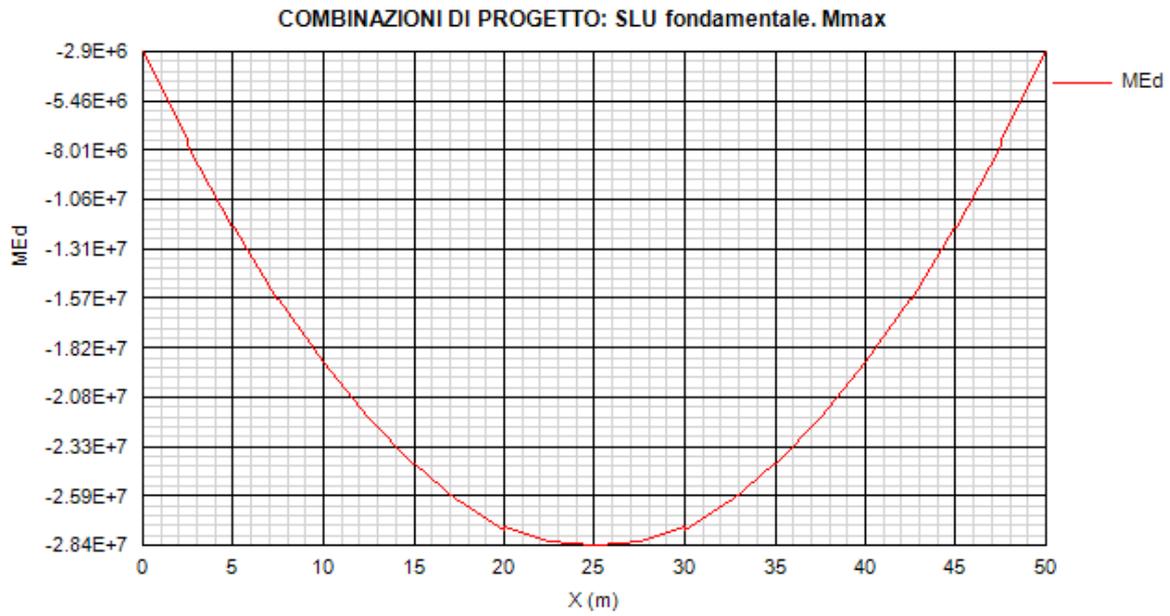


Figura 13.11:

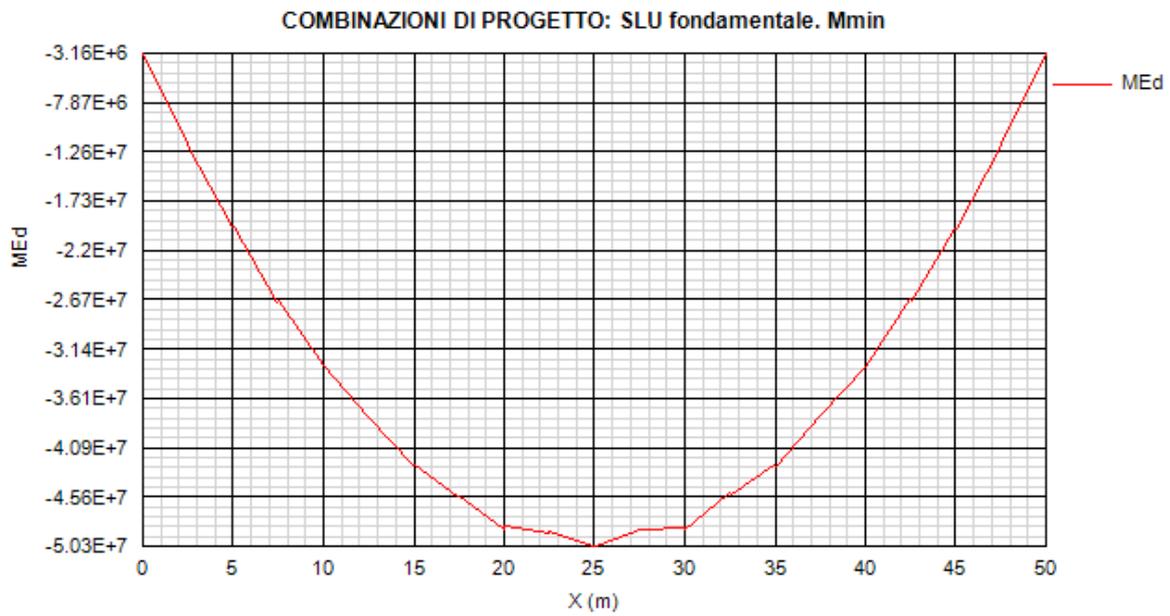


Figura 13.12:

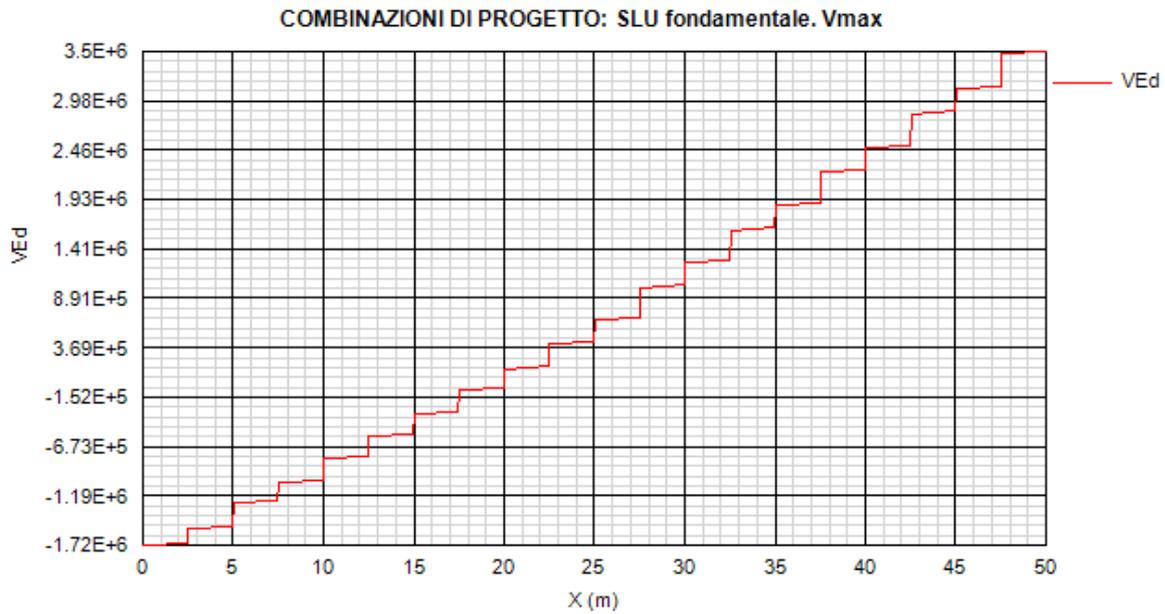


Figura 13.13:

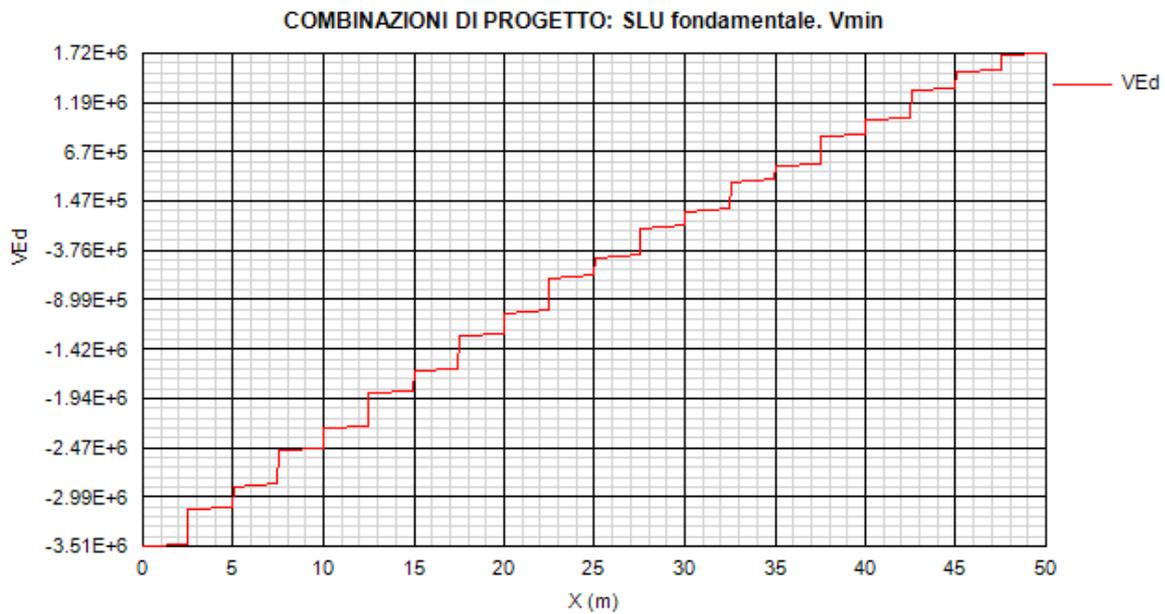


Figura 13.14:

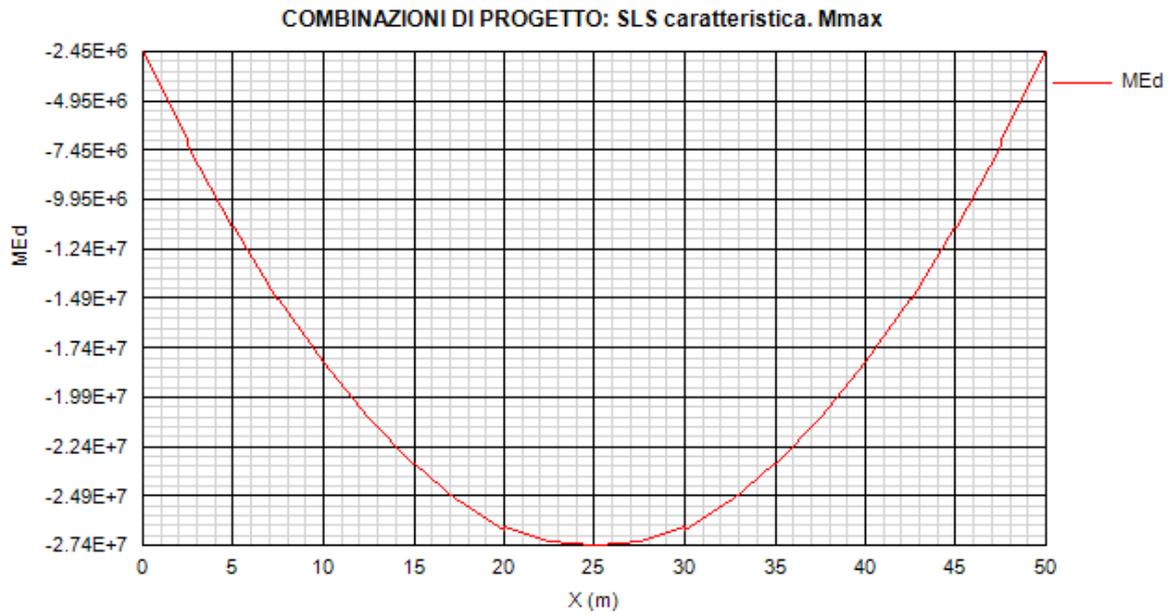


Figura 13.15:



Figura 13.16:

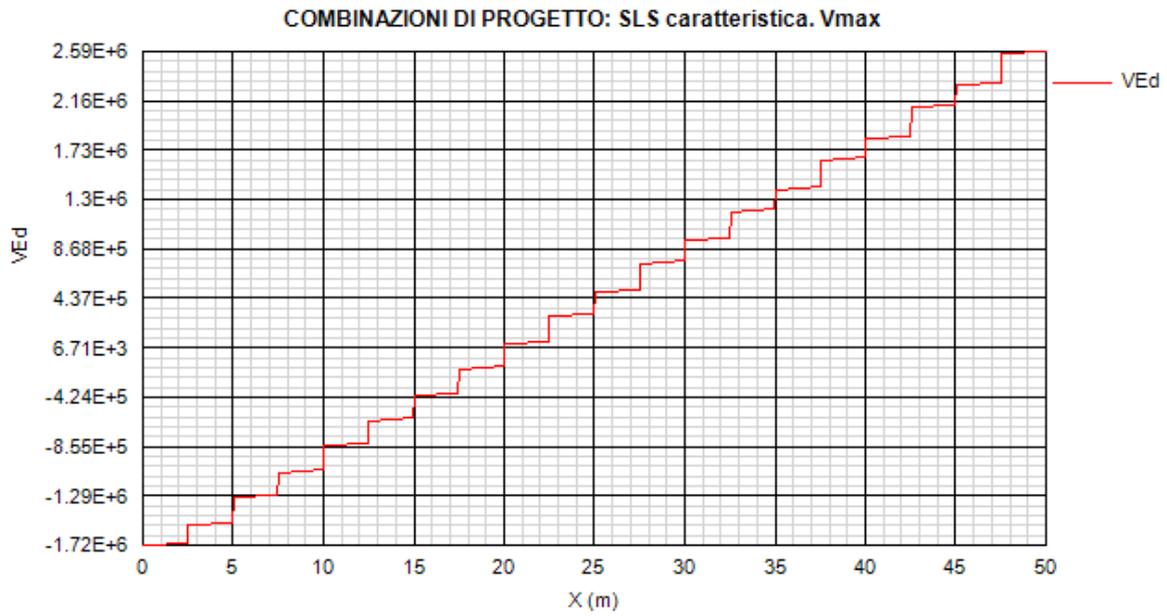


Figura 13.17:

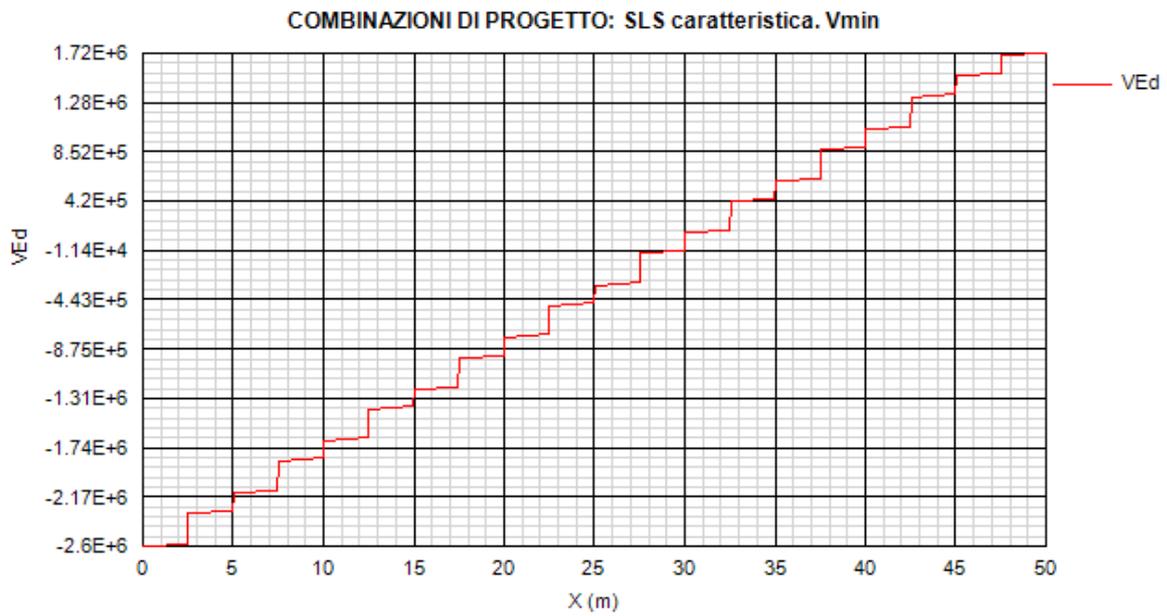


Figura 13.18:

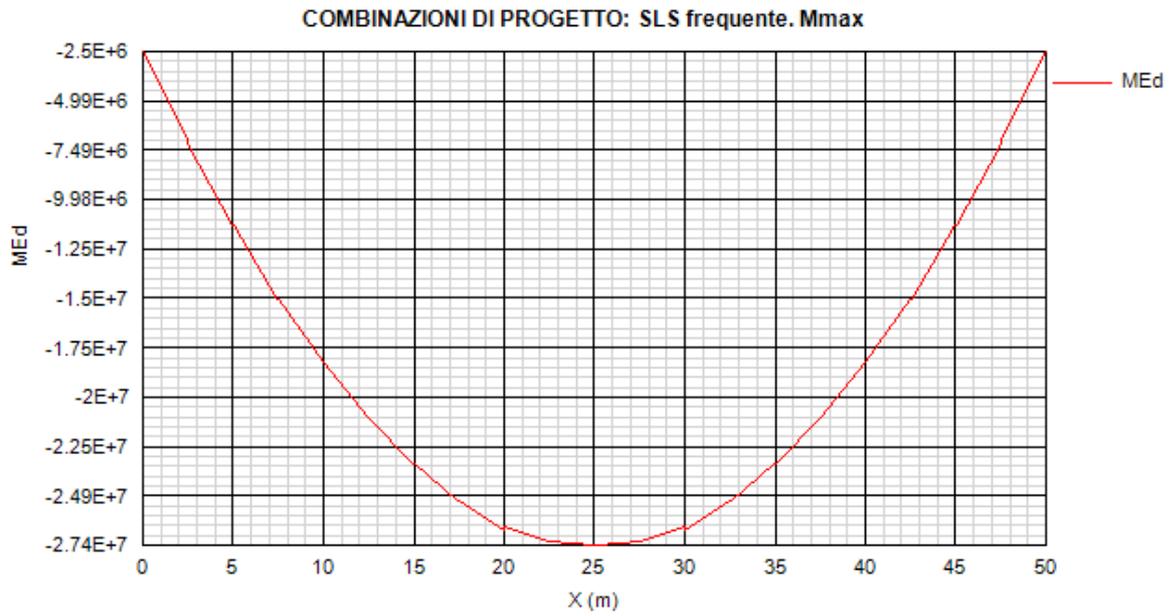


Figura 13.19:

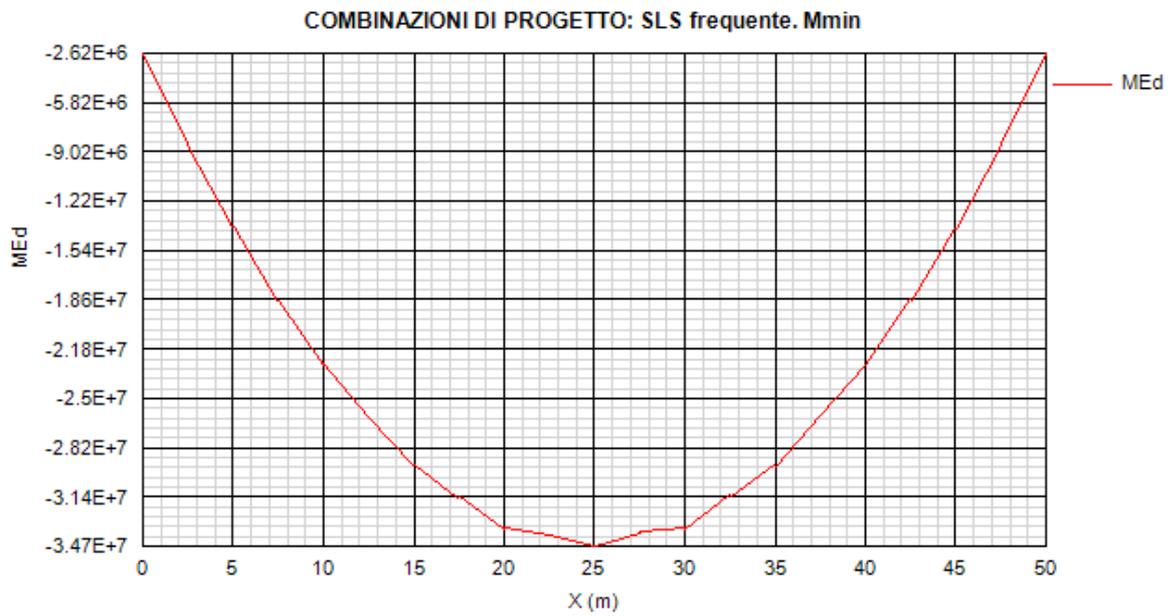


Figura 13.20:

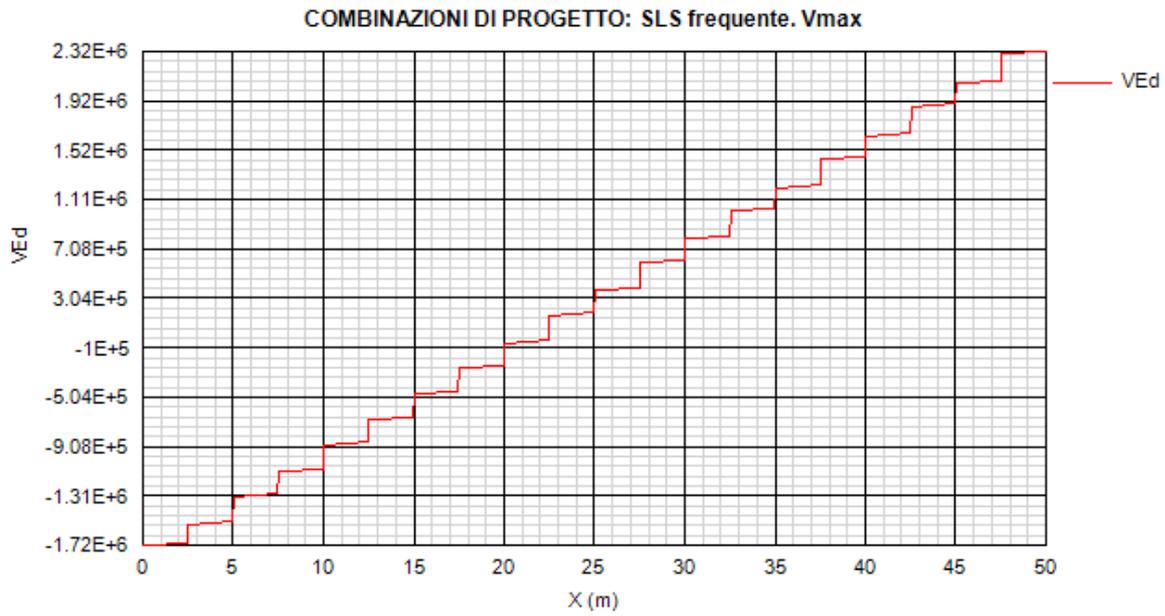


Figura 13.21:

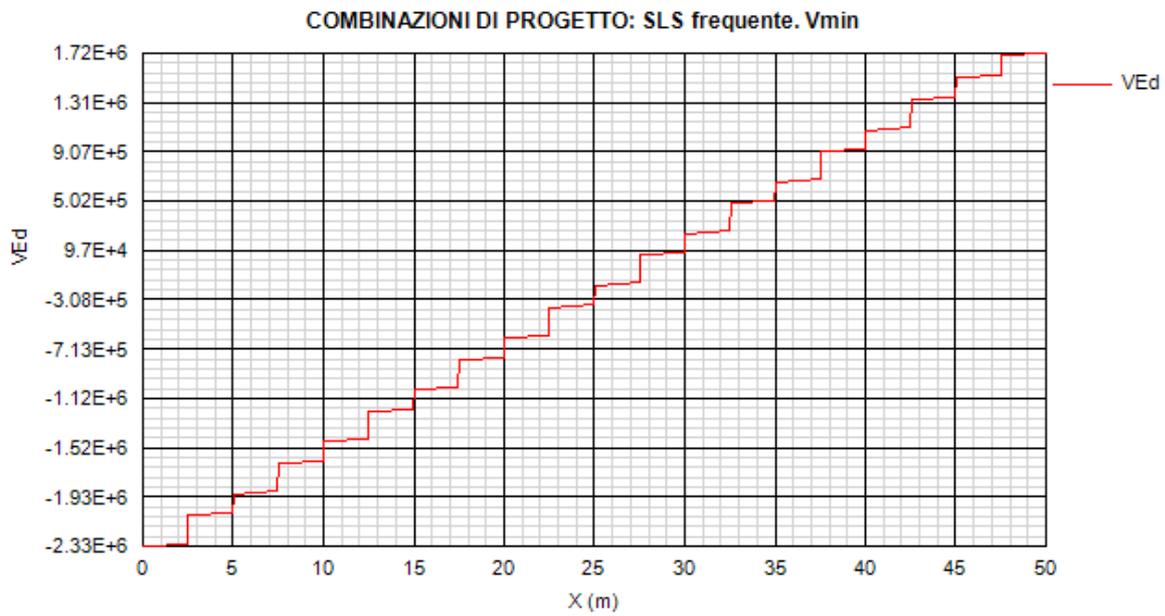


Figura 13.22:

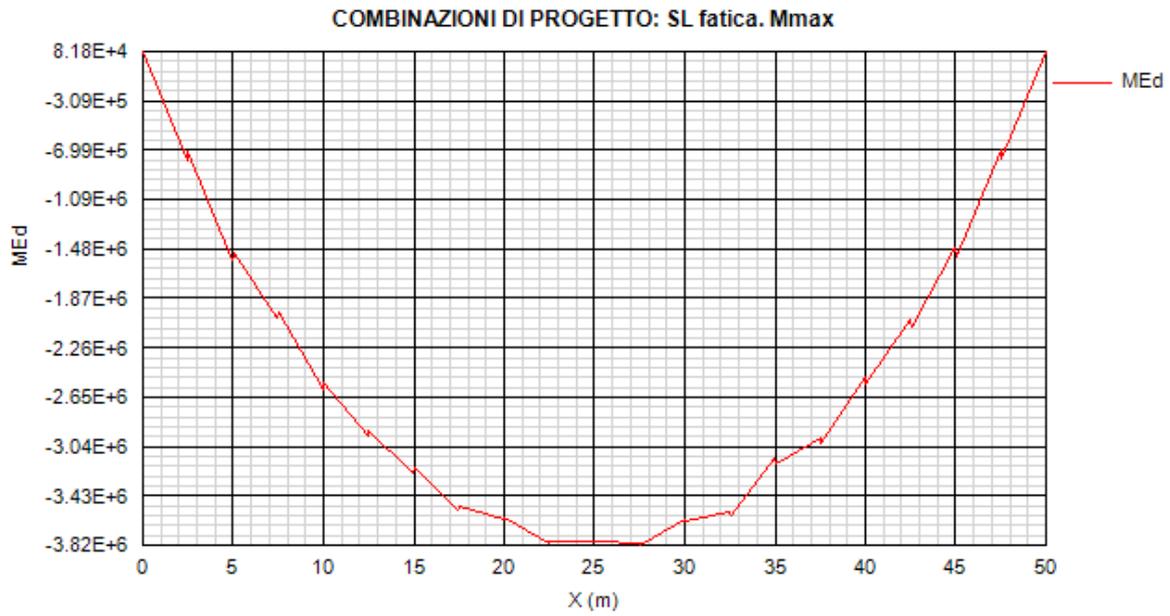


Figura 13.23:

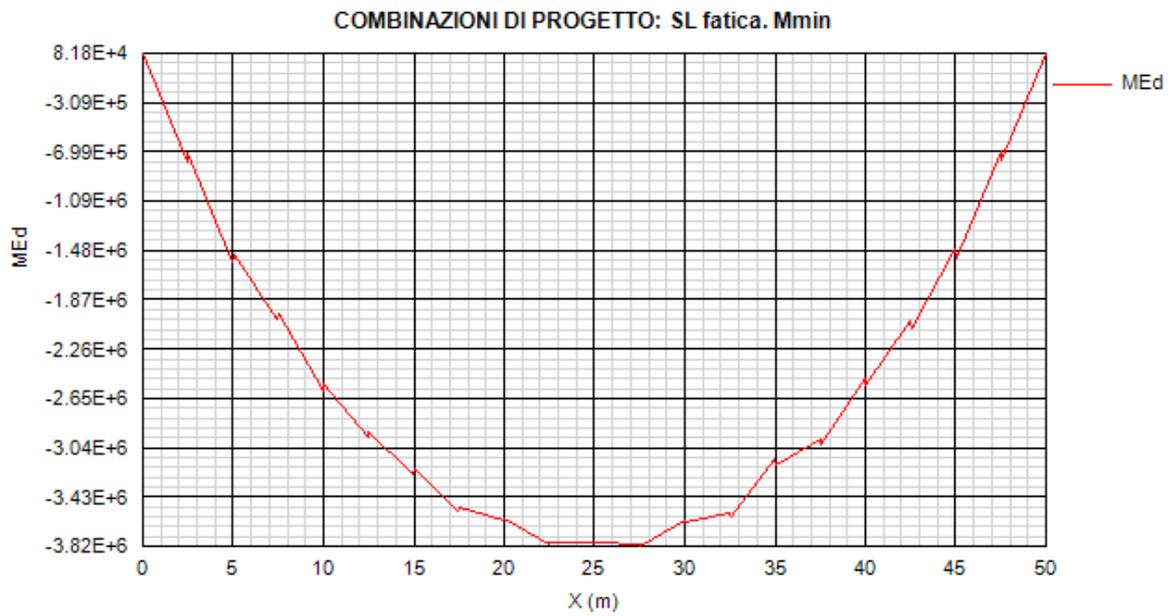


Figura 13.24:

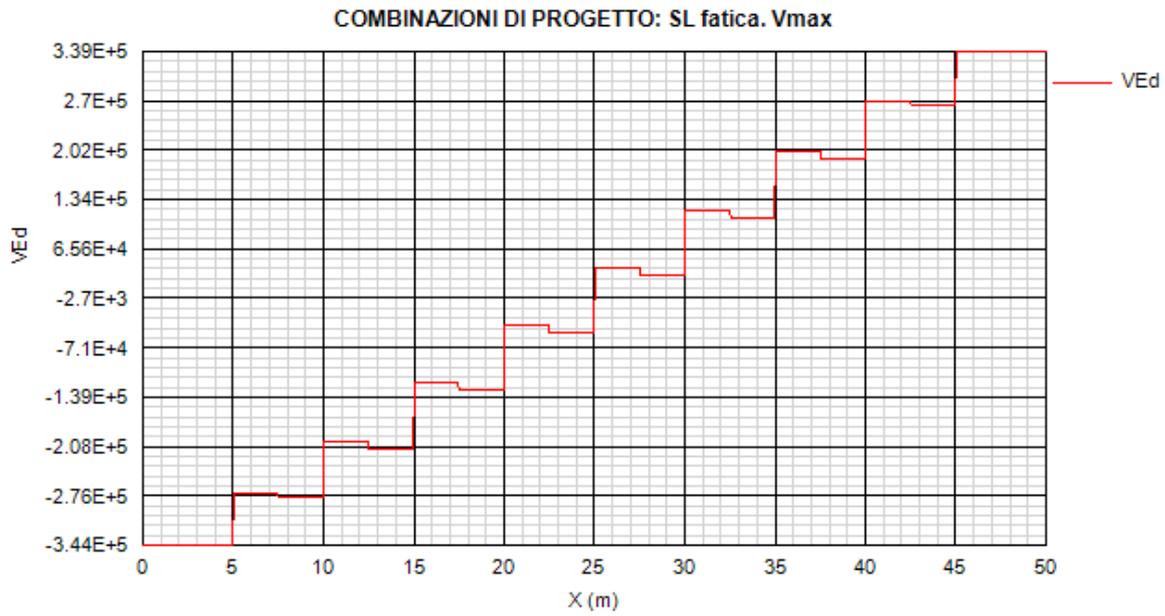


Figura 13.25:

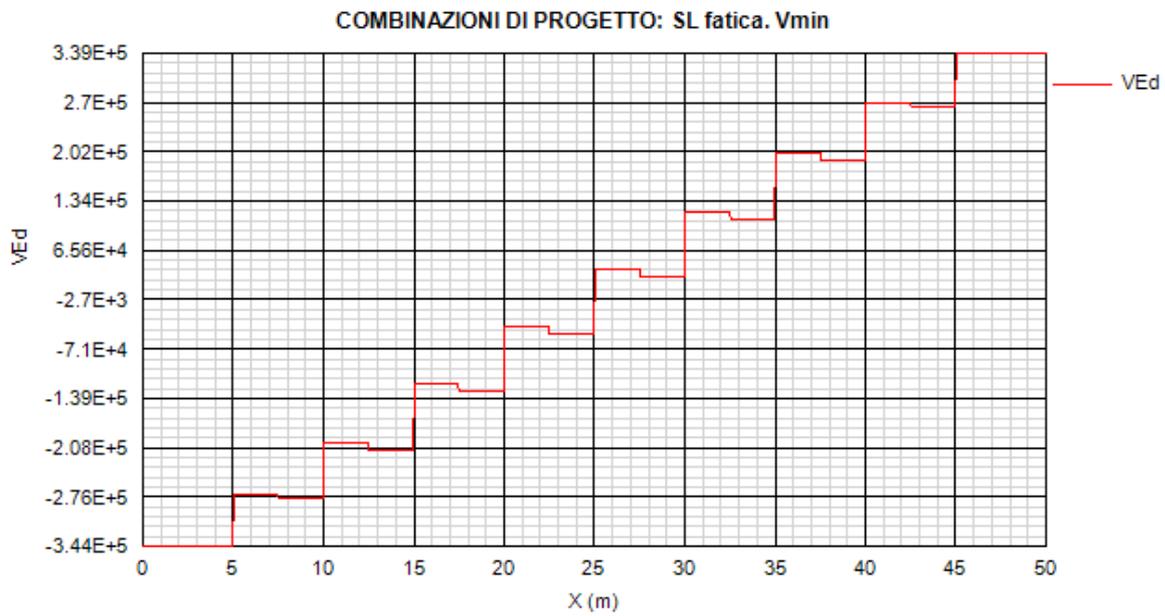


Figura 13.26:

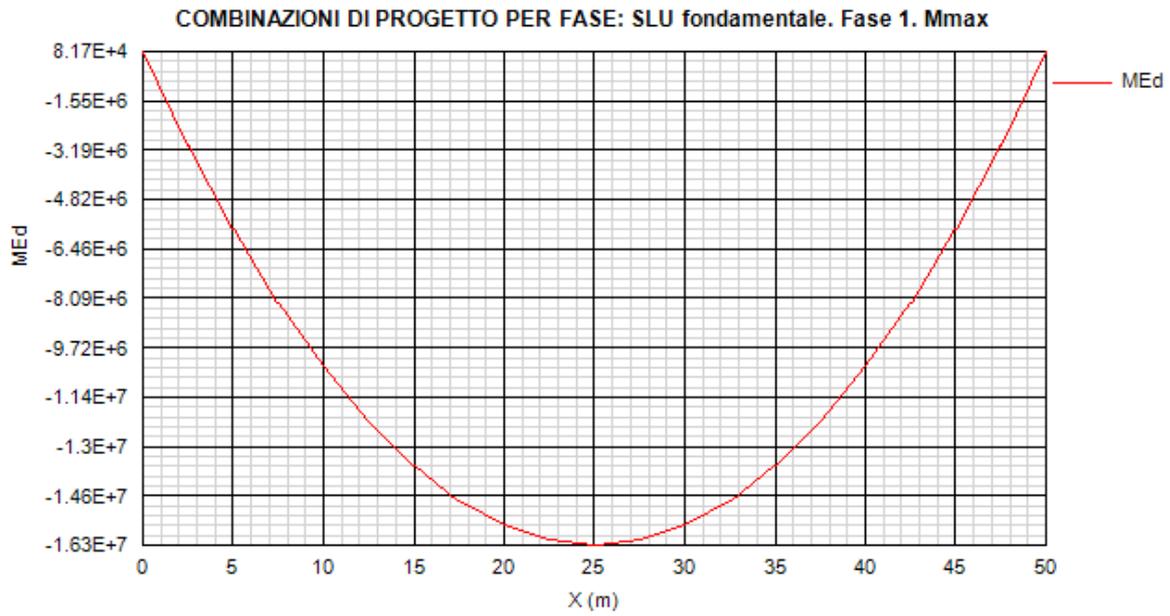


Figura 13.27:

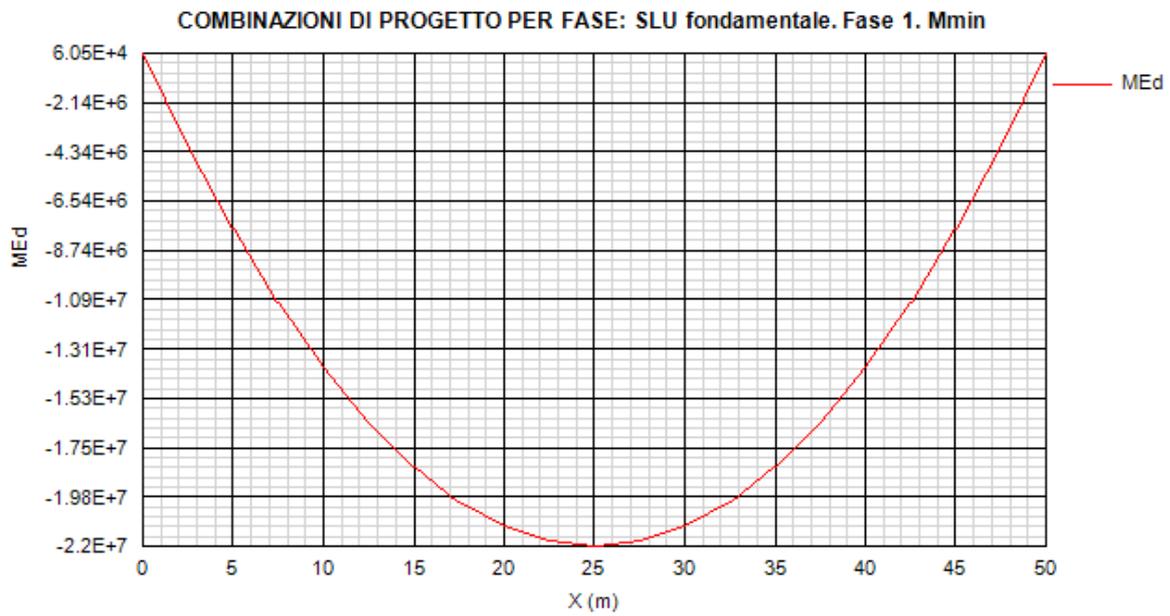


Figura 13.28:

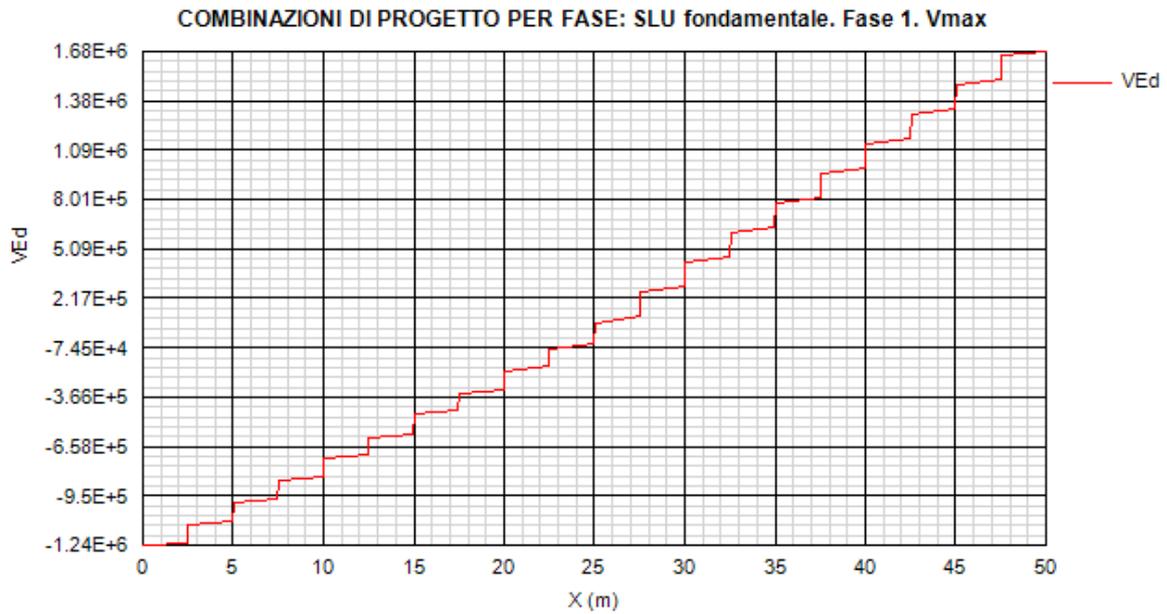


Figura 13.29:

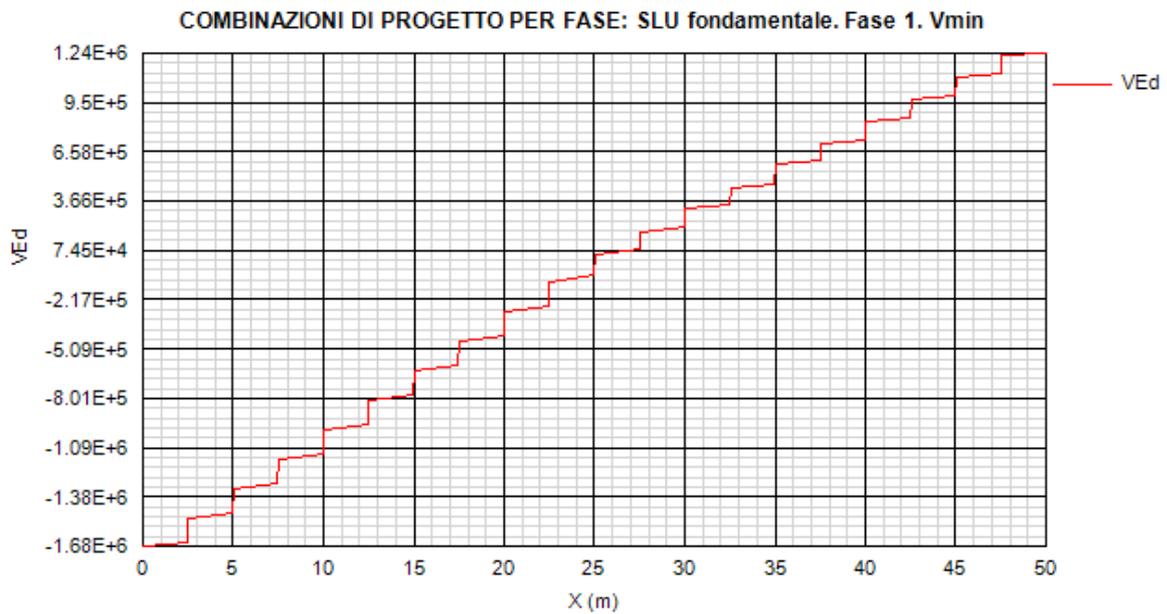


Figura 13.30:

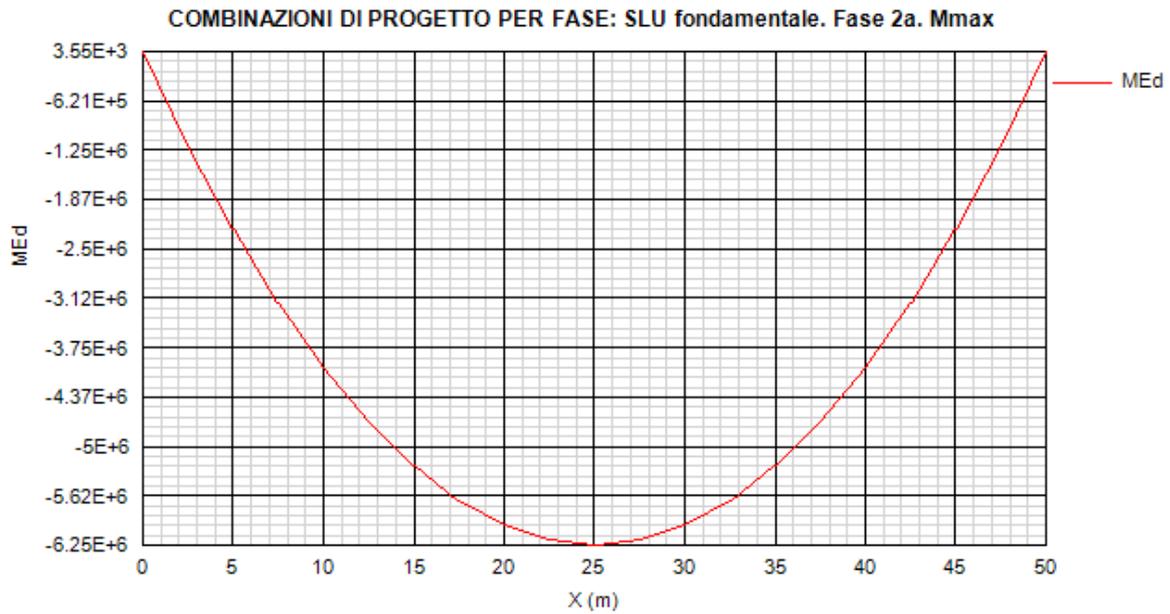


Figura 13.31:

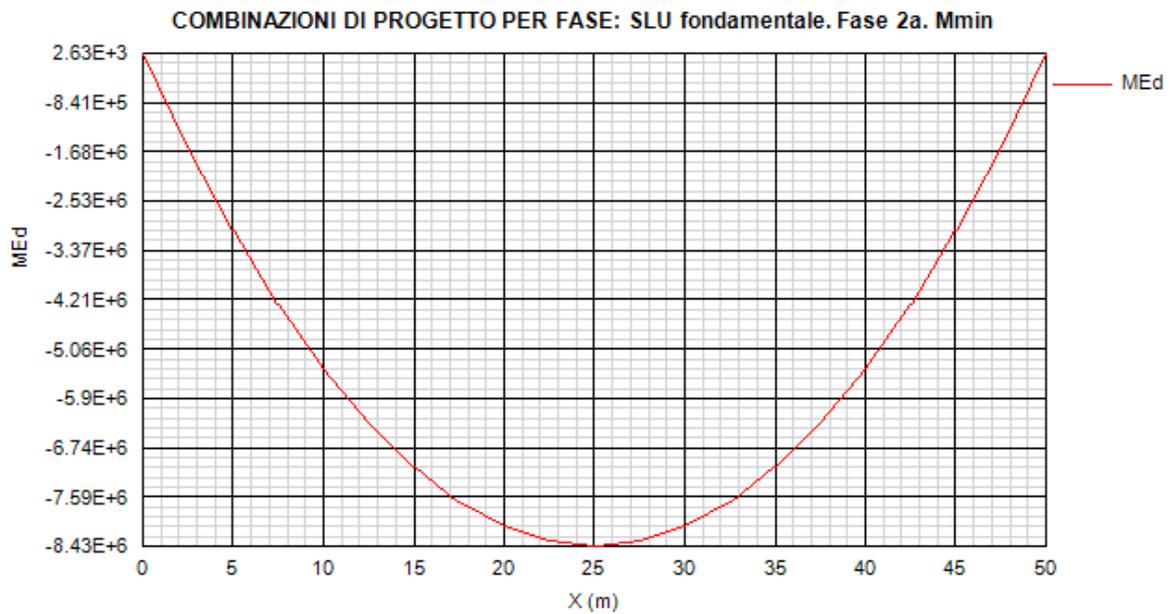


Figura 13.32:

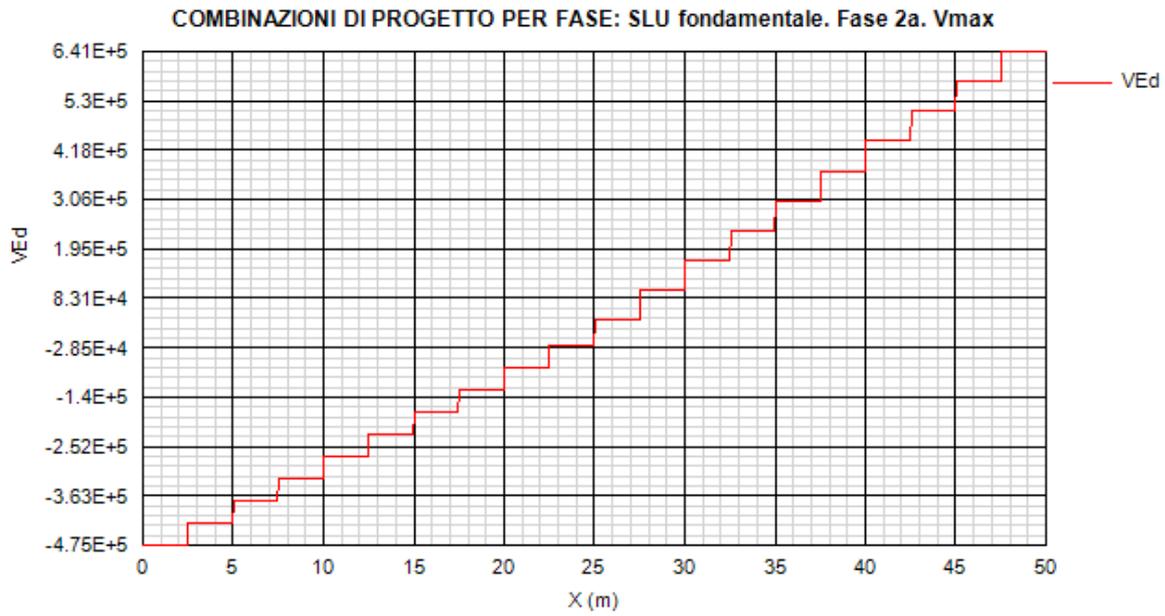


Figura 13.33:

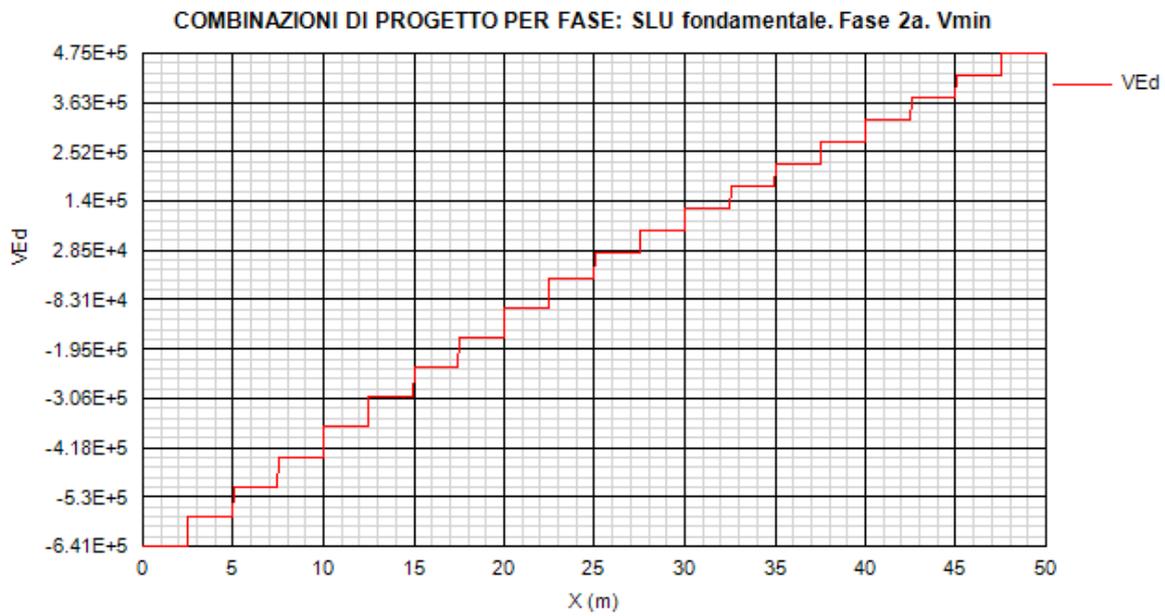


Figura 13.34:

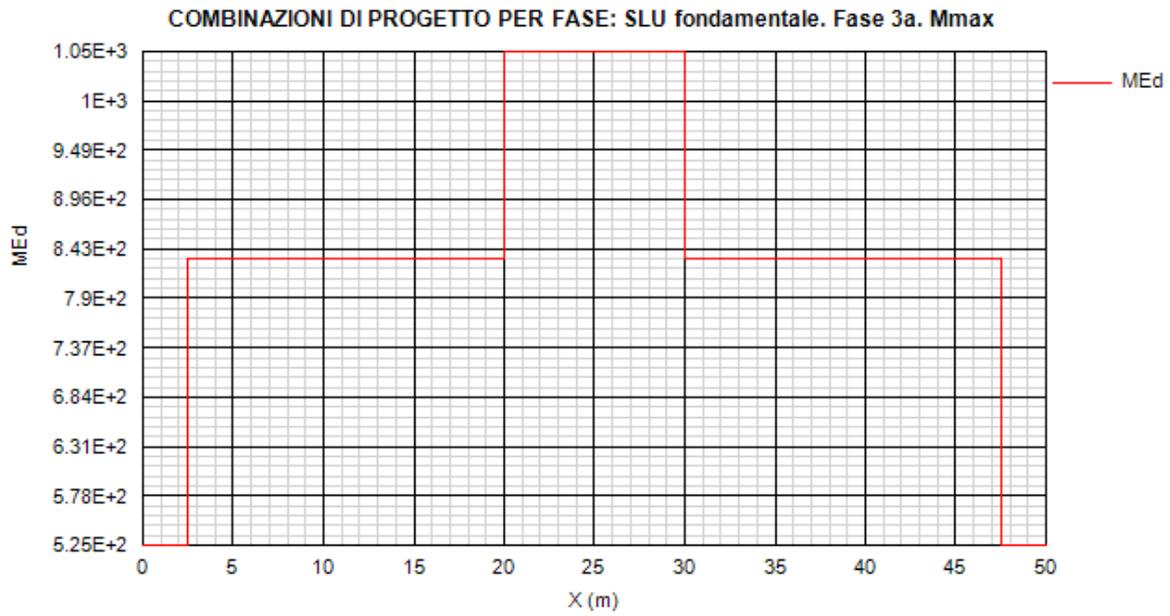


Figura 13.35:

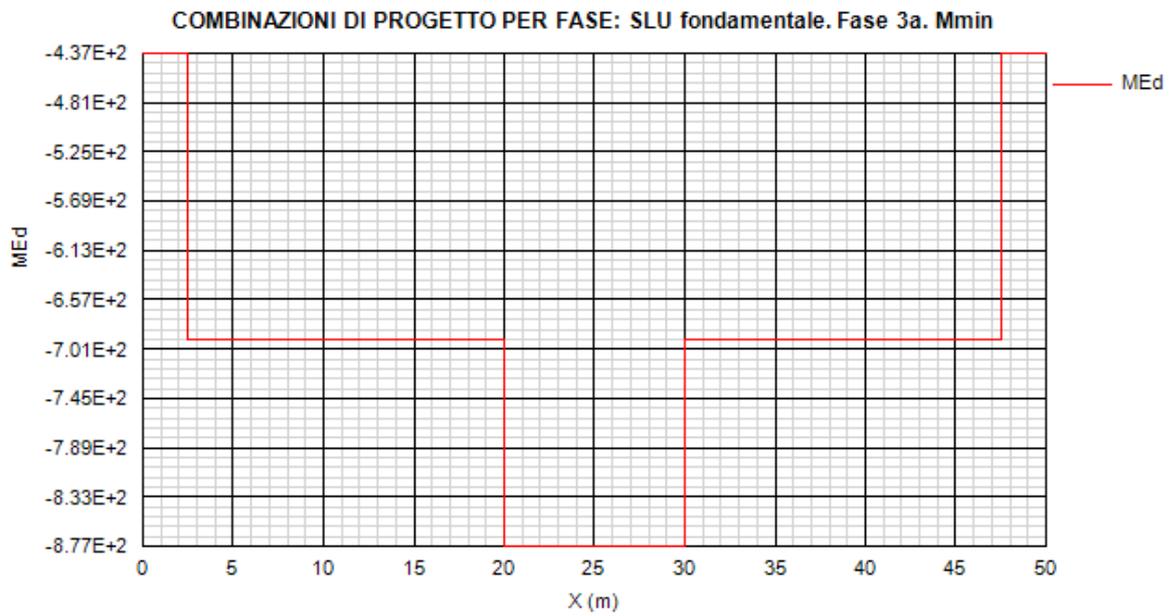


Figura 13.36:

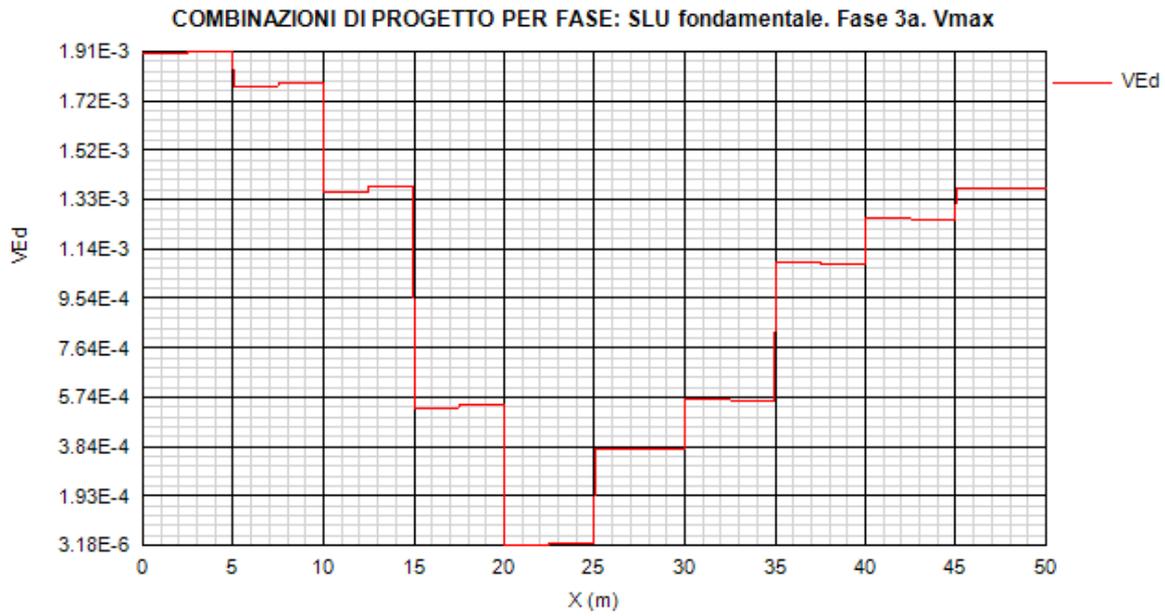


Figura 13.37:

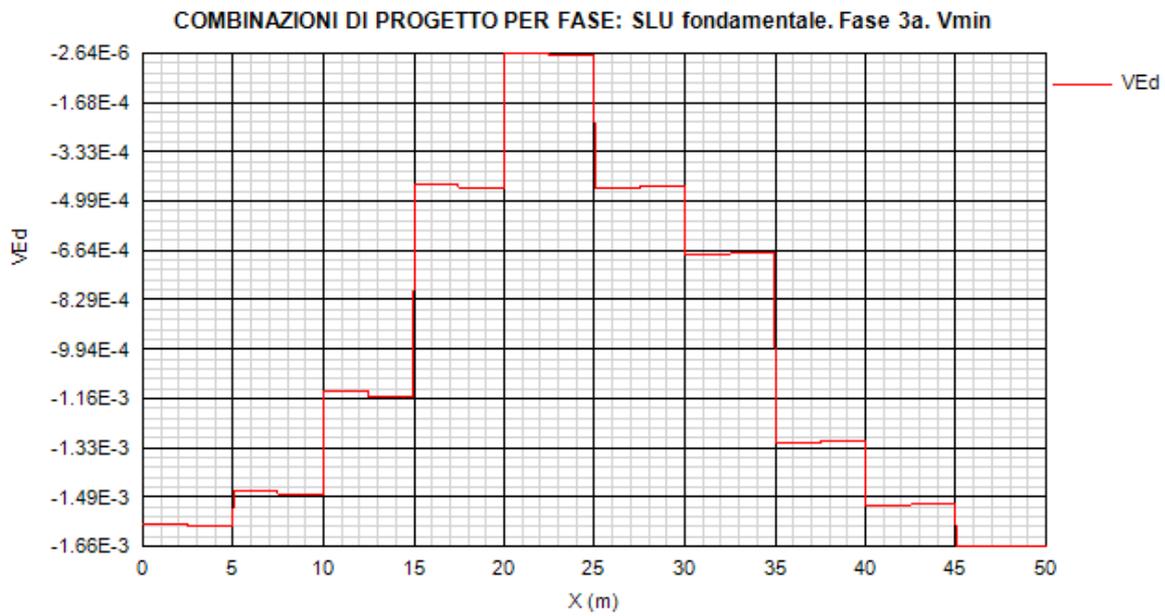


Figura 13.38:

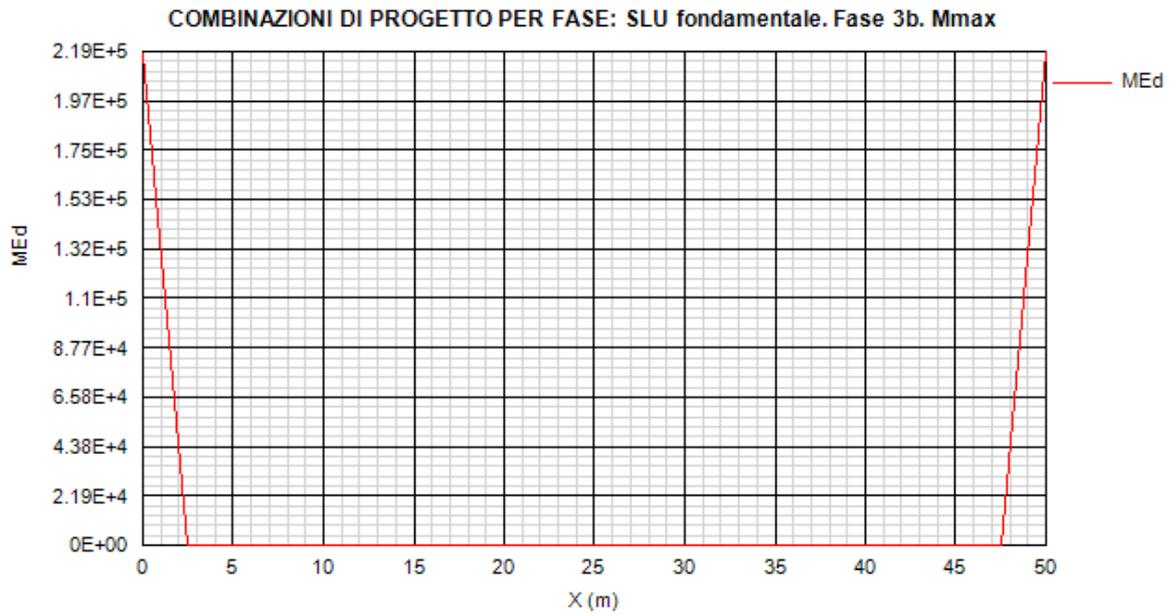


Figura 13.39:

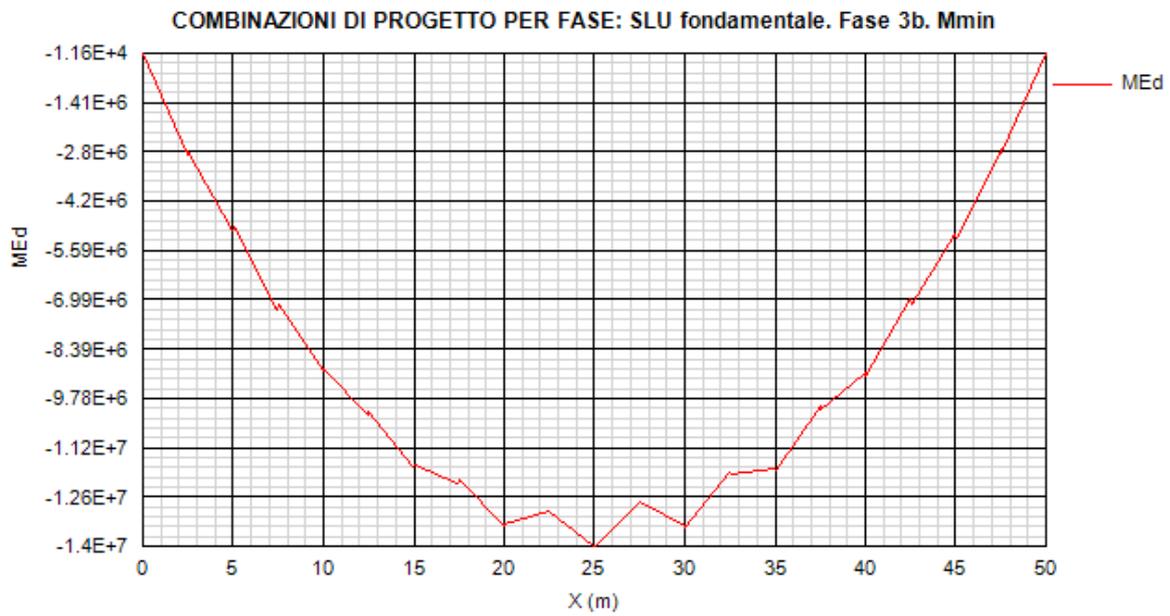


Figura 13.40:

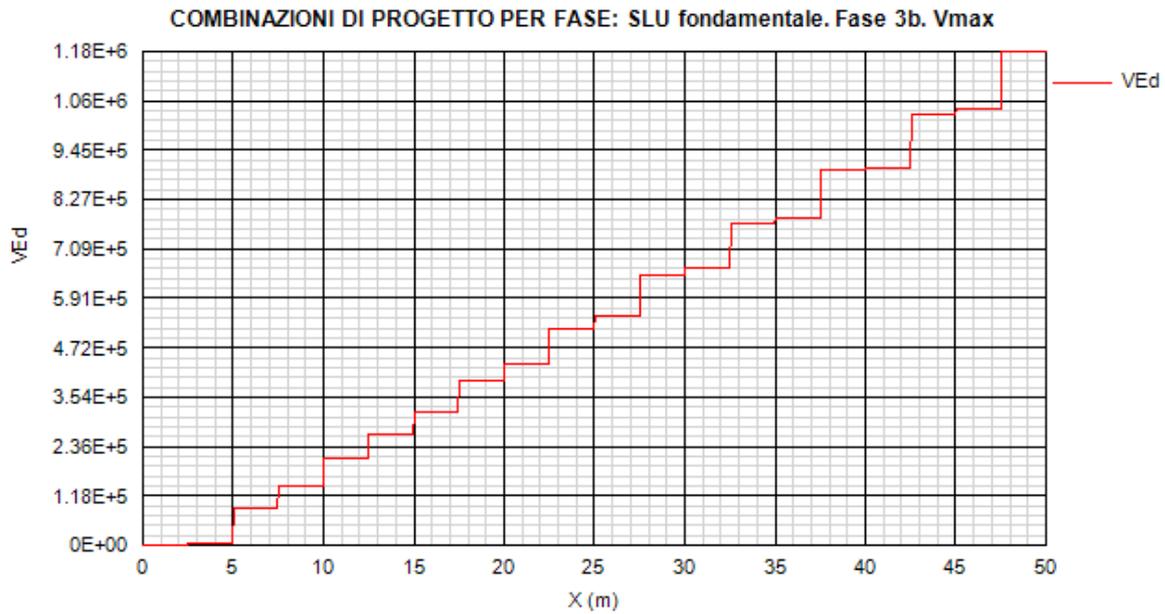


Figura 13.41:

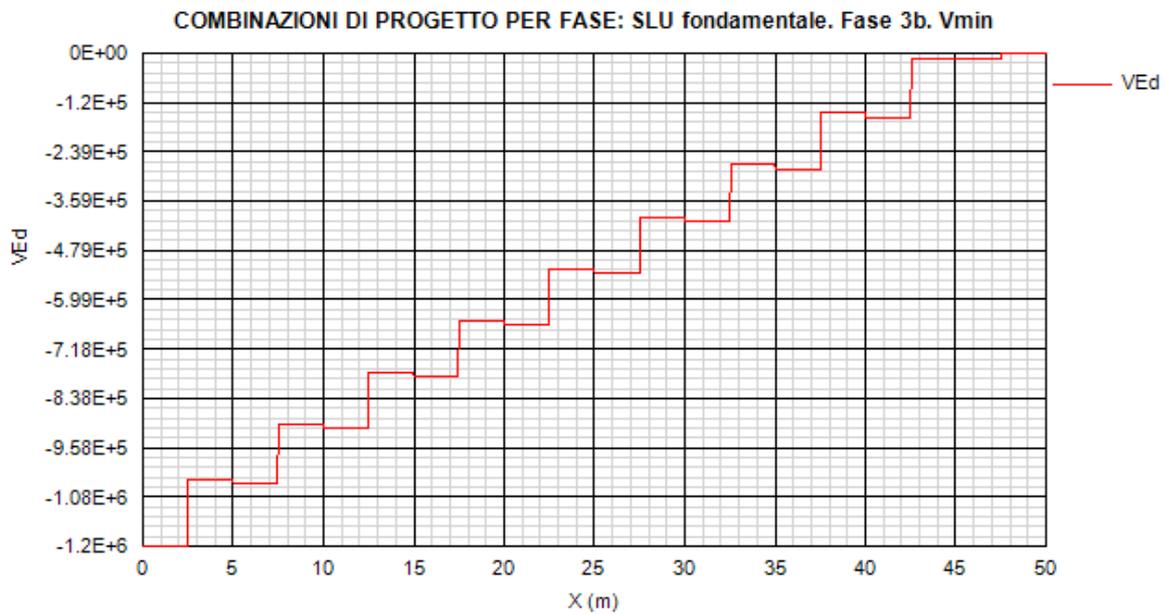


Figura 13.42:

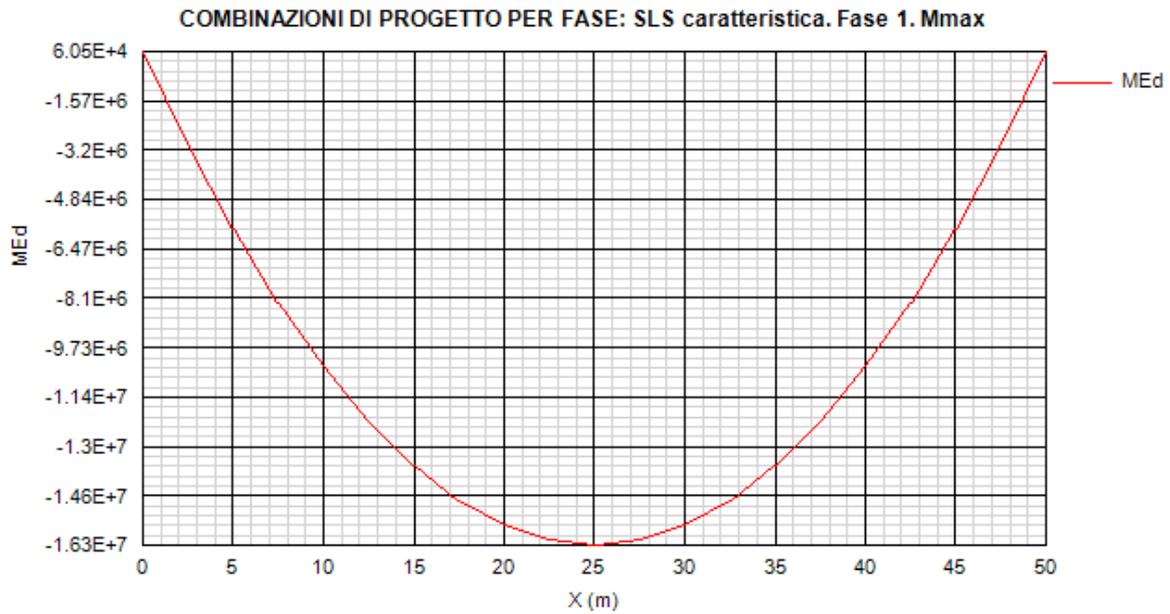


Figura 13.43:

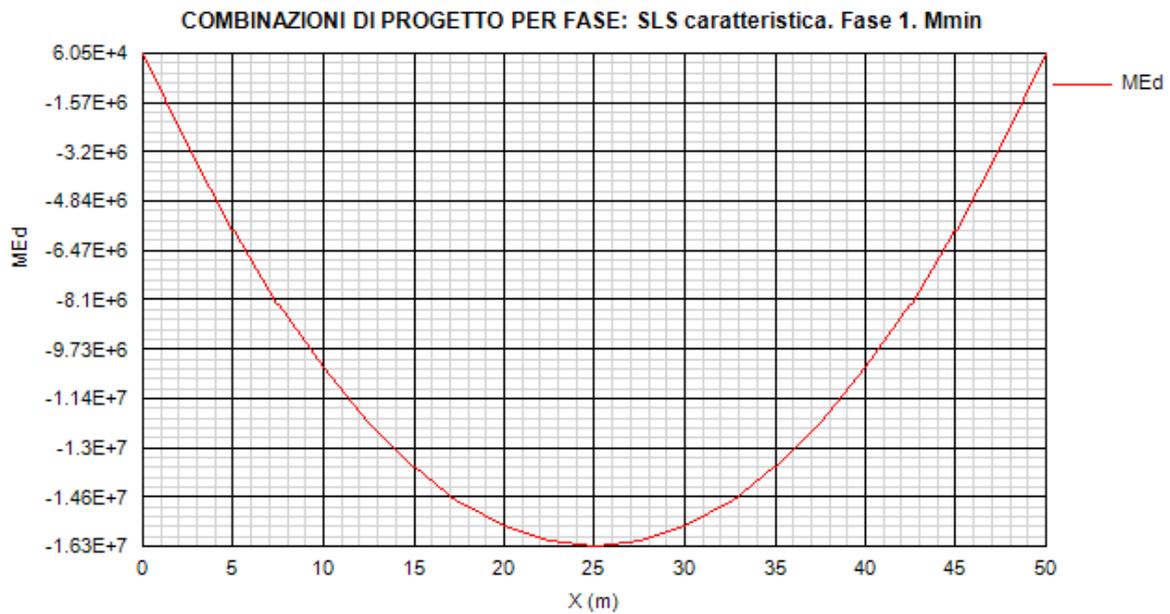


Figura 13.44:

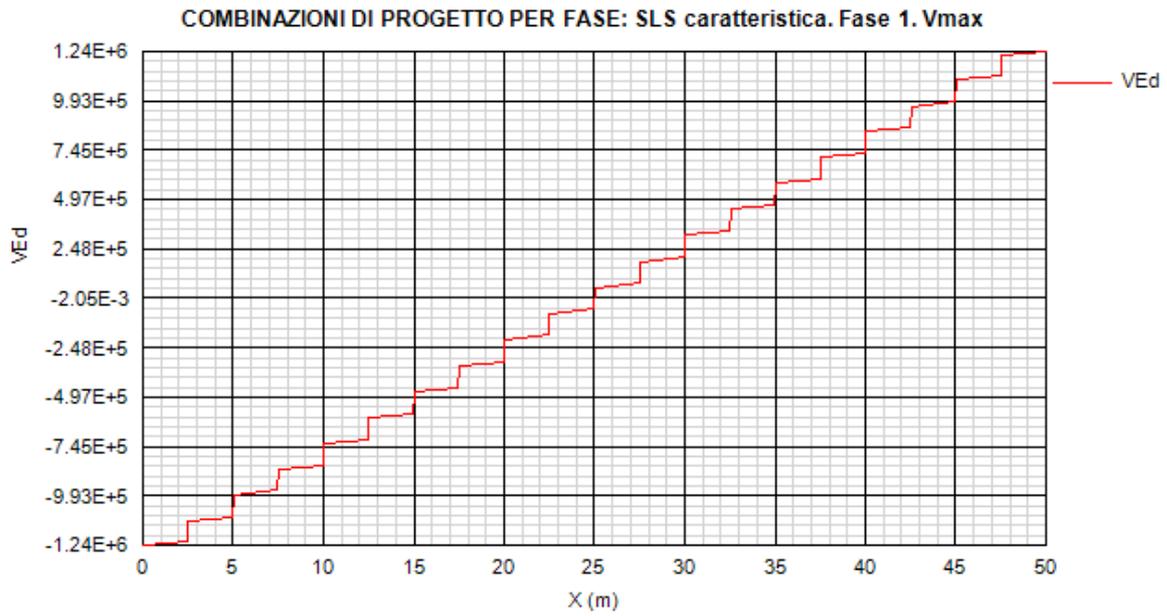


Figura 13.45:

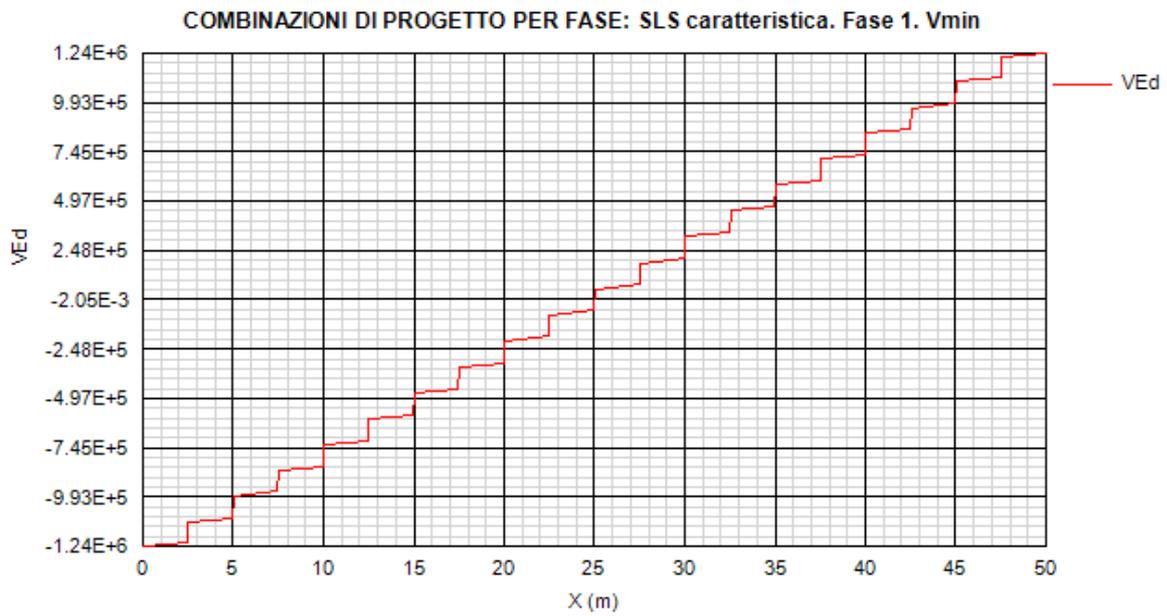


Figura 13.46:

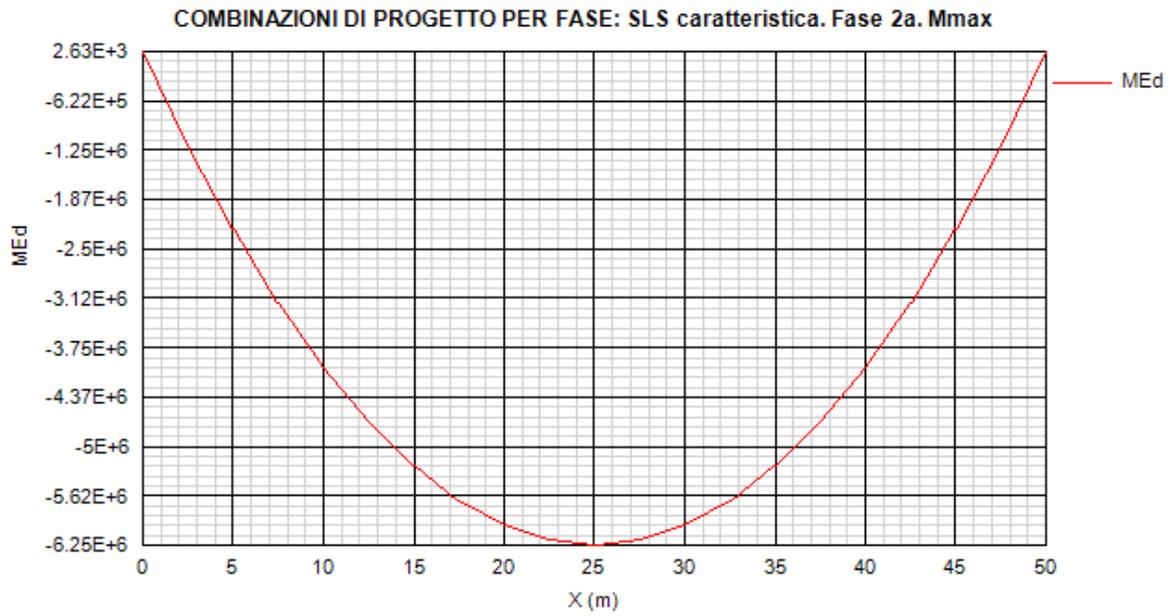


Figura 13.47:

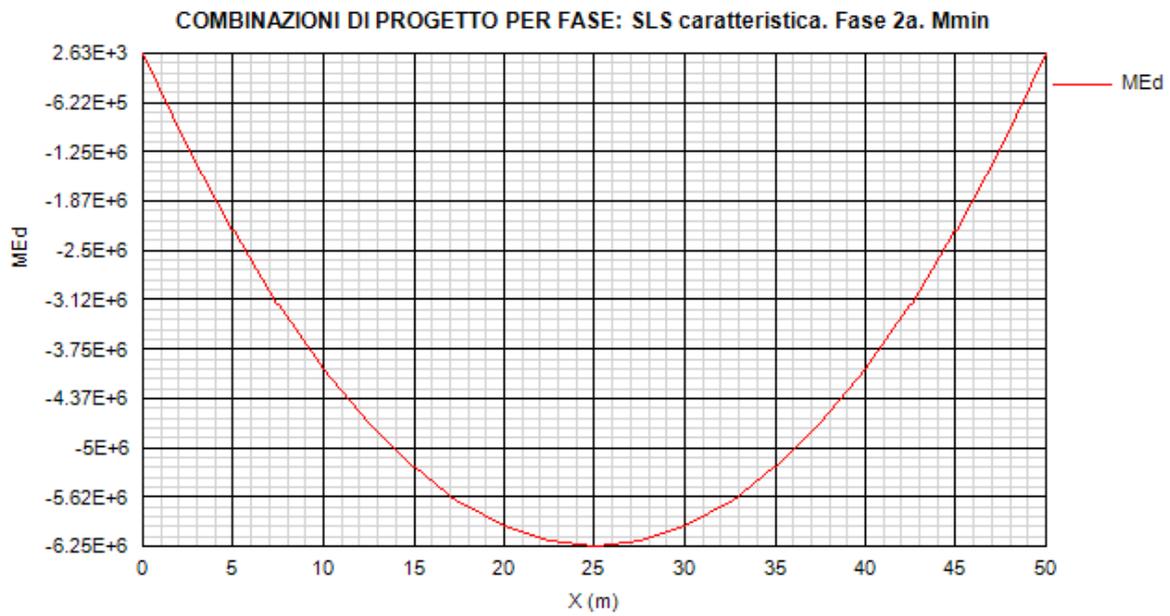


Figura 13.48:

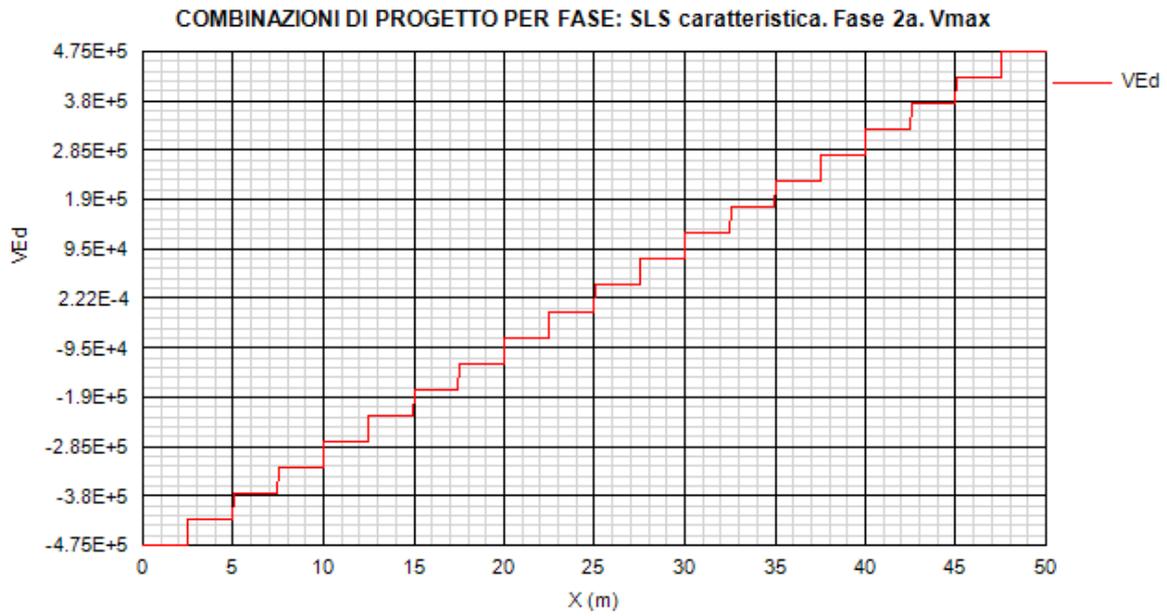


Figura 13.49:

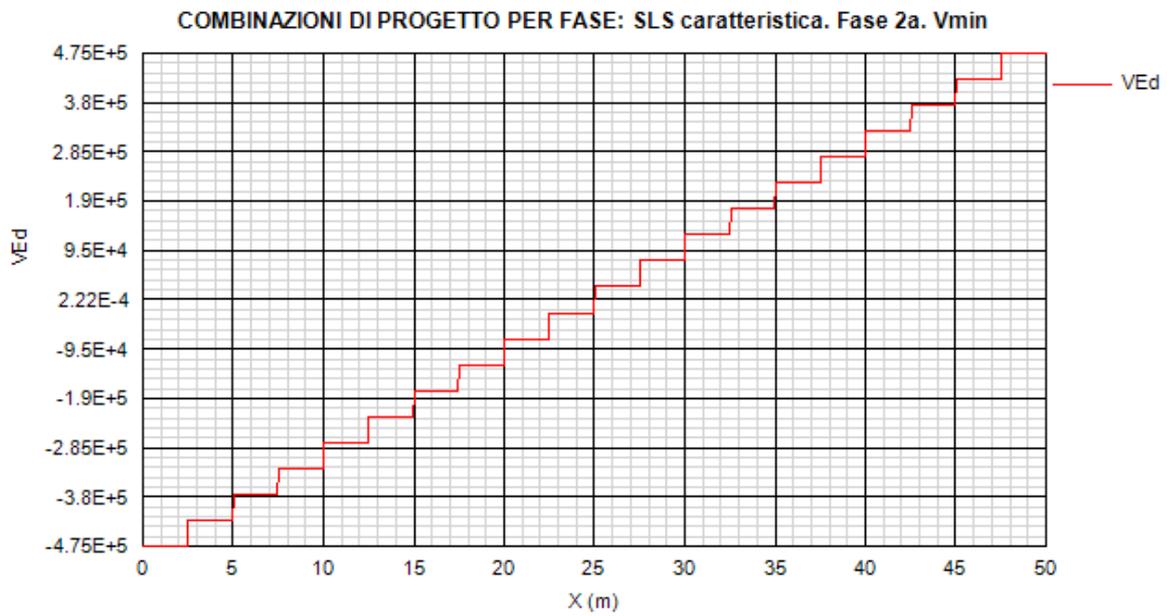


Figura 13.50:

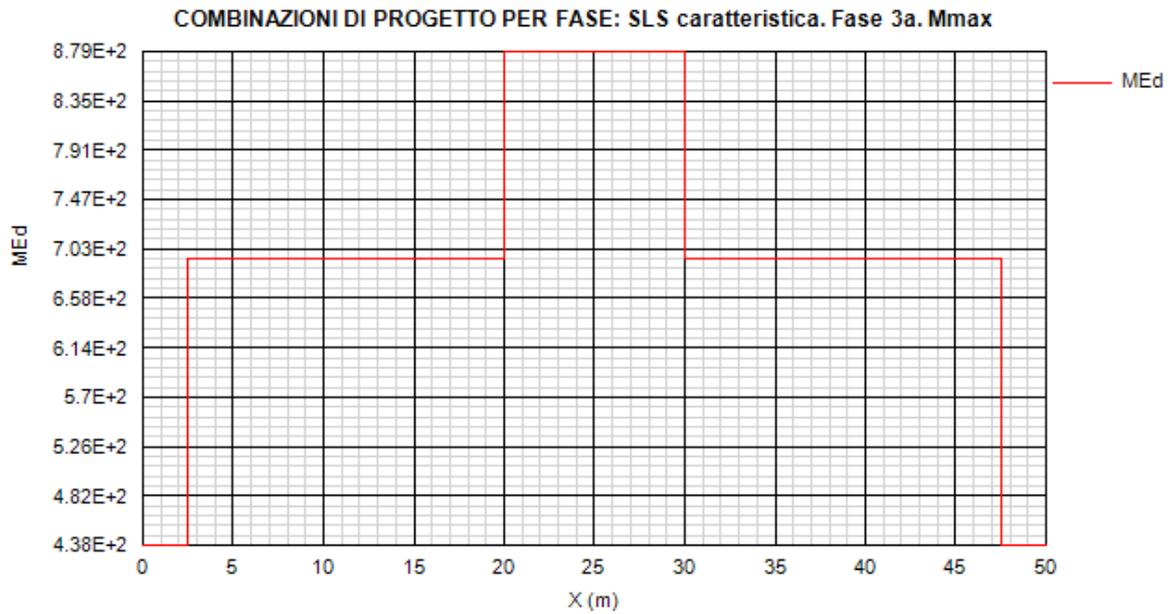


Figura 13.51:

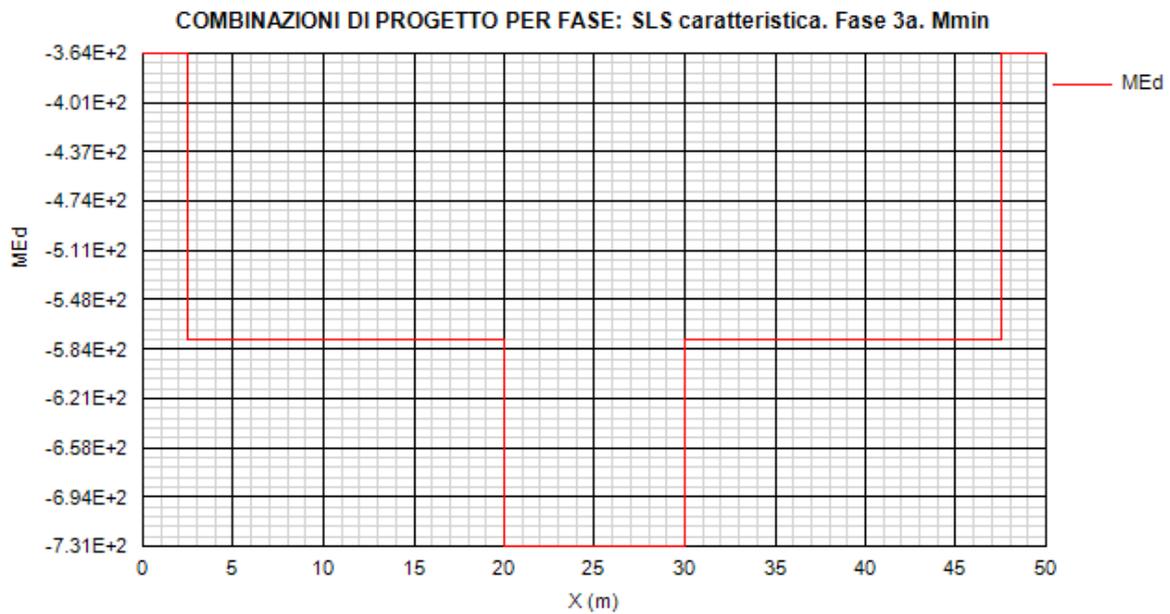


Figura 13.52:

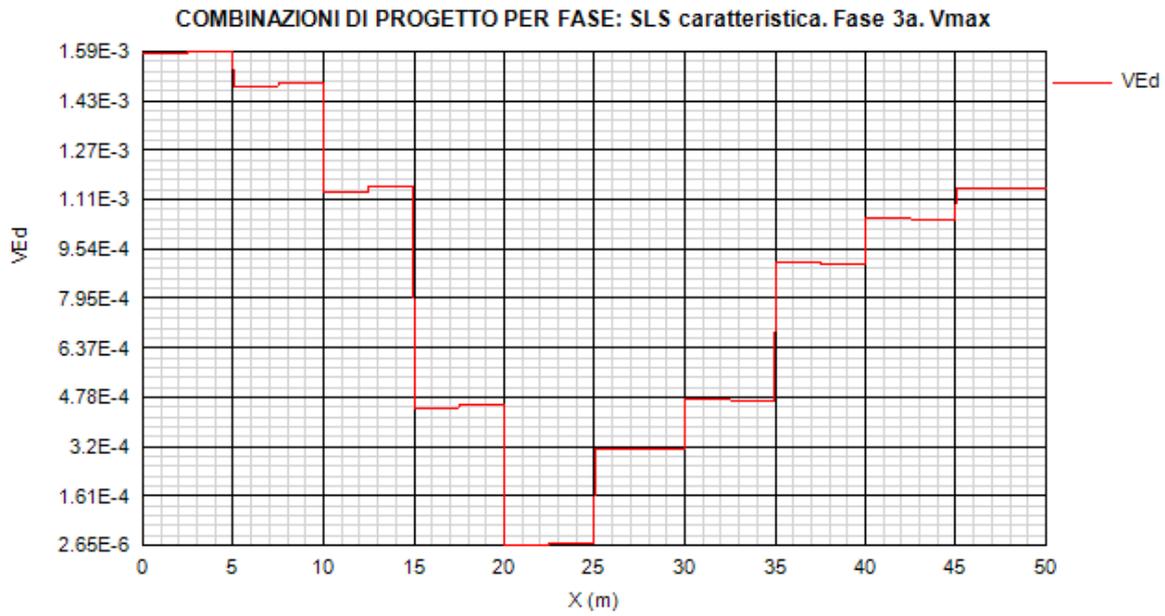


Figura 13.53:

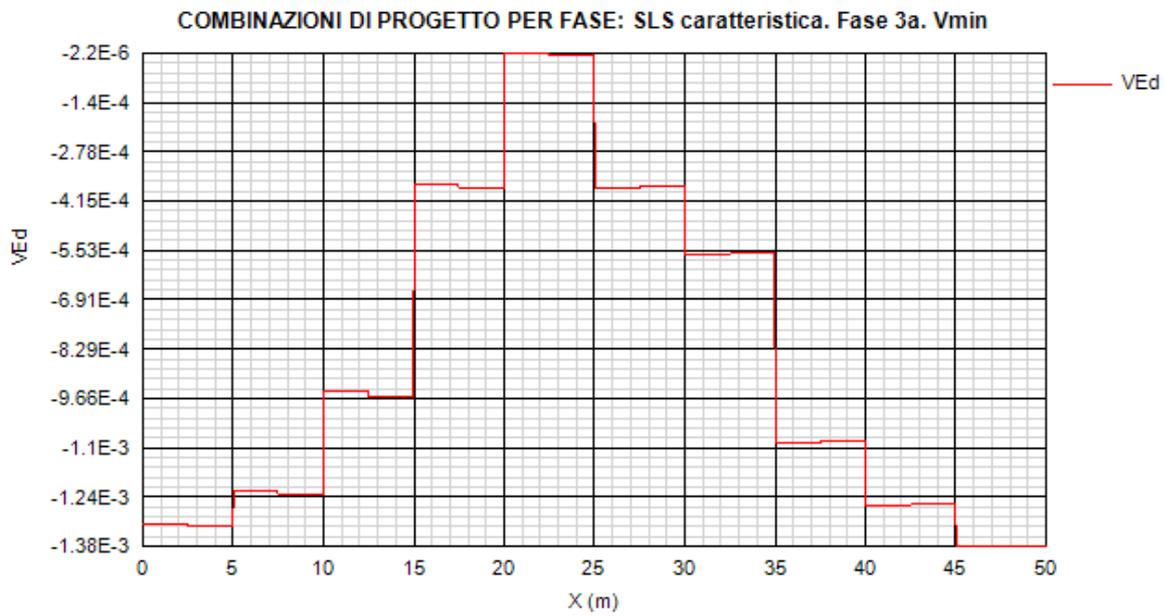


Figura 13.54:

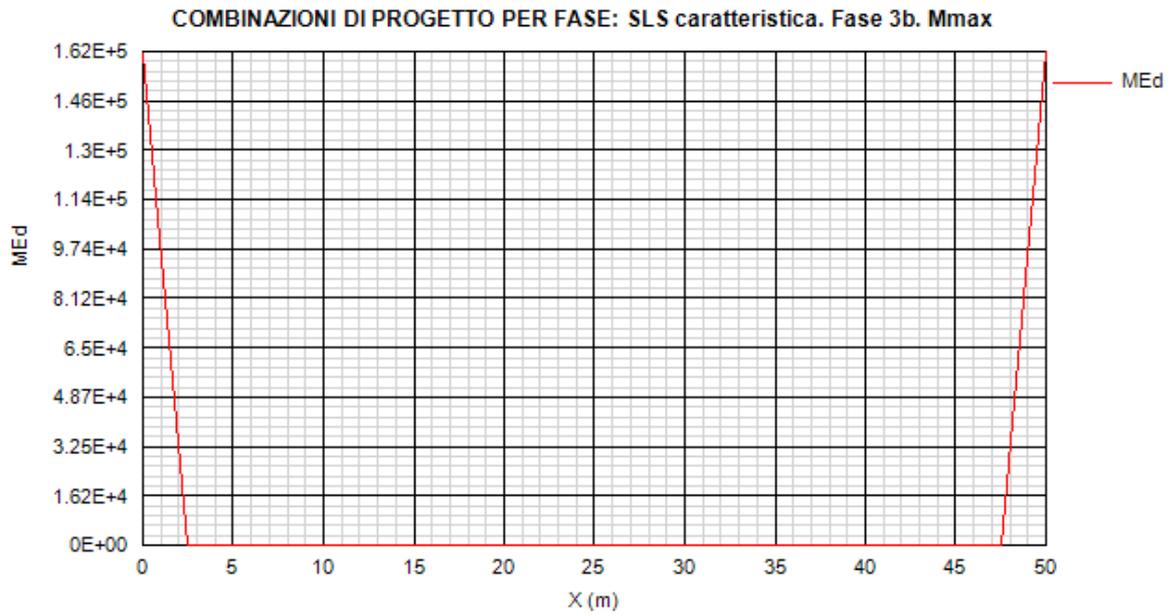


Figura 13.55:

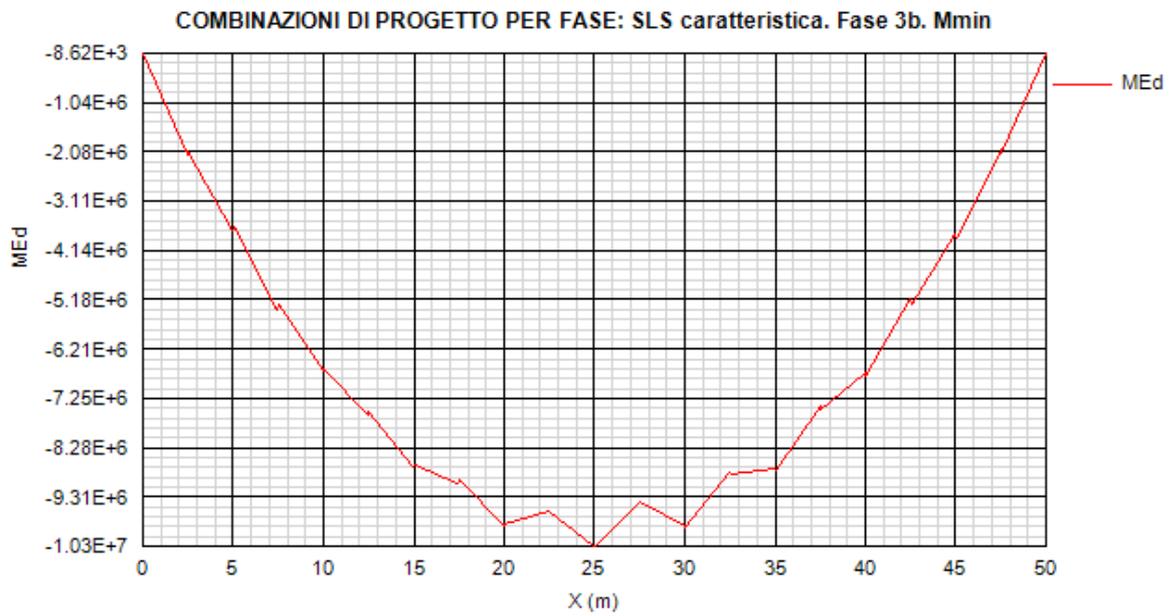


Figura 13.56:

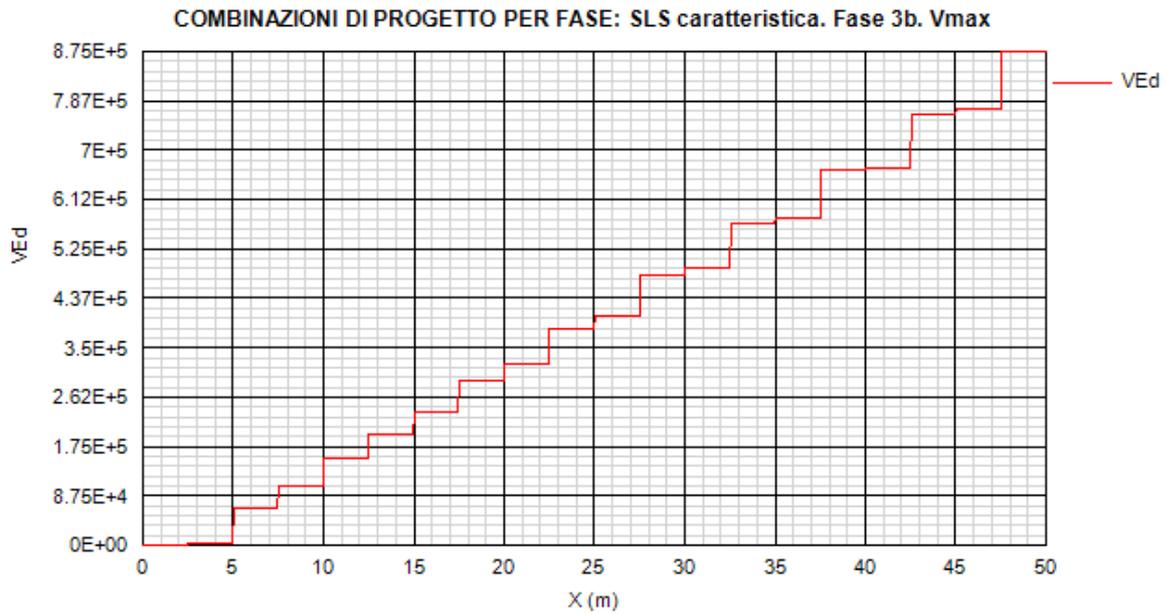


Figura 13.57:

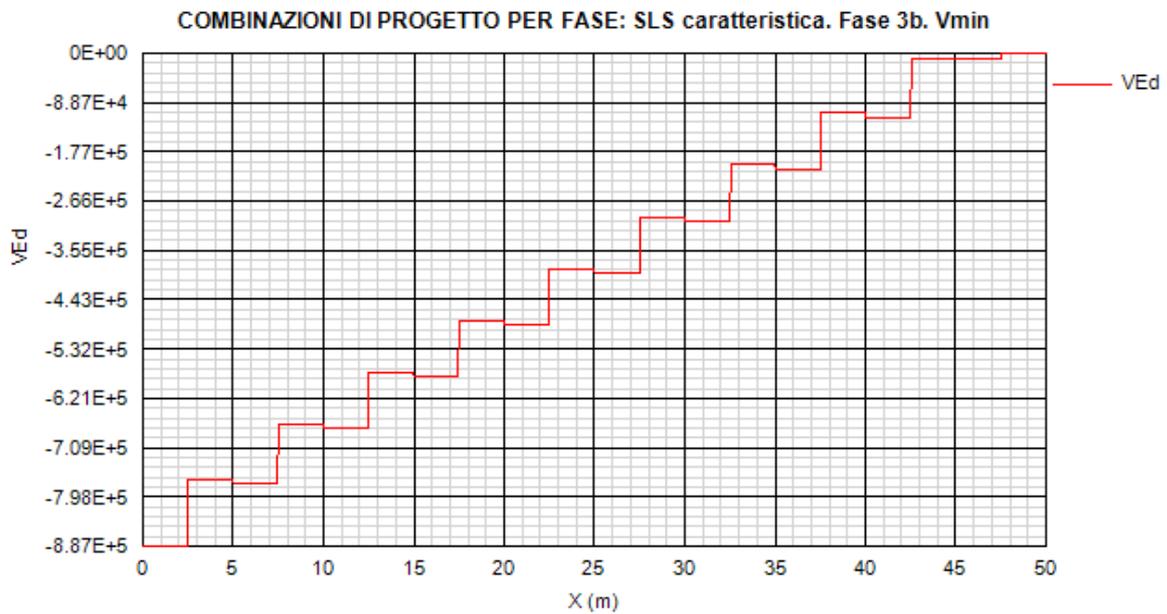


Figura 13.58:

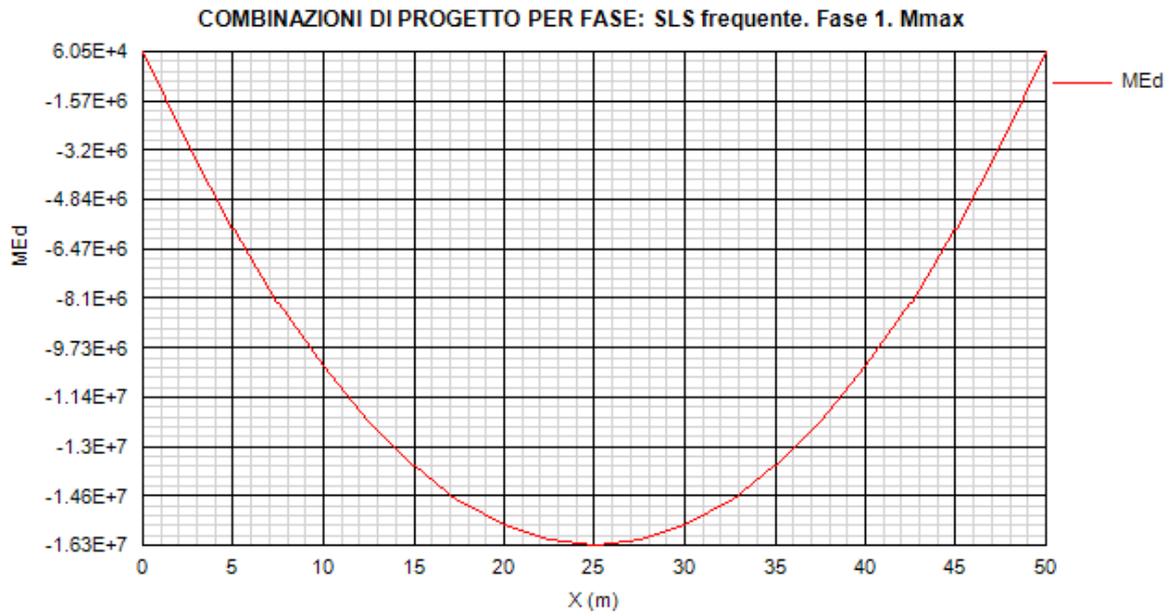


Figura 13.59:

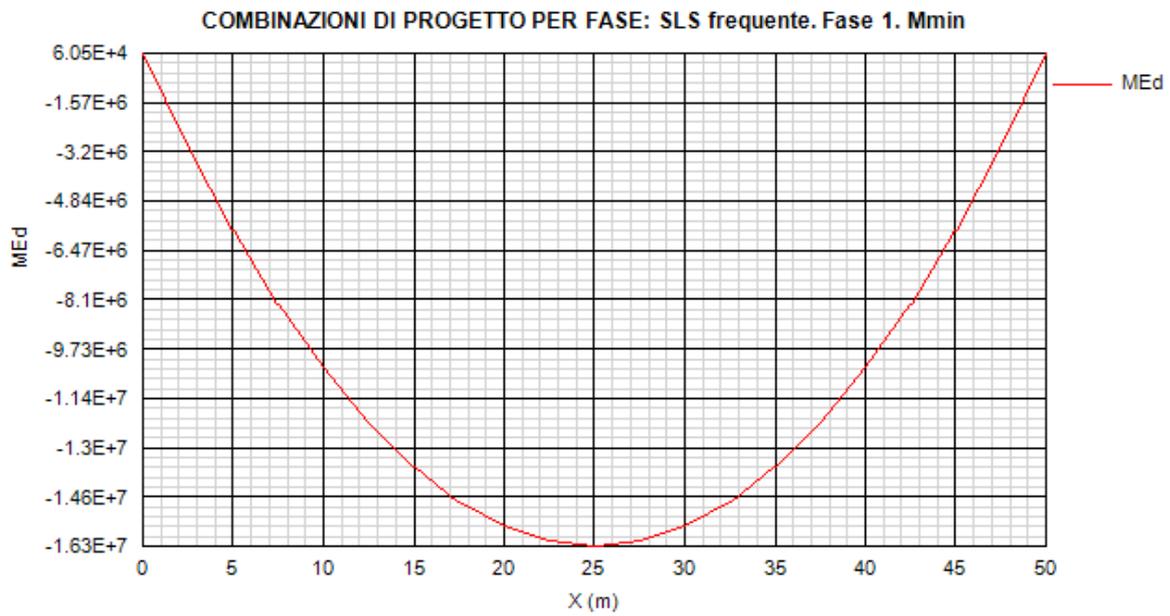


Figura 13.60:

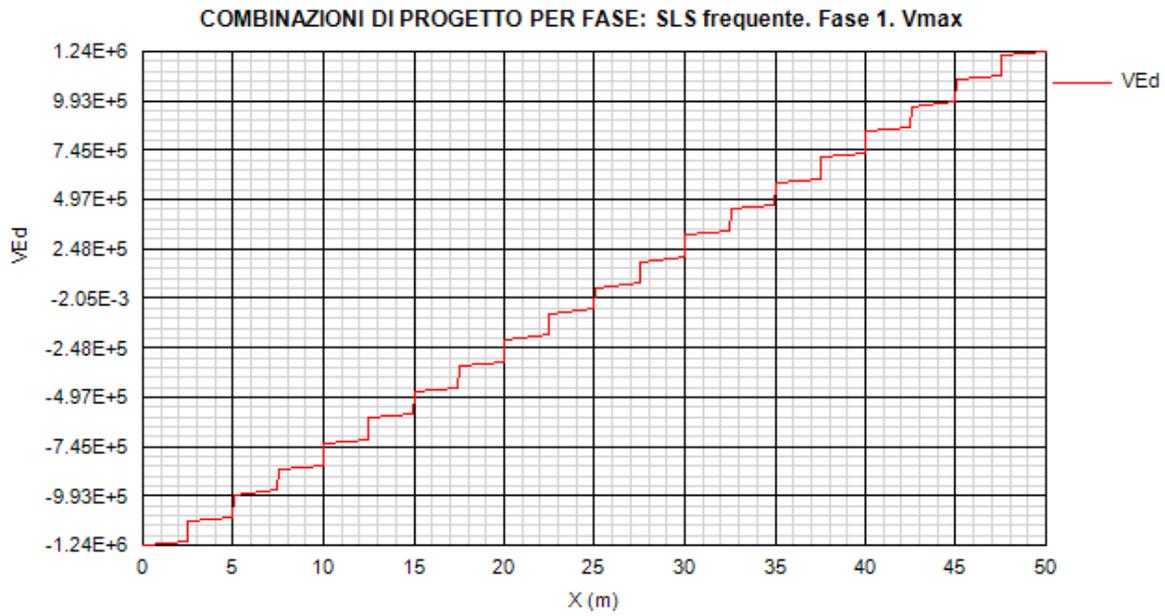


Figura 13.61:

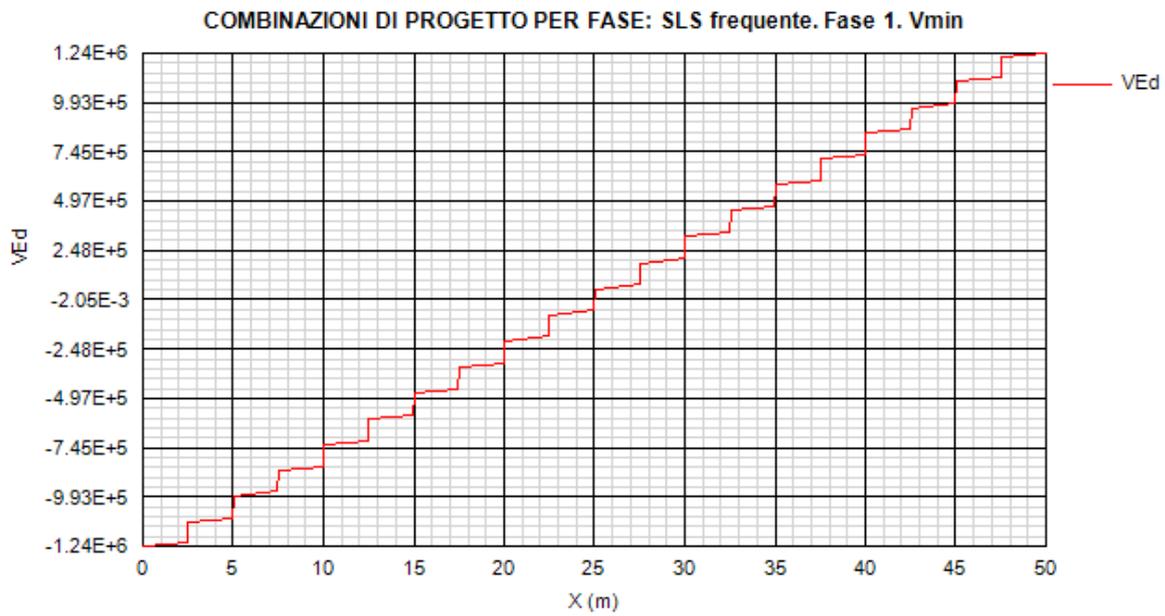


Figura 13.62:

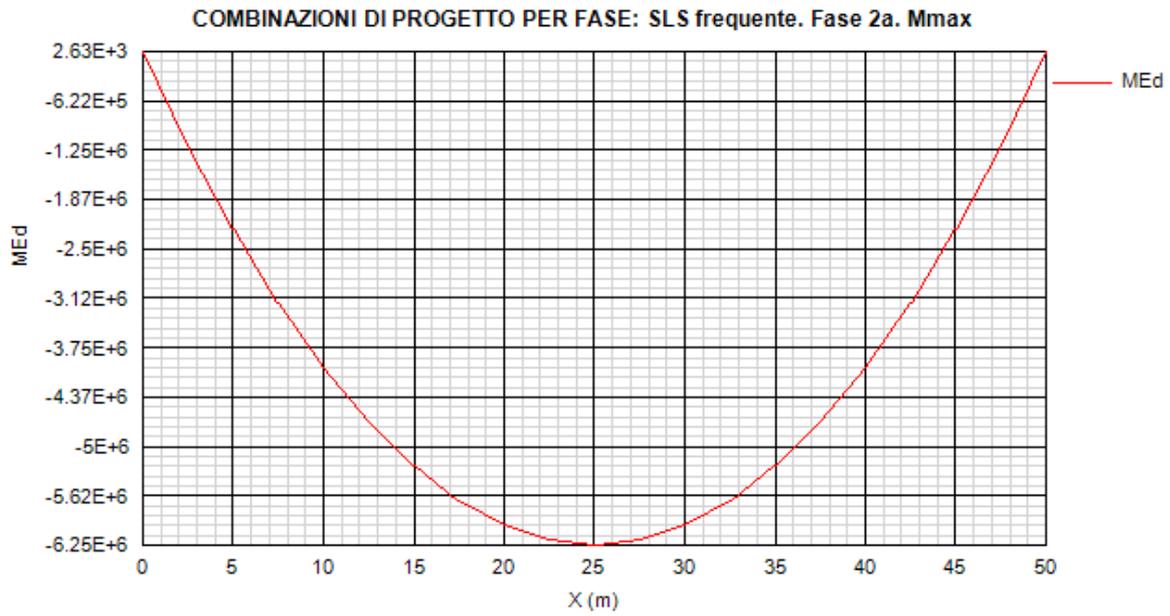


Figura 13.63:

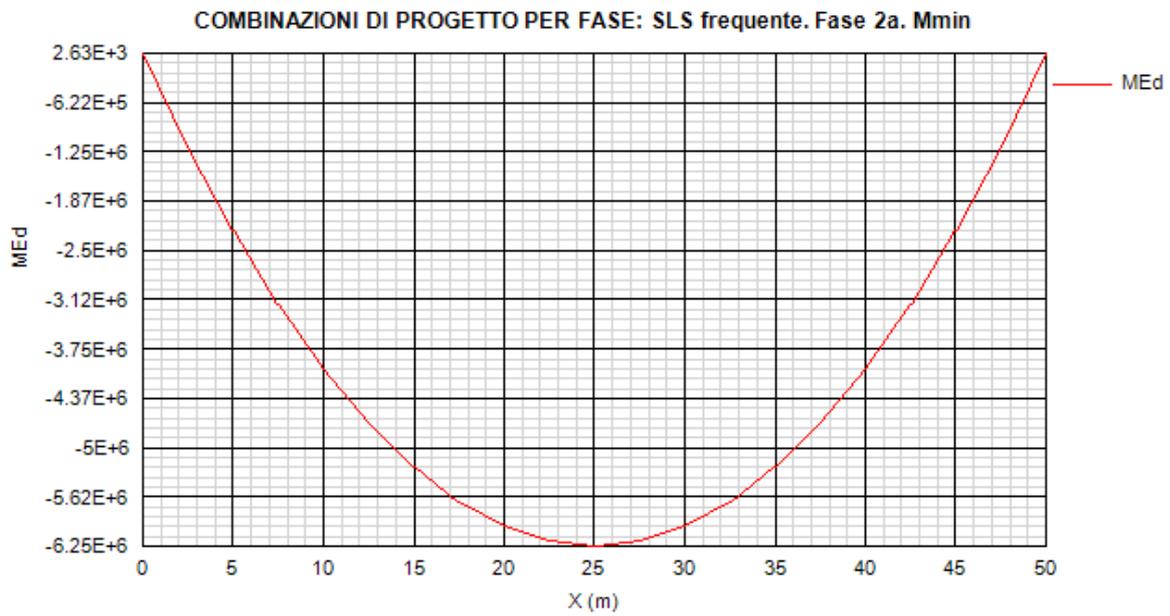


Figura 13.64:

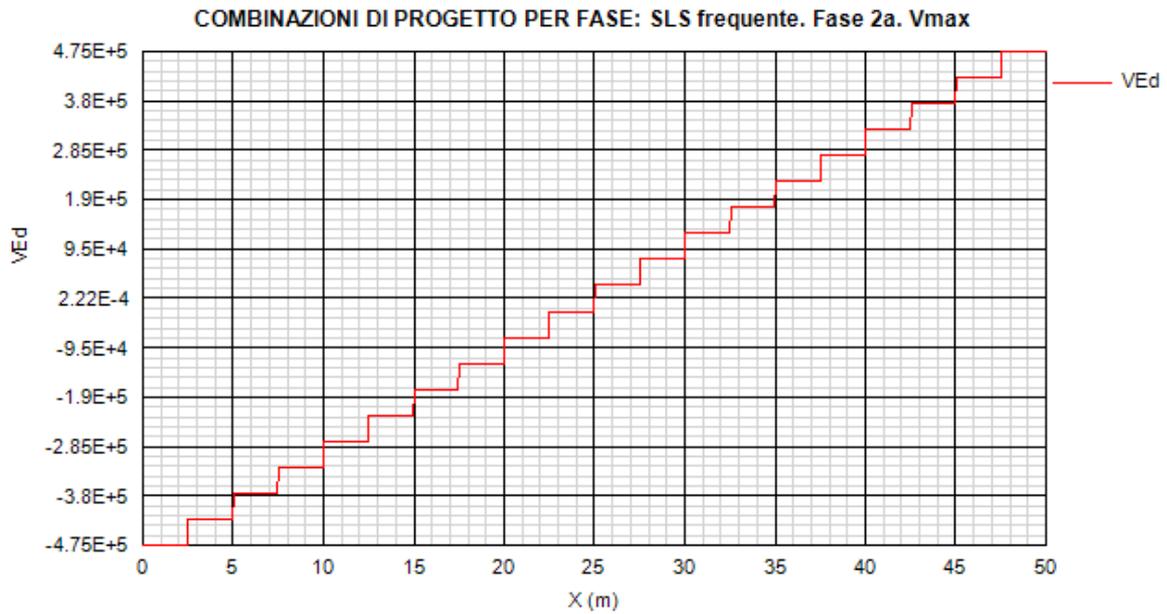


Figura 13.65:

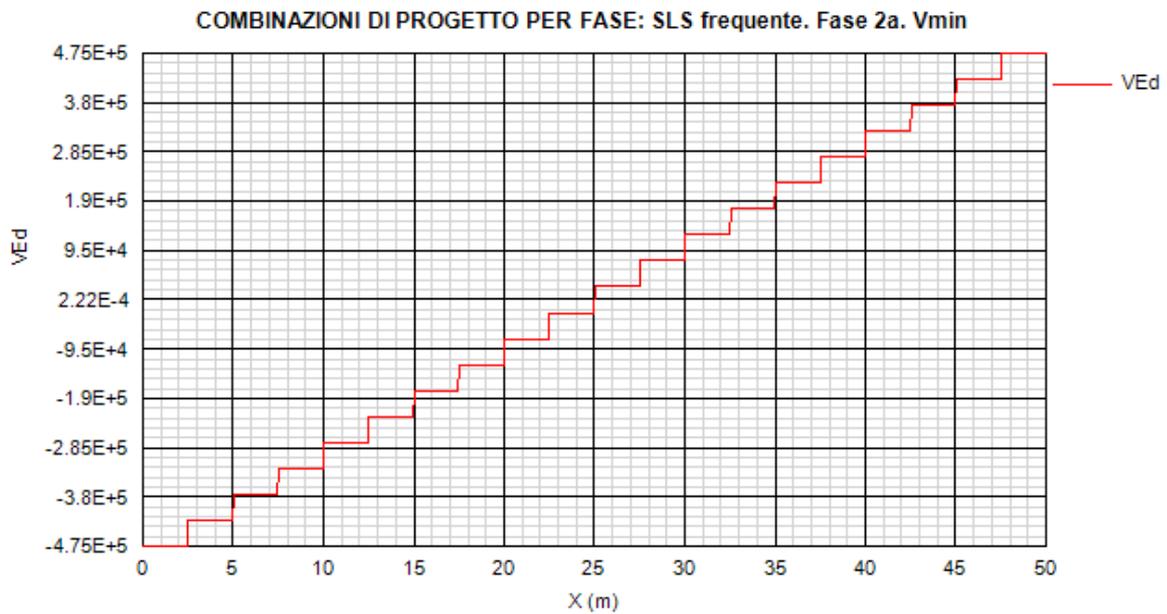


Figura 13.66:

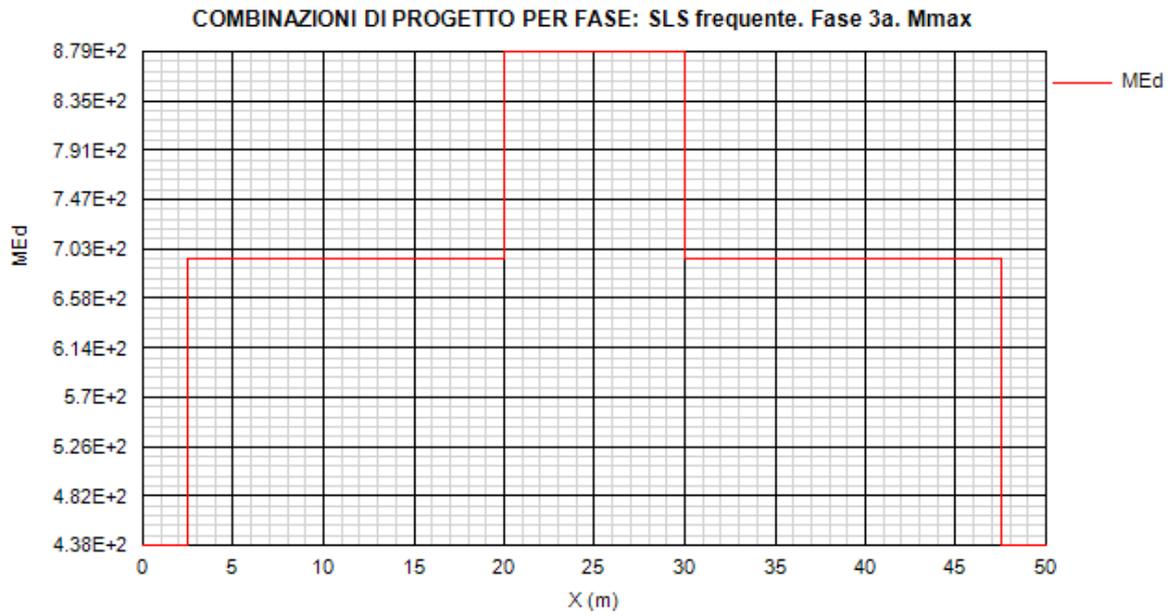


Figura 13.67:

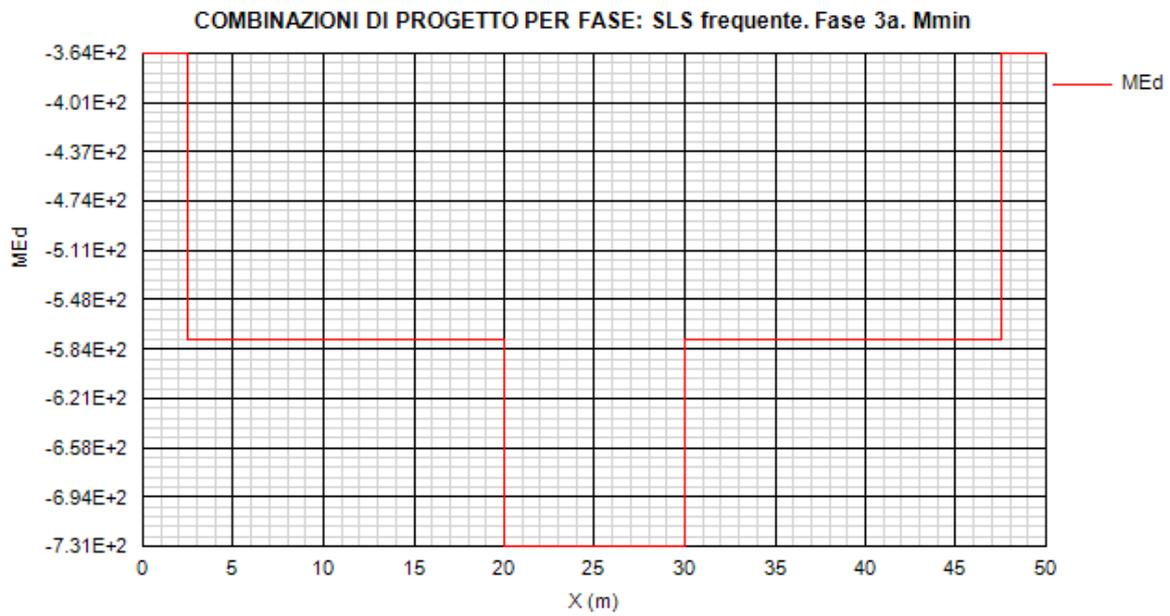


Figura 13.68:

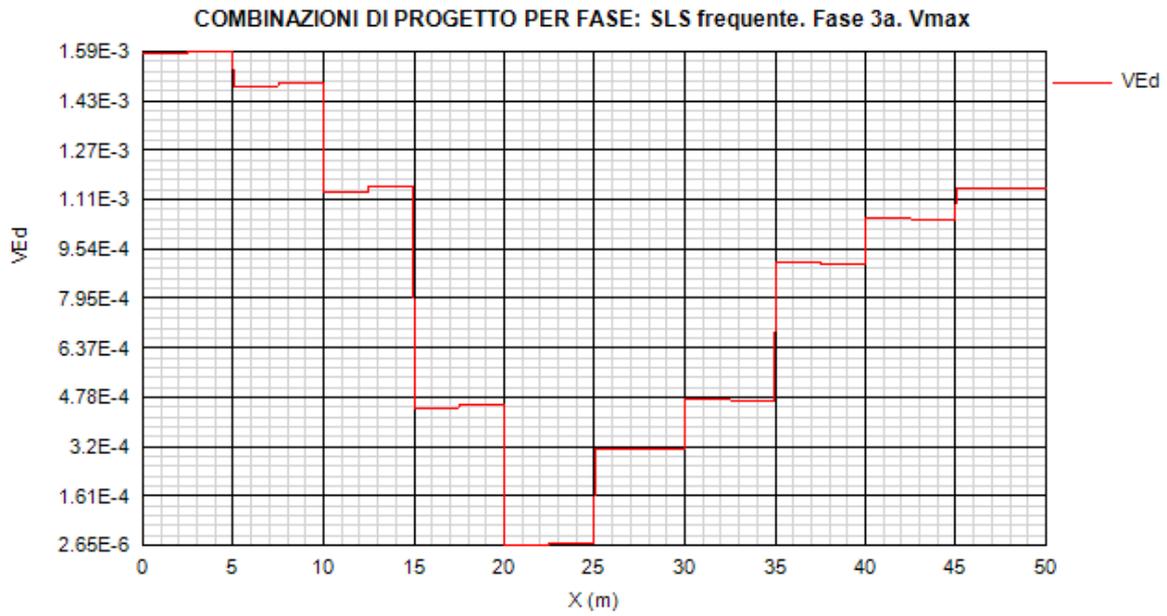


Figura 13.69:

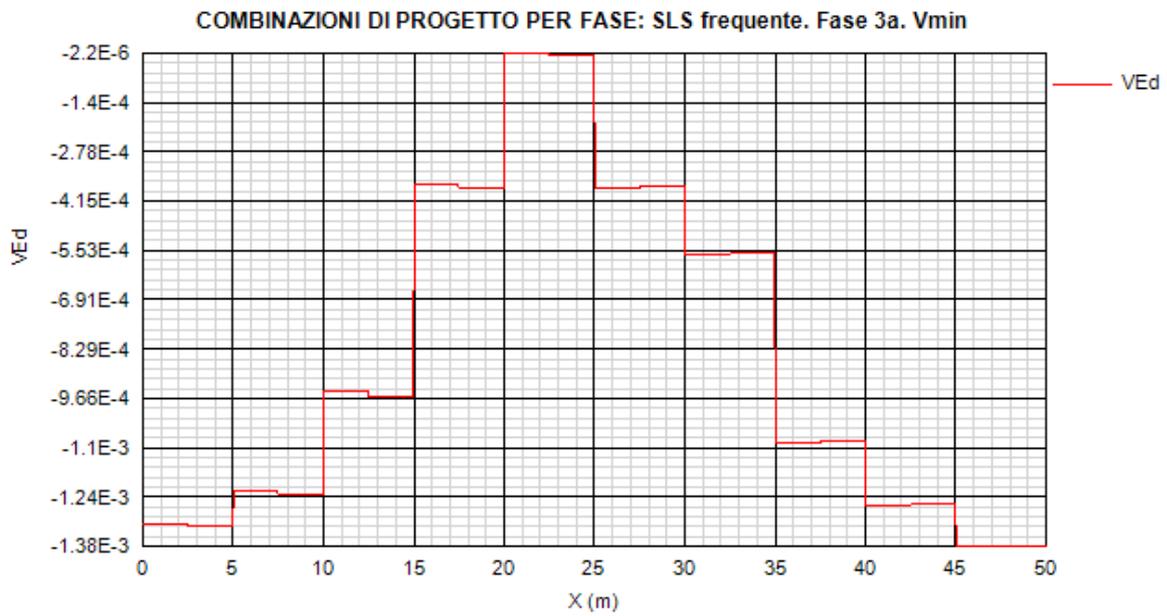


Figura 13.70:

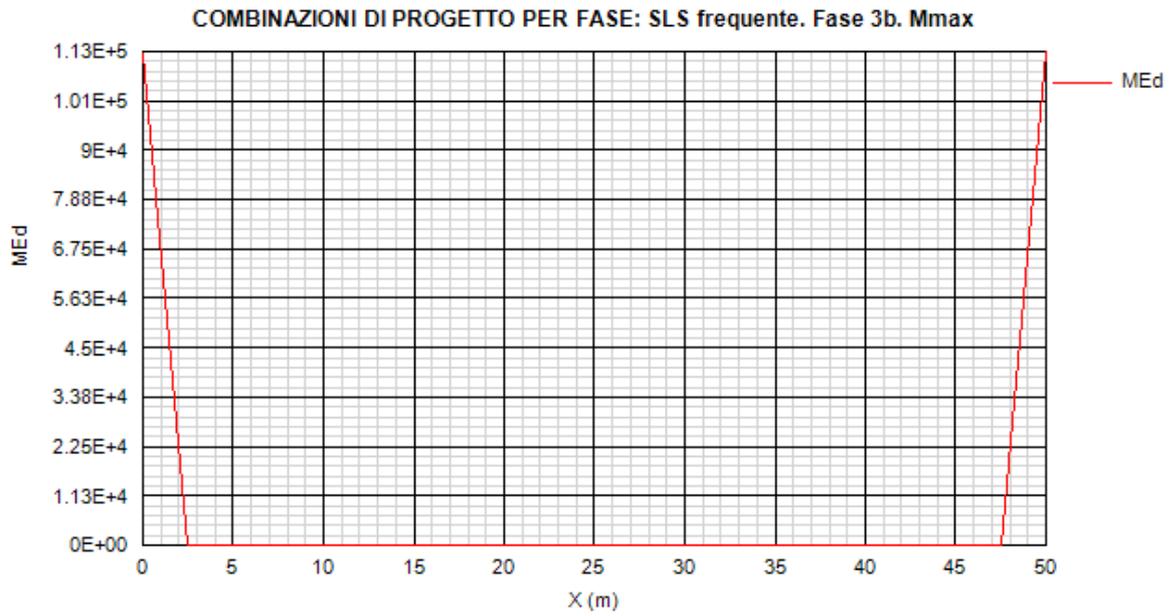


Figura 13.71:

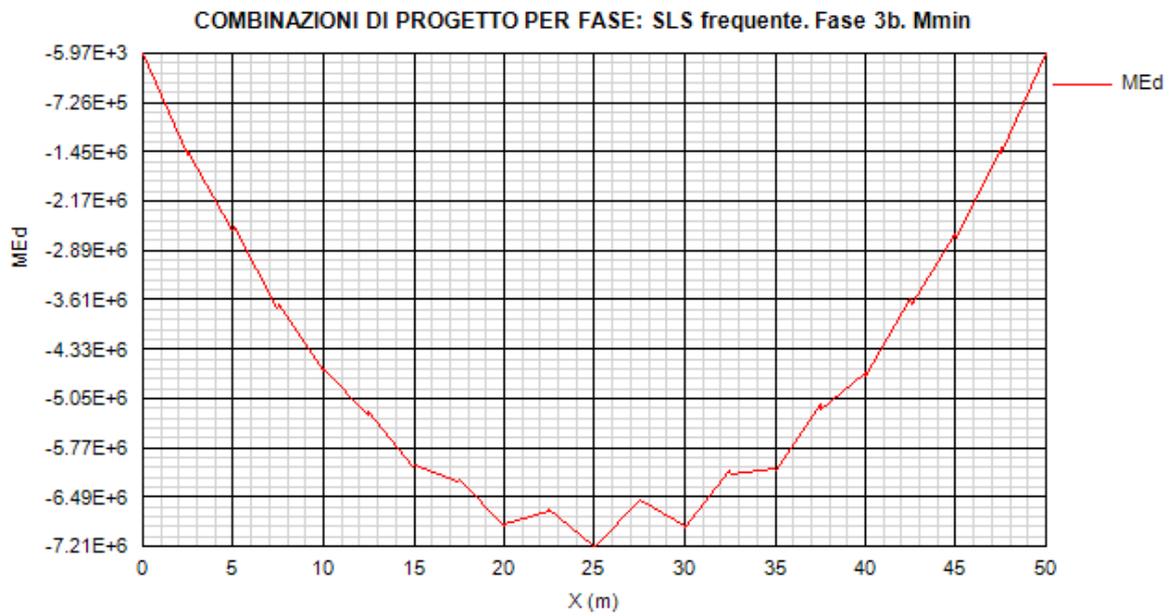


Figura 13.72:

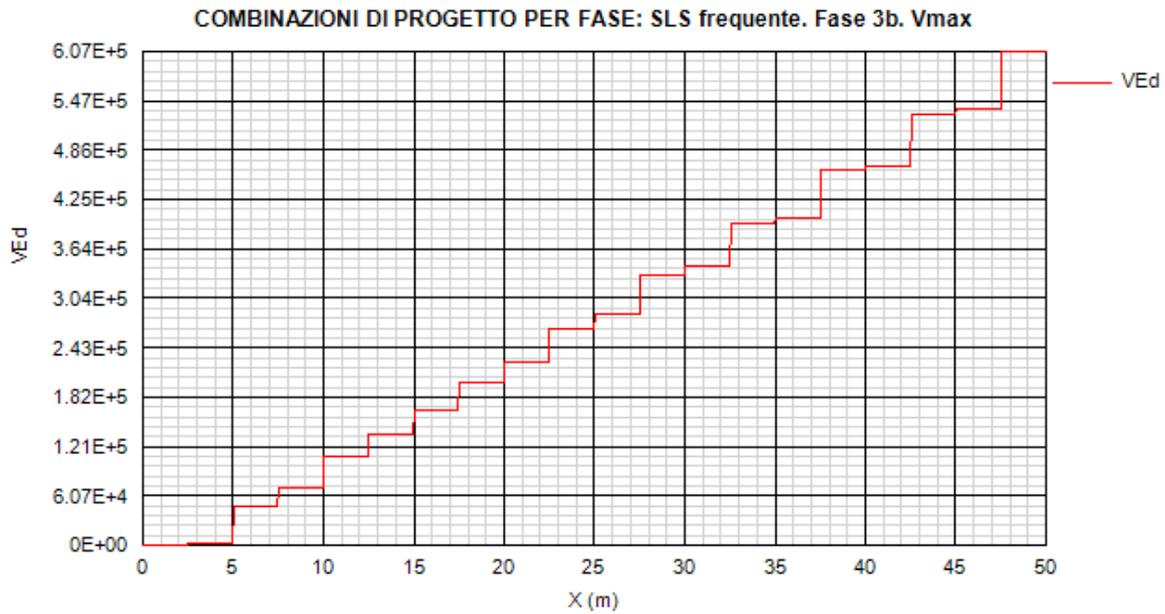


Figura 13.73:

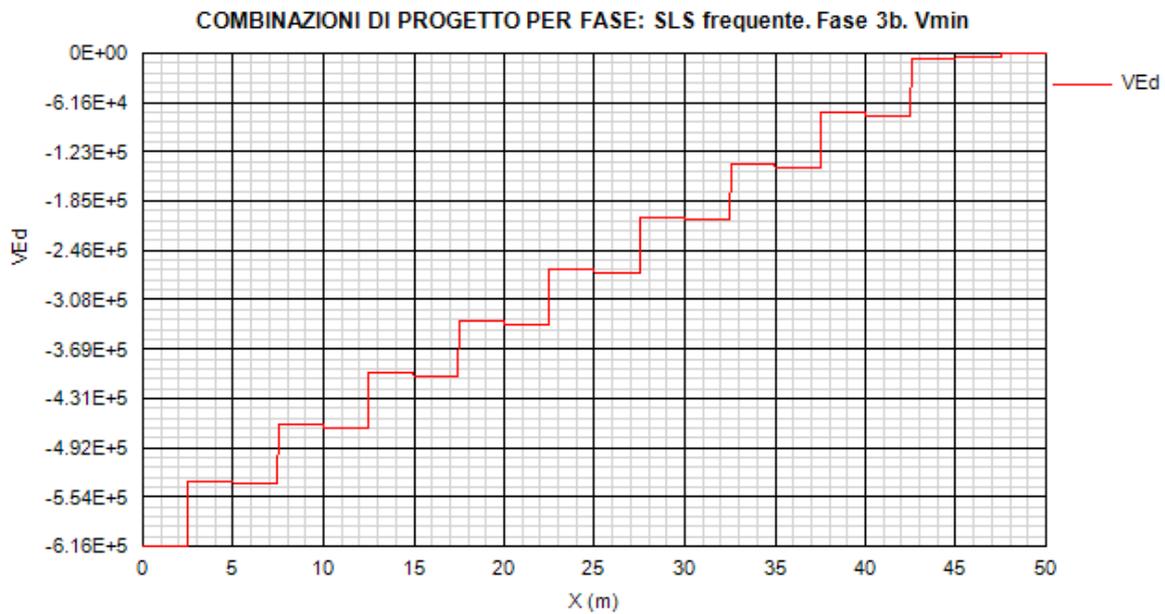


Figura 13.74:

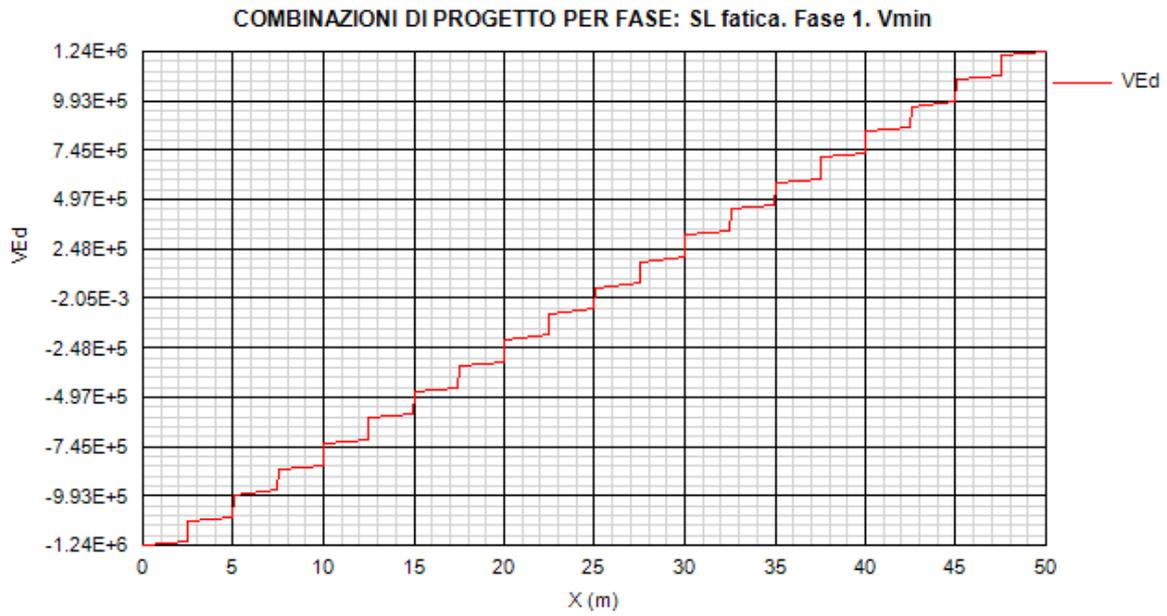


Figura 13.75:

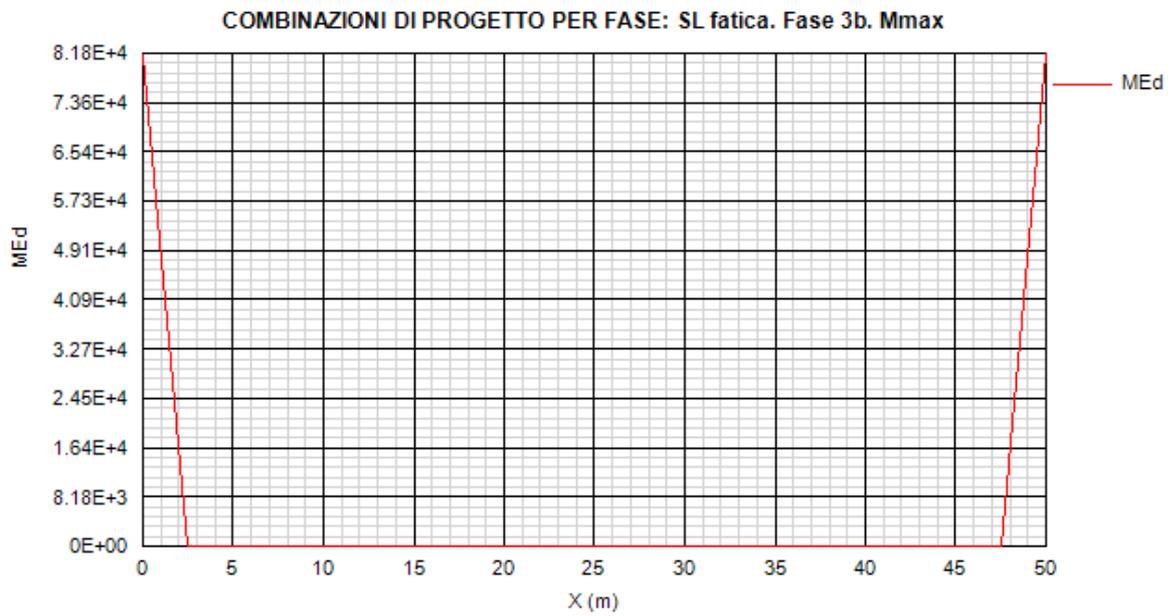


Figura 13.76:

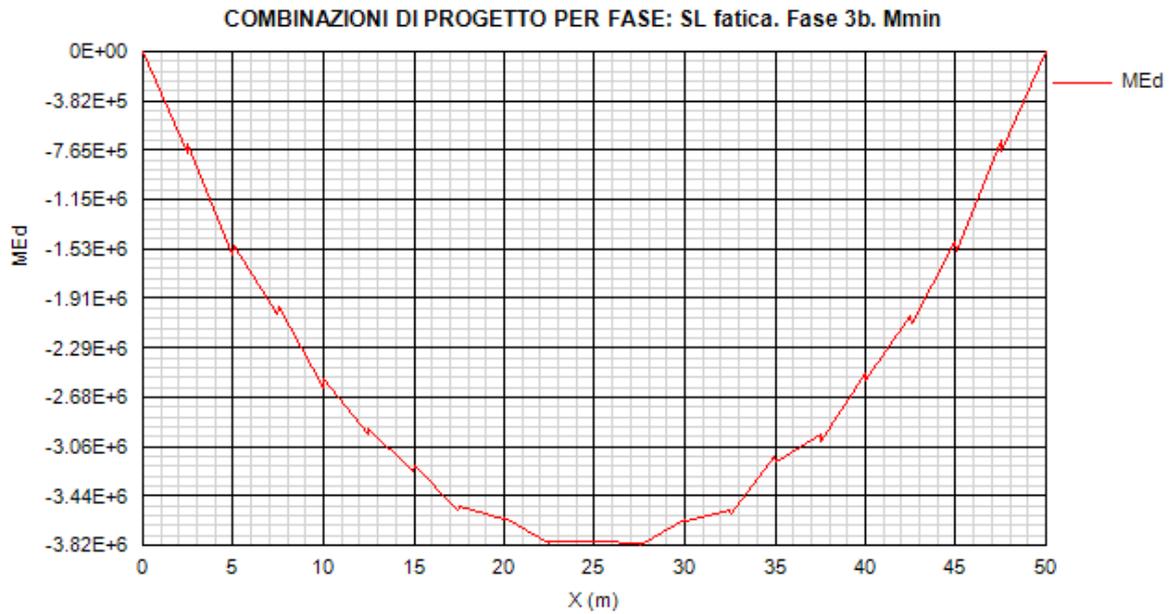


Figura 13.77:

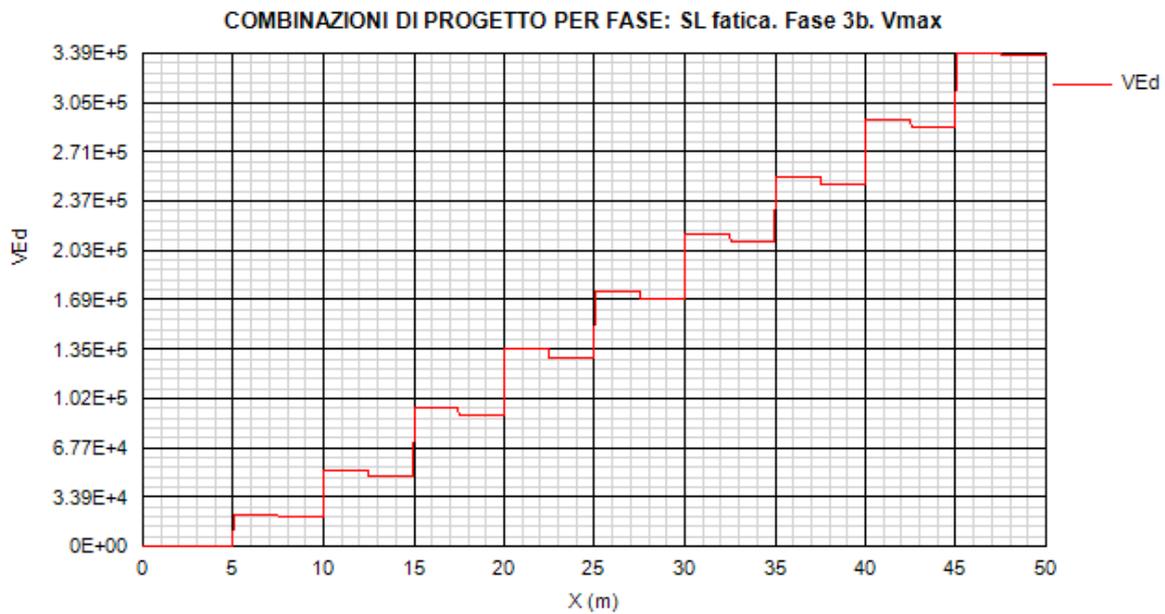


Figura 13.78:

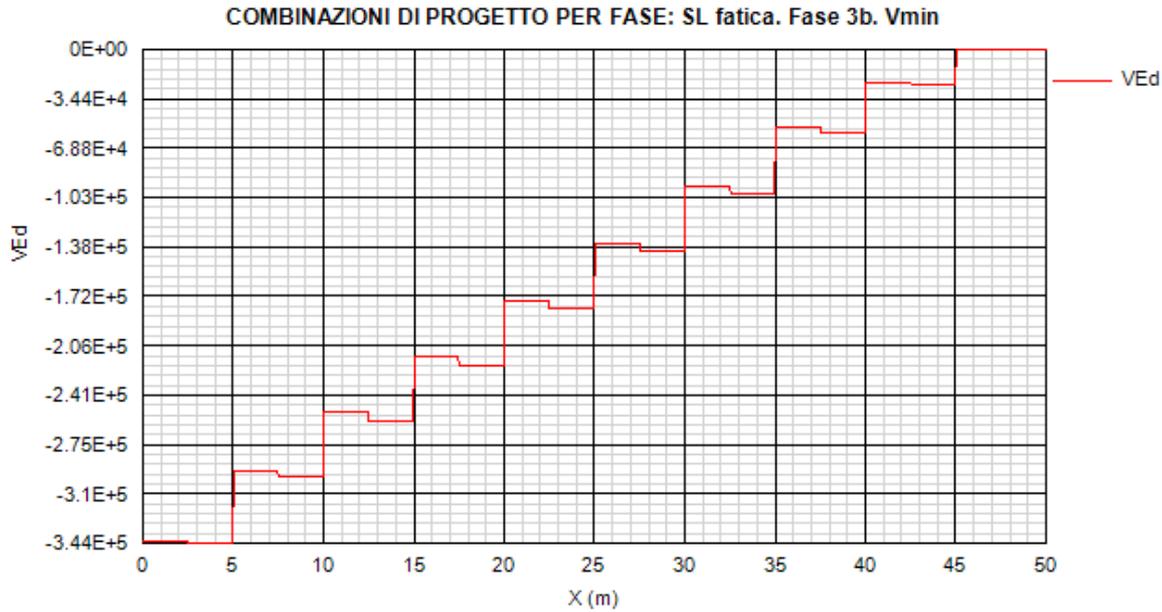


Figura 13.79:

13.2. Verifiche SLU

X (m)	Combinazione	Classe F1	Classe F3b	RESISTENZA					PIOLI		IRRIGIDIMENTI				
				MEd/ MR	σ_{Ed} / f_y	VEd/ VRd	MEd/ Mf,Rd	VEd/ Vbw,Rd	V/M/N	vEd/ (n*PRd)	di testata	verticali LTB (inst. tors.)	verticali Ist,min / Ist	verticali $\sigma_{max} / (f_y/\gamma_{M1})$	verticali w/ (hw/300)
0.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.110	-0.021	0.675	0.120	0.696	No int.	0.255	0.866	0.898	0.167	0.000	0.000
0.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.120	-0.006	0.383	0.130	0.396	No int.	0.090	0.866	0.898	0.167	0.000	0.000
0.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.120	-0.008	0.372	0.130	0.384	No int.	0.080	0.866	0.898	0.167	0.000	0.000
0.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.110	-0.017	0.762	0.130	0.786	No int.	0.330	0.866	0.898	0.167	0.000	0.000
2.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.250	-0.306	0.370	0.310	0.380	No int.	0.080	0.866	0.898	0.167	0.000	0.000
2.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.390	-0.495	0.763	0.500	0.782	No int.	0.330	0.866	0.898	0.167	0.000	0.001
2.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.250	-0.306	0.370	0.310	0.380	No int.	0.080	0.866	0.898	0.167	0.000	0.000
2.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.390	-0.495	0.763	0.500	0.782	No int.	0.330	0.866	0.898	0.167	0.000	0.001
2.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.220	-0.230	0.325	0.260	0.346	No int.	0.135	0.866	0.898	0.165	0.000	0.000
2.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.330	-0.400	0.631	0.390	0.667	No int.	0.503	0.866	0.898	0.165	0.000	0.000
2.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.220	-0.234	0.325	0.260	0.345	No int.	0.134	0.866	0.898	0.165	0.000	0.000
2.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.320	-0.393	0.661	0.380	0.700	No int.	0.555	0.866	0.898	0.165	0.000	0.000
5.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.300	-0.395	0.319	0.360	0.339	No int.	0.124	0.866	0.898	0.182	0.000	0.001
5.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.500	-0.598	0.646	0.600	0.676	No int.	0.489	0.866	0.898	0.182	0.000	0.001
5.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.300	-0.399	0.319	0.370	0.338	No int.	0.122	0.866	0.898	0.182	0.000	0.001
5.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.490	-0.598	0.659	0.590	0.689	No int.	0.509	0.866	0.898	0.182	0.000	0.001
5.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.300	-0.395	0.286	0.360	0.304	No int.	0.109	0.000	0.898	0.183	0.000	0.001
5.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.490	-0.597	0.445	0.600	0.465	No int.	0.229	0.000	0.898	0.183	0.000	0.001
5.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.400	-0.476	0.269	0.480	0.284	No int.	0.080	0.000	0.898	0.183	0.000	0.001
5.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.490	-0.596	0.613	0.590	0.642	No int.	0.490	0.000	0.898	0.183	0.000	0.001
7.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.360	-0.507	0.280	0.440	0.297	No int.	0.100	0.000	0.898	0.200	0.001	0.001
7.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.620	-0.749	0.612	0.760	0.632	No int.	0.452	0.000	0.898	0.200	0.001	0.002
7.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.440	-0.573	0.264	0.550	0.277	No int.	0.073	0.000	0.898	0.200	0.001	0.001
7.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.620	-0.749	0.612	0.760	0.632	No int.	0.452	0.000	0.898	0.200	0.001	0.002
7.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.360	-0.506	0.248	0.440	0.263	No int.	0.087	0.000	0.898	0.200	0.001	0.001

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

7.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.610	-0.744	0.507	0.750	0.523	No int.	0.348	0.000	0.898	0.200	0.001	0.002
7.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.460	-0.574	0.220	0.560	0.232	No int.	0.044	0.000	0.898	0.200	0.001	0.001
7.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.580	-0.729	0.535	0.720	0.554	No int.	0.391	0.000	0.898	0.200	0.001	0.002
10.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.400	-0.580	0.242	0.500	0.256	No int.	0.080	0.000	0.898	0.218	0.001	0.002
10.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.690	-0.855	0.504	0.870	0.513	No int.	0.323	0.000	0.898	0.218	0.001	0.003
10.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.480	-0.637	0.215	0.600	0.225	No int.	0.041	0.000	0.898	0.218	0.001	0.002
10.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.670	-0.833	0.532	0.850	0.544	No int.	0.363	0.000	0.898	0.218	0.001	0.003
10.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.400	-0.579	0.209	0.500	0.221	No int.	0.068	0.000	0.898	0.218	0.001	0.002
10.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.690	-0.851	0.261	0.870	0.266	No int.	0.050	0.000	0.898	0.218	0.001	0.003
10.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.560	-0.662	0.169	0.700	0.176	No int.	0.010	0.000	0.898	0.218	0.001	0.002
10.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.670	-0.827	0.487	0.840	0.498	No int.	0.348	0.000	0.898	0.218	0.001	0.003
12.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.420	-0.622	0.203	0.540	0.214	No int.	0.063	0.000	0.898	0.236	0.001	0.003
12.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.730	-0.913	0.483	0.940	0.487	No int.	0.324	0.000	0.898	0.236	0.001	0.004
12.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.560	-0.681	0.163	0.710	0.169	No int.	0.009	0.000	0.898	0.236	0.001	0.003
12.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.730	-0.912	0.484	0.940	0.488	No int.	0.325	0.000	0.898	0.236	0.001	0.004
12.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.420	-0.621	0.171	0.540	0.181	No int.	0.051	0.000	0.898	0.236	0.001	0.003
12.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.730	-0.909	0.378	0.930	0.381	No int.	0.235	0.000	0.898	0.236	0.001	0.004
12.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.570	-0.690	0.118	0.730	0.122	No int.	0.019	0.000	0.898	0.236	0.001	0.003
12.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.690	-0.869	0.407	0.890	0.413	No int.	0.273	0.000	0.898	0.236	0.001	0.004
15.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.641	0.166	0.560	0.174	No int.	0.048	0.000	0.898	0.253	0.001	0.004
15.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.760	-0.950	0.372	0.990	0.373	No int.	0.221	0.000	0.898	0.253	0.002	0.005
15.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.560	-0.699	0.113	0.730	0.117	No int.	0.018	0.000	0.898	0.253	0.001	0.004
15.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.730	-0.920	0.401	0.950	0.404	No int.	0.256	0.000	0.898	0.253	0.002	0.005
15.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.640	0.133	0.560	0.140	No int.	0.037	0.000	0.898	0.254	0.001	0.004
15.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.760	-0.947	0.125	0.980	0.126	No int.	0.022	0.000	0.898	0.254	0.002	0.005
15.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.620	-0.755	0.069	0.810	0.071	No int.	0.041	0.000	0.898	0.254	0.001	0.004
15.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.730	-0.914	0.356	0.950	0.359	No int.	0.244	0.000	0.898	0.254	0.002	0.005
17.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.642	0.127	0.570	0.134	No int.	0.035	0.000	0.898	0.271	0.002	0.005
17.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.750	-0.945	0.348	1.000	0.349	No int.	0.229	0.000	0.898	0.271	0.002	0.007
17.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.600	-0.727	0.064	0.790	0.066	No int.	0.039	0.000	0.898	0.271	0.002	0.005
17.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.750	-0.943	0.349	1.000	0.349	No int.	0.229	0.000	0.898	0.271	0.002	0.007
17.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.641	0.096	0.570	0.101	No int.	0.025	0.000	0.898	0.271	0.002	0.005
17.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.750	-0.942	0.247	0.990	0.247	No int.	0.154	0.000	0.898	0.271	0.002	0.007
17.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.610	-0.737	0.016	0.810	0.016	No int.	0.066	0.000	0.898	0.271	0.002	0.005
17.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.710	-0.897	0.273	0.940	0.276	No int.	0.185	0.000	0.898	0.271	0.002	0.007
20.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.629	0.090	0.570	0.095	No int.	0.024	0.000	0.898	0.289	0.002	0.007
20.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.750	-0.941	0.239	1.010	0.239	No int.	0.146	0.000	0.898	0.289	0.002	0.009
20.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.570	-0.699	0.011	0.770	0.012	No int.	0.063	0.000	0.898	0.289	0.002	0.007
20.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.720	-0.902	0.266	0.970	0.267	No int.	0.175	0.000	0.898	0.289	0.002	0.009
20.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.420	-0.524	0.058	0.570	0.061	No int.	0.014	0.000	0.898	0.288	0.001	0.005
20.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.740	-0.925	0.005	1.000	0.005	No int.	0.070	0.000	0.898	0.288	0.002	0.007
20.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.620	-0.743	0.031	0.830	0.031	No int.	0.080	0.000	0.898	0.288	0.001	0.005
20.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.710	-0.885	0.222	0.950	0.223	No int.	0.161	0.000	0.898	0.288	0.002	0.007
22.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.540	0.053	0.580	0.056	No int.	0.014	0.000	0.898	0.288	0.002	0.005
22.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.750	-0.938	0.215	1.010	0.215	No int.	0.160	0.000	0.898	0.288	0.002	0.007
22.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.610	-0.739	0.036	0.820	0.037	No int.	0.080	0.000	0.898	0.288	0.002	0.005
22.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.750	-0.936	0.216	1.010	0.216	No int.	0.161	0.000	0.898	0.288	0.002	0.007
22.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.540	0.021	0.580	0.023	No int.	0.005	0.000	0.898	0.288	0.002	0.005
22.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.750	-0.938	0.117	1.010	0.117	No int.	0.094	0.000	0.898	0.288	0.002	0.007
22.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.620	-0.749	0.086	0.830	0.088	No int.	0.108	0.000	0.898	0.288	0.002	0.005
22.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.700	-0.881	0.141	0.950	0.142	No int.	0.120	0.000	0.898	0.288	0.002	0.007
25.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.440	-0.546	0.016	0.580	0.017	No int.	0.005	0.000	0.898	0.288	0.002	0.005
25.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.770	-0.964	0.109	1.040	0.109	No int.	0.094	0.000	0.898	0.288	0.002	0.007
25.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.600	-0.730	0.091	0.810	0.094	No int.	0.108	0.000	0.898	0.288	0.002	0.005
25.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.730	-0.912	0.135	0.980	0.135	No int.	0.120	0.000	0.898	0.288	0.002	0.007
25.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.440	-0.546	0.016	0.580	0.017	No int.	0.005	0.000	0.898	0.288	0.002	0.005
25.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.770	-0.964	0.134	1.040	0.134	No int.	0.119	0.000	0.898	0.288	0.002	0.007
25.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.760	-0.954	0.140	1.020	0.140	No int.	0.125	0.000	0.898	0.288	0.002	0.007
25.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.610	-0.736	0.094	0.820	0.097	No int.	0.111	0.000	0.898	0.288	0.002	0.005
27.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.540	0.021	0.580	0.023	No int.	0.005	0.000	0.898	0.288	0.002	0.005

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

27.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.750	-0.933	0.022	1.000	0.022	No int.	0.047	0.000	0.898	0.288	0.002	0.007
27.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.740	-0.921	0.148	0.990	0.148	No int.	0.125	0.000	0.898	0.288	0.002	0.007
27.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.620	-0.755	0.089	0.840	0.091	No int.	0.111	0.000	0.898	0.288	0.002	0.005
27.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.540	0.053	0.580	0.056	No int.	0.014	0.000	0.898	0.288	0.002	0.005
27.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.750	-0.933	0.212	1.000	0.212	No int.	0.157	0.000	0.898	0.288	0.002	0.007
27.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.750	-0.931	0.213	1.000	0.213	No int.	0.158	0.000	0.898	0.288	0.002	0.007
27.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.570	-0.695	0.028	0.770	0.029	No int.	0.072	0.000	0.898	0.288	0.002	0.005
30.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.420	-0.524	0.058	0.570	0.061	No int.	0.014	0.000	0.898	0.288	0.001	0.005
30.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.740	-0.926	0.020	1.000	0.020	No int.	0.045	0.000	0.898	0.288	0.002	0.007
30.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.710	-0.880	0.219	0.950	0.220	No int.	0.158	0.000	0.898	0.288	0.002	0.007
30.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.580	-0.698	0.023	0.780	0.024	No int.	0.072	0.000	0.898	0.288	0.002	0.005
30.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.629	0.090	0.570	0.095	No int.	0.024	0.000	0.898	0.289	0.002	0.007
30.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.750	-0.942	0.264	1.010	0.264	No int.	0.171	0.000	0.898	0.289	0.002	0.009
30.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.740	-0.935	0.270	1.000	0.270	No int.	0.178	0.000	0.898	0.289	0.002	0.009
30.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.580	-0.705	0.008	0.780	0.009	No int.	0.066	0.000	0.898	0.289	0.002	0.007
32.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.641	0.096	0.570	0.101	No int.	0.025	0.000	0.898	0.271	0.002	0.005
32.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.750	-0.938	0.272	0.990	0.273	No int.	0.181	0.000	0.898	0.271	0.002	0.007
32.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.740	-0.928	0.278	0.980	0.279	No int.	0.188	0.000	0.898	0.271	0.002	0.007
32.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.610	-0.746	0.013	0.810	0.013	No int.	0.069	0.000	0.898	0.271	0.002	0.005
32.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.642	0.127	0.570	0.134	No int.	0.035	0.000	0.898	0.271	0.002	0.005
32.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.750	-0.940	0.345	0.990	0.346	No int.	0.226	0.000	0.898	0.271	0.002	0.007
32.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.750	-0.939	0.346	0.990	0.347	No int.	0.226	0.000	0.898	0.271	0.002	0.007
32.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.550	-0.699	0.073	0.730	0.076	No int.	0.028	0.000	0.898	0.271	0.002	0.005
35.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.640	0.133	0.560	0.140	No int.	0.037	0.000	0.898	0.254	0.001	0.004
35.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.760	-0.949	0.150	0.990	0.150	No int.	0.006	0.000	0.898	0.254	0.002	0.005
35.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.720	-0.910	0.353	0.940	0.356	No int.	0.240	0.000	0.898	0.254	0.002	0.005
35.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.570	-0.699	0.078	0.740	0.081	No int.	0.030	0.000	0.898	0.254	0.001	0.004
35.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.641	0.166	0.560	0.174	No int.	0.048	0.000	0.898	0.253	0.001	0.004
35.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.760	-0.952	0.397	0.990	0.398	No int.	0.250	0.000	0.898	0.253	0.002	0.005
35.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.750	-0.939	0.403	0.980	0.405	No int.	0.258	0.000	0.898	0.253	0.002	0.005
35.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.570	-0.700	0.110	0.740	0.114	No int.	0.021	0.000	0.898	0.253	0.001	0.004
37.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.420	-0.621	0.171	0.540	0.181	No int.	0.051	0.000	0.898	0.236	0.001	0.003
37.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.730	-0.904	0.403	0.930	0.407	No int.	0.266	0.000	0.898	0.236	0.001	0.004
37.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.710	-0.889	0.409	0.910	0.414	No int.	0.275	0.000	0.898	0.236	0.001	0.004
37.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.580	-0.701	0.115	0.750	0.119	No int.	0.022	0.000	0.898	0.236	0.001	0.003
37.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.420	-0.622	0.203	0.540	0.214	No int.	0.063	0.000	0.898	0.236	0.001	0.003
37.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.730	-0.909	0.480	0.930	0.485	No int.	0.320	0.000	0.898	0.236	0.001	0.004
37.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.730	-0.908	0.480	0.930	0.485	No int.	0.321	0.000	0.898	0.236	0.001	0.004
37.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.500	-0.673	0.175	0.640	0.183	No int.	0.025	0.000	0.898	0.236	0.001	0.003
40.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.400	-0.579	0.209	0.500	0.221	No int.	0.068	0.000	0.898	0.218	0.001	0.002
40.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.690	-0.854	0.286	0.870	0.291	No int.	0.082	0.000	0.898	0.218	0.001	0.003
40.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.670	-0.823	0.484	0.840	0.495	No int.	0.344	0.000	0.898	0.218	0.001	0.003
40.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.490	-0.637	0.180	0.610	0.189	No int.	0.027	0.000	0.898	0.218	0.001	0.002
40.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.400	-0.580	0.242	0.500	0.256	No int.	0.080	0.000	0.898	0.218	0.001	0.002
40.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.690	-0.858	0.528	0.870	0.538	No int.	0.355	0.000	0.898	0.218	0.001	0.003
40.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.690	-0.850	0.534	0.860	0.544	No int.	0.363	0.000	0.898	0.218	0.001	0.003
40.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.490	-0.638	0.212	0.620	0.222	No int.	0.036	0.000	0.898	0.218	0.001	0.002
42.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.360	-0.506	0.248	0.440	0.263	No int.	0.087	0.000	0.898	0.200	0.001	0.001
42.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.610	-0.740	0.531	0.750	0.548	No int.	0.382	0.000	0.898	0.200	0.001	0.002
42.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.600	-0.731	0.536	0.740	0.554	No int.	0.391	0.000	0.898	0.200	0.001	0.002
42.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.470	-0.575	0.218	0.580	0.228	No int.	0.039	0.000	0.898	0.200	0.001	0.001
42.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.360	-0.507	0.280	0.440	0.297	No int.	0.100	0.000	0.898	0.200	0.001	0.001
42.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.610	-0.746	0.609	0.760	0.628	No int.	0.448	0.000	0.898	0.200	0.001	0.002
42.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.610	-0.746	0.609	0.760	0.628	No int.	0.448	0.000	0.898	0.200	0.001	0.002
42.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.430	-0.571	0.279	0.530	0.294	No int.	0.096	0.000	0.898	0.200	0.001	0.001
45.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.300	-0.395	0.286	0.360	0.304	No int.	0.109	0.000	0.898	0.183	0.000	0.001
45.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.500	-0.597	0.416	0.600	0.434	No int.	0.183	0.000	0.898	0.183	0.000	0.001
45.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.480	-0.595	0.610	0.590	0.639	No int.	0.485	0.000	0.898	0.183	0.000	0.001
45.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.380	-0.474	0.284	0.460	0.301	No int.	0.104	0.000	0.898	0.183	0.000	0.001
45.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.300	-0.395	0.319	0.360	0.339	No int.	0.124	0.866	0.898	0.182	0.000	0.001

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

45.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.500	-0.599	0.654	0.610	0.683	No int.	0.500	0.866	0.898	0.182	0.000	0.001
45.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.500	-0.598	0.660	0.600	0.690	No int.	0.510	0.866	0.898	0.182	0.000	0.001
45.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.310	-0.408	0.317	0.370	0.337	No int.	0.120	0.866	0.898	0.182	0.000	0.001
47.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.220	-0.230	0.325	0.260	0.346	No int.	0.135	0.866	0.898	0.165	0.000	0.000
47.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.330	-0.399	0.655	0.390	0.693	No int.	0.544	0.866	0.898	0.165	0.000	0.000
47.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.330	-0.404	0.662	0.390	0.701	No int.	0.556	0.866	0.898	0.165	0.000	0.000
47.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.230	-0.245	0.323	0.270	0.343	No int.	0.131	0.866	0.898	0.165	0.000	0.000
47.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.250	-0.306	0.370	0.310	0.380	No int.	0.080	0.866	0.898	0.167	0.000	0.000
47.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.390	-0.495	0.759	0.500	0.778	No int.	0.327	0.866	0.898	0.167	0.000	0.001
47.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.390	-0.495	0.759	0.500	0.778	No int.	0.327	0.866	0.898	0.167	0.000	0.001
47.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.250	-0.306	0.370	0.310	0.380	No int.	0.080	0.866	0.898	0.167	0.000	0.000
50.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.110	-0.021	0.672	0.120	0.693	No int.	0.253	0.866	0.898	0.167	0.000	0.000
50.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.120	-0.006	0.384	0.130	0.396	No int.	0.090	0.866	0.898	0.167	0.000	0.000
50.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.110	-0.017	0.758	0.130	0.783	No int.	0.327	0.866	0.898	0.167	0.000	0.000
50.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.120	-0.008	0.372	0.130	0.384	No int.	0.080	0.866	0.898	0.167	0.000	0.000

13.3. Verifiche SLE R

X (m)	Combinazione	$\sigma_{id} / \sigma_{amm}$	Pioli vEd / (ks n PRd)
0.0	SLS caratt., Mmax	0.424	0.347
0.0	SLS caratt., Mmin	0.328	0.160
0.0	SLS caratt., Vmax	0.321	0.147
0.0	SLS caratt., Vmin	0.476	0.448
2.5	SLS caratt., Mmax	0.372	0.147
2.5	SLS caratt., Mmin	0.526	0.448
2.5	SLS caratt., Vmax	0.372	0.147
2.5	SLS caratt., Vmin	0.526	0.448
2.5	SLS caratt., Mmax	0.315	0.248
2.5	SLS caratt., Mmin	0.439	0.683
2.5	SLS caratt., Vmax	0.317	0.247
2.5	SLS caratt., Vmin	0.443	0.754
5.0	SLS caratt., Mmax	0.419	0.227
5.0	SLS caratt., Mmin	0.525	0.664
5.0	SLS caratt., Vmax	0.421	0.225
5.0	SLS caratt., Vmin	0.529	0.691
5.0	SLS caratt., Mmax	0.407	0.200
5.0	SLS caratt., Mmin	0.469	0.311
5.0	SLS caratt., Vmax	0.452	0.160
5.0	SLS caratt., Vmin	0.515	0.665
7.5	SLS caratt., Mmax	0.496	0.183
7.5	SLS caratt., Mmin	0.580	0.614
7.5	SLS caratt., Vmax	0.530	0.147
7.5	SLS caratt., Vmin	0.580	0.614
7.5	SLS caratt., Mmax	0.489	0.159
7.5	SLS caratt., Mmin	0.557	0.472
7.5	SLS caratt., Vmax	0.523	0.101
7.5	SLS caratt., Vmin	0.562	0.530
10.0	SLS caratt., Mmax	0.552	0.147
10.0	SLS caratt., Mmin	0.611	0.438
10.0	SLS caratt., Vmax	0.583	0.093
10.0	SLS caratt., Vmin	0.612	0.492
10.0	SLS caratt., Mmax	0.551	0.124
10.0	SLS caratt., Mmin	0.602	0.067
10.0	SLS caratt., Vmax	0.589	0.045
10.0	SLS caratt., Vmin	0.605	0.472
12.5	SLS caratt., Mmax	0.592	0.115

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

12.5	SLS caratt., Mmin	0.646	0.439
12.5	SLS caratt., Vmax	0.623	0.042
12.5	SLS caratt., Vmin	0.645	0.441
12.5	SLS caratt., Mmax	0.591	0.094
12.5	SLS caratt., Mmin	0.643	0.319
12.5	SLS caratt., Vmax	0.624	0.001
12.5	SLS caratt., Vmin	0.626	0.371
15.0	SLS caratt., Mmax	0.611	0.088
15.0	SLS caratt., Mmin	0.672	0.300
15.0	SLS caratt., Vmax	0.640	0.001
15.0	SLS caratt., Vmin	0.651	0.348
15.0	SLS caratt., Mmax	0.610	0.068
15.0	SLS caratt., Mmin	0.670	0.029
15.0	SLS caratt., Vmax	0.658	0.038
15.0	SLS caratt., Vmin	0.647	0.331
17.5	SLS caratt., Mmax	0.612	0.064
17.5	SLS caratt., Mmin	0.669	0.310
17.5	SLS caratt., Vmax	0.646	0.036
17.5	SLS caratt., Vmin	0.668	0.312
17.5	SLS caratt., Mmax	0.611	0.046
17.5	SLS caratt., Mmin	0.667	0.209
17.5	SLS caratt., Vmax	0.646	0.078
17.5	SLS caratt., Vmin	0.644	0.251
20.0	SLS caratt., Mmax	0.599	0.043
20.0	SLS caratt., Mmin	0.666	0.198
20.0	SLS caratt., Vmax	0.635	0.074
20.0	SLS caratt., Vmin	0.638	0.237
20.0	SLS caratt., Mmax	0.499	0.025
20.0	SLS caratt., Mmin	0.655	0.095
20.0	SLS caratt., Vmax	0.646	0.102
20.0	SLS caratt., Vmin	0.627	0.218
22.5	SLS caratt., Mmax	0.515	0.025
22.5	SLS caratt., Mmin	0.664	0.217
22.5	SLS caratt., Vmax	0.646	0.102
22.5	SLS caratt., Vmin	0.663	0.218
22.5	SLS caratt., Mmax	0.515	0.008
22.5	SLS caratt., Mmin	0.664	0.127
22.5	SLS caratt., Vmax	0.653	0.144
22.5	SLS caratt., Vmin	0.624	0.162
25.0	SLS caratt., Mmax	0.520	0.008
25.0	SLS caratt., Mmin	0.682	0.127
25.0	SLS caratt., Vmax	0.641	0.144
25.0	SLS caratt., Vmin	0.646	0.162
25.0	SLS caratt., Mmax	0.520	0.008
25.0	SLS caratt., Mmin	0.682	0.162
25.0	SLS caratt., Vmax	0.675	0.170
25.0	SLS caratt., Vmin	0.646	0.148
27.5	SLS caratt., Mmax	0.515	0.008
27.5	SLS caratt., Mmin	0.660	0.064
27.5	SLS caratt., Vmax	0.652	0.170
27.5	SLS caratt., Vmin	0.658	0.148
27.5	SLS caratt., Mmax	0.515	0.025
27.5	SLS caratt., Mmin	0.661	0.213
27.5	SLS caratt., Vmax	0.659	0.214
27.5	SLS caratt., Vmin	0.615	0.092
30.0	SLS caratt., Mmax	0.499	0.025
30.0	SLS caratt., Mmin	0.655	0.061
30.0	SLS caratt., Vmax	0.623	0.214

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

30.0	SLS caratt., Vmin	0.614	0.092
30.0	SLS caratt., Mmax	0.599	0.043
30.0	SLS caratt., Mmin	0.667	0.233
30.0	SLS caratt., Vmax	0.662	0.241
30.0	SLS caratt., Vmin	0.635	0.078
32.5	SLS caratt., Mmax	0.611	0.046
32.5	SLS caratt., Mmin	0.664	0.246
32.5	SLS caratt., Vmax	0.657	0.256
32.5	SLS caratt., Vmin	0.652	0.082
32.5	SLS caratt., Mmax	0.612	0.064
32.5	SLS caratt., Mmin	0.666	0.306
32.5	SLS caratt., Vmax	0.664	0.307
32.5	SLS caratt., Vmin	0.641	0.021
35.0	SLS caratt., Mmax	0.610	0.068
35.0	SLS caratt., Mmin	0.672	0.009
35.0	SLS caratt., Vmax	0.644	0.326
35.0	SLS caratt., Vmin	0.640	0.022
35.0	SLS caratt., Mmax	0.611	0.088
35.0	SLS caratt., Mmin	0.674	0.339
35.0	SLS caratt., Vmax	0.665	0.350
35.0	SLS caratt., Vmin	0.641	0.006
37.5	SLS caratt., Mmax	0.591	0.094
37.5	SLS caratt., Mmin	0.640	0.361
37.5	SLS caratt., Vmax	0.629	0.373
37.5	SLS caratt., Vmin	0.625	0.006
37.5	SLS caratt., Mmax	0.592	0.115
37.5	SLS caratt., Mmin	0.643	0.435
37.5	SLS caratt., Vmax	0.642	0.436
37.5	SLS caratt., Vmin	0.618	0.063
40.0	SLS caratt., Mmax	0.551	0.124
40.0	SLS caratt., Mmin	0.605	0.111
40.0	SLS caratt., Vmax	0.604	0.467
40.0	SLS caratt., Vmin	0.583	0.068
40.0	SLS caratt., Mmax	0.552	0.147
40.0	SLS caratt., Mmin	0.616	0.482
40.0	SLS caratt., Vmax	0.613	0.493
40.0	SLS caratt., Vmin	0.584	0.087
42.5	SLS caratt., Mmax	0.489	0.159
42.5	SLS caratt., Mmin	0.562	0.519
42.5	SLS caratt., Vmax	0.563	0.531
42.5	SLS caratt., Vmin	0.524	0.095
42.5	SLS caratt., Mmax	0.496	0.183
42.5	SLS caratt., Mmin	0.579	0.608
42.5	SLS caratt., Vmax	0.579	0.608
42.5	SLS caratt., Vmin	0.531	0.178
45.0	SLS caratt., Mmax	0.407	0.200
45.0	SLS caratt., Mmin	0.462	0.249
45.0	SLS caratt., Vmax	0.514	0.659
45.0	SLS caratt., Vmin	0.454	0.193
45.0	SLS caratt., Mmax	0.419	0.227
45.0	SLS caratt., Mmin	0.527	0.679
45.0	SLS caratt., Vmax	0.529	0.693
45.0	SLS caratt., Vmin	0.426	0.221
47.5	SLS caratt., Mmax	0.315	0.248
47.5	SLS caratt., Mmin	0.448	0.738
47.5	SLS caratt., Vmax	0.449	0.756
47.5	SLS caratt., Vmin	0.321	0.243
47.5	SLS caratt., Mmax	0.372	0.147

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhes-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

47.5	SLS caratt., Mmin	0.524	0.443
47.5	SLS caratt., Vmax	0.524	0.444
47.5	SLS caratt., Vmin	0.372	0.147
50.0	SLS caratt., Mmax	0.423	0.343
50.0	SLS caratt., Mmin	0.328	0.161
50.0	SLS caratt., Vmax	0.474	0.444
50.0	SLS caratt., Vmin	0.321	0.147

13.4. Verifiche SLE F

X (m)	Combinazione	Web
		breathing
0.0	SLS freq., Mmax	0.331
0.0	SLS freq., Mmin	0.273
0.0	SLS freq., Vmax	0.269
0.0	SLS freq., Vmin	0.362
2.5	SLS freq., Mmax	0.286
2.5	SLS freq., Mmin	0.369
2.5	SLS freq., Vmax	0.286
2.5	SLS freq., Vmin	0.369
2.5	SLS freq., Mmax	0.252
2.5	SLS freq., Mmin	0.318
2.5	SLS freq., Vmax	0.252
2.5	SLS freq., Vmin	0.329
5.0	SLS freq., Mmax	0.301
5.0	SLS freq., Mmin	0.357
5.0	SLS freq., Vmax	0.300
5.0	SLS freq., Vmin	0.362
5.0	SLS freq., Mmax	0.278
5.0	SLS freq., Mmin	0.279
5.0	SLS freq., Vmax	0.256
5.0	SLS freq., Vmin	0.338
7.5	SLS freq., Mmax	0.339
7.5	SLS freq., Mmin	0.386
7.5	SLS freq., Vmax	0.313
7.5	SLS freq., Vmin	0.386
7.5	SLS freq., Mmax	0.319
7.5	SLS freq., Mmin	0.342
7.5	SLS freq., Vmax	0.288
7.5	SLS freq., Vmin	0.355
10.0	SLS freq., Mmax	0.473
10.0	SLS freq., Mmin	0.396
10.0	SLS freq., Vmax	0.356
10.0	SLS freq., Vmin	0.408
10.0	SLS freq., Mmax	0.459
10.0	SLS freq., Mmin	0.314
10.0	SLS freq., Vmax	0.315
10.0	SLS freq., Vmin	0.386
12.5	SLS freq., Mmax	0.556
12.5	SLS freq., Mmin	0.440
12.5	SLS freq., Vmax	0.512
12.5	SLS freq., Vmin	0.440
12.5	SLS freq., Mmax	0.545
12.5	SLS freq., Mmin	0.402
12.5	SLS freq., Vmax	0.496
12.5	SLS freq., Vmin	0.535
15.0	SLS freq., Mmax	0.675
15.0	SLS freq., Mmin	0.592

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhes-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

15.0	SLS freq., Vmax	0.591
15.0	SLS freq., Vmin	0.608
15.0	SLS freq., Mmax	0.668
15.0	SLS freq., Mmin	0.549
15.0	SLS freq., Vmax	0.553
15.0	SLS freq., Vmin	0.596
17.5	SLS freq., Mmax	0.776
17.5	SLS freq., Mmin	0.663
17.5	SLS freq., Vmax	0.643
17.5	SLS freq., Vmin	0.664
17.5	SLS freq., Mmax	0.772
17.5	SLS freq., Mmin	0.644
17.5	SLS freq., Vmax	0.636
17.5	SLS freq., Vmin	0.667
20.0	SLS freq., Mmax	0.873
20.0	SLS freq., Mmin	0.758
20.0	SLS freq., Vmax	0.782
20.0	SLS freq., Vmin	0.784
20.0	SLS freq., Mmax	0.576
20.0	SLS freq., Mmin	0.494
20.0	SLS freq., Vmax	0.496
20.0	SLS freq., Vmin	0.528
22.5	SLS freq., Mmax	0.593
22.5	SLS freq., Mmin	0.529
22.5	SLS freq., Vmax	0.516
22.5	SLS freq., Vmin	0.530
22.5	SLS freq., Mmax	0.590
22.5	SLS freq., Mmin	0.515
22.5	SLS freq., Vmax	0.515
22.5	SLS freq., Vmin	0.535
25.0	SLS freq., Mmax	0.596
25.0	SLS freq., Mmin	0.512
25.0	SLS freq., Vmax	0.528
25.0	SLS freq., Vmin	0.531
25.0	SLS freq., Mmax	0.596
25.0	SLS freq., Mmin	0.514
25.0	SLS freq., Vmax	0.517
25.0	SLS freq., Vmin	0.526
27.5	SLS freq., Mmax	0.590
27.5	SLS freq., Mmin	0.511
27.5	SLS freq., Vmax	0.521
27.5	SLS freq., Vmin	0.513
27.5	SLS freq., Mmax	0.593
27.5	SLS freq., Mmin	0.530
27.5	SLS freq., Vmax	0.531
27.5	SLS freq., Vmin	0.532
30.0	SLS freq., Mmax	0.576
30.0	SLS freq., Mmin	0.494
30.0	SLS freq., Vmax	0.529
30.0	SLS freq., Vmin	0.513
30.0	SLS freq., Mmax	0.873
30.0	SLS freq., Mmin	0.761
30.0	SLS freq., Vmax	0.764
30.0	SLS freq., Vmin	0.777
32.5	SLS freq., Mmax	0.772
32.5	SLS freq., Mmin	0.650
32.5	SLS freq., Vmax	0.653
32.5	SLS freq., Vmin	0.632

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

32.5	SLS freq., Mmax	0.776
32.5	SLS freq., Mmin	0.664
32.5	SLS freq., Vmax	0.665
32.5	SLS freq., Vmin	0.714
35.0	SLS freq., Mmax	0.668
35.0	SLS freq., Mmin	0.551
35.0	SLS freq., Vmax	0.597
35.0	SLS freq., Vmin	0.581
35.0	SLS freq., Mmax	0.675
35.0	SLS freq., Mmin	0.596
35.0	SLS freq., Vmax	0.601
35.0	SLS freq., Vmin	0.587
37.5	SLS freq., Mmax	0.545
37.5	SLS freq., Mmin	0.523
37.5	SLS freq., Vmax	0.528
37.5	SLS freq., Vmin	0.492
37.5	SLS freq., Mmax	0.556
37.5	SLS freq., Mmin	0.439
37.5	SLS freq., Vmax	0.440
37.5	SLS freq., Vmin	0.541
40.0	SLS freq., Mmax	0.459
40.0	SLS freq., Mmin	0.320
40.0	SLS freq., Vmax	0.386
40.0	SLS freq., Vmin	0.336
40.0	SLS freq., Mmax	0.473
40.0	SLS freq., Mmin	0.404
40.0	SLS freq., Vmax	0.406
40.0	SLS freq., Vmin	0.353
42.5	SLS freq., Mmax	0.319
42.5	SLS freq., Mmin	0.351
42.5	SLS freq., Vmax	0.353
42.5	SLS freq., Vmin	0.285
42.5	SLS freq., Mmax	0.339
42.5	SLS freq., Mmin	0.386
42.5	SLS freq., Vmax	0.386
42.5	SLS freq., Vmin	0.321
45.0	SLS freq., Mmax	0.278
45.0	SLS freq., Mmin	0.267
45.0	SLS freq., Vmax	0.337
45.0	SLS freq., Vmin	0.266
45.0	SLS freq., Mmax	0.301
45.0	SLS freq., Mmin	0.360
45.0	SLS freq., Vmax	0.362
45.0	SLS freq., Vmin	0.299
47.5	SLS freq., Mmax	0.252
47.5	SLS freq., Mmin	0.327
47.5	SLS freq., Vmax	0.329
47.5	SLS freq., Vmin	0.251
47.5	SLS freq., Mmax	0.286
47.5	SLS freq., Mmin	0.367
47.5	SLS freq., Vmax	0.367
47.5	SLS freq., Vmin	0.286
50.0	SLS freq., Mmax	0.330
50.0	SLS freq., Mmin	0.273
50.0	SLS freq., Vmax	0.361
50.0	SLS freq., Vmin	0.269

13.5. Verifiche a fessurazione

Omessa (schema isostatico con soletta in compressione).

13.6. Verifiche a fatica

		VERIFICHE A FATICA - TASSI DI SFRUTTAMENTO												
		Pioili - tasso sfruttamento			Flange metalliche		Anima	Giunti saldati trasv.		Giunti saldati longitudinali				
X (m)	Combinazione	η_1	η_2	η_3	Fl _{sup}	Fl _{inf}	A	tra Fl _{sup}	tra Fl _{inf}	A - Fl _{sup}	A - Fl _{inf}	A - lrrV	Fl _{sup} - lrrV	Fl _{inf} - lrrV
0.0	SL fatica., Mmax	0.377	0.048	0.327	0.031	0.026	0.391	0.033	0.028	0.033	0.028	0.047	0.047	0.039
0.0	SL fatica., Mmin	0.377	0.048	0.327	0.031	0.026	0.391	0.033	0.028	0.033	0.028	0.047	0.047	0.039
0.0	SL fatica., Vmax	0.451	0.045	0.382	0.029	0.021	0.467	0.031	0.023	0.032	0.023	0.044	0.044	0.032
0.0	SL fatica., Vmin	0.451	0.045	0.382	0.029	0.021	0.467	0.031	0.023	0.032	0.023	0.044	0.044	0.032
2.5	SL fatica., Mmax	0.451	0.011	0.355	0.007	0.236	0.467	0.007	0.252	0.004	0.258	0.361	0.005	0.361
2.5	SL fatica., Mmin	0.451	0.011	0.355	0.007	0.236	0.467	0.007	0.252	0.004	0.258	0.361	0.005	0.361
2.5	SL fatica., Vmax	0.451	0.011	0.355	0.007	0.236	0.467	0.007	0.252	0.004	0.258	0.361	0.005	0.361
2.5	SL fatica., Vmin	0.451	0.011	0.355	0.007	0.236	0.467	0.007	0.252	0.004	0.258	0.361	0.005	0.361
2.5	SL fatica., Mmax	0.877	0.014	0.685	0.009	0.174	0.462	0.009	0.186	0.006	0.188	0.263	0.008	0.263
2.5	SL fatica., Mmin	0.877	0.014	0.685	0.009	0.174	0.462	0.009	0.186	0.006	0.188	0.263	0.008	0.263
2.5	SL fatica., Vmax	0.877	0.014	0.685	0.009	0.174	0.462	0.009	0.186	0.006	0.188	0.263	0.008	0.263
2.5	SL fatica., Vmin	0.877	0.014	0.685	0.009	0.174	0.462	0.009	0.186	0.006	0.188	0.263	0.008	0.263
5.0	SL fatica., Mmax	0.806	0.040	0.650	0.026	0.346	0.428	0.027	0.369	0.020	0.375	0.525	0.029	0.525
5.0	SL fatica., Mmin	0.806	0.040	0.650	0.026	0.346	0.428	0.027	0.369	0.020	0.375	0.525	0.029	0.525
5.0	SL fatica., Vmax	0.806	0.040	0.650	0.026	0.346	0.428	0.027	0.369	0.020	0.375	0.525	0.029	0.525
5.0	SL fatica., Vmin	0.806	0.040	0.650	0.026	0.346	0.428	0.027	0.369	0.020	0.375	0.525	0.029	0.525
5.0	SL fatica., Mmax	0.487	0.036	0.403	0.023	0.332	0.259	0.025	0.355	0.018	0.360	0.505	0.026	0.505
5.0	SL fatica., Mmin	0.487	0.036	0.403	0.023	0.332	0.259	0.025	0.355	0.018	0.360	0.505	0.026	0.505
5.0	SL fatica., Vmax	0.736	0.015	0.577	0.010	0.137	0.391	0.010	0.146	0.007	0.149	0.208	0.010	0.208
5.0	SL fatica., Vmin	0.736	0.015	0.577	0.010	0.137	0.391	0.010	0.146	0.007	0.149	0.208	0.010	0.208
7.5	SL fatica., Mmax	0.451	0.054	0.389	0.035	0.407	0.241	0.037	0.435	0.030	0.443	0.620	0.042	0.620
7.5	SL fatica., Mmin	0.451	0.054	0.389	0.035	0.407	0.241	0.037	0.435	0.030	0.443	0.620	0.042	0.620
7.5	SL fatica., Vmax	0.680	0.039	0.553	0.025	0.282	0.364	0.027	0.301	0.022	0.307	0.429	0.031	0.429
7.5	SL fatica., Vmin	0.680	0.039	0.553	0.025	0.282	0.364	0.027	0.301	0.022	0.307	0.429	0.031	0.429
7.5	SL fatica., Mmax	0.257	0.052	0.237	0.033	0.397	0.137	0.035	0.424	0.028	0.432	0.604	0.040	0.604
7.5	SL fatica., Mmin	0.257	0.052	0.237	0.033	0.397	0.137	0.035	0.424	0.028	0.432	0.604	0.040	0.604
7.5	SL fatica., Vmax	0.686	0.035	0.555	0.023	0.270	0.367	0.024	0.288	0.019	0.293	0.410	0.027	0.410
7.5	SL fatica., Vmin	0.686	0.035	0.555	0.023	0.270	0.367	0.024	0.288	0.019	0.293	0.410	0.027	0.410
10.0	SL fatica., Mmax	0.598	0.073	0.516	0.047	0.478	0.322	0.050	0.511	0.042	0.521	0.730	0.059	0.730
10.0	SL fatica., Mmin	0.598	0.073	0.516	0.047	0.478	0.322	0.050	0.511	0.042	0.521	0.730	0.059	0.730
10.0	SL fatica., Vmax	0.638	0.061	0.538	0.039	0.393	0.343	0.042	0.419	0.036	0.428	0.599	0.050	0.599
10.0	SL fatica., Vmin	0.638	0.061	0.538	0.039	0.393	0.343	0.042	0.419	0.036	0.428	0.599	0.050	0.599
10.0	SL fatica., Mmax	0.341	0.070	0.316	0.045	0.467	0.183	0.048	0.499	0.041	0.509	0.713	0.057	0.713
10.0	SL fatica., Mmin	0.341	0.070	0.316	0.045	0.467	0.183	0.048	0.499	0.041	0.509	0.713	0.057	0.713
10.0	SL fatica., Vmax	0.612	0.018	0.485	0.012	0.120	0.329	0.012	0.128	0.011	0.131	0.183	0.015	0.183
10.0	SL fatica., Vmin	0.612	0.018	0.485	0.012	0.120	0.329	0.012	0.128	0.011	0.131	0.183	0.015	0.183
12.5	SL fatica., Mmax	0.318	0.084	0.310	0.054	0.503	0.172	0.057	0.537	0.051	0.549	0.769	0.071	0.769
12.5	SL fatica., Mmin	0.318	0.084	0.310	0.054	0.503	0.172	0.057	0.537	0.051	0.549	0.769	0.071	0.769
12.5	SL fatica., Vmax	0.572	0.042	0.472	0.027	0.239	0.309	0.029	0.255	0.026	0.261	0.366	0.036	0.366
12.5	SL fatica., Vmin	0.572	0.042	0.472	0.027	0.239	0.309	0.029	0.255	0.026	0.261	0.366	0.036	0.366
12.5	SL fatica., Mmax	0.145	0.082	0.174	0.052	0.495	0.078	0.056	0.529	0.049	0.540	0.757	0.069	0.757
12.5	SL fatica., Mmin	0.145	0.082	0.174	0.052	0.495	0.078	0.056	0.529	0.049	0.540	0.757	0.069	0.757
12.5	SL fatica., Vmax	0.575	0.038	0.471	0.024	0.231	0.311	0.026	0.247	0.023	0.253	0.354	0.032	0.354
12.5	SL fatica., Vmin	0.575	0.038	0.471	0.024	0.231	0.311	0.026	0.247	0.023	0.253	0.354	0.032	0.354
15.0	SL fatica., Mmax	0.454	0.093	0.421	0.060	0.511	0.247	0.064	0.546	0.058	0.559	0.782	0.081	0.782
15.0	SL fatica., Mmin	0.454	0.093	0.421	0.060	0.511	0.247	0.064	0.546	0.058	0.559	0.782	0.081	0.782
15.0	SL fatica., Vmax	0.539	0.062	0.463	0.040	0.334	0.293	0.042	0.357	0.039	0.365	0.511	0.054	0.511
15.0	SL fatica., Vmin	0.539	0.062	0.463	0.040	0.334	0.293	0.042	0.357	0.039	0.365	0.511	0.054	0.511

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

15.0	SL fatica., Mmax	0.238	0.091	0.253	0.058	0.504	0.129	0.062	0.538	0.056	0.551	0.771	0.078	0.771
15.0	SL fatica., Mmin	0.238	0.091	0.253	0.058	0.504	0.129	0.062	0.538	0.056	0.551	0.771	0.078	0.771
15.0	SL fatica., Vmax	0.543	0.003	0.420	0.002	0.018	0.295	0.002	0.020	0.002	0.020	0.028	0.003	0.028
15.0	SL fatica., Vmin	0.543	0.003	0.420	0.002	0.018	0.295	0.002	0.020	0.002	0.020	0.028	0.003	0.028
17.5	SL fatica., Mmax	0.224	0.101	0.250	0.065	0.519	0.122	0.069	0.554	0.063	0.567	0.794	0.089	0.794
17.5	SL fatica., Mmin	0.224	0.101	0.250	0.065	0.519	0.122	0.069	0.554	0.063	0.567	0.794	0.089	0.794
17.5	SL fatica., Vmax	0.512	0.027	0.415	0.017	0.129	0.280	0.018	0.138	0.017	0.141	0.198	0.024	0.198
17.5	SL fatica., Vmin	0.512	0.027	0.415	0.017	0.129	0.280	0.018	0.138	0.017	0.141	0.198	0.024	0.198
17.5	SL fatica., Mmax	0.063	0.100	0.126	0.064	0.514	0.035	0.068	0.549	0.063	0.562	0.787	0.088	0.787
17.5	SL fatica., Mmin	0.063	0.100	0.126	0.064	0.514	0.035	0.068	0.549	0.063	0.562	0.787	0.088	0.787
17.5	SL fatica., Vmax	0.512	0.023	0.412	0.015	0.124	0.279	0.016	0.133	0.015	0.136	0.191	0.021	0.191
17.5	SL fatica., Vmin	0.512	0.023	0.412	0.015	0.124	0.279	0.016	0.133	0.015	0.136	0.191	0.021	0.191
20.0	SL fatica., Mmax	0.060	0.102	0.124	0.065	0.494	0.033	0.069	0.527	0.065	0.540	0.757	0.091	0.757
20.0	SL fatica., Mmin	0.060	0.102	0.124	0.065	0.494	0.033	0.069	0.527	0.065	0.540	0.757	0.091	0.757
20.0	SL fatica., Vmax	0.484	0.047	0.408	0.030	0.221	0.265	0.032	0.236	0.030	0.242	0.339	0.042	0.339
20.0	SL fatica., Vmin	0.484	0.047	0.408	0.030	0.221	0.265	0.032	0.236	0.030	0.242	0.339	0.042	0.339
20.0	SL fatica., Mmax	0.072	0.100	0.132	0.064	0.491	0.040	0.068	0.524	0.061	0.538	0.753	0.085	0.753
20.0	SL fatica., Mmin	0.072	0.100	0.132	0.064	0.491	0.040	0.068	0.524	0.061	0.538	0.753	0.085	0.753
20.0	SL fatica., Vmax	0.476	0.011	0.375	0.007	0.053	0.266	0.008	0.057	0.007	0.059	0.082	0.010	0.082
20.0	SL fatica., Vmin	0.476	0.011	0.375	0.007	0.053	0.266	0.008	0.057	0.007	0.059	0.082	0.010	0.082
22.5	SL fatica., Mmax	0.155	0.106	0.201	0.068	0.518	0.087	0.072	0.553	0.065	0.568	0.795	0.091	0.795
22.5	SL fatica., Mmin	0.155	0.106	0.201	0.068	0.518	0.087	0.072	0.553	0.065	0.568	0.795	0.091	0.795
22.5	SL fatica., Vmax	0.476	0.012	0.375	0.008	0.051	0.266	0.008	0.055	0.007	0.056	0.078	0.010	0.078
22.5	SL fatica., Vmin	0.476	0.012	0.375	0.008	0.051	0.266	0.008	0.055	0.007	0.056	0.078	0.010	0.078
22.5	SL fatica., Mmax	0.002	0.105	0.082	0.067	0.517	0.001	0.072	0.552	0.064	0.566	0.793	0.090	0.793
22.5	SL fatica., Mmin	0.002	0.105	0.082	0.067	0.517	0.001	0.072	0.552	0.064	0.566	0.793	0.090	0.793
22.5	SL fatica., Vmax	0.476	0.009	0.373	0.005	0.047	0.265	0.006	0.050	0.005	0.052	0.072	0.007	0.072
22.5	SL fatica., Vmin	0.476	0.009	0.373	0.005	0.047	0.265	0.006	0.050	0.005	0.052	0.072	0.007	0.072
25.0	SL fatica., Mmax	0.002	0.105	0.082	0.067	0.517	0.001	0.072	0.551	0.064	0.566	0.792	0.090	0.792
25.0	SL fatica., Mmin	0.002	0.105	0.082	0.067	0.517	0.001	0.072	0.551	0.064	0.566	0.792	0.090	0.792
25.0	SL fatica., Vmax	0.476	0.032	0.391	0.020	0.152	0.265	0.022	0.162	0.019	0.166	0.232	0.027	0.232
25.0	SL fatica., Vmin	0.476	0.032	0.391	0.020	0.152	0.265	0.022	0.162	0.019	0.166	0.232	0.027	0.232
25.0	SL fatica., Mmax	0.010	0.105	0.089	0.067	0.517	0.006	0.072	0.552	0.064	0.566	0.792	0.090	0.792
25.0	SL fatica., Mmin	0.010	0.105	0.089	0.067	0.517	0.006	0.072	0.552	0.064	0.566	0.792	0.090	0.792
25.0	SL fatica., Vmax	0.476	0.026	0.386	0.017	0.125	0.265	0.018	0.133	0.016	0.137	0.191	0.023	0.191
25.0	SL fatica., Vmin	0.476	0.026	0.386	0.017	0.125	0.265	0.018	0.133	0.016	0.137	0.191	0.023	0.191
27.5	SL fatica., Mmax	0.010	0.106	0.089	0.068	0.519	0.006	0.072	0.554	0.065	0.568	0.796	0.090	0.796
27.5	SL fatica., Mmin	0.010	0.106	0.089	0.068	0.519	0.006	0.072	0.554	0.065	0.568	0.796	0.090	0.796
27.5	SL fatica., Vmax	0.476	0.003	0.369	0.002	0.020	0.265	0.002	0.022	0.002	0.022	0.031	0.003	0.031
27.5	SL fatica., Vmin	0.476	0.003	0.369	0.002	0.020	0.265	0.002	0.022	0.002	0.022	0.031	0.003	0.031
27.5	SL fatica., Mmax	0.219	0.106	0.250	0.068	0.520	0.122	0.073	0.556	0.065	0.570	0.798	0.091	0.798
27.5	SL fatica., Mmin	0.219	0.106	0.250	0.068	0.520	0.122	0.073	0.556	0.065	0.570	0.798	0.091	0.798
27.5	SL fatica., Vmax	0.476	0.006	0.371	0.004	0.024	0.266	0.004	0.026	0.004	0.026	0.037	0.006	0.037
27.5	SL fatica., Vmin	0.476	0.006	0.371	0.004	0.024	0.266	0.004	0.026	0.004	0.026	0.037	0.006	0.037
30.0	SL fatica., Mmax	0.063	0.100	0.126	0.064	0.493	0.035	0.068	0.526	0.061	0.540	0.756	0.085	0.756
30.0	SL fatica., Mmin	0.063	0.100	0.126	0.064	0.493	0.035	0.068	0.526	0.061	0.540	0.756	0.085	0.756
30.0	SL fatica., Vmax	0.476	0.017	0.379	0.011	0.080	0.266	0.011	0.086	0.010	0.088	0.123	0.014	0.123
30.0	SL fatica., Vmin	0.476	0.017	0.379	0.011	0.080	0.266	0.011	0.086	0.010	0.088	0.123	0.014	0.123
30.0	SL fatica., Mmax	0.051	0.102	0.118	0.065	0.496	0.028	0.070	0.529	0.065	0.543	0.760	0.091	0.760
30.0	SL fatica., Mmin	0.051	0.102	0.118	0.065	0.496	0.028	0.070	0.529	0.065	0.543	0.760	0.091	0.760
30.0	SL fatica., Vmax	0.484	0.041	0.404	0.027	0.194	0.265	0.028	0.207	0.026	0.213	0.298	0.037	0.298
30.0	SL fatica., Vmin	0.484	0.041	0.404	0.027	0.194	0.265	0.028	0.207	0.026	0.213	0.298	0.037	0.298
32.5	SL fatica., Mmax	0.054	0.101	0.119	0.064	0.519	0.030	0.069	0.554	0.063	0.567	0.794	0.089	0.794
32.5	SL fatica., Mmin	0.054	0.101	0.119	0.064	0.519	0.030	0.069	0.554	0.063	0.567	0.794	0.089	0.794
32.5	SL fatica., Vmax	0.512	0.018	0.408	0.011	0.096	0.279	0.012	0.102	0.011	0.105	0.147	0.016	0.147
32.5	SL fatica., Vmin	0.512	0.018	0.408	0.011	0.096	0.279	0.012	0.102	0.011	0.105	0.147	0.016	0.147
32.5	SL fatica., Mmax	0.293	0.102	0.304	0.065	0.523	0.160	0.070	0.559	0.064	0.573	0.802	0.090	0.802
32.5	SL fatica., Mmin	0.293	0.102	0.304	0.065	0.523	0.160	0.070	0.559	0.064	0.573	0.802	0.090	0.802

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

32.5	SL fatica., Vmax	0.512	0.021	0.411	0.014	0.100	0.280	0.015	0.107	0.014	0.110	0.154	0.019	0.154
32.5	SL fatica., Vmin	0.512	0.021	0.411	0.014	0.100	0.280	0.015	0.107	0.014	0.110	0.154	0.019	0.154
35.0	SL fatica., Mmax	0.311	0.089	0.308	0.057	0.493	0.169	0.061	0.526	0.055	0.539	0.754	0.077	0.754
35.0	SL fatica., Mmin	0.311	0.089	0.308	0.057	0.493	0.169	0.061	0.526	0.055	0.539	0.754	0.077	0.754
35.0	SL fatica., Vmax	0.544	0.002	0.420	0.002	0.012	0.295	0.002	0.013	0.002	0.014	0.019	0.002	0.019
35.0	SL fatica., Vmin	0.544	0.002	0.420	0.002	0.012	0.295	0.002	0.013	0.002	0.014	0.019	0.002	0.019
35.0	SL fatica., Mmax	0.446	0.091	0.413	0.059	0.500	0.242	0.062	0.534	0.056	0.547	0.765	0.079	0.765
35.0	SL fatica., Mmin	0.446	0.091	0.413	0.059	0.500	0.242	0.062	0.534	0.056	0.547	0.765	0.079	0.765
35.0	SL fatica., Vmax	0.540	0.057	0.459	0.036	0.304	0.293	0.039	0.324	0.035	0.332	0.464	0.049	0.464
35.0	SL fatica., Vmin	0.540	0.057	0.459	0.036	0.304	0.293	0.039	0.324	0.035	0.332	0.464	0.049	0.464
37.5	SL fatica., Mmax	0.134	0.083	0.167	0.053	0.504	0.072	0.057	0.537	0.050	0.549	0.769	0.070	0.769
37.5	SL fatica., Mmin	0.134	0.083	0.167	0.053	0.504	0.072	0.057	0.537	0.050	0.549	0.769	0.070	0.769
37.5	SL fatica., Vmax	0.575	0.033	0.468	0.021	0.198	0.311	0.022	0.212	0.020	0.216	0.303	0.028	0.303
37.5	SL fatica., Vmin	0.575	0.033	0.468	0.021	0.198	0.311	0.022	0.212	0.020	0.216	0.303	0.028	0.303
37.5	SL fatica., Mmax	0.396	0.086	0.371	0.055	0.512	0.214	0.059	0.546	0.052	0.558	0.782	0.072	0.782
37.5	SL fatica., Mmin	0.396	0.086	0.371	0.055	0.512	0.214	0.059	0.546	0.052	0.558	0.782	0.072	0.782
37.5	SL fatica., Vmax	0.573	0.037	0.469	0.023	0.206	0.310	0.025	0.220	0.022	0.225	0.315	0.031	0.315
37.5	SL fatica., Vmin	0.573	0.037	0.469	0.023	0.206	0.310	0.025	0.220	0.022	0.225	0.315	0.031	0.315
40.0	SL fatica., Mmax	0.424	0.068	0.379	0.044	0.458	0.228	0.047	0.488	0.040	0.499	0.698	0.055	0.698
40.0	SL fatica., Mmin	0.424	0.068	0.379	0.044	0.458	0.228	0.047	0.488	0.040	0.499	0.698	0.055	0.698
40.0	SL fatica., Vmax	0.613	0.013	0.481	0.008	0.084	0.330	0.009	0.090	0.007	0.091	0.128	0.010	0.128
40.0	SL fatica., Vmin	0.613	0.013	0.481	0.008	0.084	0.330	0.009	0.090	0.007	0.091	0.128	0.010	0.128
40.0	SL fatica., Mmax	0.588	0.072	0.508	0.046	0.469	0.316	0.049	0.501	0.042	0.511	0.715	0.058	0.715
40.0	SL fatica., Mmin	0.588	0.072	0.508	0.046	0.469	0.316	0.049	0.501	0.042	0.511	0.715	0.058	0.715
40.0	SL fatica., Vmax	0.635	0.057	0.532	0.037	0.369	0.341	0.039	0.394	0.034	0.402	0.563	0.047	0.563
40.0	SL fatica., Vmin	0.635	0.057	0.532	0.037	0.369	0.341	0.039	0.394	0.034	0.402	0.563	0.047	0.563
42.5	SL fatica., Mmax	0.244	0.054	0.229	0.034	0.410	0.130	0.037	0.438	0.030	0.446	0.625	0.041	0.625
42.5	SL fatica., Mmin	0.244	0.054	0.229	0.034	0.410	0.130	0.037	0.438	0.030	0.446	0.625	0.041	0.625
42.5	SL fatica., Vmax	0.682	0.032	0.550	0.021	0.245	0.365	0.022	0.261	0.018	0.266	0.373	0.025	0.373
42.5	SL fatica., Vmin	0.682	0.032	0.550	0.021	0.245	0.365	0.022	0.261	0.018	0.266	0.373	0.025	0.373
42.5	SL fatica., Mmax	0.540	0.056	0.459	0.036	0.421	0.289	0.039	0.450	0.031	0.458	0.641	0.044	0.641
42.5	SL fatica., Mmin	0.540	0.056	0.459	0.036	0.421	0.289	0.039	0.450	0.031	0.458	0.641	0.044	0.641
42.5	SL fatica., Vmax	0.676	0.036	0.548	0.023	0.257	0.361	0.025	0.275	0.020	0.280	0.392	0.028	0.392
42.5	SL fatica., Vmin	0.676	0.036	0.548	0.023	0.257	0.361	0.025	0.275	0.020	0.280	0.392	0.028	0.392
45.0	SL fatica., Mmax	0.584	0.036	0.476	0.023	0.325	0.310	0.024	0.347	0.018	0.353	0.494	0.025	0.494
45.0	SL fatica., Mmin	0.584	0.036	0.476	0.023	0.325	0.310	0.024	0.347	0.018	0.353	0.494	0.025	0.494
45.0	SL fatica., Vmax	0.731	0.012	0.571	0.008	0.111	0.388	0.008	0.119	0.006	0.121	0.169	0.008	0.169
45.0	SL fatica., Vmin	0.731	0.012	0.571	0.008	0.111	0.388	0.008	0.119	0.006	0.121	0.169	0.008	0.169
45.0	SL fatica., Mmax	0.793	0.039	0.640	0.025	0.339	0.421	0.027	0.362	0.020	0.368	0.515	0.028	0.515
45.0	SL fatica., Mmin	0.793	0.039	0.640	0.025	0.339	0.421	0.027	0.362	0.020	0.368	0.515	0.028	0.515
45.0	SL fatica., Vmax	0.793	0.039	0.640	0.025	0.339	0.421	0.027	0.362	0.020	0.368	0.515	0.028	0.515
45.0	SL fatica., Vmin	0.793	0.039	0.640	0.025	0.339	0.421	0.027	0.362	0.020	0.368	0.515	0.028	0.515
47.5	SL fatica., Mmax	0.863	0.014	0.674	0.009	0.170	0.455	0.009	0.181	0.005	0.184	0.257	0.008	0.257
47.5	SL fatica., Mmin	0.863	0.014	0.674	0.009	0.170	0.455	0.009	0.181	0.005	0.184	0.257	0.008	0.257
47.5	SL fatica., Vmax	0.863	0.014	0.674	0.009	0.170	0.455	0.009	0.181	0.005	0.184	0.257	0.008	0.257
47.5	SL fatica., Vmin	0.863	0.014	0.674	0.009	0.170	0.455	0.009	0.181	0.005	0.184	0.257	0.008	0.257
47.5	SL fatica., Mmax	0.443	0.010	0.349	0.007	0.232	0.459	0.007	0.247	0.004	0.253	0.354	0.005	0.354
47.5	SL fatica., Mmin	0.443	0.010	0.349	0.007	0.232	0.459	0.007	0.247	0.004	0.253	0.354	0.005	0.354
47.5	SL fatica., Vmax	0.443	0.010	0.349	0.007	0.232	0.459	0.007	0.247	0.004	0.253	0.354	0.005	0.354
47.5	SL fatica., Vmin	0.443	0.010	0.349	0.007	0.232	0.459	0.007	0.247	0.004	0.253	0.354	0.005	0.354
50.0	SL fatica., Mmax	0.371	0.048	0.322	0.031	0.027	0.384	0.033	0.029	0.033	0.028	0.047	0.047	0.040
50.0	SL fatica., Mmin	0.371	0.048	0.322	0.031	0.027	0.384	0.033	0.029	0.033	0.028	0.047	0.047	0.040
50.0	SL fatica., Vmax	0.443	0.046	0.376	0.029	0.022	0.459	0.031	0.024	0.032	0.023	0.045	0.045	0.033
50.0	SL fatica., Vmin	0.443	0.046	0.376	0.029	0.022	0.459	0.031	0.024	0.032	0.023	0.045	0.045	0.033

14. VERIFICA DEL SISTEMA DI VINCOLO (APPOGGI E GIUNTI)

Come anticipato in premessa, per la presente opera sono previsti sulle spalle apparecchi di appoggio isolatori **HDRB** (*appoggi in elastomero ad alto smorzamento $\xi > 10\%$*). Si prevede l'uso di una *mescola normale con*:

$G_{din} \cong 0.8 \text{ MPa} \Rightarrow$ *modulo di elasticità tangenziale dinamico.*

Nel seguito si illustra la procedura di dimensionamento della rigidità del sistema di isolamento.

Fissando il valore del periodo della struttura isolata, per lo spostamento massimo, pari a $T_{is} \cong 2.00 \text{ s}$ si ottiene:

$$T_{is} = 2 \times \pi \times \sqrt{m/k_{tot}} \Rightarrow k_{tot} \cong 11570 \text{ kN/m}$$

$m \cong 1172 \text{ t} \Rightarrow$ *massa totale impalcato ($G_k \cong 230 \text{ kN/m}$, $L = 50.00 \text{ m}$).*

Considerando n.3 dispositivi per n.2 allineamenti si ottiene per il singolo dispositivo:

$$k_{is} = k_{tot}/3 \cong 1.93 \text{ kN/mm.}$$

Si utilizza un dispositivo avente valore di rigidità equivalente (valore riferito ai cataloghi dei produttori):

$$k_{eq} = 2.01 \text{ kN/mm.}$$

A tale rigidità corrisponde il periodo effettivo:

$$T_{eff} \cong 1.96 \text{ s}$$

Nei grafici seguenti si riportano gli spettri in spostamento per lo **SLV** e lo **SLC**.

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

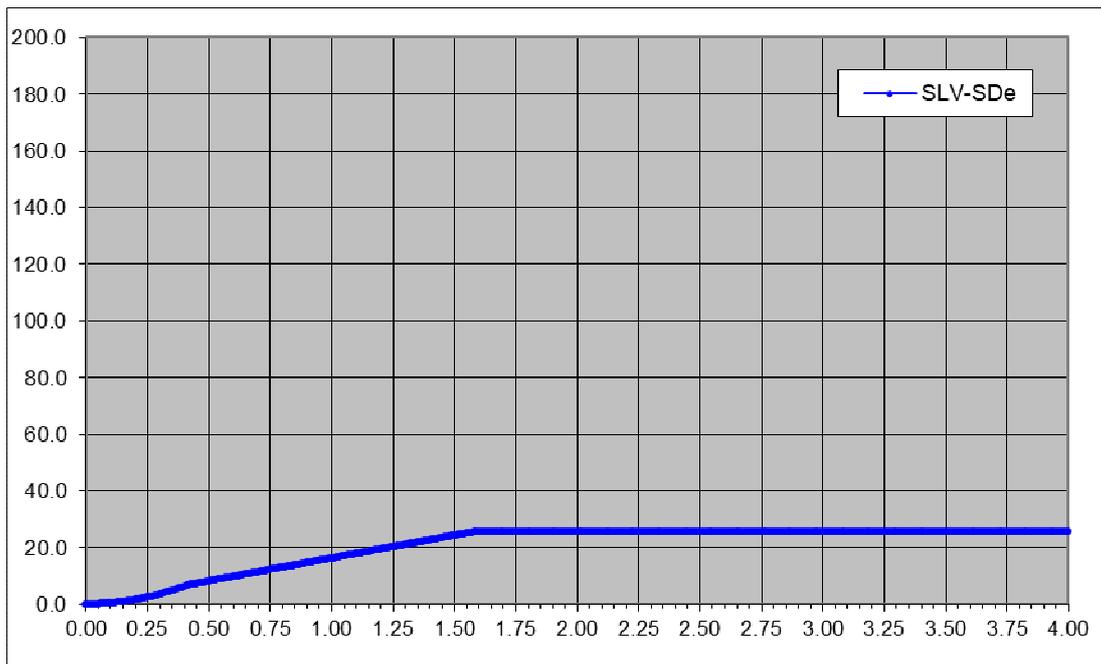


Figura 14.1. Spettro in spostamento SLV

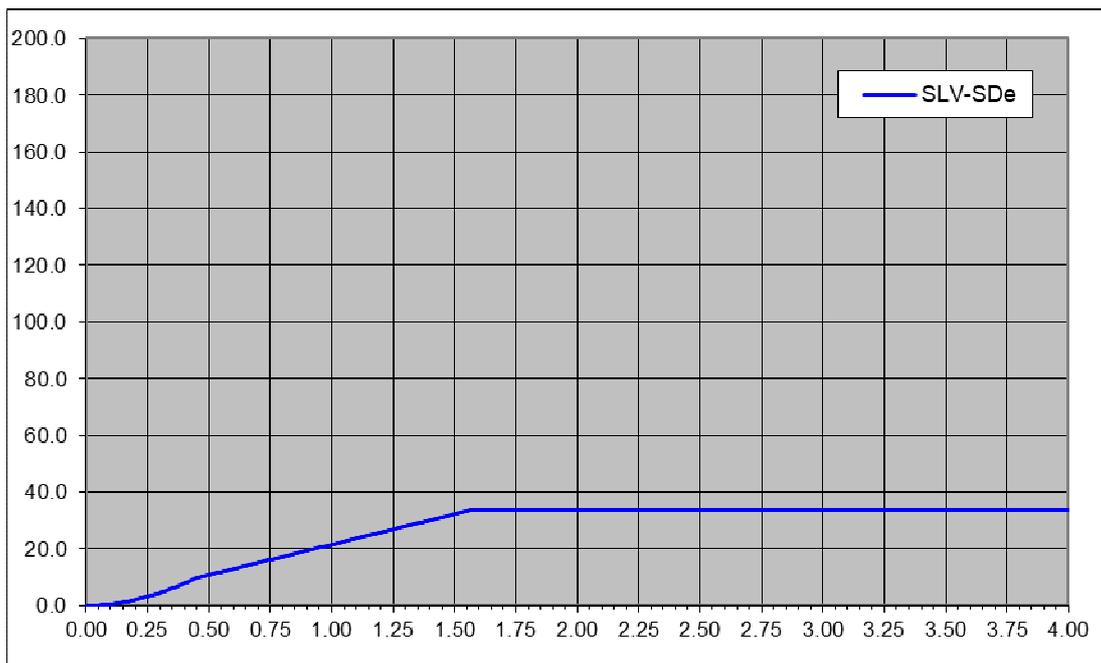


Figura 14.2. Spettro in spostamento SLC

Lo spostamento massimo allo **SLC** risulta pari a **34 mm**.

Lo spostamento massimo allo **SLV** risulta pari a **25 mm**.

Si riportano nella tabella seguente le caratteristiche geometriche e deformative allo **SLC** degli isolatori e l'escursione massima dei giunti allo **SLV** (si considera il contributo dell'azione termica ridotto).

Isolatori	K_h (rigidezza orizzontale equivalente)	D_{gomma}	t_{gomma}	V_{gomma}	n.	$\delta_{\text{SLC } x}$	$\delta_{\text{SLC } y}$
	[kN/mm]	[mm]	[mm]	[dm ³]	[-]	[mm]	[mm]
CV06	2.01	400	50	6.280	6	40	35

OPERA	SLV x	SLV y
	[±mm]	[±mm]
CV06	35	30

Le forze trasmesse dal singolo dispositivo alle sottostrutture sono pari a:

$$F_{x,SLV} \cong 70 \text{ kN}$$

$$F_{y,SLV} \cong 60 \text{ kN};$$

$$F_{x,SLC} \cong 80 \text{ kN}$$

$$F_{y,SLC} \cong 70 \text{ kN}.$$

15. SPALLE

A seguire si riportano le verifiche strutturali della spalla più alta. Ai fini della verifica delle sezioni di spiccato (muro frontale e d'ala) si utilizzano le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo di fondazione.

15.1. Verifica muro frontale

DATI GEOMETRICI

Larghezza striscia di parete considerata =		1.000	m
Spessore parete =		2.500	m
Altezza totale parete H_{tot} =		12.400	m
Altezza spingente H =		12.400	m
Armatura a flessione (tesa)	$1\varnothing 26/10+1\varnothing 26/20 =$	79.639	cm ²
Armatura a taglio	$1\varnothing 10/20/40 =$	9.817	cm ² /m

MATERIALI

Calcestruzzo - R_{ck}		35.000	N/mm ²
- peso di volume γ_{cls} =		25.000	kN/m ³
Barre di armatura - f_{yk}		450.000	N/mm ²

AZIONI SUGLI APPOGGI

Altezza apparecchi d'appoggio rispetto spiccato fondazione h =		10.700	m
Interasse apparecchi d'appoggio =		5.500	m

SCARICHI IN ESERCIZIO

Scarico verticale massimo in combinazione SLU		3700.000	kN
Scarico verticale minimo in combinazione SLU		2565.000	kN
Scarico orizzontale massimo in combinazione SLU		250.000	kN

SCARICHI SISMICI

Scarico verticale minimo in combinazione SLV		1900.000	kN
Scarico orizzontale massimo in combinazione SLV		70.000	kN

VALUTAZIONE SPINTA STATICA (A RIPOSO)

Peso specifico γ_t =		18.000	kN/m ³
Peso specifico γ_{sat} =		18.000	kN/m ³
Angolo di attrito interno \varnothing =		33.000	°
Coefficiente di spinta a riposo k_0 =		0.455	
Spinta statica terreno =		630.147	kN/m

VALUTAZIONE INCREMENTO SPINTA STATICA DA CARICHI VARIABILI

Sovraccarico sul terrapieno (equivalente al traffico stradale) $q =$	20.000 kN/m ²
Incremento spinta statica da sovraccarico variabile =	112.930 kN/m

VALUTAZIONE AZIONE SISMICA (WOOD)

Accelerazione di picco $a_g/g =$	0.048
Coefficiente di flessibilità $\beta =$	1.000
Coefficiente di categ. sottosuolo $S_s =$	3.364
Coefficiente di amplif. topografica $S_T =$	1.000
Coefficiente sismico orizzontale $k_h =$	0.161
Spinta dinamica terreno =	446.903 kN/m
Inerzia parete =	125.141 kN/m

VALUTAZIONE DELL'EFFETTO PIASTRA

Riduzione delle sollecitazioni M e T allo spiccato	0%
--	----

COEFFICIENTI PARZIALI E DI COMBINAZIONE

Coeff. parziale carichi permanenti $\gamma_G =$	1.350
Coeff. parziale carichi variabili $\gamma_Q =$	1.350
Coeff. di combinazione carichi variabili $\psi_1 =$	0.750
Coeff. di combinazione carichi variabili $\psi_2 =$	0.000

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Taglio massimo in comb. SLU	$1.35 * 630.15 + 1.35 * 112.93 + 250 / 5.50 =$	1048.607 kN
Taglio massimo in combinazione SLV	$630.15 + 446.90 + 125.14 + 70 / 5.50 =$	1214.918 kN
V_{Rd}		961.186 kN
V_{Rcd}		7'426.805 kN
V_{Rsd}		1'687.240 kN
Esito verifica		OK

VERIFICA DI RESISTENZA A FLESSIONE

Momento massimo in combinazione SLU		6705.912 kNm
Sforzo assiale massimo SLU	$1.35*25*12.40*2.50 + 3700 / 5.50 =$	1718.977 kN/m
Coefficiente di sicurezza SLU	$\eta_{sic} =$	1.345 OK
Sforzo assiale minimo SLU	$1.35*25*12.40*2.50 + 2565 / 5.50 =$	1512.614 kN
Coefficiente di sicurezza SLU	$\eta_{sic} =$	1.315 OK
Momento massimo SLV	$(630.15+446.90+125.14)*12.40 / 2 + 70 / 5.50*10.70 =$	7589.762 kNm
Sforzo assiale concomitante SLV	$25 * 12.40 * 2.50 + 1900 / 5.50 =$	1120.455 kN
Coefficiente di sicurezza SLV	$\eta_{sic} =$	1.112 OK
Momento massimo in combinazione SLE R (rara)		4967.342 kNm
Sforzo assiale massimo in combinazione SLE R		1273.316 kN
Verifiche tensionali SLE R	$\sigma_c =$	7.293 OK
Sforzo assiale minimo in combinazione SLE R		1120.455 kN

	$\sigma_s =$	223.317	OK
Momento massimo in combinaz. SLE FR (frequente)		4702.234	kNm
Sforzo assiale concomitante in combinazione SLE FR		1034.091	kN
Momento di fessurazione SLE FR		3318.684	kNm
wk [mm]		0.148	mm
Momento massimo in comb. SLE QP (quasi perman.)		3906.910	kNm
Sforzo assiale concomitante in combinazione SLE QP		775.000	kN
Verifiche tensionali SLE QP	$\sigma_c =$	5.675	OK
Momento di fessurazione		3211.682	kNm
wk [mm]		0.126	mm

15.2. Verifica paraghiaia

DATI GEOMETRICI

Larghezza striscia di parete considerata =		1.000	m
Spessore parete =		0.400	m
Altezza spingente H =		2.200	m
Armatura a flessione (tesa)	1Ø26/10 =	53.093	cm ²
Armatura a taglio	1Ø8/20/40 =	6.283	cm ² /m

MATERIALI

Calcestruzzo - Rck		40.000	N/mm ²
- peso di volume γ_{cls} =		25.000	kN/m ³
Barre di armatura - fyk		450.000	N/mm ²

VALUTAZIONE SPINTA STATICA (A RIPOSO)

Peso specifico γ_t =		18.000	kN/m ³
Peso specifico γ_{sat} =		18.000	kN/m ³
Angolo di attrito interno \varnothing =		33.000	°
Coefficiente di spinta a riposo k_0 =		0.455	
Spinta statica terreno =		19.836	kN/m

VALUTAZIONE INCREMENTO SPINTA STATICA DA CARICHI VARIABILI

Sovraccarico sul terrapieno (equivalente al traffico stradale) q =		20.000	kN/m ²
Incremento spinta statica da sovraccarico variabile =		20.036	kN/m

VALUTAZIONE EFFETTO LOCALE TRAFFICO SU PARAGHIAIA

Azione longitudinale localizzata =		180.000	kN
Azione verticale localizzata =		300.000	kN
Larghezza di applicazione del carico =		2.400	m
Carico distribuito verticale equivalente =		125.000	kN/m
Carico distribuito orizzontale equivalente =		75.000	kN/m

VALUTAZIONE AZIONE SISMICA (WOOD)

Accelerazione di picco a_g/g =	0.048
Coefficiente di flessibilità β =	1.000
Coefficiente di categ. sottosuolo S_s =	3.364
Coefficiente di amplif. topografica S_T =	1.000
Coefficiente sismico orizzontale k_h =	0.161
Spinta dinamica terreno =	79.289 kN/m
Inerzia parete =	3.552 kN/m

VALUTAZIONE DELL'EFFETTO PIASTRA

Riduzione delle sollecitazioni M e T allo spiccato	0%
--	----

COEFFICIENTI PARZIALI E DI COMBINAZIONE

Coeff. parziale carichi permanenti γ_G =	1.350
Coeff. parziale carichi variabili γ_Q =	1.350
Coeff. di combinazione carichi variabili ψ_1 =	0.750
Coeff. di combinazione carichi variabili ψ_2 =	0.000

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Taglio massimo in comb. SLU	$1.35 * 19.84 + 1.35 * (20.04 + 75.00) =$	155.076 kN
Taglio massimo in combinazione SLV	$19.84 + 79.29 + 3.55 =$	102.677 kN
V_{Rd}		271.620 kN
V_{Rcd}		1'154.742 kN
V_{Rsd}		150.469 kN
Esito verifica		OK

VERIFICA DI RESISTENZA A FLESSIONE

Momento massimo in combinazione SLU		281.959 kNm
Sforzo assiale concomitante SLU	$1.35 * 25 * 2.20 * 0.40 + 1.35 * 125 =$	198.450 kN/m
Coefficiente di sicurezza SLU	$\eta_{sic} =$	2.140 OK
Momento massimo SLV	$(19.84 + 79.29 + 3.55) * 2.20 / 2 =$	112.945 kNm
Sforzo assiale concomitante SLV	$25 * 2.20 * 0.40 =$	22.000 kN
Coefficiente di sicurezza SLV	$\eta_{sic} =$	5.111 OK
Momento massimo in combinazione SLE R (rara)		208.859 kNm
Sforzo assiale concomitante in combinazione SLE R		147.000 kN
Verifiche tensionali SLE R	$\sigma_c =$	9.203 OK
	$\sigma_s =$	126.213 OK
Momento massimo in combinaz. SLE FR (frequente)		162.099 kNm
Sforzo assiale concomitante in combinazione SLE FR		115.750 kN
Momento di fessurazione SLE FR		103.310 kNm
w_k [mm]		0.062 mm
Momento massimo in comb. SLE QP (quasi perman.)		21.819 kNm
Sforzo assiale concomitante in combinazione SLE QP		22.000 kN
Verifiche tensionali SLE QP	$\sigma_c =$	0.797 OK
Momento di fessurazione		98.152 kNm

wk [mm]

0.000 mm

15.3. Fondazione

Si riporta a seguire la verifica di resistenza della mensola di monte della fondazione

DATI GEOMETRICI

Spessore suola di fondazione =		2.500	m
Larghezza striscia di suola considerata =		3.620	m
Interasse pali =		3.620	m
Braccio rispetto al baricentro dell'elevazione		1.950	m
Armatura a flessione (tesa)	1Ø24/10 =	163.765	cm ²
Armatura a taglio	1Ø12/20/40 =	50.894	cm ² /m

MATERIALI

Calcestruzzo - Rck		35.000	N/mm ²
- peso di volume γ_{cls} =		25.000	kN/m ³
Barre di armatura - fyk		450.000	N/mm ²

AZIONI

Scarico massimo su palo =		6486.000	kN
---------------------------	--	----------	----

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Taglio massimo	$6486 / 3.62 * 3.62 =$	6490	kN
VRd		2431	kN
VRcd		26172	kN
VRsd		8747	kN
Esito verifica		OK	

VERIFICA DI RESISTENZA A FLESSIONE

Momento massimo di progetto MEd	$6490.00 * 1.95 =$	12655.500	kNm
Momento resistente MRd		15250.000	kNm
Coefficiente di sicurezza SLU	$\eta_{sic} =$	1.207	OK