

AUTOSTRADA VALDASTICO

A31 NORD

1° LOTTO

Piovene Rocchette - Valle dell'Astico

PROGETTO DEFINITIVO

CUP G21B1 30006 60005
WBS B25.A31N.L1
COMMESSA J16L1

COMMITTENTE



S.p.A. AUTOSTRADA BRESCIA VERONA VICENZA PADOVA
Area Costruzioni Autostradali

CAPO COMMESSA
PER LA PROGETTAZIONE
Dott. Ing. Gabriella Costantini

PRESTATORE DI SERVIZI:
CONSORZIO RAETIA



RAPPRESENTANTE: Dott. Ing. Alberto Scotti

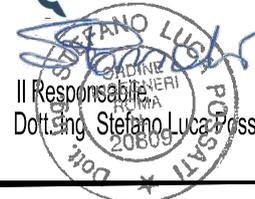
RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
TRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Technital S.p.A. - Dott. Ing. Andrea Renso



PROGETTAZIONE:



Il Responsabile
Dott. Ing. Stefano Luca Possati



ELABORATO: **OPERE D'ARTE MAGGIORI**
Opere d'arte: ponti e viadotti
Viadotto Piovene
Relazione di calcolo impalcato

Progressivo Rev.
07 01 02 001 02

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA: --
00	MARZO 2017	PRIMA EMISSIONE	3TI PROGETTI - DI SANZO	M. SORGE	S.L.POSSATI	NOME FILE: J16L1_07_01_02_001_0101_OPD_02.dwg
01	GIUGNO 2017	REVISIONE PER VERIFICA	3TI PROGETTI - DI SANZO	M. SORGE	S.L.POSSATI	CM. PROGR. FG. LIV. REV.
02	LUGLIO 2017	RECEPIMENTO OSSERVAZIONI	3TI PROGETTI - DI SANZO	M. SORGE	S.L.POSSATI	J16L1_07_01_02_001_0101_OPD_02

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO
PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL’ASTICO

Committente:



Progettazione:

CONSORZIO RAETIA



PROGETTO DEFINITIVO

VIADOTTO PIOVENE

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

INDICE

1. DESCRIZIONE DELL’OPERA.....	6
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	10
3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	11
4. SOFTWARE UTILIZZATI.....	13
4.1. Convenzioni generali per le verifiche e le analisi globali.....	14
5. IMPOSTAZIONI DI ANALISI E DELLE VERIFICHE	16
5.1. Analisi della struttura composta.....	16
5.1.1 Fasi	17
5.2. Dati generali delle sezioni di impalcato	19
5.2.1 Viscosita' e ritiro (en 1992-1-1, en 1994).....	19
5.2.2 Larghezze collaboranti di soletta	20
5.2.3 Caratteristiche sezioni di impalcato	22
5.2.4 Proprietà geometrico-statiche	28
5.2.5 Proprietà plastiche delle sezioni	29
6. IMPALCATO.....	31
6.1. Analisi dei carichi.....	31
6.1.1 Carichi permanenti strutturali (g_1)	31
6.1.2 Carichi permanenti portati (g_2)	31
6.1.3 Ritiro (e_2) e Temperatura (e_3).....	32
6.1.4 Cedimenti vincolari (ϵ_4)	32
6.1.5 Carichi mobili (q_1)	32
6.1.6 Frenamento (q_3)	36
6.1.7 Vento (q_5)	36
6.1.8 Resistenze passive dei vincoli (q_7).....	38
6.1.9 Urto di veicolo in svio (q_8)	38
6.2. Caratterizzazione sismica	40
6.2.1 Parametri di pericolosità sismica	40
6.2.2 Effetti della variabilità spaziale del moto.....	40
6.2.3 Spettri di progetto per l’analisi dinamica lineare.....	41
6.3. Combinazioni di carico.....	42
6.3.1 Combinazioni per gli SLU.....	42

6.3.2	Combinazioni per lo SLE “respiro delle anime”	44
6.3.3	Combinazioni per lo SLE di controllo delle tensioni.....	45
6.3.4	Combinazioni azioni sismiche	46
7.	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO	47
7.1.	Sollecitazioni per azioni statiche.....	47
7.2.	Sollecitazioni per azioni sismiche	53
7.2.1	Risposta modale	54
7.2.2	Sollecitazioni	60
7.3.	Sollecitazioni travi.....	63
7.3.1	Sollecitazioni impalcato per fasi in condizioni statiche	64
7.3.2	SLU fondamentale.Mmax e Mmin	68
7.3.3	SLU fondamentale.Vmin-max.....	69
7.3.4	SLS caratteristica.Mmax e Mmin	70
7.3.5	SLS caratteristica.Vmax e Vmin	71
7.3.6	SLS frequente.Mmax e Mmin	72
7.3.7	SLS frequente. Vmax e Vmin.....	73
7.3.8	SLV fondamentale.Mmax e Mmin	74
7.3.9	SLU fondamentale.Vmin-max.....	75
8.	VERIFICHE DI RESISTENZA	76
8.1.	Travi principali.....	76
8.1.1	Generalita’	76
8.1.2	Slu – resistenza delle sezioni	77
8.1.3	Verifiche delle sezioni.....	79
8.1.4	Riepilogo coefficienti di sfruttamento	79
8.1.5	Sle – limitazioni delle tensioni	83
8.1.6	Riepilogo dei coefficienti di sfruttamento.....	83
8.1.7	S.L.E. – “web breathing”	83
9.	VERIFICA CONNESSIONE TRAVE SOLETTA	85
9.1.1	Generalità	85
9.1.2	Caratteristiche piolatura	90
9.2.	Verifiche a fatica	92
9.2.1	Generalità	92
9.2.2	Verifiche.....	100

9.3. Verifica di deformabilità.....	105
9.4. Stampella	106
9.4.1 Sollecitazioni e verifiche Travi laterali	106
9.4.2 Sollecitazioni e verifiche Travi reticolari.....	111
10. SOLETTA.....	112
10.1. Analisi trasversale	112
10.2. Combinazioni di carico.....	127
10.3. Sollecitazioni.....	129
10.3.1 Schema di carico 1 – zona interna soletta	129
10.3.2 Schema di carico urto veicolo – zona interna soletta.....	132
10.3.3 Schema di carico 1 – zona di bordo soletta	133
10.3.4 Schema di carico urto veicolo – zona di bordo soletta.....	136
10.3.5 Schema di carico 2 – zona interna soletta	137
10.3.6 Schema di carico 2 – zona bordo soletta	140
10.4. Verifiche	143
11. APPOGGI E GIUNTI.....	160
12. DICHIARAZIONE SECONDO NTC 2008 (PUNTO 10.2)	161
12.1. Tipi di analisi svolta	161
12.2. Origine e caratteristiche dei codici di calcolo.....	161
12.3. Affidabilità dei codici di calcolo.....	161
12.4. Modalità di presentazione dei risultati.....	162
12.5. Informazioni generali sull’eleborazione	162
12.6. Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	162
12.7. Validazione manuale dei codici di calcolo	163

1. Descrizione dell’opera

I viadotti oggetto della presente relazione di calcolo sono ubicati tra le progressive 0+824 e 1+109.6 dell’autostrada Valdastico A31 Nord.

La sede stradale presenta due corsie di marcia da 3,75 m, una da 3,00m e banchine laterali da 0,75m interne. A tergo delle barriere è previsto in dx un cordolo da 2,20 m e in sx un cordolo da 0.90m

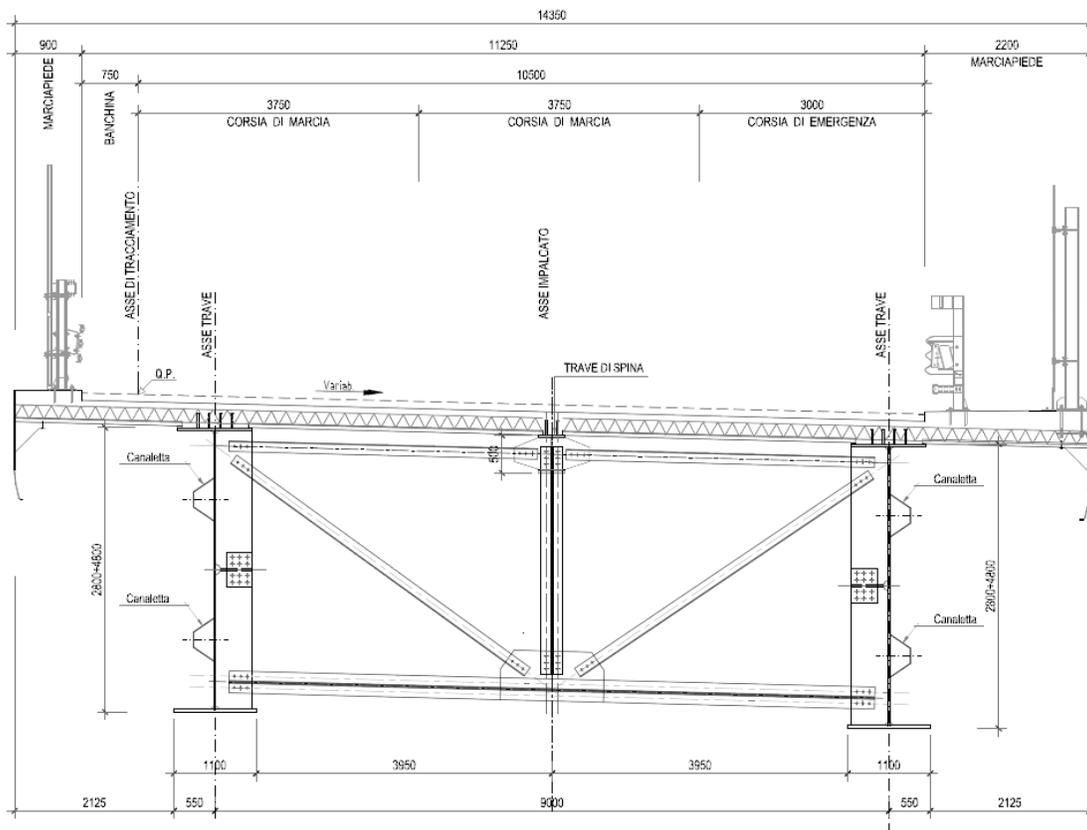


Immagine 1: Sezione trasversale impalcato.

L’impalcato in acciaio è una trave continua su sette campate con luci variabili dai 27 ai 156.6m e la tipologia strutturale è a via di corsa superiore. Le due travi principali, saldate a doppio T e distanziate di 9,0 m, hanno un’altezza variabile da 2600mm a 4800mm.

Le pile più interne sono costituite da due puntoni inclinati di circa 43° sull’orizzontale, incastrati all’impalcato e incernierati alla base. Le restanti quattro pile sono invece realizzate in cemento armato con sezione rettangolare cava. Le fondazioni delle spalle e delle pile più esterne sono di tipo tradizionale, ovvero su pali di grande diametro ($\varnothing 1200$), mentre le fondazioni dei puntoni e delle pile adiacenti sono su pozzi di diametro 12m.

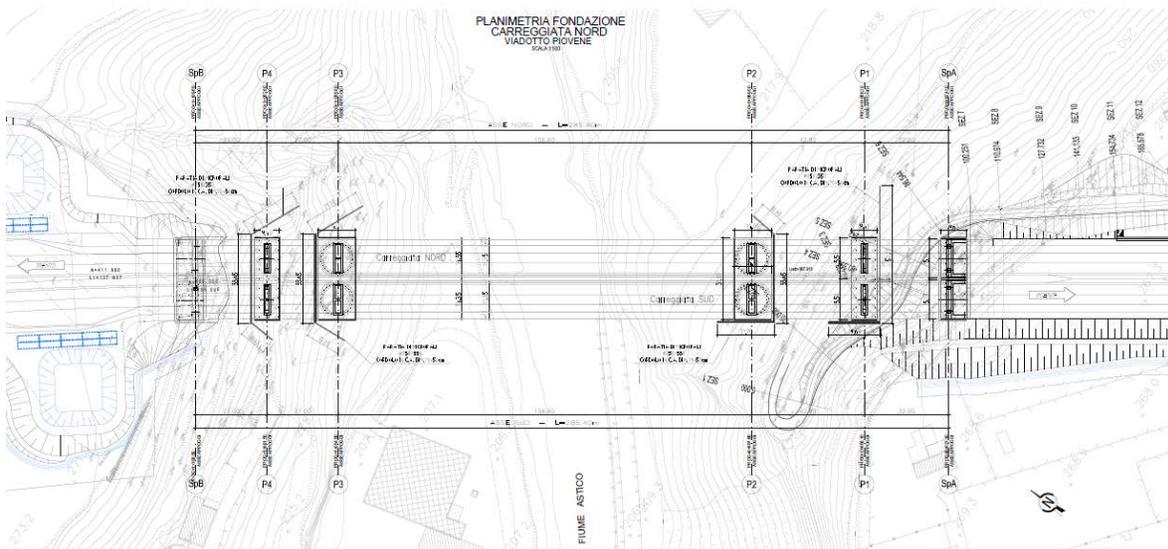
Ad interasse costante di 5,40m o 6.4 m vengono posizionati i traversi (reticolati o in composizione saldata a doppio T). Non sono presenti controventi di piano.

Per quanto concerne le stampelle , esse sono costituite da una coppia di travi di altezza pari a 4.00m con controventi a K di collegamento tra le piattabande (2L 200x20) . Nel piano trasversale , a passo 4.20m, è presente un ulteriore collegamento costituito anch’esso da una trave reticolare realizzata con 2L 200x16.

La luce della soletta è spezzata da una trave di spina che scarica nella mezzeria del trasverso.

In corrispondenza di ciascun traverso è presente, su ciascuna trave, un irrigididente verticale interno all’anima. Solamente in corrispondenza degli appoggi sono presenti anche dei piatti singoli sul lato esterno dell’anima.

Al di sopra delle travi e dei traversi, in direzione perpendicolare all’asse d’impalcato, viene disposta una lastra predalle da 6 cm che funge da cassero a perdere per il getto della soletta in c.a. dello spessore minimo di 25 cm.



AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

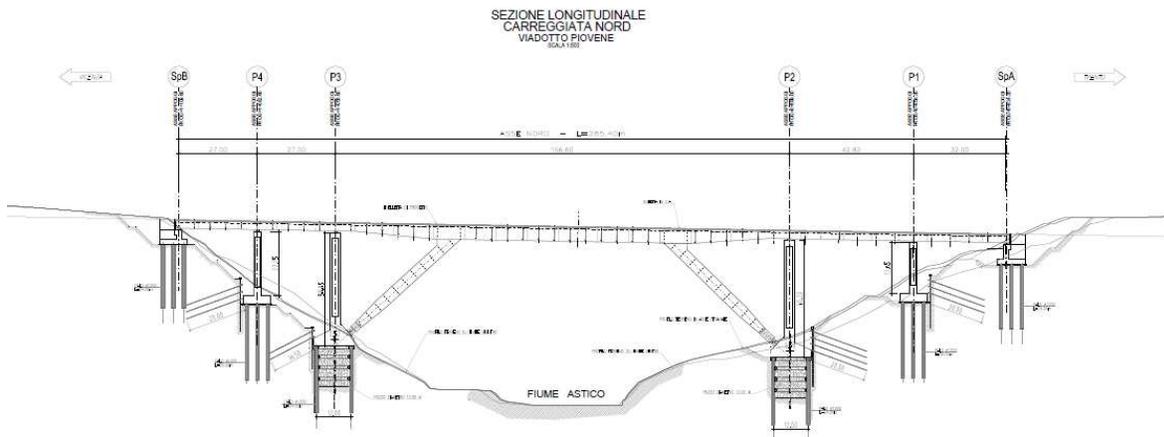


Immagine 2: *pianta e sezione trasversale* impalcato.

Tutti gli elementi di carpenteria metallica dell’impalcato vengono realizzati in acciaio CorTen.

Lo schema di vincolo dell’impalcato prevede in corrispondenza sia delle spalle che delle pile appoggi multidirezionali e appoggi tipo unidirezionali longitudinali, così come si evince dallo schema a seguire.

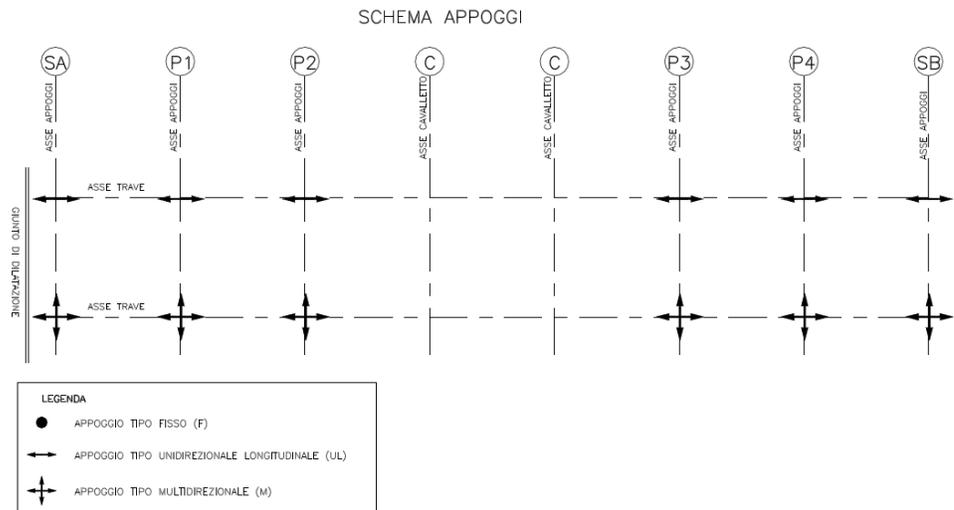


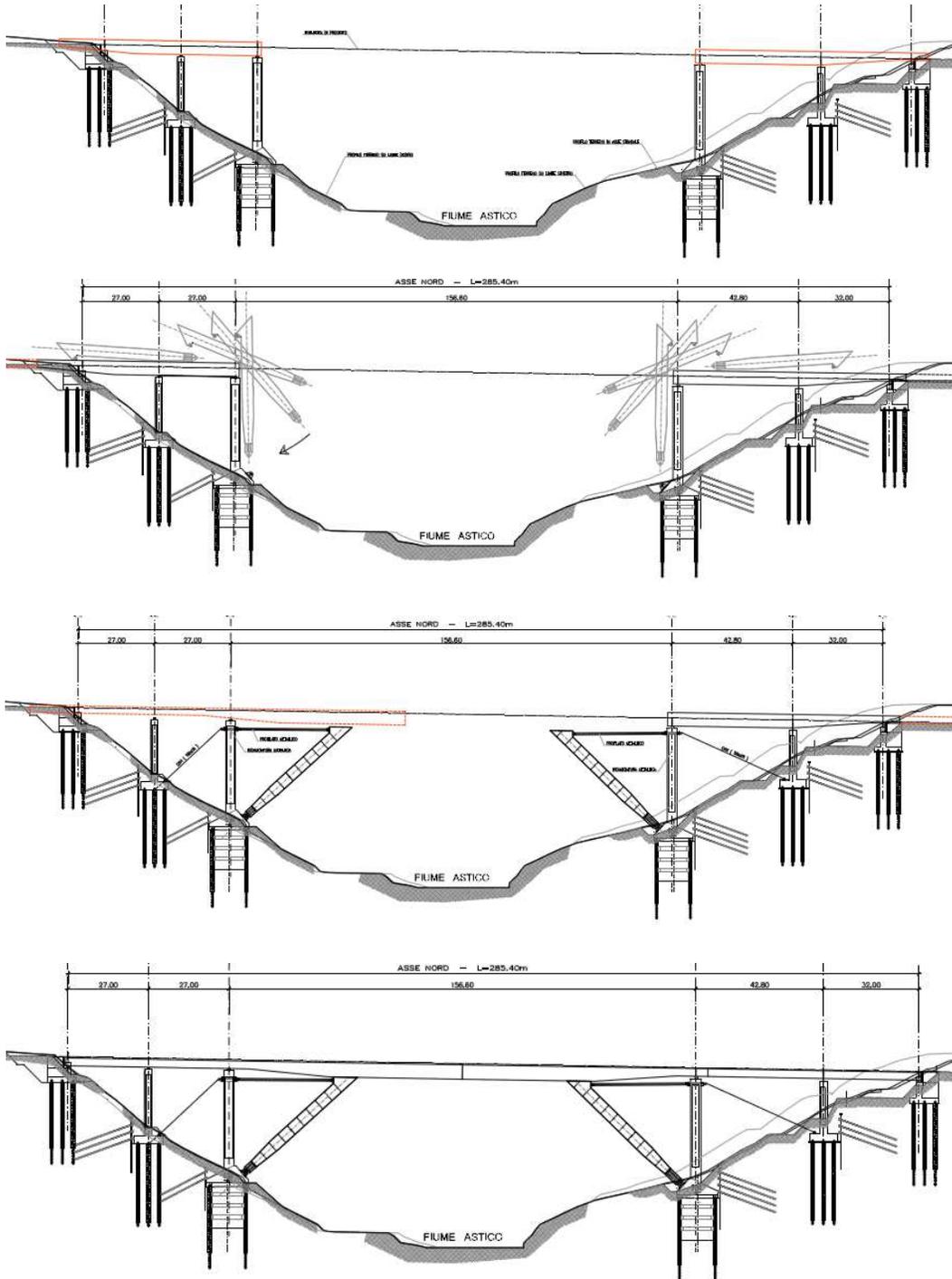
Immagine 3: *schema appoggi* impalcato.

La fasisista di realizzazione prevede, a seguito della realizzazione delle sottostrutture, il varo dell’impalcato mediante il calaggio delle stampelle in acciaio dalle campate di riva.

Infatti il progetto (ovvero la scansione delle sottostrutture) è incentrato sulle pile P2 e P3 che fingeranno da fulcro per il posizionamento dall’alto delle stampelle, evitando quindi pile provviso-

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

rie di notevole altezze (e conseguenti fondazioni e sistemi di stabilizzaione) e lavorazioni di montaggio delle 4 stampelle (delle dimensioni circa di 9.00x48.00m) nell’area golenale.



2. Normativa di riferimento

La presente relazione è redatta in conformità con le prescrizioni di cui alle normative di seguito elencate:

L. n°1086 5 novembre 1971: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica.

D.M. 14/01/2008 : “Norme tecniche per le costruzioni”.

CIRCOLARE 02/02/2009 N 617: “Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”.

UNI EN 1993-1-1:2005: “Eurocodice 3: Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”.

UNI EN 1993-1-5:2005: “Eurocodice 3: Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra”.

UNI EN 1993-1-9:2005: “Eurocodice 3: Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-9: Fatica”.

UNI EN 1993-2:2007: “Eurocodice 3: Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 2: Ponti di acciaio”.

UNI EN 1994-1-1:2005: “Eurocodice 4: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”.

UNI EN 1994-2:2006: “Eurocodice 4: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 2: Regole generali e per i ponti”.

EUR 22898 EN-2007: “Commentary and worked examples to EN 1993-1-5 - Plated structural elements” – JRC European Commission, October 2007.

UNI EN 1993-5:2007: “Eurocodice 3 – Parte 5: Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 5: Pali e palancole”.

3. Caratteristiche dei materiali

Calcestruzzo per soletta

Classe di resistenza	C32/40
Classe di esposizione	XC4/XF1
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}=40$ MPa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}=32$ MPa
Modulo elastico	$E_c= 33346$ MPa
Contenuto minimo di cemento	360 kg/mc
Rapporto a/c	0,4
Classe di consistenza	S4
Copriferro	35 mm
Massima dimensione dell’aggregato	20 mm

Calcestruzzo per predalle

Classe di resistenza	C32/40
Classe di esposizione	XC4/XF1
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}=40$ MPa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}=32$ MPa
Modulo elastico	$E_c= 33346$ MPa
Contenuto minimo di cemento	350 kg/mc
Rapporto a/c	0,4
Classe di consistenza	S4
Massima dimensione dell’aggregato	20 mm
Copriferro*	25 mm

* Elementi soggetti a procedura di verifica del copriferro che prevede la non accettazione di elementi non conformi.

Acciaio per carpenteria metallica

Acciaio per elementi saldati	S355J2W+N
Acciaio per elementi non saldati	S355J0W+N
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}= 355$ MPa
Modulo elastico	$E_s= 210000$ MPa
Coefficiente di Poisson	$\nu= 0,3$

Bulloni

Classe viti (secondo UNI EN 14399-4:2005)	10.9
Tensione di snervamento	900 MPa
Tensione di rottura	1000 MPa
Classe dadi (secondo UNI EN 14399-4:2005)	10

Pioli

Tipo “Nelson” DIN 32500 – Materiale base ST 37-K DIN 17100
Resistenza a rottura acciaio del piolo

$f_t = 450 \text{ MPa}$

Acciaio per strutture in c.a.

Classe acciaio
Tensione caratteristica di rottura
Tensione caratteristica di snervamento

B450C
 $f_{tk} = 540 \text{ MPa}$
 $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$

4. Software utilizzati

Si sono utilizzati i seguenti software di calcolo:

- *Microsoft Excel*® della Microsoft Corporation (verifiche a livello sezionale e varie);
- *RC-SEC* della Geo Stru software (verifiche a livello sezionale);
- *VcaSlu* Di Piero Gelfi (verifiche a livello sezionale);
- *SAP2000*® della Computers and Structures, Inc. (determinazione di un'aliquota delle sollecitazioni agenti sulla paratia di pali e sull'impalcato);
- *PONTI EC4* della Alhambra s.r.l. (verifiche travi in acciaio a sezione composta)

L'analisi della struttura viene eseguita tramite modellazione con il metodo degli elementi finiti, adottando il software "SAP2000", fornito da C.S.I. Computers and Structure.

Per le verifiche delle sezioni in cemento armato si utilizza il software RC-SEC.

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

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

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

S.L.U. :

- preclassificazione e classificazione delle sezioni

- pressoflessione (interazione N/M): analisi e verifica plastica di ciascuna sezione, e deduzione del rapporto di sfruttamento plastico (sezioni classe 1 e 2)

- pressoflessione (interazione N/M): Analisi tensionale elastica su sezione lorda, con calcolo del rapporto di sfruttamento elastico (sezioni di classe 3)

- pressoflessione (interazione N/M): Analisi tensionale elastica su sezione lorda e sezione efficace (depurata dagli effetti del local buckling), con calcolo del rapporto di sfruttamento elastico (sezioni di classe 4)

- taglio: verifica a taglio plastico, includendo i fenomeni di shear buckling
- interazione pressoflessione - taglio (N-M-V): deduzione del rapporto di sfruttamento finale della sezione
- verifica S.L.U. delle piolature
- deduzione della sovratensione nelle piolature per effetto della plasticizzazione per flessione

S.L.E. :

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

4.1. Convenzioni generali per le verifiche e le analisi globali

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

lunghezze: m

forze - coppie: N, Nm

tensioni: N/mm²

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

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

Fx azione assiale

Fy azione tagliante agente nel piano orizzontale

Fz azione tagliante agente nel piano verticale

Mx momento torcente

My momento flettente agente nel piano verticale

Mz momento flettente agente nel piano orizzontale

Le verifiche dell'impalcato verranno eseguite esclusivamente con riferimento alle caratteristiche Fx, Fz, My, dal momento che risultano non significativi i contributi Fy, Mx ed Mz.

Le notazioni impiegate sono conformi a quelle impiegate negli Eurocodici ed indicate nei relativi capitoli introduttivi.

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

M (Mf) in luogo di My

V in luogo di Fz

T in luogo di Mx

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

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

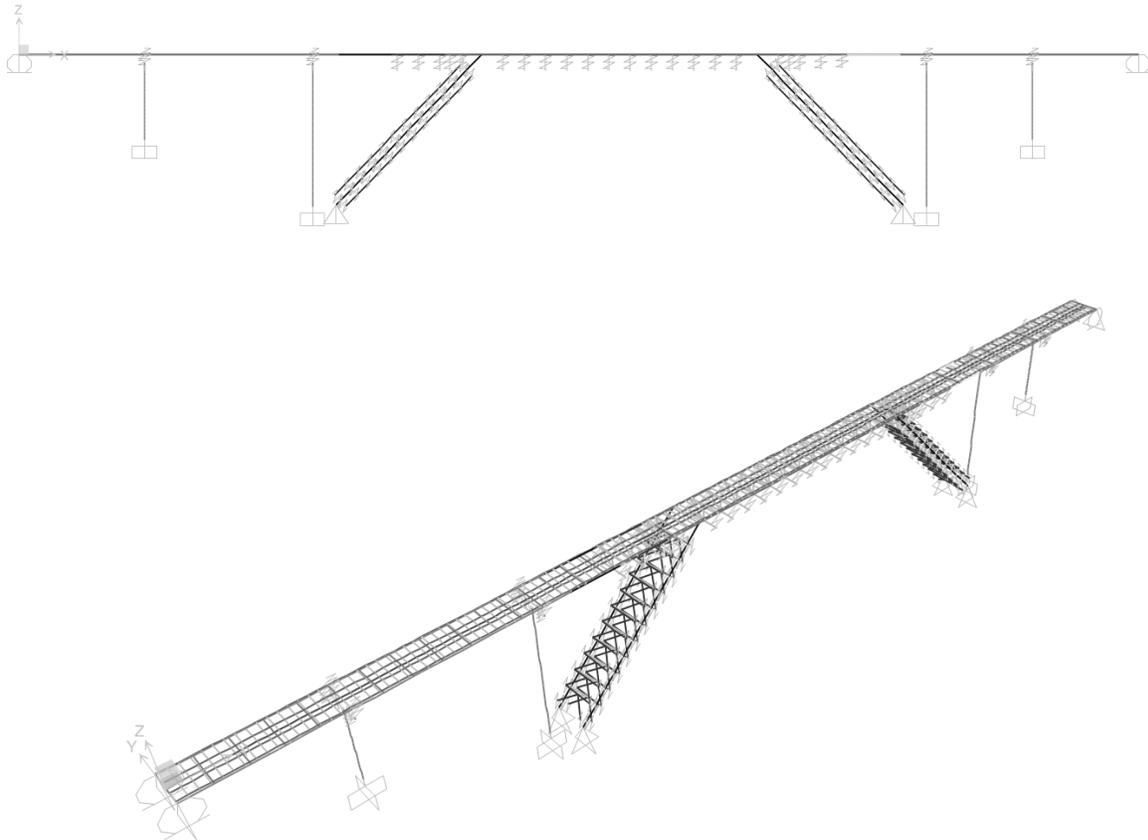
- NEGATIVE: se le fibre tese sono rivolte all'intradosso trave

5. Impostazioni di analisi e delle verifiche

5.1. Analisi della struttura composta

La struttura composta acciaio-calcestruzzo verrà analizzata secondo il metodo classico adottato per questi tipi di strutture, che prevede il calcolo delle caratteristiche geometrico-statiche delle varie sezioni sulla base di una sezione equivalente, in cui la porzione in calcestruzzo viene "omogeneizzata" ad acciaio in funzione del rapporto $E_s/E_c(t)$, essendo $E_c(t)$ il modulo elastico del calcestruzzo valutato in funzione del tipo di carico applicato, tenendo conto, ove opportuno, dei fenomeni a lungo termine.

Viene pertanto effettuata l'analisi separata e conseguente sovrapposizione dei quadri tensionali afferenti alle varie "fasi" attraversate dalla struttura, ciascuna delle quali si differenzia dalle altre per lo schema statico di analisi e/o per la proprietà delle sezioni.



5.1.1 Fasi

Le caratteristiche geometrico-statiche delle sezioni di impalcato si differenziano in funzione delle caratteristiche della soletta in c.a., per la quale verranno considerati gli effetti dovuti alla viscosità, sulla base di coefficienti di omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo opportunamente modificati. Nel caso più generale, si studieranno pertanto le seguenti fasi:

- fase 1: assenza soletta (fase iniziale);
- fase 2a: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per carichi permanenti applicati ad istante successivo al getto, e di intensità costante nel tempo (es. permanenti di finitura);
- fase 2b: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per carichi permanenti applicati ad istante t_1 immediatamente dopo il getto, ed aventi sviluppo nel tempo parallelo a quello dei fenomeni differiti (ritiro);
- fase 2c: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per coazioni e/o cedimenti vincolari imposti all'istante t_1 dal il getto, ed aventi sviluppo nel tempo costante.
- fase 3: presenza della soletta, con modulo elastico valutato a breve termine

Per completezza, e viste le incertezze connesse alla deduzione dei parametri reologici del calcestruzzo, le verifiche della travata di impalcato verranno effettuate sia con riferimento al lungo termine (analisi "long term"), sia con riferimento al "breve termine" (analisi "short term"). Nel secondo caso, si trascureranno totalmente i fenomeni differiti (ritiro, viscosità).

La tabella seguente riporta, fase per fase, i vari contributi di carico considerati nei due tipi di analisi.

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

analisi long term

fase	carico	sezione resistente	connessione
1	peso proprio acciaio+soletta	sezione metallica	non attiva
2a	carichi permanenti portati	sez. omog. con $n=n_L$ perm.	attiva
2b	ritiro	sez. omog. con	attiva
2b	cedimenti vincolari	$n=n_L$ ritiro	
3	carichi mobili	sez. omog. con	attiva
3	variazioni termiche	$n=n_0$	
3	vento		

analisi short term

fase	carico	sezione resistente	connessione
1	peso proprio acciaio+soletta	sezione metallica	non attiva
3	carichi permanenti portati		attiva
3	carichi mobili	sez. omog. con	
3	variazioni termiche	$n=n_0$	attiva
3	vento		

5.2. Dati generali delle sezioni di impalcato

5.2.1 Viscosita' e ritiro (en 1992-1-1, en 1994)

Il calcolo dei coefficienti di omogeneizzazione acciaio-cla viene condotto secondo le indicazioni riportate nella UNI-EN 1994-2:2006.

Caratteristiche del cla a tempo zero

Resistenza a compressione caratteristica, f_{ck} (N/mm ²)	33.20
Resistenza a compressione media, $f_{cm} = f_{ck} + 8$ (N/mm ²)	41.20
Modulo elastico secante, $E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$ k (N/mm ²)	33,642.78
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	6.242	nG a tempo 0	5.762
nE(t,t ₀) - Permanenti	16.849	nG(t,t ₀) - Permanenti	15.553
nE(t,t ₀) - Ritiro	13.334	nG(t,t ₀) - Ritiro	12.308
nE(t,t ₀) - Def. imposte	25.584	nG(t,t ₀) - Def. imposte	23.616

Tempo e ambiente

Eta' del calcestruzzo in giorni all'inizio del ritiro per essiccamento, t_s	6
Eta' del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione dei carichi permanenti, t_0	28
Eta' del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione del ritiro, t_0	6
Eta' del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte, t_0	6
Eta' del calcestruzzo in giorni, t	36,500
Dimensione fittizia dell'elemento di cla, $h_0 = 2A_c/u$ (mm)	620
Sezione dell'elemento, A_c (mm ²)	4,448,500.00
Perimetro a contatto con l'atmosfera, u (mm)	14,350.00
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	1.545
al momento dell'applicazione del ritiro	2.066
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	2.066

Coefficiente nominale di viscosita', $\varphi_0 = \varphi_{RH} \beta_c(f_{cm}) \beta_c(t_0) =$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.561
al momento dell'applicazione del ritiro	2.088
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	2.088

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	0.488
al momento dell'applicazione del ritiro	0.653
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	0.653

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	28.00
al momento dell'applicazione del ritiro	6.00
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	6.00

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	0.990
al momento dell'applicazione del ritiro	0.990
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	0.990

Modulo elastico al tempo "t", $E_{cm}(t,t_0) = E_{cm}/[1+\psi*\varphi(t,t_0)]$

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	12,464
al momento dell'applicazione del ritiro	15,749
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	8,208
$\Psi =$	
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'umidità, $\phi_{RH} = 1 + [(1-RH/100)/(0.1h_0^{1/3})\alpha_1] \alpha_2$	1.221
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	0.892
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	0.968
Coefficiente per la resistenza del cls, $\beta_c(f_{cm}) = 16.8/f_{cm}^{0.5}$	2.617
Coefficiente per il tipo di cemento, $\alpha =$	0
Coefficiente che tiene conto dell'umidità, $\beta_{RH} = 1.5 [1 + (0.012 RH)^{18}] h_0 + 250$ $\alpha_3 \leq 1500$ α_3	1,300
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	0.922

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

$\epsilon_s(t, t_0) = \epsilon_{cd}(t) + \epsilon_{ca}(t) = 0.000269$

Dove:

Deformazione dovuta al ritiro per essiccamento, $\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) k_h \epsilon_{cd,0} =$	0.000211
Coeff. per la variabilità della deformazione nel tempo, $\beta_{ds}(t, t_s) = (t - t_s) / [(t - t_s) + 0.04(h_0^3)^{0.5}] =$	0.983
Parametro che dipende da h_0 (vedi prospetto seguente), $k_h =$	0.70
Deformazione di base, $\epsilon_{cd,0} = 0.85 [(220 + 110\alpha_{ds1}) * \exp(-\alpha_{ds2} * f_{cm} / f_{cm0})] 10^{-6} \beta_{RH} =$	0.000307
$\beta_{RH} = 1.55 [1 - (RH/RH_0)^3] =$	0.896
$f_{cm0} =$	10 Mpa
$RH_0 =$	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, $\epsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \epsilon_{ca0} =$	0.0000580
$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) =$	1.00
$\epsilon_{ca0} = 2.5(f_{ck} - 10) 10^{-6} =$	0.0000580

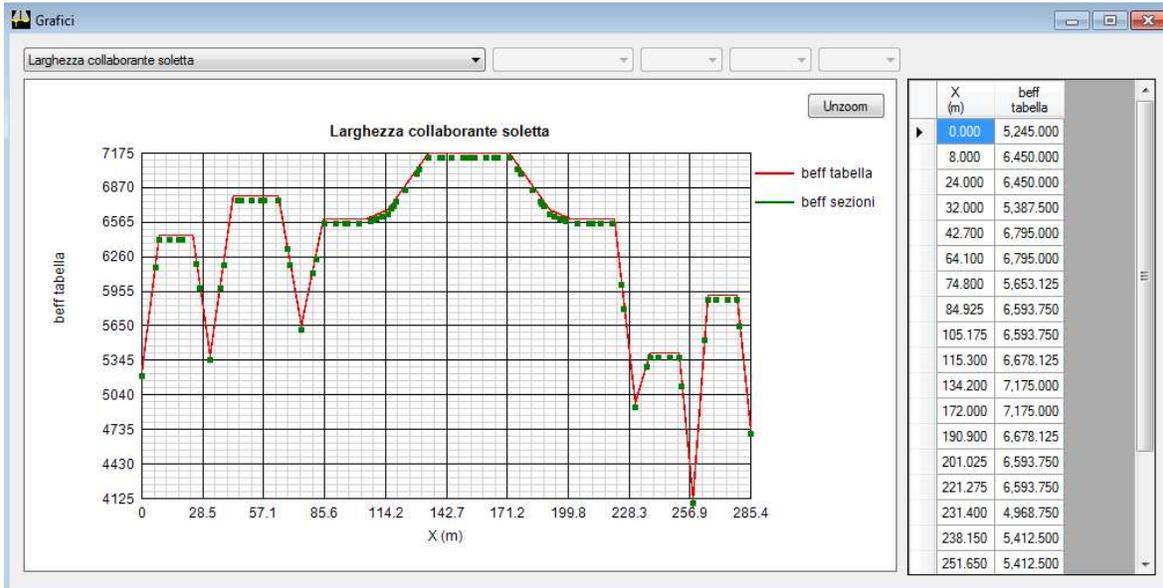
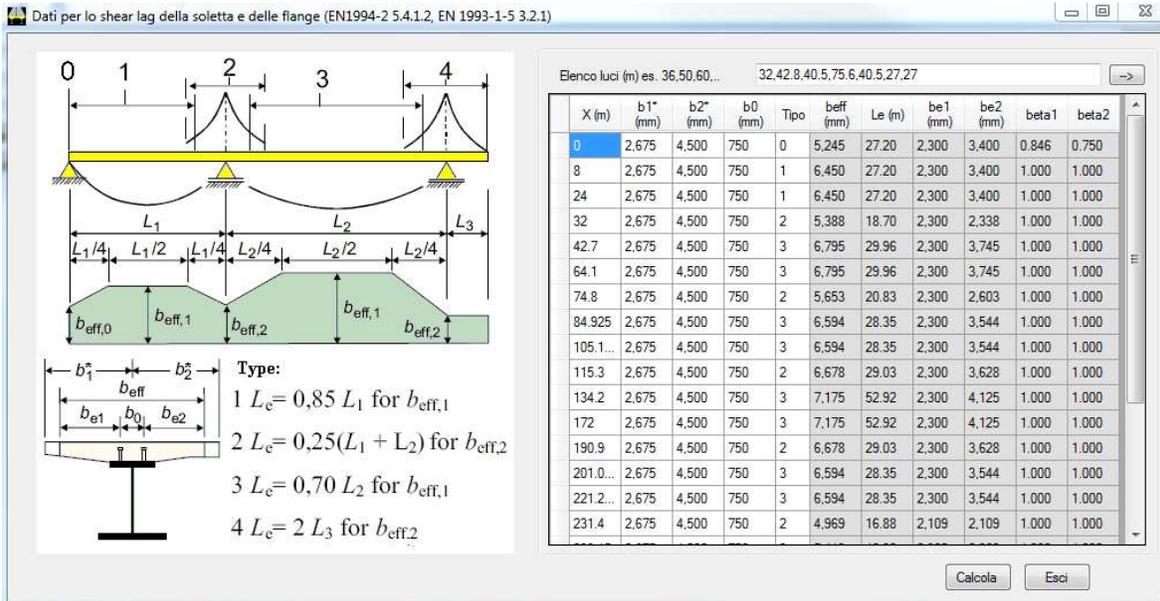
Valori di k_h

h_0	k_h
100	1.00
200	0.85
300	0.75
≥ 500	0.70

5.2.2 Larghezze collaboranti di soletta

Le larghezze collaboranti di soletta vengono valutate sulla base dei criteri contenuti in EN 1994-2, punto 5.4.1.2 (NTC 2008, punto 4.3.2.3.), e richiamati nella figura seguente.

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico



5.2.3 Caratteristiche sezioni di impalcato

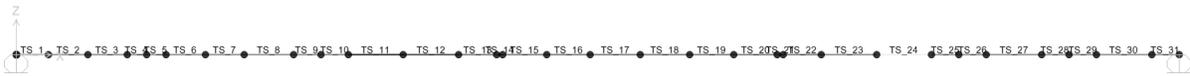
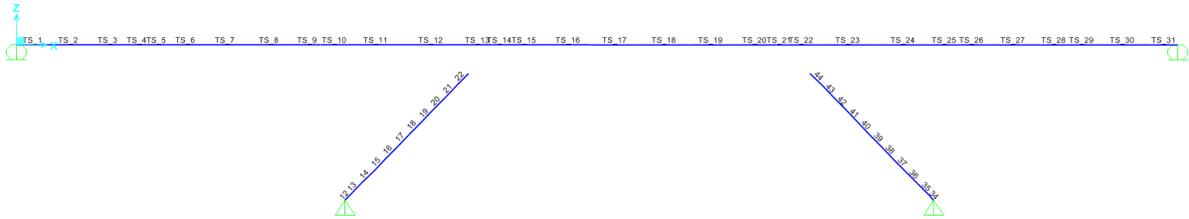
Le travi principali sono suddivise in conci. Le sezioni verificate, sono univocamente determinate da una sigla formata dal nome del concio, dal numero dell’elemento finito del modello globale di calcolo. Per tutti i conci che formano le travate sono state analizzate oltre alle sezioni di inizio, e fine concio, anche svariate sezioni intermedie fornendo di fatto una verifica senza soluzione di continuità. Nella tabella seguente si riporta in forma tabellare la posizione di ogni sezione, le dimensioni delle lamiere, l’armatura in soletta la larghezza efficace della soletta ed il numero e tipo di pioli.

Nella tabella non figurano le grandezze costanti: **d pioli=22mm, h pioli= 220 mm, h pred=60 mm**

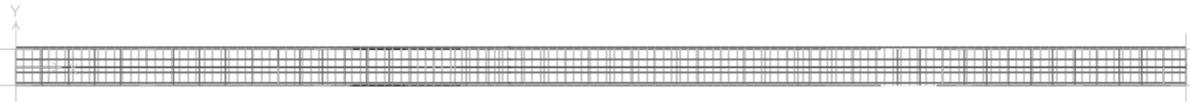
Per tutte le sezioni si riportano gli esiti delle verifiche in forma grafica e tabellare; per le sezioni più significative, ovvero quelle per le quali si hanno le condizioni più sfavorevoli nei vari SL, si riportano anche dei report di verifica dettagliati.

5.2.3.1 Geometria travi metalliche

5.2.3.1.1 Travi principali



Modello con numerazione Frames – Telaio Sinistra



Modello pianta impalcato

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

Input Ponti EC4

Sections	X (m)	hs (mm)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)	tcls (mm)	hcop (mm)	beff (mm)	Fisup (mm)	pbsup (mm)	csup (mm)	Fiinf (mm)	pbinf (mm)	cinf (mm)	d pioli (mm)	h pioli (mm)	n pioli (/m)
C1_1	0.000	2,600	900	30	2,540	20	1,100	30	310	0	5,245	16	200	30	16	200	80	22	220	27
C1_2	6.400	2,600	900	30	2,540	20	1,100	30	310	0	6,209	16	200	30	16	200	80	22	220	27
C1_3	6.400	2,600	900	30	2,540	20	1,100	30	310	0	6,209	16	200	30	16	200	80	22	220	27
C1_4	8.000	2,600	900	30	2,540	20	1,100	30	310	0	6,450	16	200	30	16	200	80	22	220	27
C2_1	8.000	2,600	900	30	2,530	18	1,100	40	310	0	6,450	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C2_2	12.800	2,600	900	30	2,530	18	1,100	40	310	0	6,450	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C2_3	12.800	2,600	900	30	2,530	18	1,100	40	310	0	6,450	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C2_4	17.600	2,600	900	30	2,530	18	1,100	40	310	0	6,450	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C3_1	17.600	2,600	867	60	2,480	22	1,067	60	310	0	6,450	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C3_2	19.200	2,600	867	60	2,480	22	1,067	60	310	0	6,450	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C3_3	19.200	2,600	867	60	2,480	22	1,067	60	310	0	6,450	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C3_4	25.600	2,600	867	60	2,480	22	1,067	60	310	0	6,238	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C3_5	25.600	2,600	867	60	2,480	22	1,067	60	310	0	6,238	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C3_6	27.200	2,600	867	60	2,480	22	1,067	60	310	0	6,025	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C4_1	27.200	2,600	850	80	2,440	25	1,050	80	310	0	6,025	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C4_2	32.000	2,600	850	80	2,440	25	1,050	80	310	0	5,388	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C4_3	32.000	2,600	850	80	2,440	25	1,050	80	310	0	5,388	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C4_4	36.800	2,600	850	80	2,440	25	1,050	80	310	0	6,019	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C5_1	36.800	2,600	867	60	2,480	22	1,067	60	310	0	6,019	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C5_2	38.400	2,600	867	60	2,480	22	1,067	60	310	0	6,229	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C5_3	38.400	2,600	867	60	2,480	22	1,067	60	310	0	6,229	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C5_4	44.800	2,600	867	60	2,480	22	1,067	60	310	0	6,795	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C5_5	44.800	2,600	867	60	2,480	22	1,067	60	310	0	6,795	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C5_6	46.400	2,600	867	60	2,480	22	1,067	60	310	0	6,795	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C6_1	46.400	2,600	900	40	2,520	18	1,100	40	310	0	6,795	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C6_2	51.200	2,600	900	40	2,520	18	1,100	40	310	0	6,795	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C6_3	51.200	2,600	900	40	2,520	18	1,100	40	310	0	6,795	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C6_4	56.000	2,600	900	40	2,520	18	1,100	40	310	0	6,795	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C7_1	56.000	2,600	967	60	2,480	20	1,067	60	310	0	6,795	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C7_2	57.600	2,600	967	60	2,480	20	1,067	60	310	0	6,795	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C7_3	57.600	2,600	967	60	2,480	20	1,067	60	310	0	6,795	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C7_4	64.000	2,600	967	60	2,480	20	1,067	60	310	0	6,795	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C7_5	64.000	2,600	967	60	2,480	20	1,067	60	310	0	6,795	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C7_6	68.050	2,600	967	60	2,480	20	1,067	60	310	0	6,374	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C8_1	68.050	2,600	967	60	2,460	22	1,050	80	310	0	6,374	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C8_2	69.400	2,600	967	60	2,460	22	1,050	80	310	0	6,229	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C8_3	69.400	2,600	967	60	2,460	22	1,050	80	310	0	6,229	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C8_4	74.800	2,600	967	60	2,460	22	1,050	80	310	0	5,653	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C8_5	74.800	2,600	967	60	2,460	22	1,050	80	310	0	5,653	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C8_6	80.200	2,600	967	60	2,460	22	1,050	80	310	0	6,155	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C8_7	80.200	2,600	967	60	2,460	22	1,050	80	310	0	6,155	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C8_8	81.550	2,600	967	60	2,460	22	1,050	80	310	0	6,280	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C9_1	81.550	2,600	950	80	2,440	20	1,050	80	310	0	6,280	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C9_2	85.600	2,930	950	80	2,770	20	1,050	80	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C9_3	85.600	2,930	950	80	2,770	20	1,050	80	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C9_4	91.000	3,370	950	80	3,210	20	1,050	80	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C9_5	91.000	3,370	950	80	3,210	20	1,050	80	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C9_6	95.050	3,700	950	80	3,540	20	1,050	80	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C10_1	95.050	3,700	1,050	80	3,540	25	1,150	80	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C10_2	96.400	3,810	1,050	80	3,650	25	1,150	80	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

Sections	X (m)	hs (mm)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)	tcls (mm)	hcop (mm)	beff (mm)	Fisup (mm)	pbsup (mm)	csup (mm)	Fiinf (mm)	pbinf (mm)	cinf (mm)	d pioli (mm)	h pioli (mm)	n pioli (/m)
C10_3	96.400	3,810	1,050	80	3,650	25	1,150	80	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C10_4	101.800	4,250	1,050	80	4,090	25	1,150	80	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C10_5	101.800	4,250	1,050	80	4,090	25	1,150	80	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C10_6	107.200	4,690	1,050	80	4,530	25	1,150	80	310	0	6,611	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C10_7	107.200	4,690	1,050	80	4,530	25	1,150	80	310	0	6,611	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C10_8	108.550	4,800	1,050	80	4,640	25	1,150	80	310	0	6,622	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C11_1	108.550	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,622	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C11_2	109.900	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,633	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C11_3	109.900	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,633	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C11_4	112.600	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,656	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C11_5	112.600	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,656	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C11_6	115.300	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,678	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C11_7	115.300	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,678	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C11_8	117.200	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,728	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C11_9	118.000	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,749	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C11_10	119.350	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,785	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C12_1	119.350	4,800	1,050	80	4,640	25	1,150	80	310	0	6,785	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C12_2	123.400	4,800	1,050	80	4,640	25	1,150	80	310	0	6,891	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C12_3	123.400	4,800	1,050	80	4,640	25	1,150	80	310	0	6,891	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C12_4	128.800	4,800	1,050	80	4,640	25	1,150	80	310	0	7,033	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C12_5	128.800	4,800	1,050	80	4,640	25	1,150	80	310	0	7,033	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C12_6	130.150	4,800	1,050	80	4,640	25	1,150	80	310	0	7,069	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C13_1	130.150	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,069	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C13_2	134.200	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C13_3	134.200	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C13_4	139.600	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C13_5	139.600	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C13_6	140.950	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C14_1	140.950	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C14_2	145.000	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C14_3	145.000	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C14_4	150.400	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C14_5	150.400	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C14_6	153.100	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C15_1	153.100	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C15_2	155.800	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C15_3	155.800	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C15_4	161.200	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C15_5	161.200	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C15_6	165.250	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C16_1	165.250	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C16_2	166.600	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C16_3	166.600	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C16_4	172.000	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C16_5	172.000	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,175	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C16_6	176.050	4,800	1,000	40	4,700	20	1,067	60	310	0	7,069	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C17_1	176.050	4,800	1,050	80	4,640	25	1,150	80	310	0	7,069	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C17_2	177.400	4,800	1,050	80	4,640	25	1,150	80	310	0	7,033	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C17_3	177.400	4,800	1,050	80	4,640	25	1,150	80	310	0	7,033	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C17_4	182.800	4,800	1,050	80	4,640	25	1,150	80	310	0	6,891	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C17_5	182.800	4,800	1,050	80	4,640	25	1,150	80	310	0	6,891	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C17_6	186.850	4,800	1,050	80	4,640	25	1,150	80	310	0	6,785	16	200	30	16	200	80	22	220	20

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

Sections	X (m)	hs (mm)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)	tcls (mm)	hcop (mm)	beff (mm)	Fisup (mm)	pbsup (mm)	csup (mm)	Fiinf (mm)	pbinf (mm)	cinf (mm)	d pioli (mm)	h pioli (mm)	n pioli (/m)
C18_1	186.850	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,785	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C18_2	187.400	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,770	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C18_3	188.200	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,749	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C18_4	190.900	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,678	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C18_5	190.900	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,678	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C18_6	193.600	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,656	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C18_7	193.600	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,656	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C18_8	196.300	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,633	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C18_9	196.300	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,633	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C18_10	197.650	4,800	1,050	80	4,640	28	1,150	80	310	0	6,622	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C19_1	197.650	4,800	1,067	60	4,680	25	1,167	60	310	0	6,622	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C19_2	199.000	4,690	1,067	60	4,570	25	1,167	60	310	0	6,611	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C19_3	199.000	4,690	1,067	60	4,570	25	1,167	60	310	0	6,611	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C19_4	204.400	4,250	1,067	60	4,130	25	1,167	60	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C19_5	204.400	4,250	1,067	60	4,130	25	1,167	60	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C19_6	209.800	3,810	1,067	60	3,690	25	1,167	60	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C19_7	209.800	3,810	1,067	60	3,690	25	1,167	60	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C19_8	211.150	3,700	1,067	60	3,580	25	1,167	60	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C20_1	211.150	3,370	967	60	3,580	20	1,067	60	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C20_2	215.200	3,370	967	60	3,250	20	1,067	60	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C20_3	215.200	3,370	967	60	3,250	20	1,067	60	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C20_4	220.600	2,930	967	60	2,810	20	1,067	60	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C20_5	220.600	2,930	967	60	2,810	20	1,067	60	310	0	6,594	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C20_6	224.650	2,600	967	60	2,480	20	1,067	60	310	0	6,052	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C21_1	224.650	2,600	967	60	2,480	22	1,067	60	310	0	6,052	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C21_2	226.000	2,600	967	60	2,480	22	1,067	60	310	0	5,835	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C21_3	226.000	2,600	967	60	2,480	22	1,067	60	310	0	5,835	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C21_4	231.400	2,600	967	60	2,480	22	1,067	60	310	0	4,969	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C21_5	231.400	2,600	967	60	2,480	22	1,067	60	310	0	4,969	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C21_6	236.800	2,600	967	60	2,480	22	1,067	60	310	0	5,324	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C21_7	236.800	2,600	967	60	2,480	22	1,067	60	310	0	5,324	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C21_8	238.150	2,600	967	60	2,480	22	1,067	60	310	0	5,413	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C22_1	238.150	2,600	900	40	2,520	20	1,100	40	310	0	5,413	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C22_2	242.200	2,600	900	40	2,520	20	1,100	40	310	0	5,413	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C22_3	242.200	2,600	900	40	2,520	20	1,100	40	310	0	5,413	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C22_4	247.600	2,600	900	40	2,520	20	1,100	40	310	0	5,413	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C22_5	247.600	2,600	900	40	2,520	20	1,100	40	310	0	5,413	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C22_6	251.650	2,600	900	40	2,520	20	1,100	40	310	0	5,413	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C23_1	251.650	2,600	900	40	2,500	22	1,067	60	310	0	5,413	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C23_2	253.000	2,600	900	40	2,500	22	1,067	60	310	0	5,155	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C23_3	253.000	2,600	900	40	2,500	22	1,067	60	310	0	5,155	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C23_4	258.400	2,600	900	40	2,500	22	1,067	60	310	0	4,125	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C23_5	258.400	2,600	900	40	2,500	22	1,067	60	310	0	4,125	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C23_6	263.800	2,600	900	40	2,500	22	1,067	60	310	0	5,560	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C23_7	263.800	2,600	900	40	2,500	22	1,067	60	310	0	5,560	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C23_8	265.150	2,600	900	40	2,500	22	1,067	60	310	0	5,919	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C24_1	265.150	2,600	900	30	2,530	18	1,100	40	310	0	5,919	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C24_2	269.200	2,600	900	30	2,530	18	1,100	40	310	0	5,919	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C24_3	269.200	2,600	900	30	2,530	18	1,100	40	310	0	5,919	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C24_4	274.600	2,600	900	30	2,530	18	1,100	40	310	0	5,919	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C24_5	274.600	2,600	900	30	2,530	18	1,100	40	310	0	5,919	16	200	30	16	200	80	22	220	20
C24_6	278.650	2,600	900	30	2,530	18	1,100	40	310	0	5,919	16	200	30	16	200	80	22	220	20

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

Sections	X (m)	hs (mm)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)	tcls (mm)	hcop (mm)	beff (mm)	Fisup (mm)	pbsup (mm)	csup (mm)	Fiinf (mm)	pbinf (mm)	cinf (mm)	d pioli (mm)	h pioli (mm)	n pioli (/m)
C25_1	278.650	2,600	900	30	2,540	20	1,100	30	310	0	5,919	16	200	30	16	200	80	22	220	27
C25_2	280.000	2,600	900	30	2,540	20	1,100	30	310	0	5,683	16	200	30	16	200	80	22	220	27
C25_3	280.000	2,600	900	30	2,540	20	1,100	30	310	0	5,683	16	200	30	16	200	80	22	220	27
C25_4	285.400	2,600	900	30	2,540	20	1,100	30	310	0	4,740	16	200	30	16	200	80	22	220	27



5.2.3.1.2 Traversi

- Tr corrente su Trave H2600mm doppio T in composizione saldata

H= 1200mm Ptbsup=500x22 Ptbinf=500x22 Sp Anima=12

- Tr corrente su Trave H4800mm di tipo reticolare

Corrente inferiore (2+2) L 200 x 16

Corrente superiore 2 L 200 x 16

Diagonali 2 L 200 x 16

Monaco (2+2) L 200 x 16

- Tr di spalla/pila

H= 1400mm Ptbsup=500x22 Ptbinf=500x22 Sp Anima=12

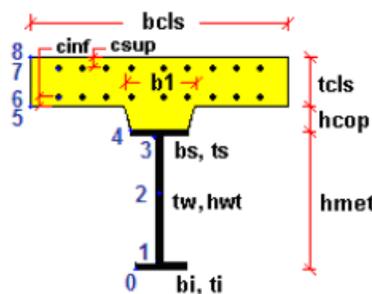
5.2.4 Proprietà geometrico-statiche

Le proprietà geometrico statiche delle sezioni lorde di impalcato vengono valutate dal programma di verifica PontiEC4 e sono riportate in forma tabellare per tutte le sezioni verificate.

Tutti i dati indicati sono espressi in mm e sono riferiti alla trave metallica singola, con relativa porzione di soletta collaborante.

Per i dati relativi a ciascuna riga, si rimanda alla legenda ed alla figura riportate di seguito.

A	Area sezione
z_G	Distanza baricentro da intradosso
J_y	Inerzia verticale
J_z	Inerzia orizzontale
$W_{y,0}$	Modulo resistenza lembo inf. piatt. inferiore
$W_{y,1}$	Modulo resistenza lembo sup. piatt. inferiore
$W_{y,3}$	Modulo resistenza lembo inf. piatt. superiore
$W_{y,4}$	Modulo resistenza lembo sup. piatt. superiore
$W_{y,5}$	Modulo resistenza lembo inferiore soletta in c.a.
$W_{y,6}$	Modulo resistenza layer inferiore armatura
$W_{y,7}$	Modulo resistenza layer superiore armatura
$W_{y,8}$	Modulo resistenza lembo superiore soletta in c.a.
$S_{y,1}$	Momento statico attacco anima/piatt. inferiore
$S_{y,2}$	Momento statico rispetto baricentro
$S_{y,3}$	Momento statico attacco anima/piatt. superiore
$S_{y,4}$	Momento statico interfaccia trave/soletta
e	Eccentricità tra baricentro globale e linea d'azione N



5.2.5 Proprietà plastiche delle sezioni

Ai fini della classificazione e delle verifiche sezionali, vengono valutate le proprietà plastiche di base delle sezioni, con il tracciamento dei domini N/M rispettivamente per la sezione completa e per la sezione formata dalle sole flange in acciaio. Le proprietà vengono sistematicamente valutate per tutte le sezioni considerate nelle verifiche (cfr. mappa delle sezioni ai punti precedenti).

Per la valutazione di N_{pl} e M_{pl} si seguono i criteri contenuti in EN 1994-2, cap. 6.2.1.2. (4.3.2.1.2. delle NTC 2008).

Il calcolo di M_{pl} viene effettuato mediante semplici considerazioni di equilibrio delle forze plastiche sviluppate dai singoli elementi componenti la sezione, e della eventuale azione assiale concomitante, sotto opportune ipotesi, verificate a posteriori, riguardanti la posizione dell'asse neutro plastico.

In generale, quindi, indicato con:

- $N_{abf} = t_{inf} \times b_{inf} \times f_{yinf} / \gamma_{m0}$ azione assiale plastica sviluppabile dalla piattabanda inferiore;
- $N_{aweb} = t_{web} \times h_{web} \times f_{yweb} / \gamma_{m0}$ azione assiale plastica sviluppabile dalla anima;
- $N_{atf} = t_{sup} \times b_{sup} \times f_{ysup} / \gamma_{m0}$ azione assiale plastica sviluppabile dalla piattabanda superiore;
- $N_{c1} = 0.85 \times f_{ck} \times b_{eff} \times t_{c1} / \gamma_c$ azione assiale plastica sviluppabile dal layer di cls (di spessore pari a t_{c1})
compreso tra il layer superiore di armatura e l'estradosso della soletta
(agente solo a compressione);
- $N_{c2} = 0.85 \times f_{ck} \times b_{eff} \times t_{c2} / \gamma_c$ azione assiale plastica sviluppabile dal layer di cls (di spessore pari a t_{c2})
compreso tra i due layers di armatura (agente solo a compressione);
- $N_{c3} = 0.85 \times f_{ck} \times b_{eff} \times t_{c3} / \gamma_c$ azione assiale plastica sviluppabile dal layer di cls (di spessore pari a t_{c3})
compreso tra la piattabanda superiore e il layer di armatura inferiore
(agente solo a compressione);
- $N_{layer1} = A_{slinf} \times f_{yk} / \gamma_s$ azione assiale plastica sviluppabile dal layer inferiore di armatura (di area complessiva A_{slinf});
- $N_{layer2} = A_{slsup} \times f_{yk} / \gamma_s$ azione assiale plastica sviluppabile dal layer superiore di armatura (di area complessiva A_{slsup});
- N_e azione assiale esterna, agente in corrispondenza del baricentro geometrico della sezione;
- $f_{yinf}, f_{ysup}, f_{yweb}$ resistenze caratteristiche di snervamento dell'acciaio componente rispettivamente la piattabanda inferiore, la piattabanda superiore e l'anima;

La posizione dell'asse neutro plastico, per un dato segno dell'azione flettente, è immediatamente e univocamente determinabile dall'esame di relazioni simili alla seguente, esplicitata per il caso di momento flettente negativo (soletta compressa), e asse neutro plastico disposto nell'anima:

$$z_{pl} = t_{inf} + (-N_e + N_{layer1} + N_{layer2} + N_{atf} - N_{abf} + N_{aweb}) / (2 t_{web} f_{yweb} \sigma_{m0})$$

Si evidenzia inoltre che:

- l'azione assiale plastica sviluppata dal calcestruzzo in compressione viene valutata sulla base di uno stress block equivalente, di altezza pari a quella effettiva, ma di intensità ridotta all'85 % (cfr. EN 1994-2, cap. 6.2.1.2.(1), punto d),
- le armature in compressione vengono considerate, al fine di evitare possibili punti di discontinuità nella ricerca di a.n.p. per azione assiale variabile, rinunciando all'ipotesi semplificativa contemplata da EN 1994-2, cap. 6.2.1.2.(1), punto c
- per i medesimi motivi indicati al punto precedente, i layers di armatura vengono modellati con "strisce" di spessore equivalente.

Il tracciamento dei domini viene effettuato per punti, valutando di volta in volta la posizione dell'asse neutro plastico e il valore di M_{pl} sotto l'azione dell'azione assiale N incrementata da 0 (flessione semplice, positiva o negativa) fino a $\pm N_{pl}$ con incrementi pari a $N_{pl}/10$.

6. IMPALCATO

6.1. Analisi dei carichi

6.1.1 Carichi permanenti strutturali (g_1)

Il peso dell'acciaio viene calcolato automaticamente dal software ad elementi finiti assegnando le proprietà delle sezioni ed il peso di volume dell'acciaio. Quest'ultimo viene incrementato del 15 % per tenere conto del peso delle parti di carpenteria non modellate, quali irrigidimenti, piastre, pioli, bulloni, saldature.

G1_a - Peso acciaio = $78,5 \cdot 1,15 \text{ kN/m}^3$

G1_b Peso soletta (spessore medio 0,31 m) = $25 \cdot 0,31 = 7,75 \text{ kN/m}^2$

	Trave in SX	Trave di spina	Trave in DX	
Area di influenza	4.925	4.5	4.925	m
G1.b_Peso soletta	38.2	34.9	38.2	kN/m

6.1.2 Carichi permanenti portati (g_2)

Vengono considerati i seguenti carichi permanenti portati

Cordoli esterni =

In Sx $25 \cdot 0,14 \cdot 0,9 = 3,15 \text{ kN/m}$

In Dx $25 \cdot 0,14 \cdot 2,2 = 7,7 \text{ kN/m}$

Pavimentazione = $3,00 \text{ kN/m}^2$

Barriere = $1,50 \text{ kN/m}$

Reti = $1,0 \text{ kN/m}$

G2	Trave in SX	Trave di spina	Trave in DX	
Pavimentazione	8.2	13.5	12.1	kN/m
Cordoli	3.15	0	3.15	kN/m
Barriere + Reti	2.5	0	2.5	kN/m
	13.8	13.5	17.7	kN/m

6.1.3 Ritiro (ϵ_2) e Temperatura (ϵ_3)

Ritiro:

Si assume una deformazione longitudinale da ritiro pari a $\epsilon_r = 0.00027$. La coazione tra calcestruzzo impedito di ritirarsi e la sezione mista si traduce in uno sforzo di trazione agente sulla sola soletta di calcestruzzo che si aggiunge ad una pressoflessione agente, invece, sull’intera sezione composta acciaio-calcestruzzo.

Temperatura:

I criteri per la determinazione degli effetti della temperatura sono contenuti nelle NTC cap. 3.5 (rif. Eurocodici EN 1991-1-5). Dal momento che le NTC non riportano prescrizioni specifiche per il calcolo degli effetti della temperatura (in particolare i gradienti termici) per i ponti si farà riferimento ai criteri contenuti negli Eurocodici. L’impalcato si considera soggetto ad un gradiente termico tra soletta in calcestruzzo e travi metalliche pari a $\Delta T = 10$ °C, utilizzando l’approccio n.2 riportato negli Eurocodici (EN 1991-1-5 cap. 6.1.4.2).

Per quanto riguarda le stampelle (costituite da solo acciaio) saranno utilizzati i seguenti parametri termici:

- Gradiente 5°C
- Termico uniforme 30°C

6.1.4 Cedimenti vincolari (ϵ_4)

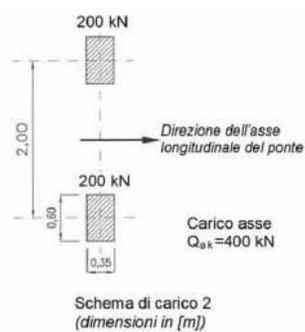
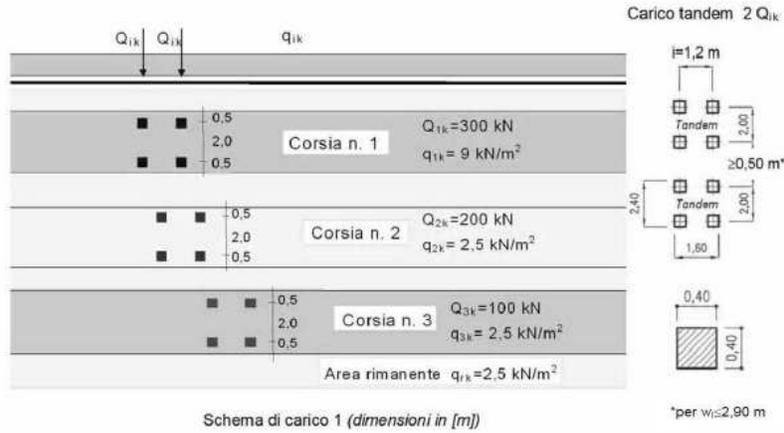
Dette LR e LM rispettivamente le luci delle campate di riva e di mezzeria, vengono considerati dei cedimenti vincolari pari a:

$((LR+LM)/2)/5000 = 25$ mm per fondazione d’appoggio della pila e della stampella (P2 o P3).

6.1.5 Carichi mobili (q_1)

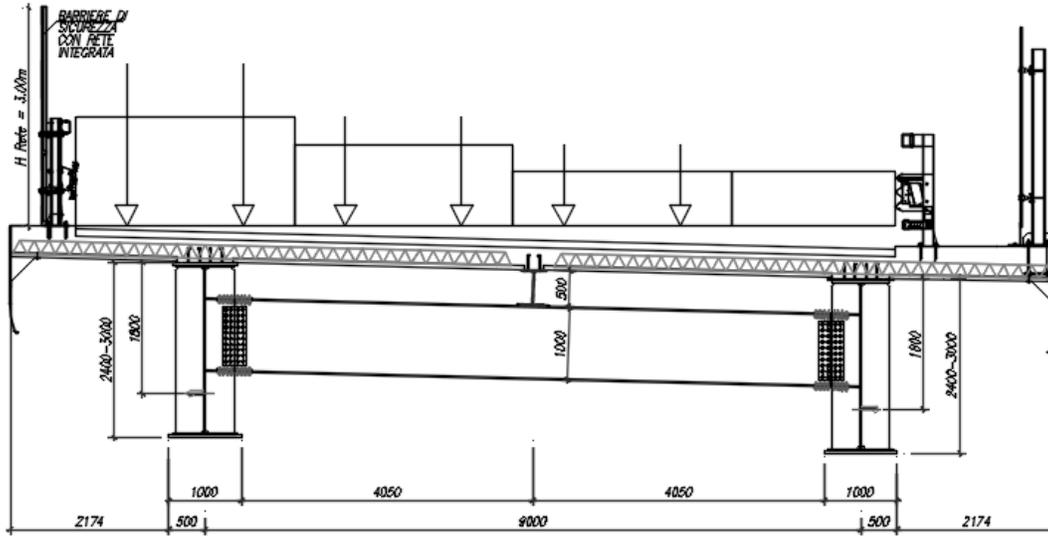
I carichi mobili disposti sull’impalcato in maniera tale da massimizzare gli effetti sui vari elementi. Per le verifiche di tutte le membrature è stato utilizzato lo schema di carico 1 previsto dalla normativa, mentre solamente per le verifiche locali della soletta è stato utilizzato anche lo schema di

carico 2, costituito da un singolo asse del peso complessivo di 400 kN. Sui marciapiedi è stato considerato lo schema di carico 5, con valore di combinazione $2,50 \text{ kN/m}^2$ (Gruppo di azioni 1).



Di seguito si riportano le disposizioni relative allo schema di carico 1 utilizzate per determinare le sollecitazioni sulle travi principali e sui traversi.

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico



	Corsia 1	Corsia 2	Corsia 3	Area risultante	
L	3	3	3	2.25	m
Q	300+300	200+200	100+100	0	kN
q	27	7.5	7.5	5.625	kN/m

Si riportano gli input di carico inseriti nel codice di calcolo SAP200 assegnati alle “lanes” posizionate al centro della corsia. Il programma di calcolo effettua le dovute permutazioni relativamente alla posizione delle corsie di carico.

Vehicle name **Units** KN, m, C

Load Elevation

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		27.	300.
Leading Load	Infinite		27.	300.
Fixed Length	1.2		27.	300.
Trailing Load	Infinite		27.	

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

Vehicle name: Units:

Load Elevation: 

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		7.5	200.
Leading Load	Infinite		7.5	200.
Fixed Length	1.2		7.5	200.
Trailing Load	Infinite		7.5	

Vehicle name: Units:

Load Elevation: 

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		7.5	100.
Leading Load	Infinite		7.5	100.
Fixed Length	1.2		7.5	100.
Trailing Load	Infinite		7.5	

Vehicle name

Units

Load Elevation

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		5.625	0.
Leading Load	Infinite		5.625	0.
Trailing Load	Infinite		5.625	

6.1.6 Frenamento (q₃)

L'azione longitudinale di frenamento o di accelerazione per i ponti di I^a categoria viene calcolata come

$$180kN \leq q_3 = 0,6 \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0,10 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900kN$$

Si considera q₃=900 kN

L'azione sarà inserita nel modello mediante un carico uniformante distribuito (assegnato alle travi principali) pari a : $Q_3 / N \text{ travi} / \text{Lunghezza impalcato} = 900/2/285.40 = 1.576 \text{ kN/m}$.

Si adotta un valore di q=1.60 kN/m

6.1.7 Vento (q₅)

La pressione del vento è data dall'espressione

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d,$$

dove

q_b è la pressione cinetica di riferimento

c_e è il coefficiente di esposizione

c_p è il coefficiente di forma

c_d è il coefficiente dinamico

La pressione cinetica di riferimento è data dall'espressione

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

dove

v_b è la velocità di riferimento del vento

ρ è la densità dell’aria, assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m³.



L’opera si trova in ZONA 1, il che comporta l’adozione dei seguenti parametri

$$\begin{aligned} v_{b,0} &= 25,0 & \text{m/s} \\ a_0 &= 1000 & \text{m/s} \\ k_a &= 0,01 & \text{1/s} \end{aligned}$$

Considerando un’altitudine sul livello del mare di 350 m per il sito su cui sorge l’opera si ha che la velocità di riferimento $v_b=v_{b,0}=25$ m/s.

La pressione cinetica di riferimento risulta quindi 492,80 kN/m².

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

Il sito in questione sorge oltre i 30 km dalla costa e può essere classificato in classe di rugosità C, pertanto la categoria di esposizione del sito è la III, da cui

Il coefficiente di topografia viene assunto unitario e l’altezza massima dell’impalcato rispetto al p.c. (z) è di 40 m, pertanto il coefficiente di esposizione vale

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z / z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z / z_0)] = 2,21$$

Il coefficiente di forma per travi isolate vale

$$\varphi = \frac{S_p}{S}$$

dove S è la superficie delimitata dal contorno della trave ed S_p la superficie della parte piena della trave. Nel caso in esame si considera cautelativamente $\varphi=1$, pertanto $c_p=2,4-1=1,4$.

La pressione del vento sarà quindi pari a $492,80 \cdot 2,21 \cdot 1,40 / 1000 = 1,53 \text{ kN/m}^2$.

Tal pressione viene applicata su una superficie compresa fra l’intradosso medio d’impalcato ed un’altezza di 3 m dal piano viabile. Pertanto si avrà:

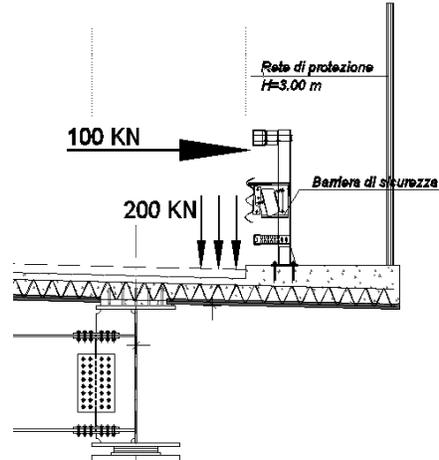
	pressione	h_trave	H_esp	Hesp /2	Qh	Yg	d	M	int Travi	Q_v
T_260	1.5	2.6	5.9	2.95	8.9	1.82	1.13	10	9	1.1
T_in ombra			2.6	0.6	2.3					
					11.2					1.1
					kN/m					kN/m
T_480	1.5	4.8	8.1	4.05	12.2	3.36	0.69	8	9	0.9
T_in ombra			4.8	0.6	4.3					
					16.5					0.9
					kN/m					kN/m
Puntone	1.5	4		1	6					
Puntone in ombra	1.5	4		0.6	3.6					
					9.6					
					kN/m					

6.1.8 Resistenze passive dei vincoli (q₇)

Al fine di considerare le azioni parassite sugli appoggi multidirezionali posti sulle spalle si considera un coefficiente d’attrito pari al 5%.

6.1.9 Urto di veicolo in svio (q₈)

L’urto del veicolo in svio sul sicurvia viene considerato attraverso una forza orizzontale equivalente di 100 kN applicata 1,00 m sopra al piano di marcia.



La forza viene applicata su una linea lunga 0,50 m e viene diffusa:

- verticalmente a 45° fino all’asse della soletta;
- orizzontalmente a 45° fino alla sezione d’incastro dello sbalzo.

Nel progetto dell’impalcato viene considerata una condizione di carico eccezionale nella quale alla forza orizzontale d’urto sul sicurvia viene associato un carico verticale isolato sulla sede stradale costituito dallo schema di carico 2 posizionato in adiacenza al sicurvia stesso.

L’impronta di carico, da 0,35x0,60 m, viene diffusa verticalmente a 45° nella pavimentazione e fino all’asse della soletta e viene operata una diffusione orizzontale a 45° fino all’anima della trave principale.

Le verifiche saranno effettuate nel paragrafo relativo alla soletta.

6.2. Caratterizzazione sismica

6.2.1 Parametri di pericolosità sismica

Parametri di pericolosità sismica del sito

Vita nominale V_N	100	anni	(tab. 2.4.I)
Classe d'uso	IV		(p.to 2.4.2)
Coefficiente d'uso c_u	2.0		(tab. 2.4.II)
Periodo di riferimento	200	anni	(p.to 2.4.3)
V_R			
Categoria di sottosuolo	B		(tab. 3.2.II)
Categoria topografica	T2		(tab. 3.2.IV)

6.2.2 Effetti della variabilità spaziale del moto

Nei punti di contatto con il terreno di opere con sviluppo longitudinale significativo, il moto sismico può avere caratteristiche differenti, a causa del carattere asincrono del fenomeno di propagazione, delle disomogeneità e discontinuità eventualmente presenti, e della diversa risposta locale del terreno.

Degli effetti sopra indicati dovrà tenersi conto quando tali effetti possono essere significativi e in ogni caso quando si verifichi almeno una delle due condizioni seguenti (da UNI EN 1998-2:2006):

- le condizioni di sottosuolo siano così variabili lungo lo sviluppo dell’opera da avere a che fare con più categorie di sottosuolo;
- le condizioni del sottosuolo sono circa uniformi ma la lunghezza del ponte è superiore a $L_{lim} = L_g/1,5$ (L_g secondo UNI EN 1998-2:2006 tab. 3.1.N)

Table 3.1N: distance beyond which ground motions may be considered uncorrelated

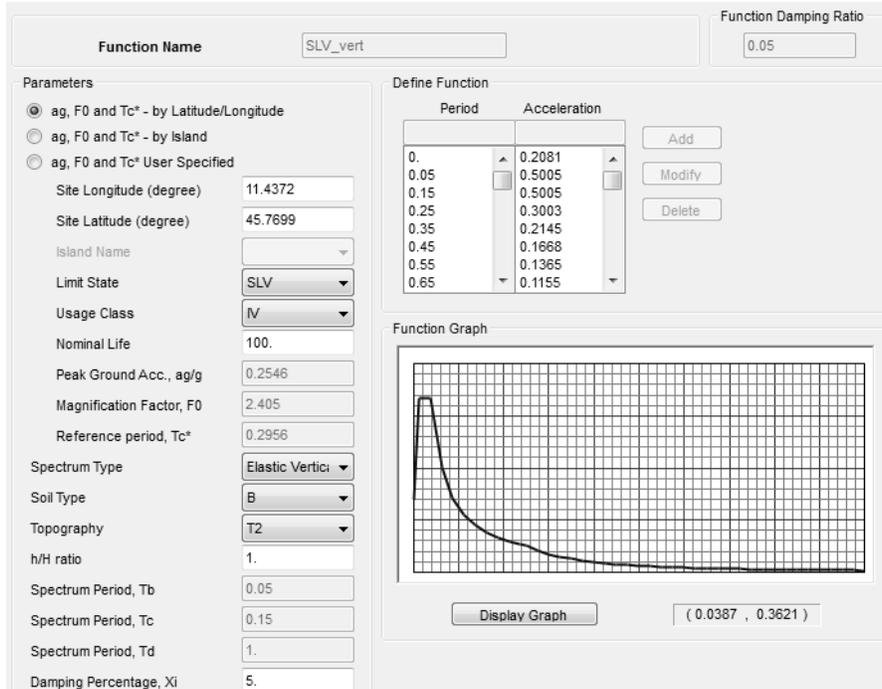
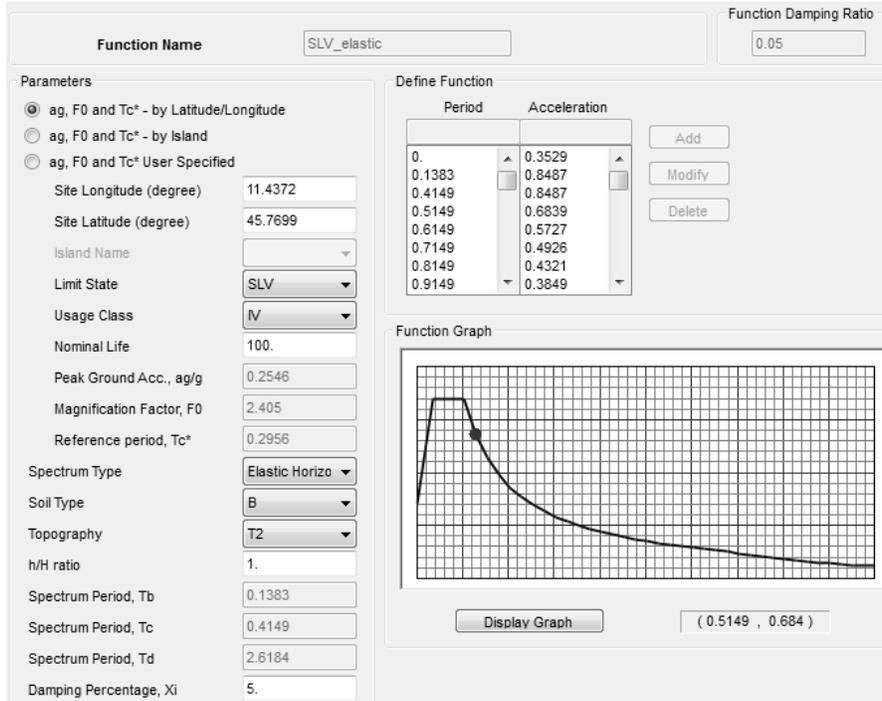
Ground Type	A	B	C	D	E
L_g (m)	600	500	400	300	500

$$L_g = 500 \text{ m} \quad L_{lim} = 333 \text{ m} > L_{tot} = 285 \text{ m}$$

In questo caso particolare, essendo le caratteristiche del terreno pressochè uniformi al di sotto dei supporti del ponte, ed essendo la luce dello stesso minore di L_{lim} non è necessario tenere in considerazione gli effetti della variabilità spaziale del moto sismico.

6.2.3 Spettri di progetto per l’analisi dinamica lineare

L’analisi sismica sarà condotta mediante un’analisi dinamica lineare con spettro di risposta elastico ($q=1$).



6.3. Combinazioni di carico

6.3.1 Combinazioni per gli SLU

Le combinazioni di azioni per le verifiche agli stati limite ultimi, definite al punto 2.5.3 del D.M. 14 gennaio 2008, sono espresse complessivamente dalle seguenti relazioni:

$$\sum_{j>1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{comb. fondamentale}$$

$$E + \sum_{j>1} G_{k,j} + P + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{comb. sismica}$$

dove:

- G_k è il valore caratteristico delle azioni permanenti;
- E è l’azione del sisma per lo stato limite considerato;
- P è il valore caratteristico delle azioni di precompressione;
- Q_k è il valore caratteristico delle azioni variabili;
- γ_G, γ_P e γ_Q sono i coefficienti parziali delle azioni per gli SLU;
- ψ_0, ψ_2 sono i coefficienti di combinazione delle azioni variabili.

I valori dei coefficienti $\psi_0, \gamma_G, \gamma_P$ e γ_Q sono riportati nelle tabelle seguenti:

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Coefficienti parziali γ .

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente Ψ_0 di combinazione	Coefficiente Ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente Ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
Vento q_s	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_s	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

Coefficienti parziali Ψ_0 , Ψ_1 , Ψ_2 per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Per quanto riguarda i carichi mobili, la simultaneità dei sistemi di carico definiti nel DM 14 gennaio 2008 (modelli di carico 1, 2, 3, 4, 6 - forze orizzontali - carichi agenti su ponti pedonali), deve essere tenuta in conto considerando i “gruppi di carico” definiti nella tabella seguente. Ognuno dei “gruppi di carico”, indipendente dagli altri, deve essere considerato come azione caratteristica per la combinazione con gli altri carichi agenti sul ponte.

Carichi sulla carreggiata						Carichi su marciapiedi e piste ciclabili
Carichi verticali				Carichi orizzontali		Carichi verticali
Gruppo di azioni	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q_3	Forza centrifuga q_4	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5 kN/m ²
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti di 3ª categoria
(**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
(***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Gruppi di carico da traffico per le combinazioni di carico.

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

$$\text{➤ } F_{d1} = 1,35 \cdot G_k + 1,20 \cdot \varepsilon_2 + 1,35 \cdot Q_k + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_5 + 1,2 \cdot 0,6 \cdot \varepsilon_3 + 1,20 \cdot \varepsilon_4$$

essendo:

- G_k pesi propri e carichi permanenti ($g_1 + g_2$);
- Q_k carichi mobili;
- Q_5 azione del vento;
- ε_2 ritiro del calcestruzzo;
- ε_{3-} variazione termica negativa;
- ε_4 cedimenti vincolari.

➤ $F_d = 1,35 \cdot G_k + 1,35 \cdot Q_k + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_5 + 1,2 \cdot 0,6 \cdot \varepsilon_{3+} + 1,20 \cdot \varepsilon_4$

- ε_{3+} variazione termica positiva;
- ε_4 deformazioni impresse sulle pile;

Nelle verifiche di resistenza dell’impalcato viene omessa la combinazione sismica $E + \sum_{j>1} G_{k,j} + P + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ definita al punto 3.2.4 del D.M. 14 gennaio 2008, in quanto non dimensionante e non significativa in rapporto alle combinazioni analizzate, con i carichi accidentali come condizione dominante. Tale combinazione viene invece considerata nel dimensionamento delle sottostrutture.

6.3.2 Combinazioni per lo SLE “respiro delle anime”

Le verifiche delle travi principali associate a tale stato limite sono state eseguite in riferimento alle combinazioni di carico del gruppo **frequente** espresse complessivamente dalla seguente relazione:

$$\sum_{j>1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

dove:

- G_k è il valore caratteristico delle azioni permanenti;
- P è il valore caratteristico delle azioni di precompressione;
- Q_k è il valore caratteristico delle azioni variabili;
- ψ_1, ψ_2 sono i coefficienti di combinazione delle azioni variabili riportati in precedenza.

Con riferimento alle condizioni di carico descritte ai paragrafi precedenti, risultano definite le seguenti combinazioni:

➤ $F_d = G_k + \varepsilon_2 + 0,75 \cdot Q_k + 0,5 \cdot \varepsilon_{3-} + \varepsilon_4$

essendo:

- G_k pesi propri e carichi permanenti ($g_1 + g_2$);
- Q_k carichi mobili ($q_1 + q_2$);
- ε_2 ritiro del calcestruzzo;
- ε_{3-} variazione termica negativa;
- ε_4 deformazioni impresse sulle pile.

➤ $F_d = G_k + 0,75 \cdot Q_k + 0,5 \cdot \varepsilon_{3+} + \varepsilon_4$

- ε_{3+} variazione termica positiva;
- ε_4 cedimenti vincolari.

6.3.3 Combinazioni per lo SLE di controllo delle tensioni.

Le verifiche delle travi principali associate a tale stato limite sono state eseguite in riferimento alle combinazioni di carico del gruppo **rara** espresse complessivamente dalla seguente relazione:

$$\sum_{j>1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

dove:

- G_k è il valore caratteristico delle azioni permanenti;
- P è il valore caratteristico delle azioni di precompressione;
- Q_k è il valore caratteristico delle azioni variabili;
- ψ_0 sono i coefficienti di combinazione delle azioni variabili riportati in precedenza.

Con riferimento alle condizioni di carico descritte ai paragrafi precedenti risultano definite le seguenti combinazioni:

➤ $F_d = G_k + \varepsilon_2 + Q_k + 0,6 \cdot Q_5 + 0,6 \cdot \varepsilon_{3-} + \varepsilon_4$

essendo:

- G_k pesi propri e carichi permanenti ($g_1 + g_2$);
- Q_k carichi mobili ($q_1 + q_2$);
- ε_2 ritiro del calcestruzzo;
- ε_{3-} variazione termica negativa;
- ε_4 cedimenti vincolari.

➤ $F_d = G_k + Q_k + 0,6 \cdot Q_5 + 0,6 \cdot \varepsilon_{3+} + \varepsilon_4$

- ε_{3+} variazione termica positiva.
- ε_4 cedimenti vincolari.

6.3.4 Combinazioni azioni sisimche

Le verifiche delle travi principali associate a tale stato limite sono state eseguite in riferimento alle combinazioni di carico in condizioni sisimche espresse complessivamente dalla seguente relazione:

$$E + \sum_{j>1} G_{k,j} + P + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

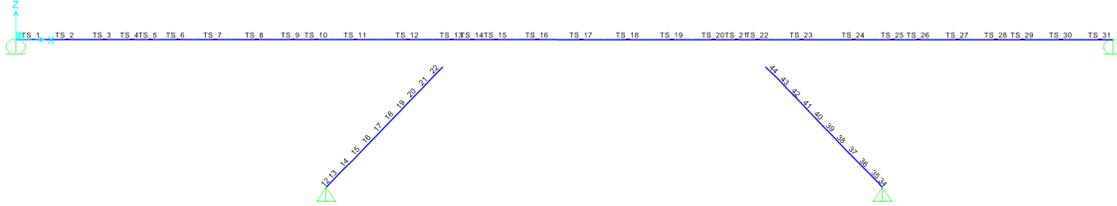
dove:

- G_k è il valore caratteristico delle azioni permanenti;
- P è il valore caratteristico delle azioni di precompressione;
- Q_k è il valore caratteristico delle azioni variabili;
- $\psi_0 = 0.2$

7. SOLLECITAZIONI DI CALCOLO

7.1. SOLLECITAZIONI PER AZIONI STATICHE

Si riportano di seguito gli involuipi delle sollecitazioni sulla travi principali.



Modello con numerazione Frames

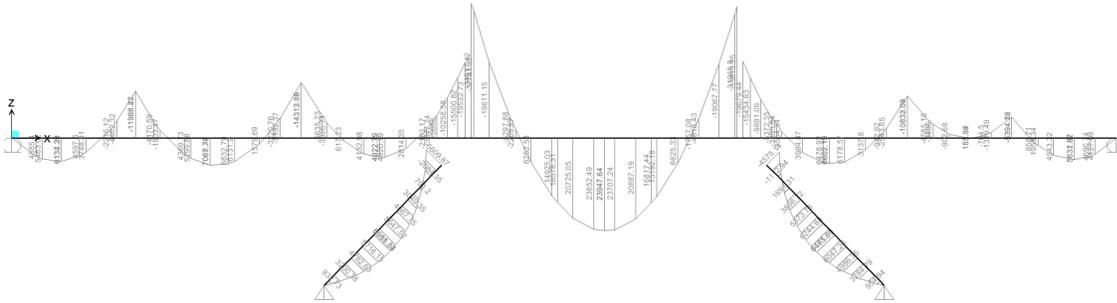


Diagramma Sollecitazioni – Momenti - kNm – G1.a + G1.b

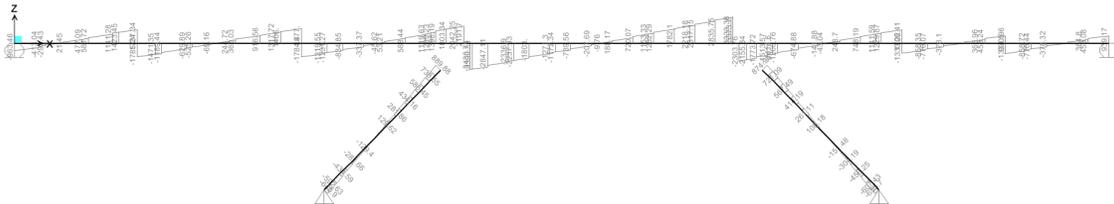


Diagramma Sollecitazioni – Tagli - kN – G1.a + G1.b

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico

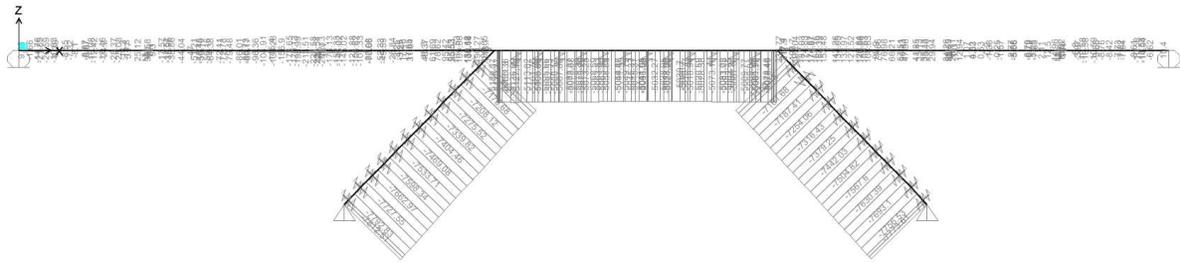


Diagramma Sollecitazioni – Azioni assiali - kN – G1.a + G1.b

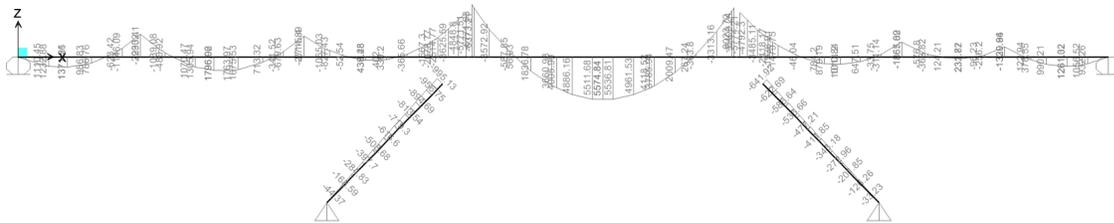


Diagramma Sollecitazioni – Momenti - kNm – G2

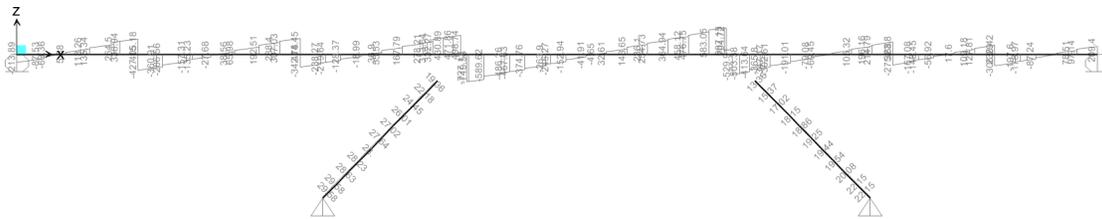


Diagramma Sollecitazioni – Tagli - kN – G2

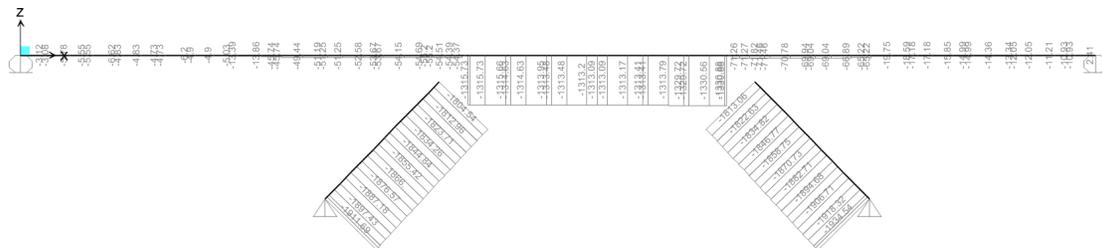


Diagramma Sollecitazioni – Azioni assiali - kN – G2

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

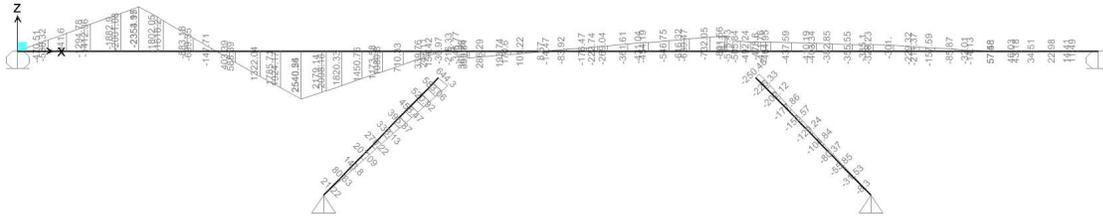


Diagramma Sollecitazioni – Momenti - kNm – Cedimento Pila 25mm

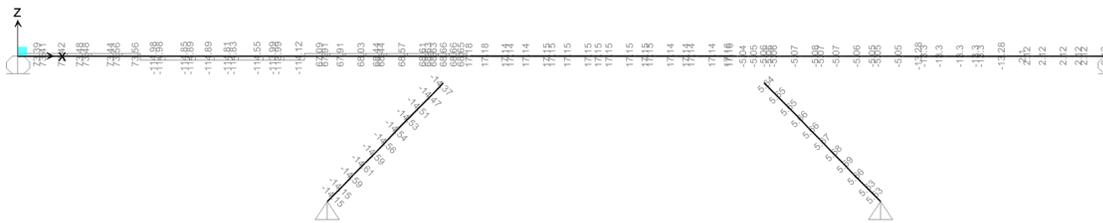


Diagramma Sollecitazioni – Tagli - kN – Cedimento Pila 25mm

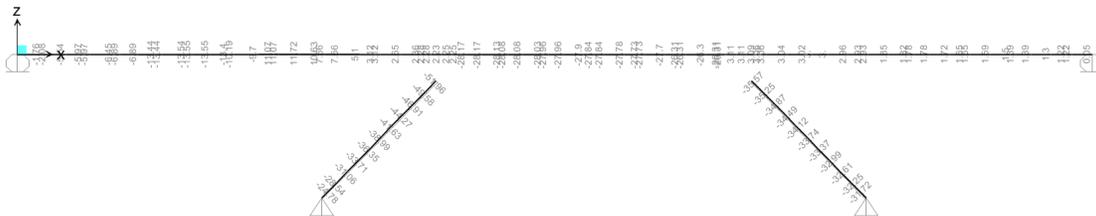


Diagramma Sollecitazioni – Azioni assiali - kN – Cedimento Pila 25mm

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

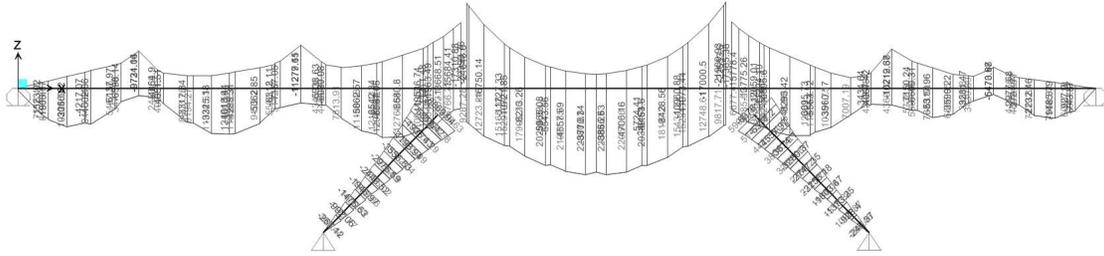


Diagramma Sollecitazioni – Momenti - kNm – Az_Traffico – Gr 1 – env -

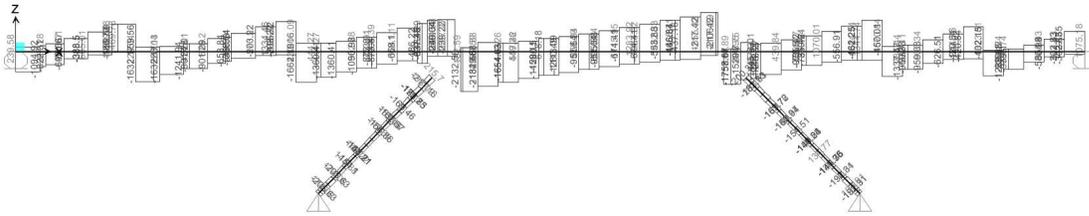


Diagramma Sollecitazioni – Tagli - kN – Az_Traffico – Gr 1 – env -

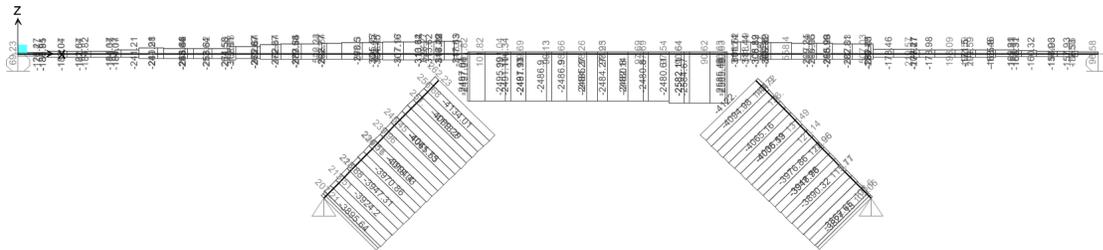


Diagramma Sollecitazioni – Azioni assiali - kN – Az_Traffico – Gr 1 – env -

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

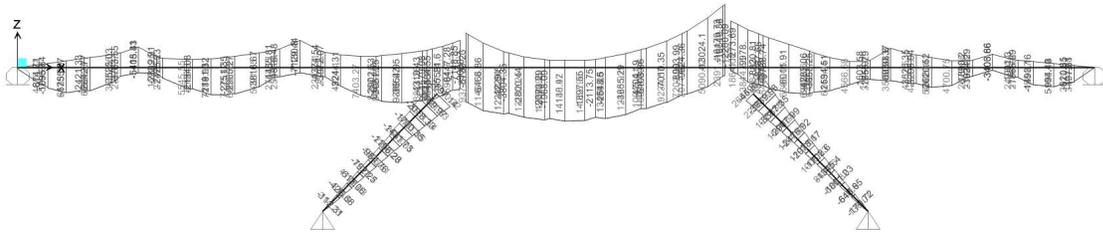


Diagramma Sollecitazioni – Momenti - kNm – Az_Traffico – Gr 2– env -

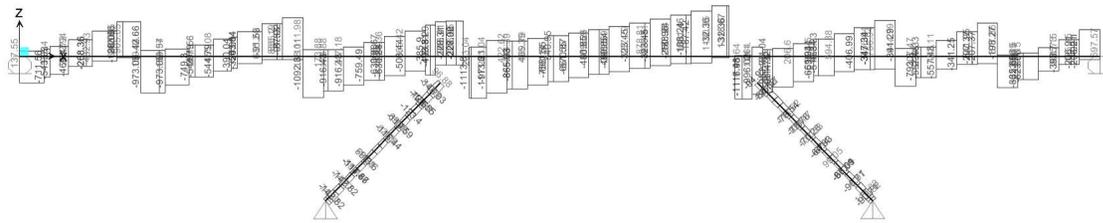


Diagramma Sollecitazioni – Tagli - kN – Az_Traffico – Gr 2– env -

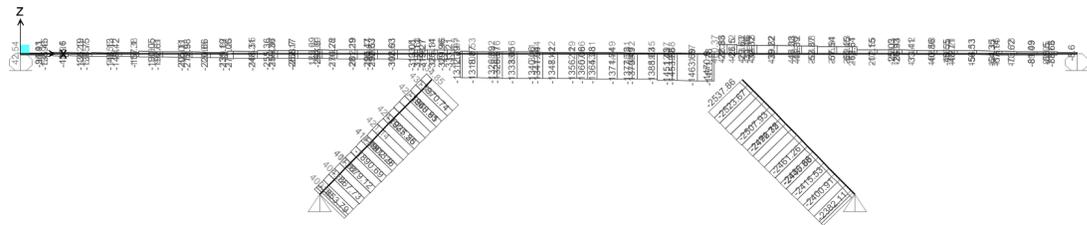


Diagramma Sollecitazioni – Azioni assiali - kN – Az_Traffico – Gr 2– env -

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

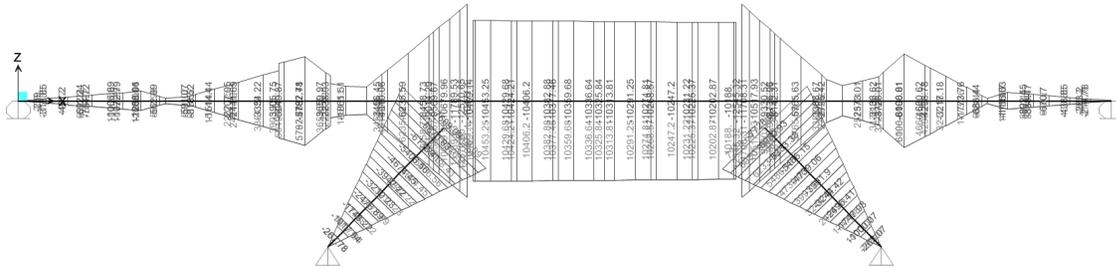


Diagramma Sollecitazioni – Momenti - kNm – Az_Termiche– env -

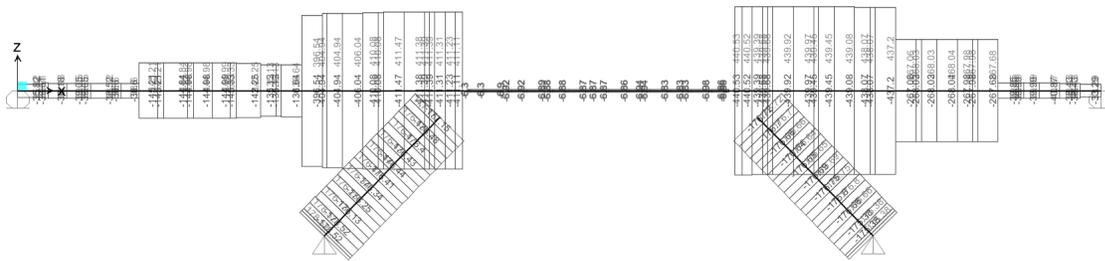


Diagramma Sollecitazioni – Tagli - kN – Az_Termiche– env -

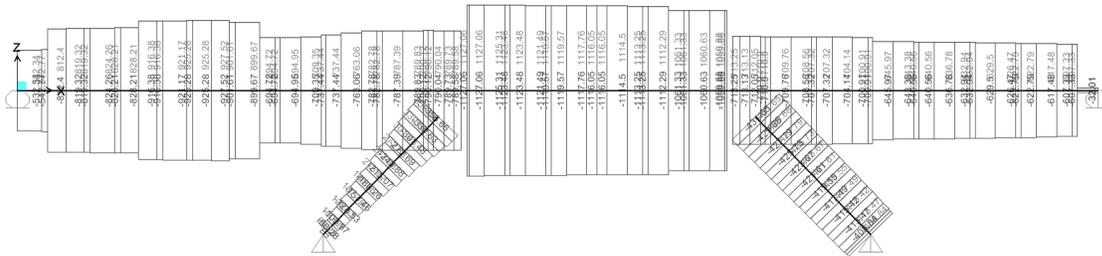
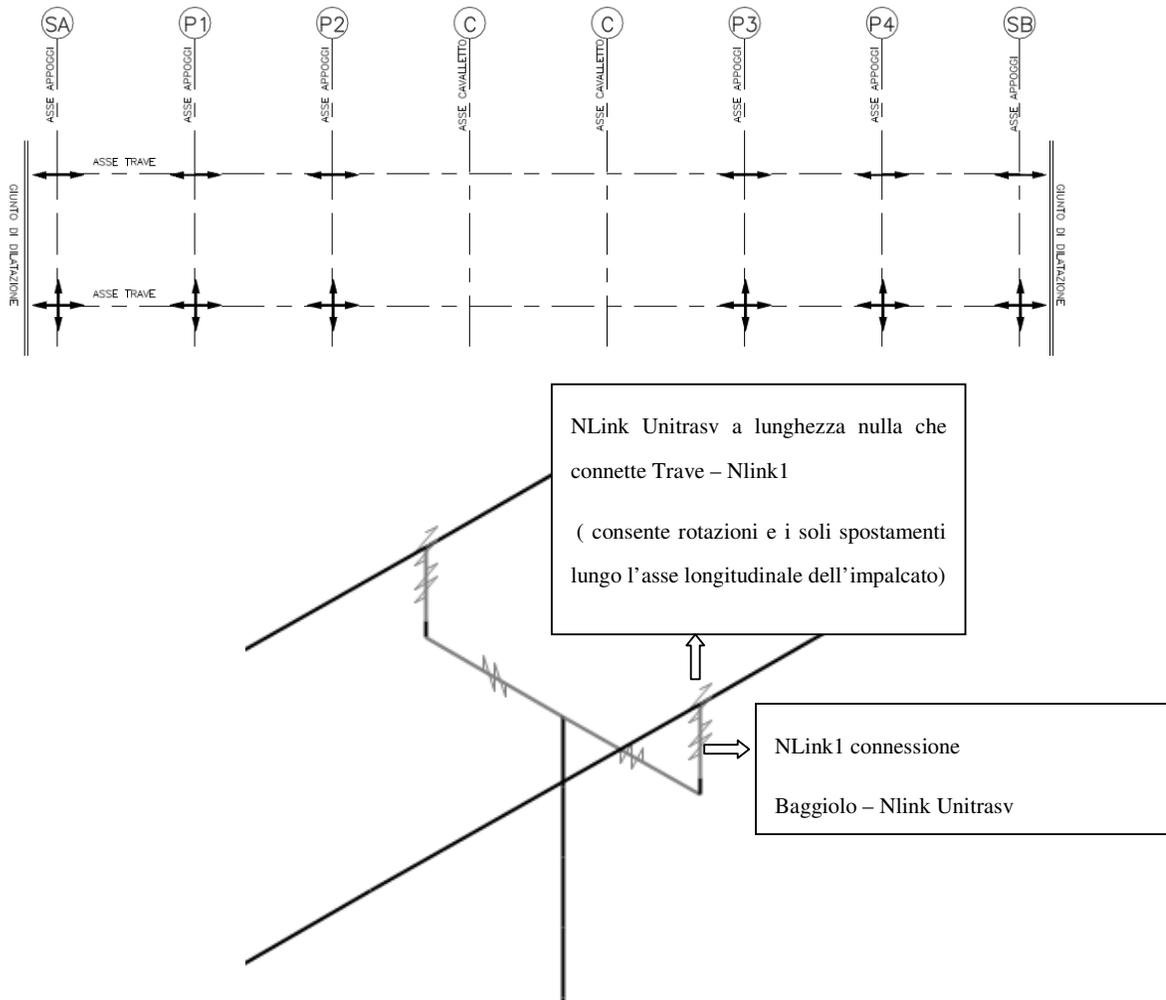


Diagramma Sollecitazioni – Azioni assiali - kN – Az_Termiche– env -

7.2. SOLLECITAZIONI PER AZIONI SISMICHE

La modellazione della struttura sotto azioni sismiche include la presenza delle sottostrutture in quanto l’impalcato risulta vincolato alle pile ed alle spalle mediante appoggi unidirezionali in grado di trasmettere azioni in senso trasversale. Nel modello FEM sono stati quindi definiti degli elementi “NLink” al fine di consentire nell’ambito dell’analisi modale i soli spostamenti previsti.



Per quanto concerne i risultati dell’analisi relativi alle sottostrutture si rimanda al documento J16L1_07_01_02_002_0101_OPD_01.

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

7.2.1 Risposta modale

TABLE: Modal Load Participation Ratios

OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
Modal	Acceleration	UX	99.99	96.95
Modal	Acceleration	UY	99.99	90.78
Modal	Acceleration	UZ	99.94	89.47

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless											
Modal	Mode	1	1.489374	0.33	0.00	0.00	33%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	0%	0%	0%
Modal	Mode	2	1.08473	0.12	0.00	0.00	44%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	0%	0%	0%
Modal	Mode	3	1.084713	0.12	0.00	0.00	56%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	0%	0%	0%
Modal	Mode	4	0.938154	0.00	0.31	0.00	56%	31%	0%	0.17	0.00	0.00	17%	0%	0%
Modal	Mode	5	0.476635	0.00	0.00	0.04	56%	31%	4%	0.00	0.00	0.00	17%	0%	0%
Modal	Mode	6	0.457523	0.00	0.00	0.00	56%	31%	4%	0.00	0.00	0.24	17%	0%	24%
Modal	Mode	7	0.386628	0.00	0.00	0.00	56%	31%	4%	0.01	0.00	0.00	18%	0%	24%
Modal	Mode	8	0.350095	0.00	0.00	0.02	57%	31%	6%	0.00	0.00	0.00	18%	0%	24%
Modal	Mode	9	0.314495	0.06	0.00	0.00	63%	31%	6%	0.00	0.00	0.00	18%	0%	24%
Modal	Mode	10	0.314471	0.06	0.00	0.00	69%	31%	6%	0.00	0.00	0.00	18%	0%	24%
Modal	Mode	11	0.313395	0.00	0.07	0.00	69%	38%	6%	0.05	0.00	0.00	23%	0%	25%
Modal	Mode	12	0.305144	0.01	0.00	0.12	70%	38%	18%	0.00	0.01	0.00	23%	1%	25%
Modal	Mode	13	0.301952	0.00	0.08	0.00	70%	46%	18%	0.01	0.00	0.00	24%	1%	25%
Modal	Mode	14	0.298562	0.00	0.09	0.00	70%	56%	19%	0.03	0.00	0.00	28%	1%	25%
Modal	Mode	15	0.28106	0.00	0.00	0.00	70%	56%	19%	0.00	0.00	0.00	28%	2%	25%
Modal	Mode	16	0.27297	0.01	0.00	0.03	71%	56%	22%	0.00	0.04	0.00	28%	5%	25%
Modal	Mode	17	0.265467	0.00	0.00	0.00	71%	56%	22%	0.00	0.00	0.00	28%	5%	25%
Modal	Mode	18	0.265326	0.00	0.00	0.00	71%	56%	22%	0.00	0.00	0.00	28%	5%	25%
Modal	Mode	19	0.244292	0.00	0.01	0.00	71%	57%	22%	0.00	0.00	0.00	28%	5%	25%
Modal	Mode	20	0.223314	0.00	0.02	0.00	71%	59%	22%	0.00	0.00	0.00	28%	5%	25%
Modal	Mode	21	0.21705	0.00	0.00	0.00	71%	59%	22%	0.00	0.00	0.22	28%	6%	48%
Modal	Mode	22	0.215282	0.02	0.00	0.00	73%	59%	23%	0.00	0.01	0.00	28%	6%	48%
Modal	Mode	23	0.21415	0.00	0.00	0.01	73%	59%	24%	0.00	0.03	0.00	28%	9%	48%
Modal	Mode	24	0.204031	0.01	0.00	0.06	74%	59%	30%	0.00	0.10	0.00	28%	19%	48%
Modal	Mode	25	0.188619	0.04	0.00	0.00	78%	59%	30%	0.00	0.00	0.00	28%	19%	48%
Modal	Mode	26	0.188595	0.02	0.00	0.00	80%	59%	30%	0.00	0.00	0.00	28%	19%	48%
Modal	Mode	27	0.188588	0.04	0.00	0.00	84%	59%	30%	0.00	0.00	0.00	28%	19%	48%
Modal	Mode	28	0.178262	0.00	0.00	0.00	84%	59%	31%	0.02	0.00	0.00	30%	19%	48%
Modal	Mode	29	0.178025	0.00	0.00	0.00	85%	59%	31%	0.04	0.00	0.00	35%	20%	48%
Modal	Mode	30	0.177033	0.00	0.00	0.00	85%	59%	31%	0.00	0.00	0.00	35%	20%	48%
Modal	Mode	31	0.17242	0.00	0.00	0.00	85%	59%	31%	0.01	0.00	0.00	36%	20%	49%
Modal	Mode	32	0.169667	0.00	0.00	0.00	85%	59%	31%	0.00	0.00	0.00	36%	20%	49%
Modal	Mode	33	0.165597	0.00	0.00	0.00	85%	60%	31%	0.00	0.00	0.00	36%	20%	49%
Modal	Mode	34	0.162958	0.00	0.00	0.00	85%	60%	31%	0.00	0.00	0.00	36%	20%	49%
Modal	Mode	35	0.153634	0.00	0.09	0.00	85%	68%	31%	0.00	0.00	0.00	36%	20%	49%
Modal	Mode	36	0.146854	0.00	0.00	0.00	85%	68%	31%	0.00	0.00	0.00	36%	20%	49%
Modal	Mode	37	0.14069	0.00	0.00	0.06	85%	68%	36%	0.00	0.07	0.00	36%	27%	49%
Modal	Mode	38	0.13824	0.00	0.00	0.00	85%	68%	37%	0.03	0.01	0.00	39%	28%	49%
Modal	Mode	39	0.1344	0.00	0.00	0.01	85%	68%	38%	0.00	0.02	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	40	0.131018	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	41	0.127643	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	42	0.127601	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	43	0.127471	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	44	0.127441	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	45	0.127404	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	46	0.127401	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	47	0.127397	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	48	0.127392	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	49	0.127391	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	50	0.127388	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	51	0.127386	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	52	0.127385	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	53	0.127376	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	54	0.127359	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	55	0.127359	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	56	0.127357	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%
Modal	Mode	57	0.127326	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	29%	49%

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

Modal	Mode	58	0.127283	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	30%	49%
Modal	Mode	59	0.126999	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	39%	30%	49%
Modal	Mode	60	0.123907	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.07	0.00	0.02	46%	30%	51%
Modal	Mode	61	0.123806	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	46%	30%	51%
Modal	Mode	62	0.121509	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	46%	30%	51%
Modal	Mode	63	0.120041	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.00	0.00	46%	30%	51%
Modal	Mode	64	0.117973	0.00	0.00	0.00	85%	68%	38%	0.00	0.01	0.00	46%	31%	51%
Modal	Mode	65	0.116644	0.00	0.01	0.00	85%	69%	38%	0.01	0.00	0.10	47%	31%	61%
Modal	Mode	66	0.114117	0.00	0.00	0.00	85%	69%	38%	0.00	0.00	0.00	47%	31%	61%
Modal	Mode	67	0.113159	0.00	0.00	0.00	85%	69%	38%	0.00	0.00	0.01	47%	31%	62%
Modal	Mode	68	0.102302	0.00	0.00	0.00	85%	70%	38%	0.00	0.00	0.00	48%	31%	62%
Modal	Mode	69	0.097912	0.00	0.00	0.02	85%	70%	40%	0.00	0.00	0.00	48%	31%	62%
Modal	Mode	70	0.09598	0.00	0.04	0.00	85%	74%	40%	0.00	0.00	0.00	48%	31%	62%
Modal	Mode	71	0.094825	0.00	0.00	0.00	85%	74%	40%	0.00	0.00	0.00	48%	31%	62%
Modal	Mode	72	0.094129	0.00	0.00	0.00	85%	74%	41%	0.00	0.00	0.00	48%	32%	62%
Modal	Mode	73	0.093581	0.00	0.00	0.00	85%	74%	41%	0.00	0.00	0.00	48%	32%	62%
Modal	Mode	74	0.09278	0.00	0.00	0.00	85%	74%	41%	0.00	0.00	0.00	48%	32%	62%
Modal	Mode	75	0.090371	0.00	0.00	0.00	85%	74%	41%	0.00	0.00	0.00	48%	32%	62%
Modal	Mode	76	0.085368	0.00	0.00	0.00	86%	74%	41%	0.00	0.01	0.00	48%	33%	62%
Modal	Mode	77	0.084046	0.00	0.00	0.00	86%	74%	41%	0.00	0.01	0.00	48%	34%	62%
Modal	Mode	78	0.082278	0.00	0.00	0.00	86%	74%	42%	0.00	0.00	0.00	48%	34%	62%
Modal	Mode	79	0.080241	0.00	0.00	0.00	86%	74%	42%	0.00	0.00	0.00	48%	34%	62%
Modal	Mode	80	0.079567	0.00	0.01	0.00	86%	74%	42%	0.01	0.00	0.03	49%	34%	66%
Modal	Mode	81	0.078707	0.00	0.00	0.00	86%	75%	42%	0.00	0.00	0.02	49%	34%	67%
Modal	Mode	82	0.07635	0.00	0.00	0.00	86%	75%	42%	0.00	0.00	0.00	49%	34%	67%
Modal	Mode	83	0.076081	0.00	0.00	0.00	86%	75%	42%	0.00	0.00	0.00	49%	34%	68%
Modal	Mode	84	0.076063	0.00	0.00	0.00	86%	75%	42%	0.00	0.00	0.00	50%	34%	68%
Modal	Mode	85	0.07583	0.00	0.00	0.01	86%	75%	43%	0.00	0.01	0.00	50%	35%	68%
Modal	Mode	86	0.075538	0.00	0.00	0.00	86%	75%	44%	0.00	0.00	0.00	50%	35%	68%
Modal	Mode	87	0.075294	0.01	0.00	0.00	87%	75%	44%	0.00	0.00	0.00	50%	35%	68%
Modal	Mode	88	0.075269	0.01	0.00	0.00	89%	75%	44%	0.00	0.00	0.00	50%	35%	68%
Modal	Mode	89	0.073172	0.00	0.00	0.00	89%	75%	44%	0.00	0.00	0.00	50%	36%	68%
Modal	Mode	90	0.071065	0.00	0.00	0.01	89%	75%	45%	0.00	0.00	0.00	50%	36%	68%
Modal	Mode	91	0.069333	0.00	0.00	0.01	89%	75%	47%	0.00	0.02	0.00	50%	37%	68%
Modal	Mode	92	0.067988	0.00	0.01	0.00	89%	75%	47%	0.00	0.00	0.02	50%	37%	70%
Modal	Mode	93	0.067621	0.00	0.02	0.00	89%	78%	47%	0.00	0.00	0.01	50%	37%	71%
Modal	Mode	94	0.067328	0.00	0.00	0.00	89%	78%	47%	0.00	0.00	0.00	50%	37%	72%
Modal	Mode	95	0.066964	0.00	0.02	0.00	89%	79%	47%	0.00	0.00	0.01	50%	37%	72%
Modal	Mode	96	0.066472	0.00	0.00	0.00	89%	79%	47%	0.00	0.00	0.00	50%	38%	72%
Modal	Mode	97	0.066129	0.00	0.00	0.00	89%	79%	47%	0.00	0.01	0.00	50%	38%	72%
Modal	Mode	98	0.065136	0.00	0.00	0.00	89%	79%	47%	0.00	0.00	0.00	50%	38%	72%
Modal	Mode	99	0.064688	0.00	0.00	0.00	89%	79%	47%	0.00	0.00	0.00	50%	38%	72%
Modal	Mode	100	0.064562	0.00	0.00	0.00	89%	79%	47%	0.00	0.00	0.00	50%	39%	72%
Modal	Mode	101	0.063738	0.00	0.01	0.00	89%	80%	47%	0.00	0.00	0.00	50%	39%	73%
Modal	Mode	102	0.063609	0.02	0.00	0.00	91%	80%	47%	0.00	0.00	0.00	50%	39%	73%
Modal	Mode	103	0.063567	0.02	0.00	0.00	93%	80%	47%	0.00	0.00	0.00	50%	39%	73%
Modal	Mode	104	0.06353	0.00	0.00	0.00	93%	80%	47%	0.00	0.00	0.00	50%	39%	73%
Modal	Mode	105	0.063344	0.00	0.00	0.00	93%	80%	47%	0.00	0.00	0.01	50%	39%	74%
Modal	Mode	106	0.062955	0.00	0.00	0.00	93%	80%	48%	0.00	0.00	0.00	50%	39%	74%
Modal	Mode	107	0.062735	0.00	0.00	0.00	93%	80%	48%	0.00	0.00	0.00	50%	39%	74%
Modal	Mode	108	0.062478	0.00	0.00	0.00	93%	80%	48%	0.00	0.00	0.00	50%	39%	74%
Modal	Mode	109	0.062027	0.00	0.00	0.00	93%	80%	48%	0.00	0.00	0.00	50%	39%	74%
Modal	Mode	110	0.061134	0.00	0.00	0.00	93%	80%	48%	0.00	0.00	0.00	50%	39%	74%
Modal	Mode	111	0.059962	0.00	0.00	0.02	93%	80%	49%	0.00	0.01	0.00	50%	40%	74%
Modal	Mode	112	0.059333	0.00	0.00	0.00	93%	80%	49%	0.00	0.00	0.00	50%	40%	74%
Modal	Mode	113	0.059023	0.00	0.00	0.03	93%	80%	52%	0.00	0.03	0.00	50%	43%	74%
Modal	Mode	114	0.058957	0.00	0.00	0.00	93%	80%	52%	0.00	0.00	0.00	50%	43%	74%
Modal	Mode	115	0.058404	0.00	0.00	0.00	93%	80%	53%	0.00	0.00	0.00	50%	43%	74%
Modal	Mode	116	0.058177	0.00	0.00	0.00	93%	80%	53%	0.00	0.00	0.00	50%	43%	74%
Modal	Mode	117	0.057913	0.00	0.00	0.02	93%	80%	54%	0.00	0.01	0.00	50%	44%	74%
Modal	Mode	118	0.057815	0.00	0.00	0.00	93%	80%	54%	0.00	0.01	0.00	50%	45%	74%
Modal	Mode	119	0.057521	0.00	0.01	0.00	93%	81%	54%	0.03	0.00	0.00	53%	45%	74%
Modal	Mode	120	0.057015	0.00	0.00	0.05	93%	81%	60%	0.00	0.04	0.00	53%	49%	74%
Modal	Mode	121	0.056312	0.00	0.00	0.00	93%	81%	60%	0.00	0.00	0.00	53%	49%	74%
Modal	Mode	122	0.05599	0.00	0.02	0.01	93%	83%	61%	0.05	0.00	0.03	58%	49%	77%
Modal	Mode	123	0.055847	0.00	0.00	0.01	93%	83%	62%	0.00	0.01	0.00	58%	50%	77%
Modal	Mode	124	0.055394	0.00	0.00	0.02	93%	83%	64%	0.01	0.02	0.00	60%	52%	78%
Modal	Mode	125	0.055044	0.00	0.00	0.00	93%	83%	64%	0.00	0.01	0.00	60%	53%	78%
Modal	Mode	126	0.054987	0.00	0.00	0.03	93%	83%	68%	0.00	0.03	0.00	60%	56%	78%
Modal	Mode	127	0.0548	0.00	0.00	0.00	93%	83%	68%	0.00	0.00	0.00	60%	56%	78%
Modal	Mode	128	0.054496	0.00	0.00	0.00	93%	83%	68%	0.00	0.00	0.00	60%	56%	78%
Modal	Mode	129	0.053482	0.00	0.00	0.00	93%	83%	69%	0.00	0.01	0.00	60%	56%	78%
Modal	Mode	130	0.053191	0.00	0.00	0.00	93%	83%	69%	0.00	0.00	0.00	60%	56%	78%
Modal	Mode	131	0.052959	0.00	0.01	0.00	93%	84%	69%	0.04	0.00	0.01	64%	57%	79%
Modal	Mode	132	0.052526	0.00	0.00	0.00	93%	84%	69%	0.00	0.00	0.00	64%	57%	79%
Modal	Mode	133	0.052326	0.00	0.00	0.00	93%	84%	69%	0.01	0.00	0.00	65%	57%	79%
Modal	Mode	134	0.05216	0.00	0.00	0.00	93%	84%	69%	0.00	0.00	0.00	65%	57%	79%
Modal	Mode	135	0.052059	0.00	0.00	0.00	93%	84%	70%	0.00	0.00	0.00	65%	57%	79%
Modal	Mode	136	0.051997	0.00	0.00	0.00	93%	84%	70%	0.00	0.00	0.00	65%	57%	79%

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD

1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

Modal	Mode	137	0.051498	0.00	0.00	0.00	93%	84%	70%	0.01	0.00	0.00	66%	57%	79%
Modal	Mode	138	0.051236	0.00	0.00	0.00	93%	84%	70%	0.00	0.00	0.00	66%	57%	79%
Modal	Mode	139	0.050784	0.00	0.00	0.00	93%	84%	70%	0.01	0.00	0.00	68%	57%	79%
Modal	Mode	140	0.050695	0.00	0.00	0.00	93%	85%	70%	0.01	0.00	0.00	69%	58%	79%
Modal	Mode	141	0.050219	0.00	0.00	0.00	93%	85%	70%	0.00	0.00	0.00	69%	58%	79%
Modal	Mode	142	0.049765	0.00	0.01	0.00	93%	85%	71%	0.00	0.00	0.00	69%	58%	79%
Modal	Mode	143	0.049587	0.00	0.00	0.00	93%	85%	71%	0.00	0.00	0.00	69%	58%	79%
Modal	Mode	144	0.049027	0.00	0.00	0.00	93%	85%	71%	0.00	0.00	0.00	69%	58%	79%
Modal	Mode	145	0.048622	0.00	0.01	0.00	93%	87%	71%	0.03	0.00	0.01	72%	58%	80%
Modal	Mode	146	0.048399	0.00	0.00	0.00	93%	87%	71%	0.00	0.00	0.00	72%	58%	80%
Modal	Mode	147	0.048075	0.00	0.00	0.00	93%	87%	71%	0.00	0.00	0.00	72%	58%	80%
Modal	Mode	148	0.047364	0.00	0.00	0.00	93%	87%	71%	0.00	0.00	0.00	72%	58%	80%
Modal	Mode	149	0.047234	0.00	0.00	0.00	93%	87%	71%	0.00	0.00	0.00	72%	58%	80%
Modal	Mode	150	0.047145	0.00	0.00	0.00	93%	87%	71%	0.00	0.00	0.00	72%	58%	80%
Modal	Mode	151	0.046895	0.00	0.00	0.00	93%	87%	71%	0.00	0.00	0.00	72%	58%	80%
Modal	Mode	152	0.046631	0.00	0.00	0.00	93%	87%	71%	0.00	0.00	0.00	72%	58%	80%
Modal	Mode	153	0.045658	0.00	0.00	0.00	93%	87%	71%	0.00	0.00	0.00	72%	58%	80%
Modal	Mode	154	0.045423	0.00	0.00	0.00	93%	87%	71%	0.00	0.00	0.00	72%	58%	80%
Modal	Mode	155	0.044837	0.00	0.00	0.00	93%	87%	71%	0.00	0.00	0.00	72%	58%	80%
Modal	Mode	156	0.044377	0.00	0.00	0.00	93%	87%	71%	0.00	0.00	0.00	72%	58%	80%
Modal	Mode	157	0.04372	0.01	0.00	0.00	94%	87%	71%	0.00	0.00	0.00	72%	58%	80%
Modal	Mode	158	0.043698	0.01	0.00	0.00	94%	87%	71%	0.00	0.00	0.00	72%	58%	80%
Modal	Mode	159	0.043628	0.00	0.00	0.00	94%	87%	71%	0.00	0.00	0.00	72%	58%	80%
Modal	Mode	160	0.043365	0.00	0.00	0.00	94%	87%	71%	0.00	0.00	0.01	72%	59%	81%
Modal	Mode	161	0.043089	0.00	0.00	0.02	94%	87%	73%	0.00	0.02	0.00	72%	61%	81%
Modal	Mode	162	0.042959	0.00	0.00	0.00	94%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	72%	61%	81%
Modal	Mode	163	0.042617	0.00	0.00	0.00	94%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	72%	61%	81%
Modal	Mode	164	0.042481	0.00	0.00	0.00	94%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	72%	61%	81%
Modal	Mode	165	0.04213	0.00	0.00	0.00	94%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	73%	61%	81%
Modal	Mode	166	0.041698	0.00	0.00	0.00	94%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	73%	61%	81%
Modal	Mode	167	0.041425	0.00	0.00	0.00	94%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	73%	61%	81%
Modal	Mode	168	0.040856	0.00	0.00	0.00	94%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	73%	61%	81%
Modal	Mode	169	0.040725	0.00	0.00	0.00	95%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	73%	61%	81%
Modal	Mode	170	0.040107	0.00	0.00	0.00	95%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	73%	61%	81%
Modal	Mode	171	0.039898	0.00	0.00	0.00	95%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	73%	61%	81%
Modal	Mode	172	0.039609	0.00	0.00	0.00	95%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	73%	61%	81%
Modal	Mode	173	0.039596	0.00	0.00	0.00	95%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	73%	61%	81%
Modal	Mode	174	0.039519	0.00	0.00	0.00	95%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	73%	61%	81%
Modal	Mode	175	0.039402	0.00	0.00	0.00	95%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	73%	61%	81%
Modal	Mode	176	0.039039	0.00	0.00	0.00	95%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	73%	61%	81%
Modal	Mode	177	0.03877	0.00	0.00	0.00	95%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	73%	61%	81%
Modal	Mode	178	0.038627	0.00	0.00	0.00	95%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	73%	61%	81%
Modal	Mode	179	0.038481	0.00	0.00	0.00	95%	87%	73%	0.00	0.00	0.00	73%	61%	81%
Modal	Mode	180	0.038261	0.00	0.00	0.01	95%	87%	74%	0.00	0.01	0.00	73%	62%	81%
Modal	Mode	181	0.037831	0.00	0.00	0.00	95%	87%	74%	0.00	0.00	0.00	73%	62%	81%
Modal	Mode	182	0.037737	0.00	0.00	0.00	95%	87%	74%	0.00	0.00	0.00	73%	62%	81%
Modal	Mode	183	0.037708	0.00	0.00	0.00	95%	87%	74%	0.00	0.00	0.00	73%	62%	81%
Modal	Mode	184	0.03761	0.00	0.00	0.00	95%	87%	74%	0.00	0.00	0.00	73%	63%	81%
Modal	Mode	185	0.037068	0.00	0.00	0.00	95%	87%	74%	0.00	0.00	0.00	73%	63%	82%
Modal	Mode	186	0.036834	0.00	0.00	0.00	95%	87%	74%	0.00	0.00	0.00	73%	63%	82%
Modal	Mode	187	0.036648	0.00	0.00	0.00	95%	87%	74%	0.00	0.00	0.00	73%	63%	82%
Modal	Mode	188	0.036409	0.00	0.00	0.00	95%	87%	74%	0.00	0.00	0.00	73%	63%	82%
Modal	Mode	189	0.036208	0.00	0.00	0.00	95%	87%	74%	0.00	0.00	0.00	73%	63%	82%
Modal	Mode	190	0.035946	0.00	0.00	0.00	95%	87%	75%	0.00	0.00	0.00	73%	63%	82%
Modal	Mode	191	0.035616	0.00	0.00	0.00	95%	87%	75%	0.00	0.00	0.00	73%	63%	82%
Modal	Mode	192	0.035588	0.00	0.00	0.00	95%	87%	75%	0.00	0.00	0.00	73%	63%	82%
Modal	Mode	193	0.035529	0.00	0.00	0.00	95%	87%	75%	0.00	0.00	0.00	73%	63%	82%
Modal	Mode	194	0.035359	0.00	0.00	0.00	95%	87%	75%	0.00	0.00	0.00	73%	63%	82%
Modal	Mode	195	0.03523	0.00	0.00	0.00	95%	87%	75%	0.00	0.00	0.00	73%	63%	82%
Modal	Mode	196	0.034995	0.00	0.00	0.00	95%	87%	75%	0.00	0.00	0.00	73%	63%	82%
Modal	Mode	197	0.034879	0.00	0.00	0.00	95%	87%	75%	0.00	0.01	0.00	73%	64%	82%
Modal	Mode	198	0.034813	0.00	0.00	0.00	95%	87%	75%	0.00	0.00	0.00	73%	64%	82%
Modal	Mode	199	0.034635	0.00	0.00	0.02	95%	87%	77%	0.00	0.03	0.00	73%	67%	82%
Modal	Mode	200	0.034473	0.00	0.00	0.00	95%	87%	77%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	82%
Modal	Mode	201	0.034311	0.00	0.00	0.00	95%	87%	77%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	82%
Modal	Mode	202	0.034143	0.00	0.00	0.00	95%	87%	77%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	82%
Modal	Mode	203	0.034081	0.00	0.00	0.00	95%	87%	77%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	82%
Modal	Mode	204	0.034021	0.00	0.00	0.00	95%	87%	77%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	82%
Modal	Mode	205	0.033954	0.00	0.00	0.00	95%	87%	77%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	82%
Modal	Mode	206	0.033781	0.00	0.00	0.00	95%	87%	77%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	82%
Modal	Mode	207	0.033726	0.00	0.00	0.00	95%	87%	77%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	82%
Modal	Mode	208	0.033682	0.00	0.00	0.00	95%	87%	77%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	82%
Modal	Mode	209	0.033629	0.00	0.00	0.00	95%	88%	77%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	82%
Modal	Mode	210	0.033571	0.00	0.00	0.00	95%	88%	77%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	82%
Modal	Mode	211	0.033553	0.00	0.00	0.00	95%	88%	77%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	82%
Modal	Mode	212	0.03349	0.00	0.00	0.00	95%	88%	77%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	82%
Modal	Mode	213	0.033463	0.00	0.00	0.00	95%	88%	77%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	82%
Modal	Mode	214	0.033415	0.00	0.00	0.00	95%	88%	77%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	83%
Modal	Mode	215	0.033077	0.00	0.00	0.00	95%	88%	77%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	83%

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD

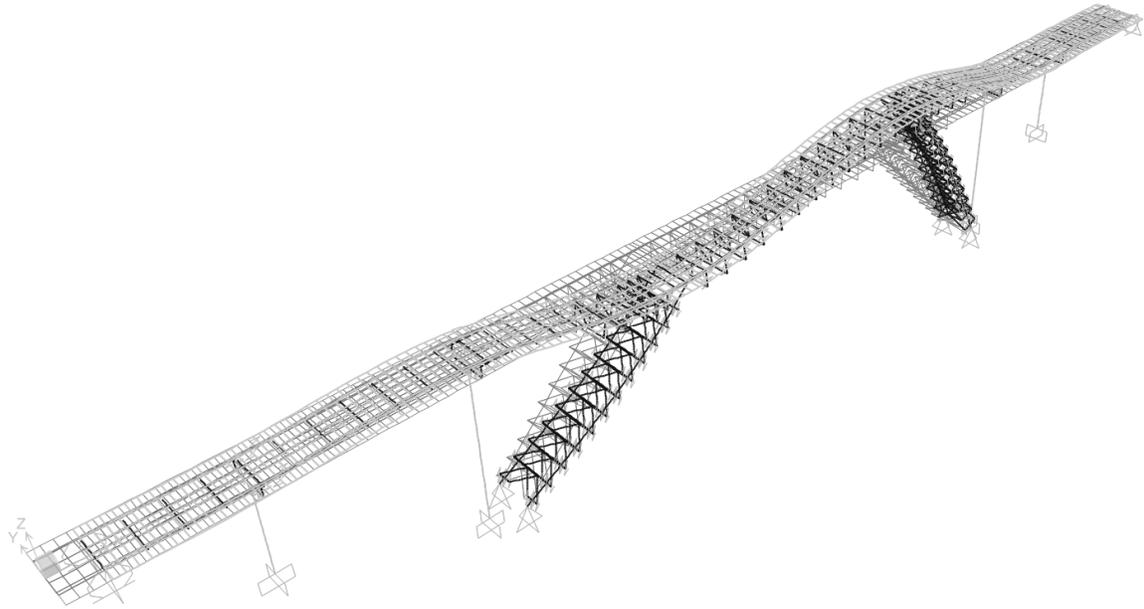
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

Modal	Mode	216	0.032895	0.00	0.00	0.00	95%	88%	77%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	83%
Modal	Mode	217	0.032651	0.00	0.00	0.00	95%	88%	78%	0.00	0.00	0.00	73%	67%	83%
Modal	Mode	218	0.032369	0.00	0.00	0.00	95%	88%	78%	0.00	0.01	0.00	73%	69%	83%
Modal	Mode	219	0.032176	0.00	0.00	0.00	95%	88%	78%	0.00	0.01	0.00	73%	69%	83%
Modal	Mode	220	0.032016	0.00	0.00	0.01	95%	88%	79%	0.00	0.01	0.00	73%	71%	83%
Modal	Mode	221	0.031956	0.00	0.00	0.00	95%	88%	79%	0.00	0.00	0.00	73%	71%	83%
Modal	Mode	222	0.031669	0.00	0.00	0.00	95%	88%	80%	0.00	0.01	0.00	73%	71%	83%
Modal	Mode	223	0.03153	0.00	0.00	0.00	95%	88%	80%	0.00	0.00	0.00	73%	71%	83%
Modal	Mode	224	0.031403	0.00	0.00	0.00	95%	88%	80%	0.00	0.00	0.00	73%	72%	83%
Modal	Mode	225	0.031192	0.00	0.00	0.00	95%	88%	80%	0.00	0.00	0.00	73%	72%	83%
Modal	Mode	226	0.031117	0.00	0.00	0.00	95%	88%	80%	0.00	0.00	0.00	73%	72%	83%
Modal	Mode	227	0.031057	0.00	0.00	0.00	95%	88%	80%	0.00	0.00	0.00	73%	72%	83%
Modal	Mode	228	0.030917	0.00	0.00	0.00	95%	88%	80%	0.00	0.00	0.00	73%	73%	83%
Modal	Mode	229	0.030795	0.00	0.00	0.00	95%	88%	80%	0.00	0.00	0.00	73%	73%	83%
Modal	Mode	230	0.030687	0.00	0.00	0.00	95%	88%	80%	0.00	0.00	0.00	73%	73%	83%
Modal	Mode	231	0.030564	0.00	0.00	0.00	95%	88%	81%	0.00	0.00	0.00	73%	73%	83%
Modal	Mode	232	0.030432	0.00	0.00	0.00	95%	88%	81%	0.00	0.00	0.00	73%	73%	83%
Modal	Mode	233	0.030308	0.00	0.00	0.01	95%	88%	81%	0.00	0.01	0.00	73%	74%	83%
Modal	Mode	234	0.030172	0.00	0.00	0.00	95%	88%	81%	0.00	0.00	0.00	73%	74%	83%
Modal	Mode	235	0.030152	0.00	0.00	0.00	96%	88%	81%	0.00	0.00	0.00	73%	74%	83%
Modal	Mode	236	0.030143	0.00	0.00	0.00	96%	88%	82%	0.00	0.00	0.00	73%	75%	83%
Modal	Mode	237	0.030104	0.00	0.00	0.01	96%	88%	82%	0.00	0.01	0.00	73%	76%	83%
Modal	Mode	238	0.029955	0.00	0.00	0.03	96%	88%	85%	0.00	0.06	0.00	73%	82%	83%
Modal	Mode	239	0.029724	0.00	0.00	0.00	96%	88%	85%	0.00	0.00	0.00	73%	82%	83%
Modal	Mode	240	0.029574	0.00	0.00	0.00	96%	88%	86%	0.00	0.00	0.00	74%	82%	83%
Modal	Mode	241	0.029325	0.00	0.00	0.00	96%	88%	86%	0.00	0.00	0.00	74%	82%	83%
Modal	Mode	242	0.029077	0.00	0.00	0.00	96%	88%	86%	0.00	0.00	0.00	74%	82%	83%
Modal	Mode	243	0.02888	0.00	0.00	0.00	96%	88%	86%	0.00	0.00	0.00	74%	82%	83%
Modal	Mode	244	0.028782	0.00	0.00	0.00	96%	88%	86%	0.00	0.00	0.00	74%	82%	83%
Modal	Mode	245	0.028624	0.00	0.00	0.00	96%	88%	86%	0.00	0.00	0.00	74%	82%	83%
Modal	Mode	246	0.028455	0.01	0.00	0.00	96%	88%	86%	0.00	0.00	0.00	74%	82%	83%
Modal	Mode	247	0.028409	0.01	0.00	0.00	97%	88%	86%	0.00	0.00	0.00	74%	82%	83%
Modal	Mode	248	0.028408	0.00	0.00	0.00	97%	88%	86%	0.00	0.00	0.00	74%	82%	83%
Modal	Mode	249	0.028353	0.00	0.00	0.00	97%	88%	86%	0.00	0.01	0.00	74%	83%	83%
Modal	Mode	250	0.028246	0.00	0.00	0.00	97%	88%	86%	0.00	0.00	0.00	74%	83%	83%
Modal	Mode	251	0.028059	0.00	0.00	0.00	97%	88%	86%	0.00	0.00	0.00	74%	83%	83%
Modal	Mode	252	0.027887	0.00	0.00	0.00	97%	88%	86%	0.00	0.00	0.00	74%	83%	83%
Modal	Mode	253	0.027693	0.00	0.00	0.00	97%	88%	86%	0.00	0.00	0.00	74%	83%	83%
Modal	Mode	254	0.02743	0.00	0.00	0.00	97%	88%	86%	0.00	0.00	0.00	74%	83%	83%
Modal	Mode	255	0.027373	0.00	0.00	0.00	97%	88%	87%	0.00	0.00	0.00	74%	83%	83%
Modal	Mode	256	0.027281	0.00	0.00	0.00	97%	88%	87%	0.00	0.00	0.00	74%	84%	83%
Modal	Mode	257	0.027188	0.00	0.00	0.00	97%	88%	87%	0.00	0.00	0.00	74%	84%	83%
Modal	Mode	258	0.027138	0.00	0.00	0.00	97%	88%	87%	0.00	0.00	0.00	74%	84%	83%
Modal	Mode	259	0.026996	0.00	0.00	0.00	97%	88%	87%	0.00	0.00	0.00	74%	84%	83%
Modal	Mode	260	0.026977	0.00	0.00	0.00	97%	88%	87%	0.00	0.00	0.00	74%	84%	83%
Modal	Mode	261	0.026922	0.00	0.00	0.00	97%	88%	87%	0.00	0.00	0.00	74%	84%	83%
Modal	Mode	262	0.026741	0.00	0.00	0.00	97%	88%	87%	0.00	0.00	0.00	74%	84%	83%
Modal	Mode	263	0.026734	0.00	0.00	0.00	97%	88%	87%	0.00	0.00	0.00	74%	84%	83%
Modal	Mode	264	0.026614	0.00	0.00	0.00	97%	88%	87%	0.00	0.00	0.00	74%	84%	83%
Modal	Mode	265	0.026564	0.00	0.00	0.00	97%	88%	87%	0.00	0.00	0.00	74%	84%	83%
Modal	Mode	266	0.02648	0.00	0.00	0.00	97%	88%	87%	0.00	0.00	0.00	74%	84%	83%
Modal	Mode	267	0.026464	0.00	0.00	0.01	97%	88%	88%	0.00	0.02	0.00	74%	86%	83%
Modal	Mode	268	0.026327	0.00	0.00	0.00	97%	88%	89%	0.00	0.01	0.00	74%	87%	84%
Modal	Mode	269	0.026255	0.00	0.00	0.00	97%	88%	89%	0.00	0.00	0.00	74%	87%	84%
Modal	Mode	270	0.026062	0.00	0.00	0.00	97%	88%	89%	0.00	0.00	0.00	74%	87%	84%
Modal	Mode	271	0.026046	0.00	0.00	0.00	97%	88%	89%	0.00	0.00	0.00	74%	87%	84%
Modal	Mode	272	0.026005	0.00	0.00	0.00	97%	88%	89%	0.00	0.00	0.00	74%	87%	84%
Modal	Mode	273	0.025955	0.00	0.00	0.00	97%	88%	89%	0.00	0.00	0.00	74%	87%	84%
Modal	Mode	274	0.025833	0.00	0.00	0.00	97%	88%	89%	0.00	0.00	0.00	74%	87%	84%
Modal	Mode	275	0.025725	0.00	0.00	0.00	97%	88%	89%	0.00	0.00	0.00	74%	87%	84%
Modal	Mode	276	0.02561	0.00	0.00	0.00	97%	88%	89%	0.00	0.00	0.00	74%	87%	84%
Modal	Mode	277	0.025465	0.00	0.00	0.00	97%	88%	89%	0.00	0.00	0.00	74%	87%	84%
Modal	Mode	278	0.025357	0.00	0.00	0.00	97%	88%	89%	0.00	0.00	0.00	74%	87%	84%
Modal	Mode	279	0.025354	0.00	0.00	0.00	97%	88%	89%	0.00	0.00	0.00	74%	87%	84%
Modal	Mode	280	0.025308	0.00	0.00	0.00	97%	88%	89%	0.00	0.00	0.00	74%	87%	84%
Modal	Mode	281	0.025224	0.00	0.01	0.00	97%	89%	89%	0.02	0.00	0.01	76%	87%	85%
Modal	Mode	282	0.025098	0.00	0.00	0.00	97%	89%	89%	0.01	0.00	0.00	76%	87%	85%
Modal	Mode	283	0.025072	0.00	0.00	0.00	97%	89%	89%	0.00	0.00	0.00	77%	87%	85%
Modal	Mode	284	0.024973	0.00	0.01	0.00	97%	90%	89%	0.04	0.00	0.00	81%	87%	85%
Modal	Mode	285	0.024913	0.00	0.00	0.00	97%	90%	89%	0.01	0.00	0.00	82%	87%	85%
Modal	Mode	286	0.024784	0.00	0.00	0.00	97%	90%	89%	0.00	0.00	0.00	82%	87%	85%
Modal	Mode	287	0.024629	0.00	0.00	0.00	97%	90%	89%	0.00	0.00	0.00	82%	87%	85%
Modal	Mode	288	0.024592	0.00	0.00	0.00	97%	90%	89%	0.00	0.01	0.00	82%	88%	85%
Modal	Mode	289	0.024463	0.00	0.00	0.00	97%	90%	89%	0.00	0.00	0.00	82%	88%	86%
Modal	Mode	290	0.024396	0.00	0.00	0.00	97%	90%	89%	0.00	0.00	0.00	82%	88%	86%
Modal	Mode	291	0.024302	0.00	0.00	0.00	97%	90%	89%	0.00	0.00	0.00	82%	88%	86%
Modal	Mode	292	0.02427	0.00	0.00	0.00	97%	90%	89%	0.00	0.00	0.00	82%	88%	86%
Modal	Mode	293	0.024249	0.00	0.00	0.00	97%	90%	89%	0.00	0.00	0.00	82%	88%	86%
Modal	Mode	294	0.024189	0.00	0.00	0.00	97%	90%	89%	0.00	0.00	0.00	82%	88%	86%

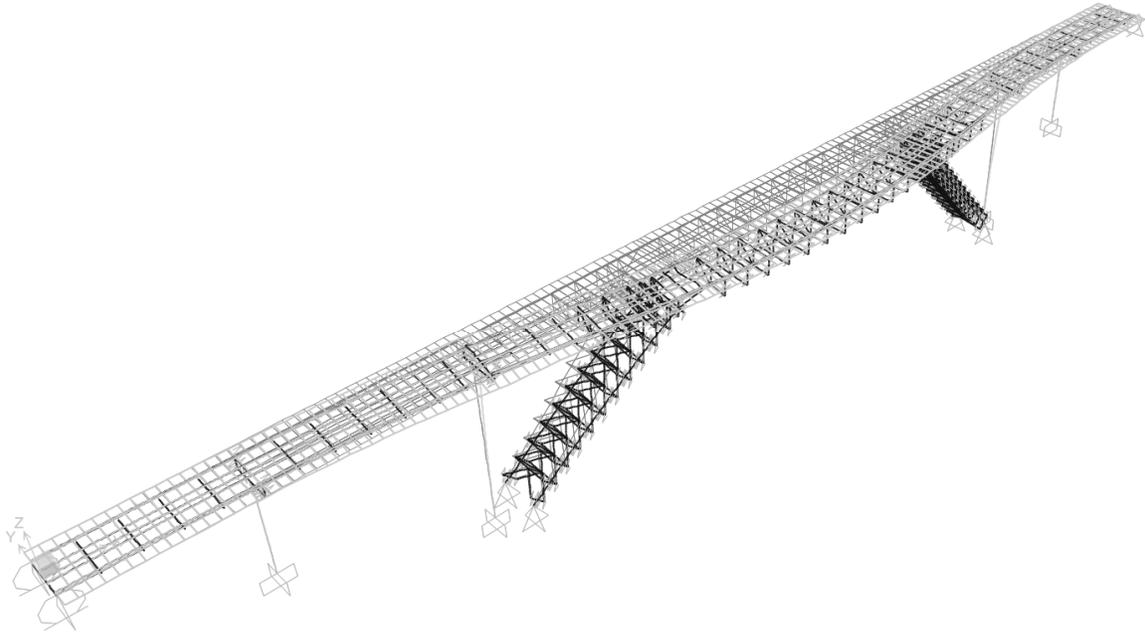
AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

Modal	Mode	295	0.02411	0.00	0.00	0.00	97%	90%	89%	0.00	0.00	0.00	82%	88%	86%
Modal	Mode	296	0.024003	0.00	0.00	0.00	97%	91%	89%	0.01	0.00	0.00	83%	88%	86%
Modal	Mode	297	0.023891	0.00	0.00	0.00	97%	91%	89%	0.00	0.00	0.00	83%	88%	86%
Modal	Mode	298	0.023665	0.00	0.00	0.00	97%	91%	89%	0.00	0.00	0.00	83%	88%	86%
Modal	Mode	299	0.023607	0.00	0.00	0.00	97%	91%	89%	0.00	0.00	0.00	83%	88%	86%
Modal	Mode	300	0.023544	0.00	0.00	0.00	97%	91%	89%	0.00	0.00	0.00	83%	88%	86%

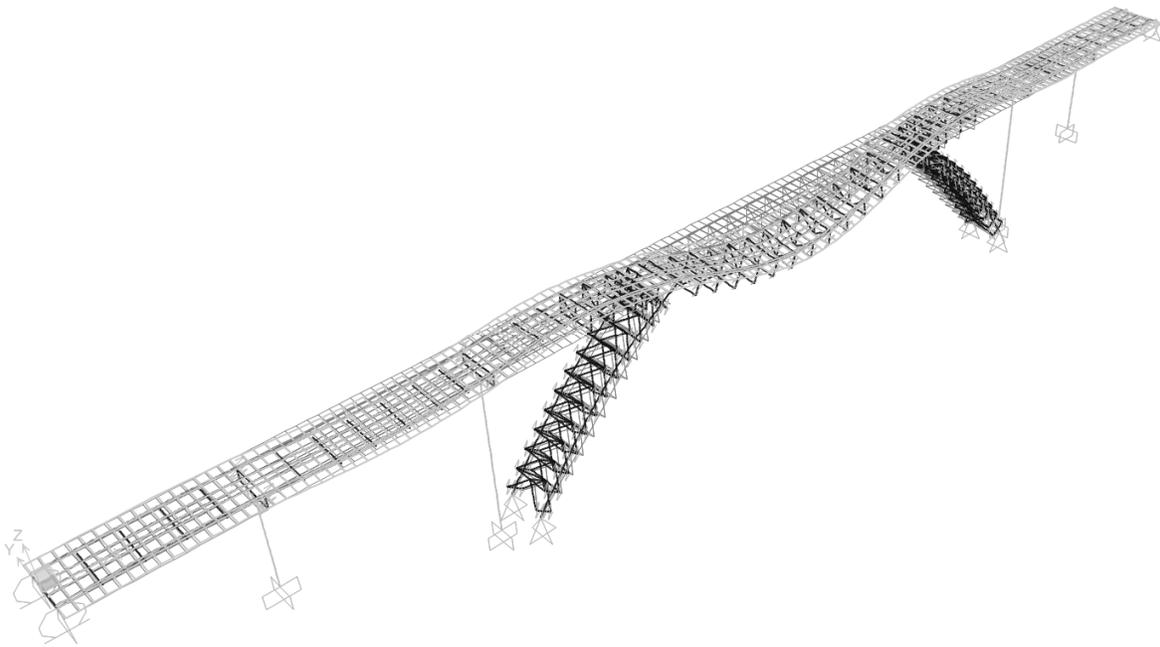
AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico



Deformata - 1° Modo $T= 1.489$ s



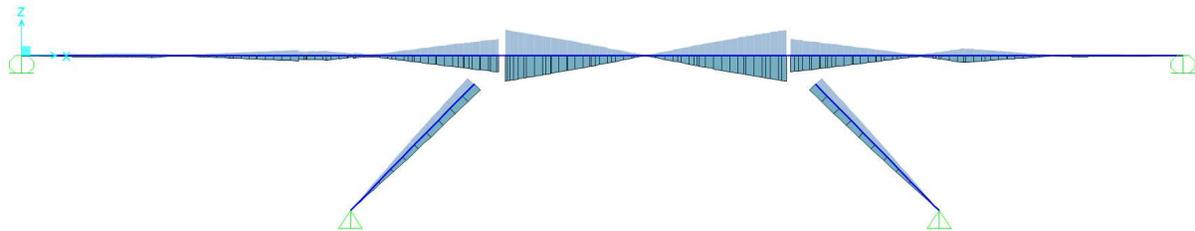
Deformata - 4° Modo $T= 0.938$ s



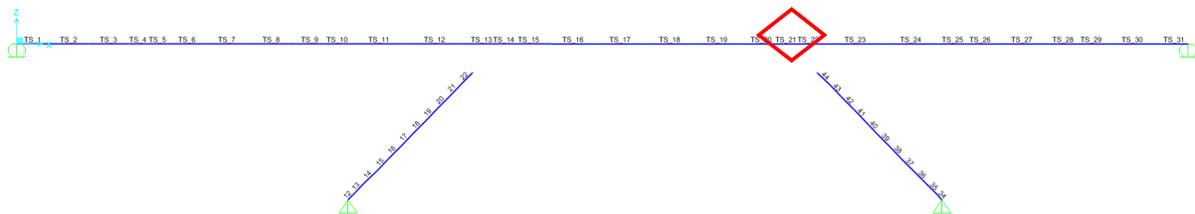
Deformata - 5° Modo $T=0.476$ s

Nb: il Modo 2 e 3 interessa prevalentemente la massa delle pile

7.2.2 Sollecitazioni



Sollecitazioni di involucro – Momenti Flettenti

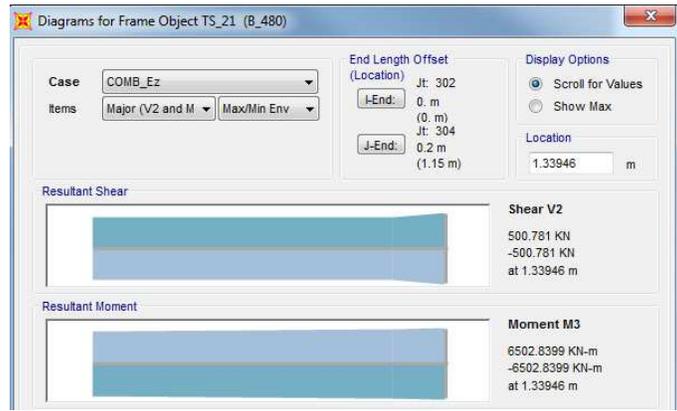
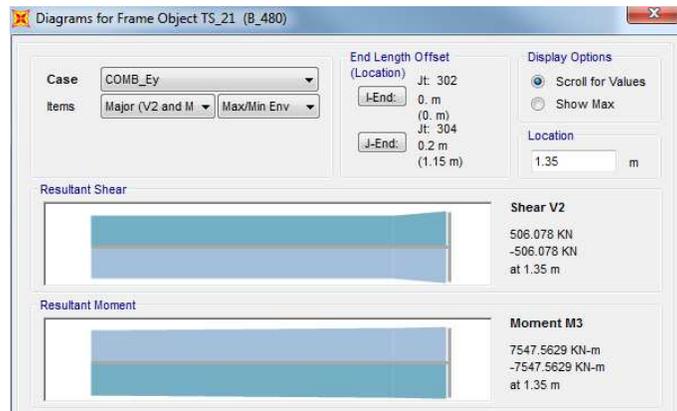
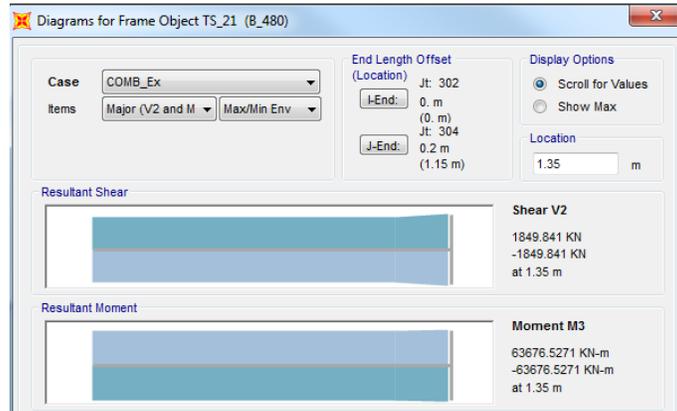


Numerazione Frames

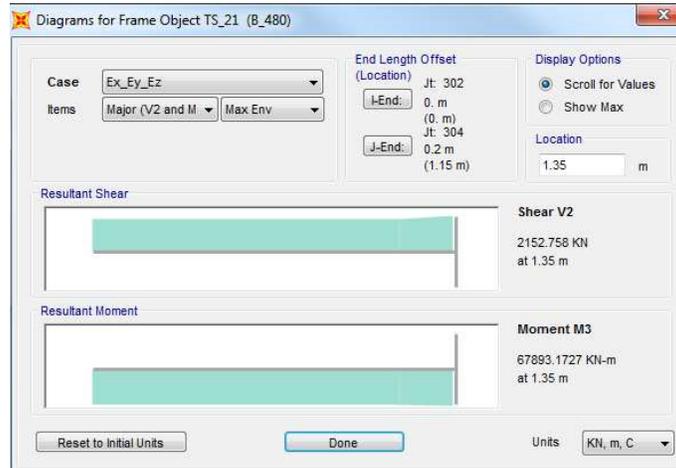
AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

Si riportano le sollecitazioni in condizioni sismiche relative a Ex, Ey, Ez e all’inviluppo nelle combinazioni sismiche per l’asta TS_21 (Sezione trave impalcato di incastro su stampella).

$$\pm Ex \pm 0.3Ey \pm 0.3Ez \qquad \pm 0.3Ex \pm Ey \pm 0.3Ez \qquad \pm 0.3Ex \pm 0.3Ey \pm Ez$$



AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico

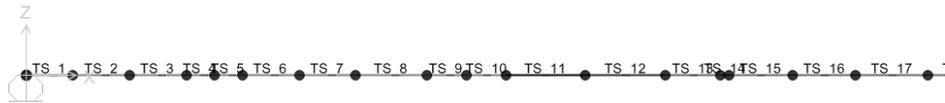
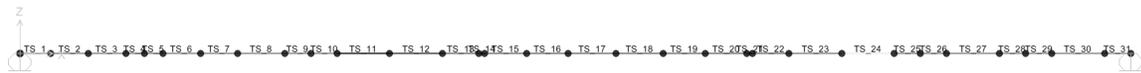


Sollecitazioni di involucro

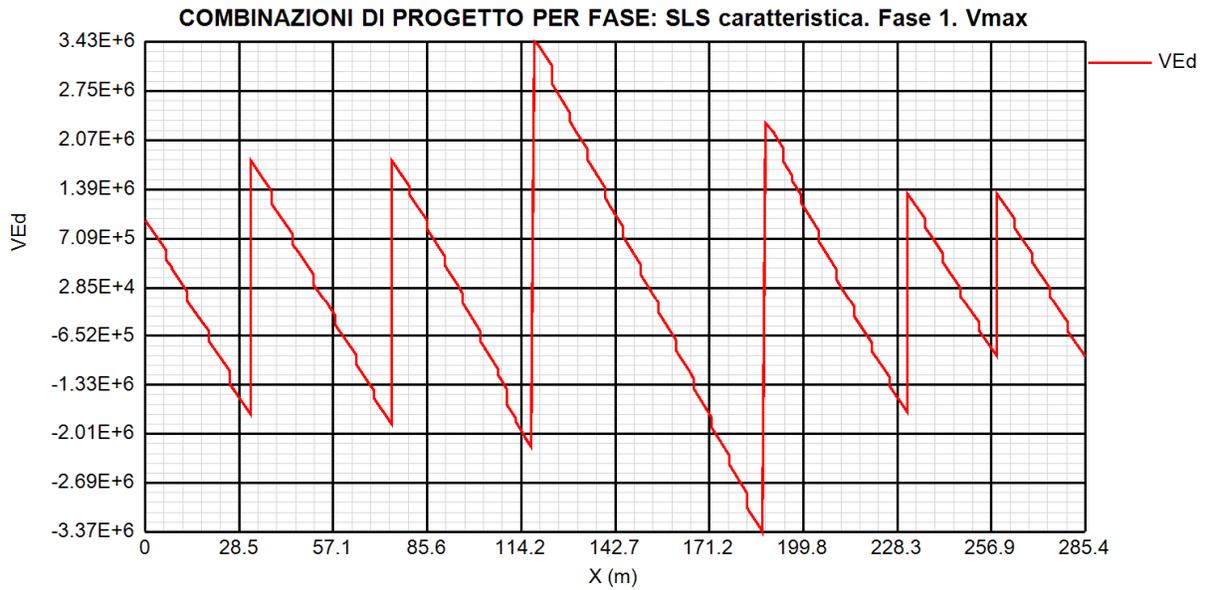
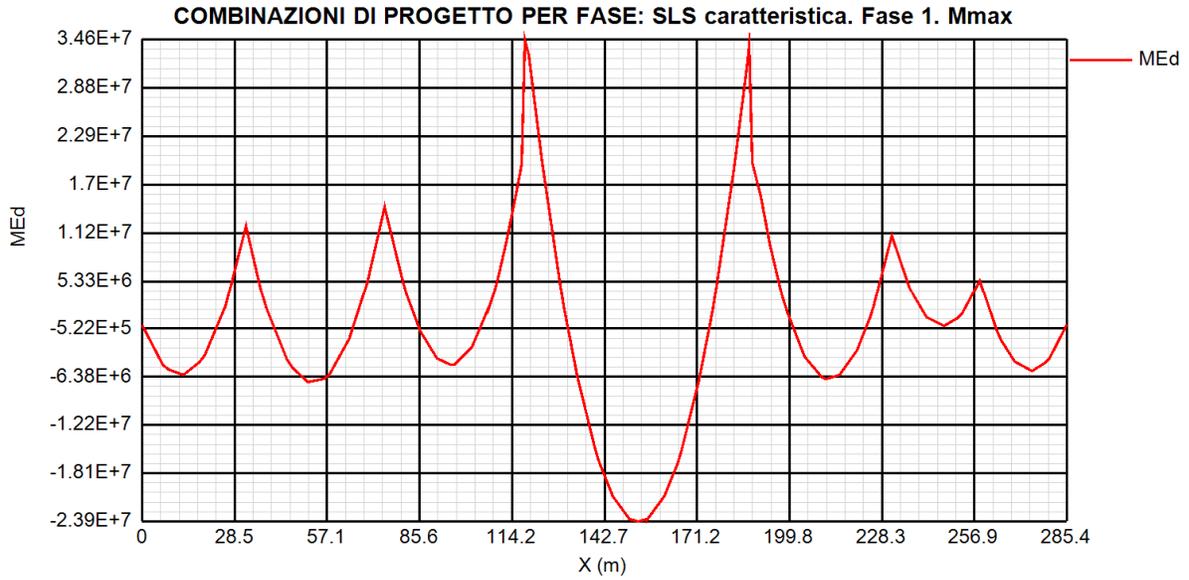
7.3. Sollecitazioni travi

A valle dell'analisi strutturale, effettuate per le singole azioni caratteristiche, vengono eseguiti gli involuppi e le combinazioni di carico pertinenti ai vari scopi, rispettivamente per max/min V e max/min M.

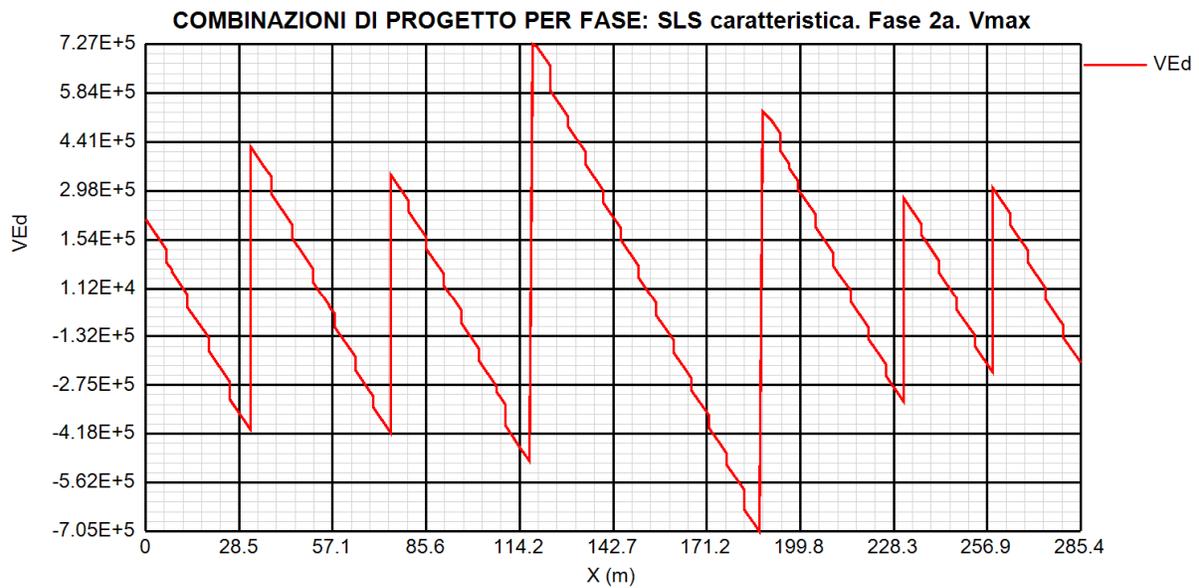
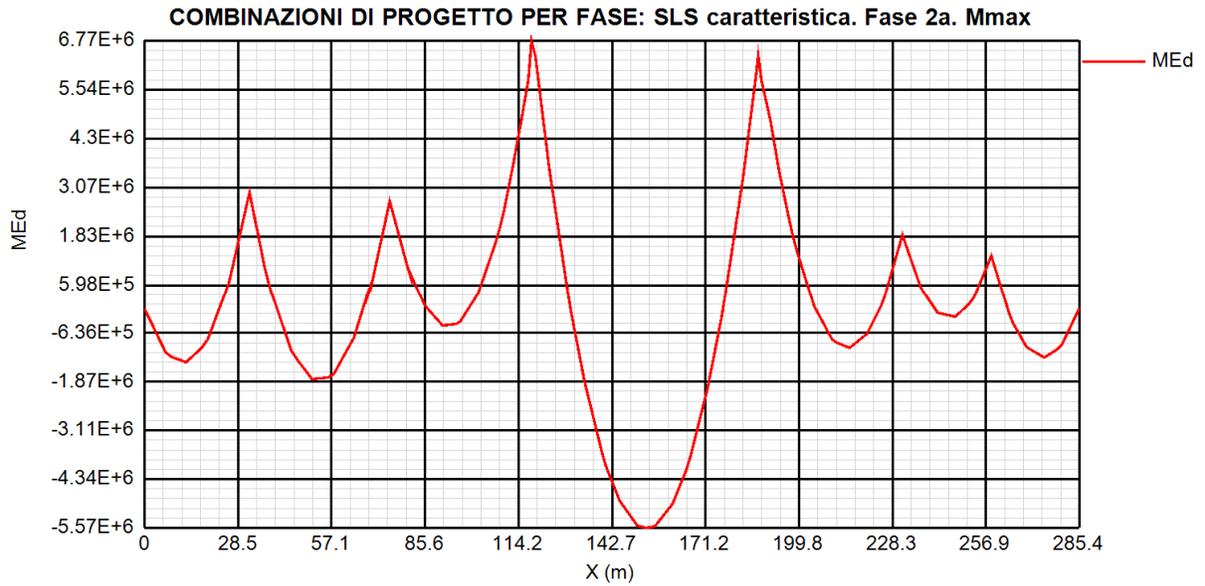
Nel seguito si riportano i diagrammi delle sollecitazioni della travata SX organizzati per involuppi di progetto.



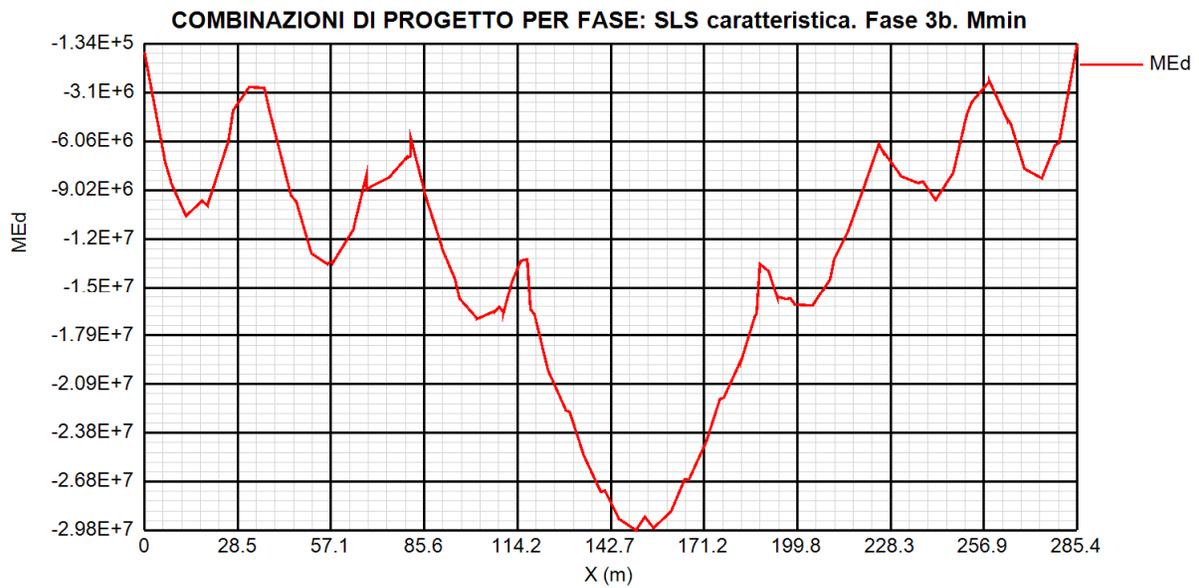
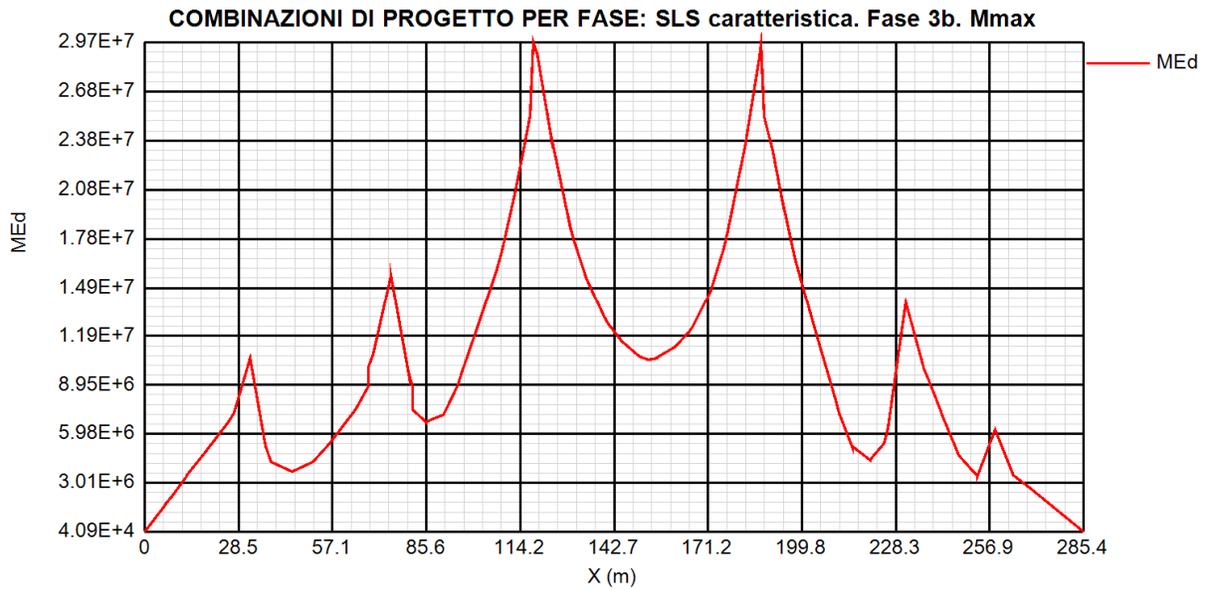
7.3.1 Sollecitazioni impalcato per fasi in condizioni statiche



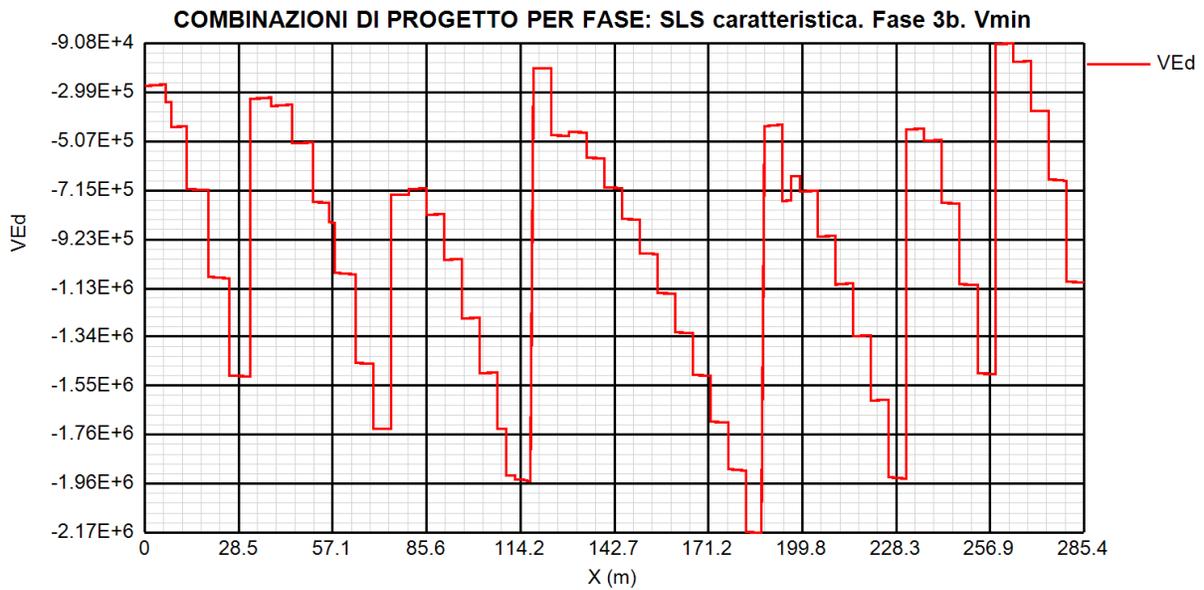
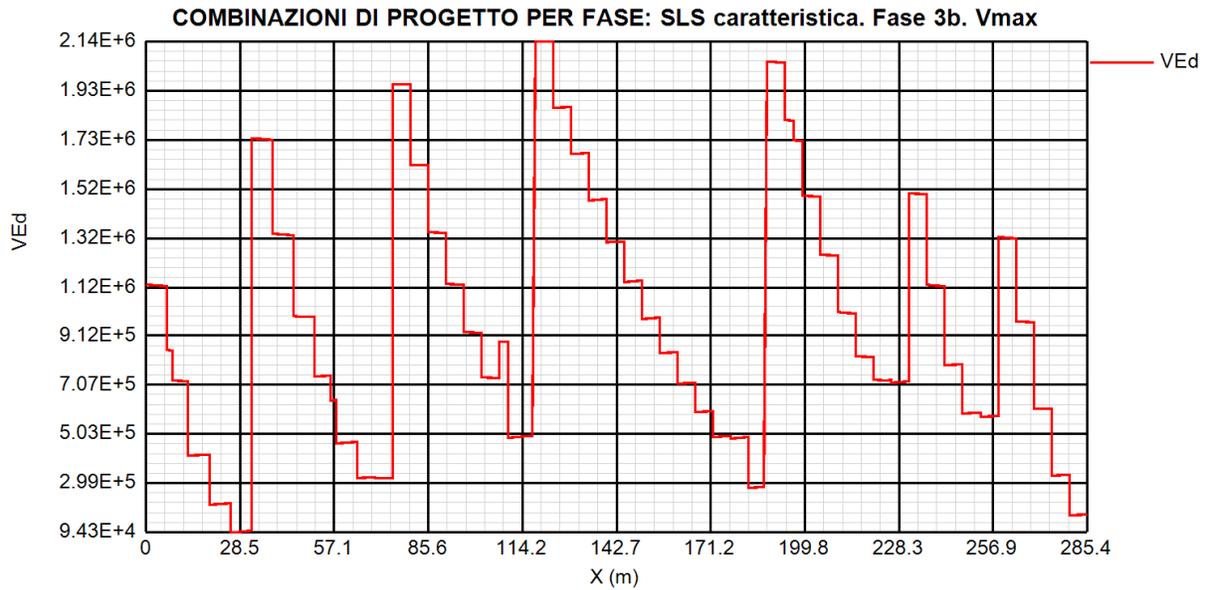
AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico



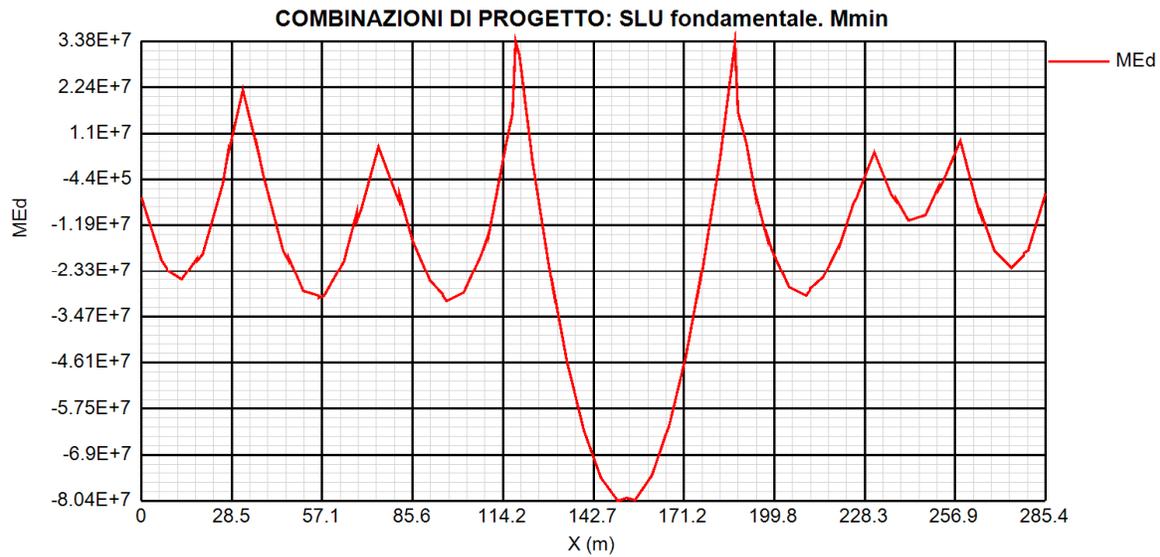
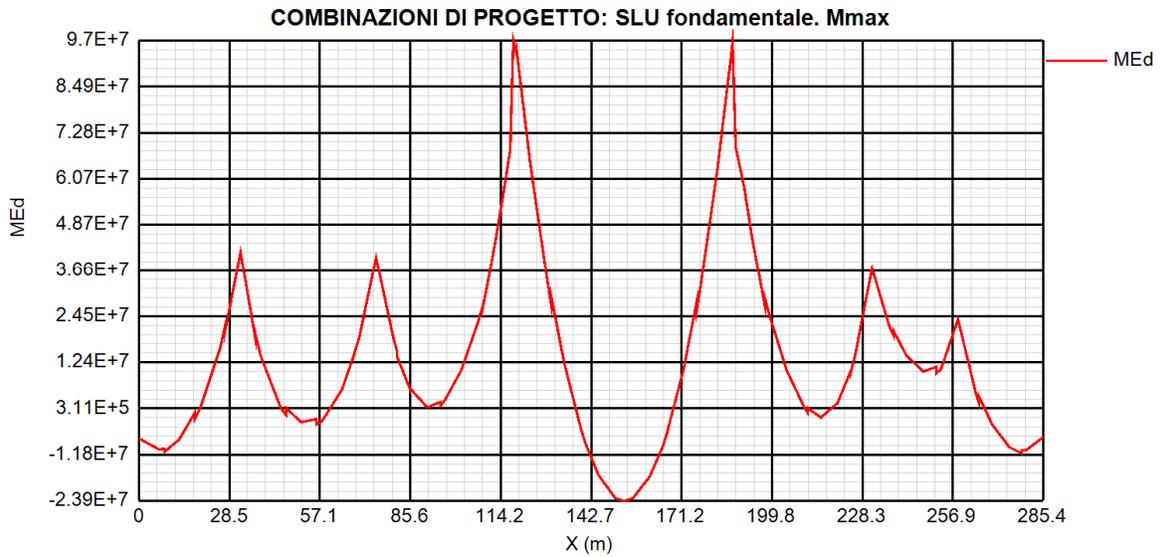
AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico



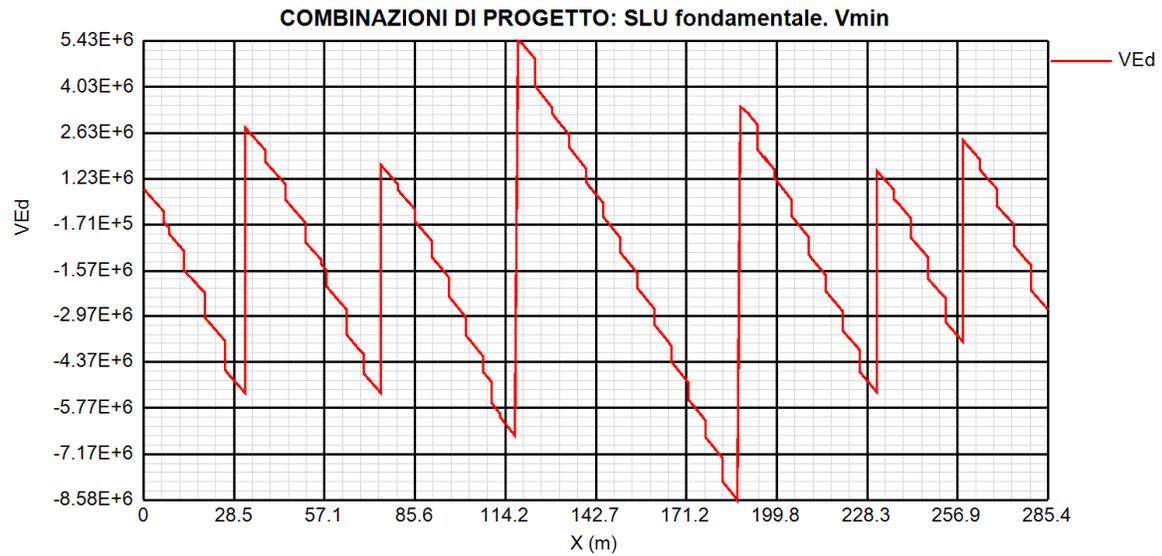
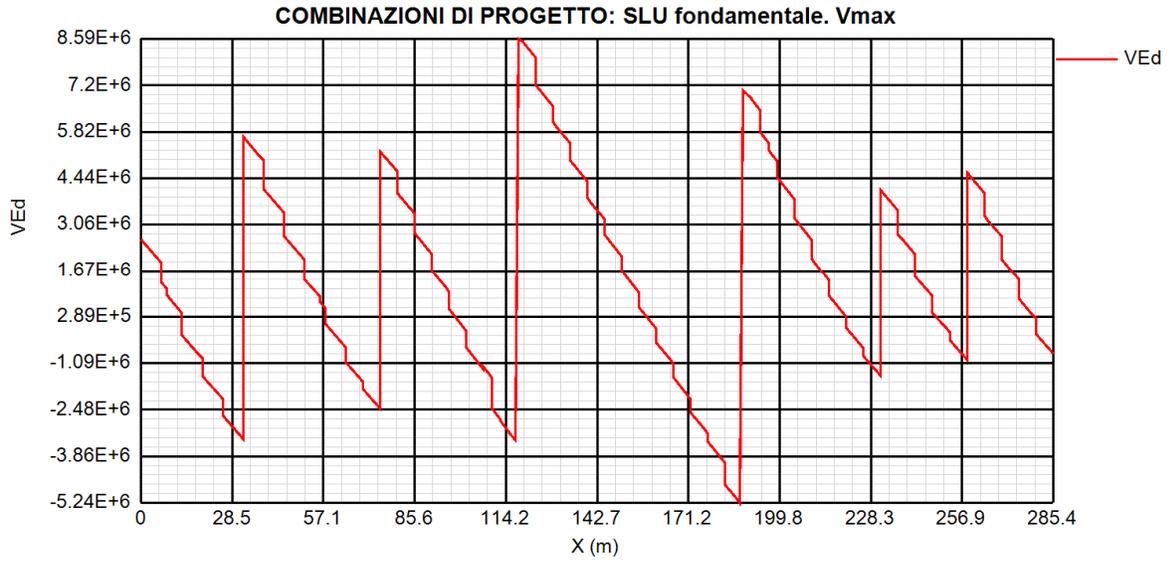
AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico



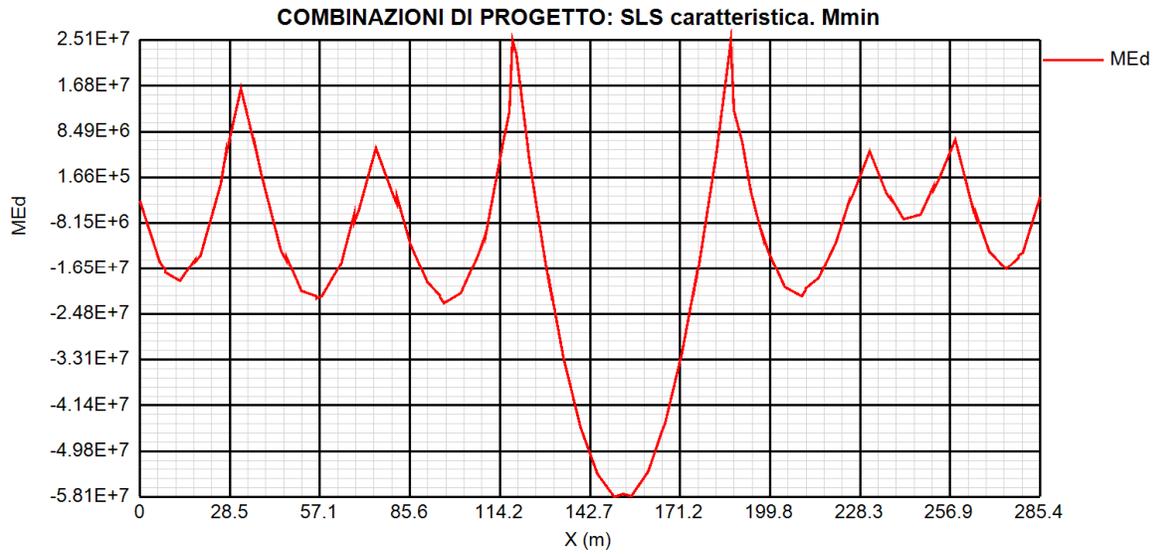
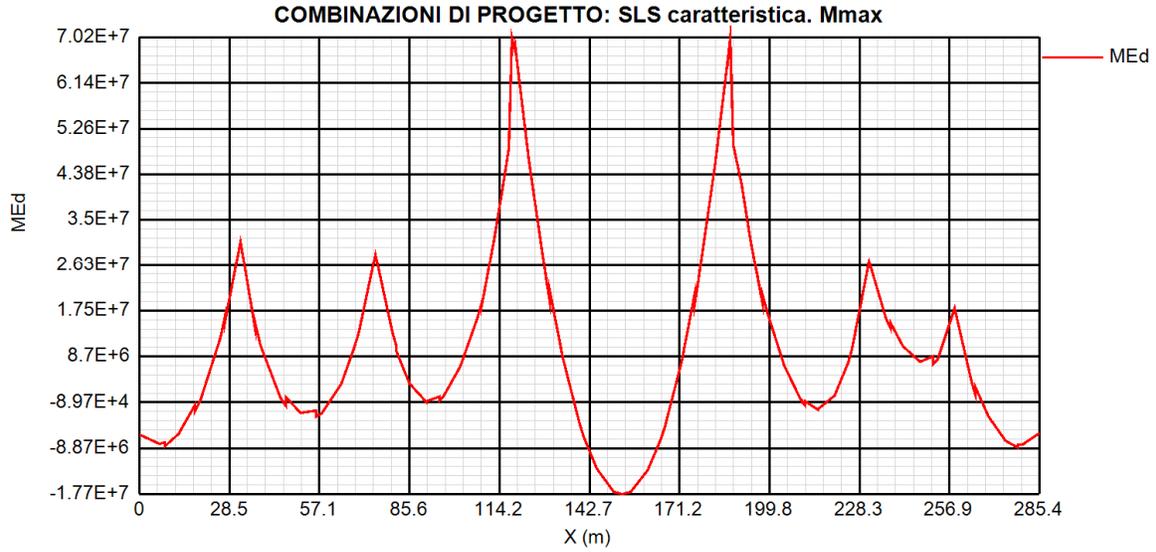
7.3.2 SLU fondamentale. Mmax e Mmin



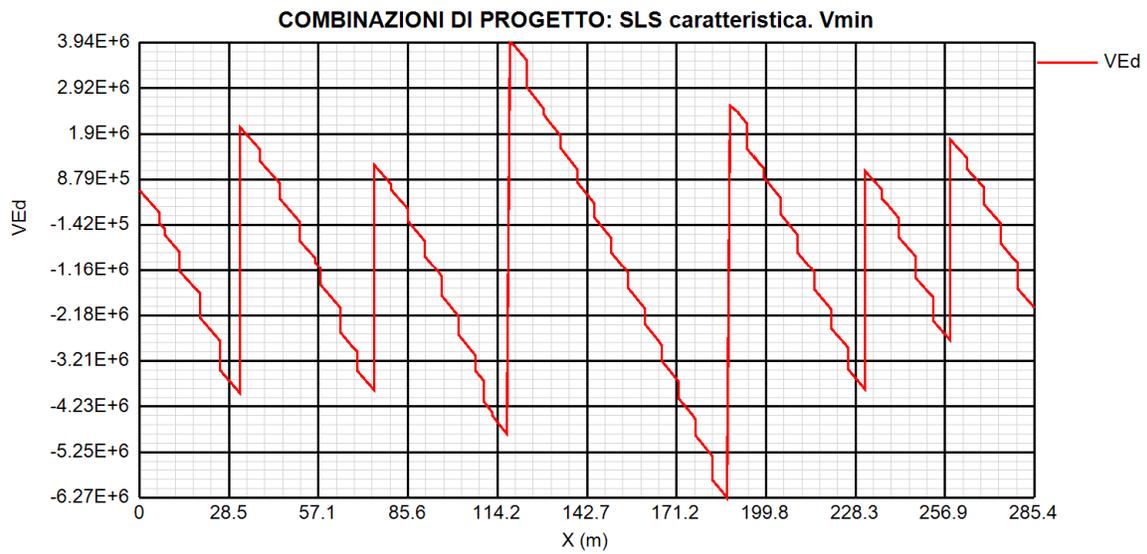
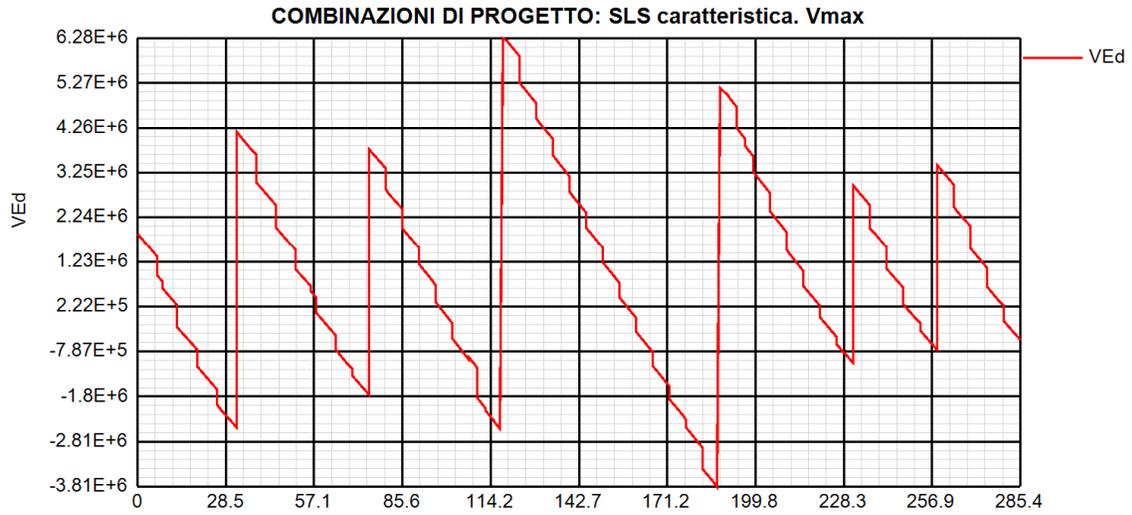
7.3.3 SLU fondamentale. Vmin-max



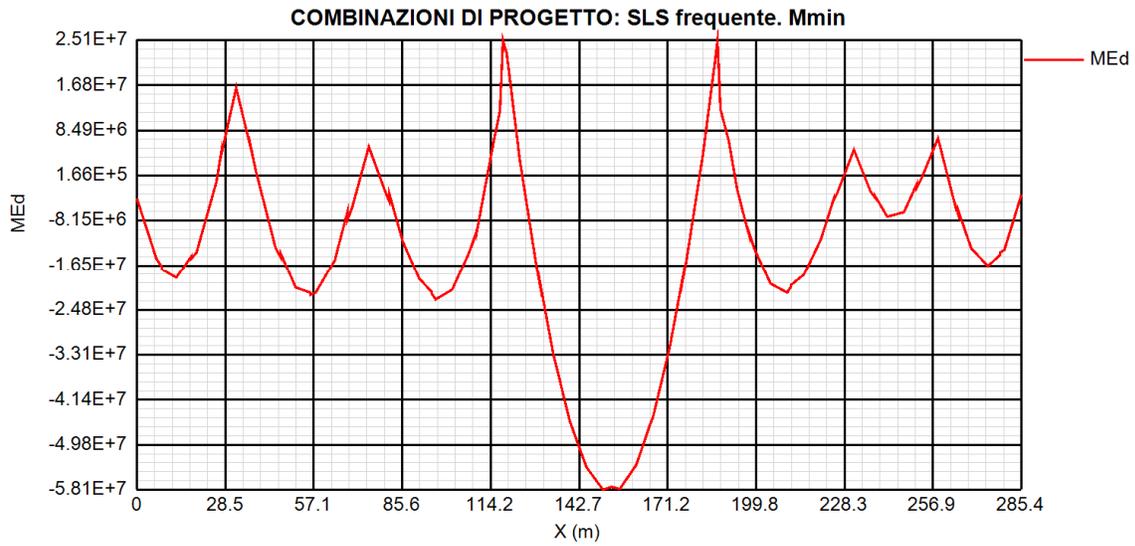
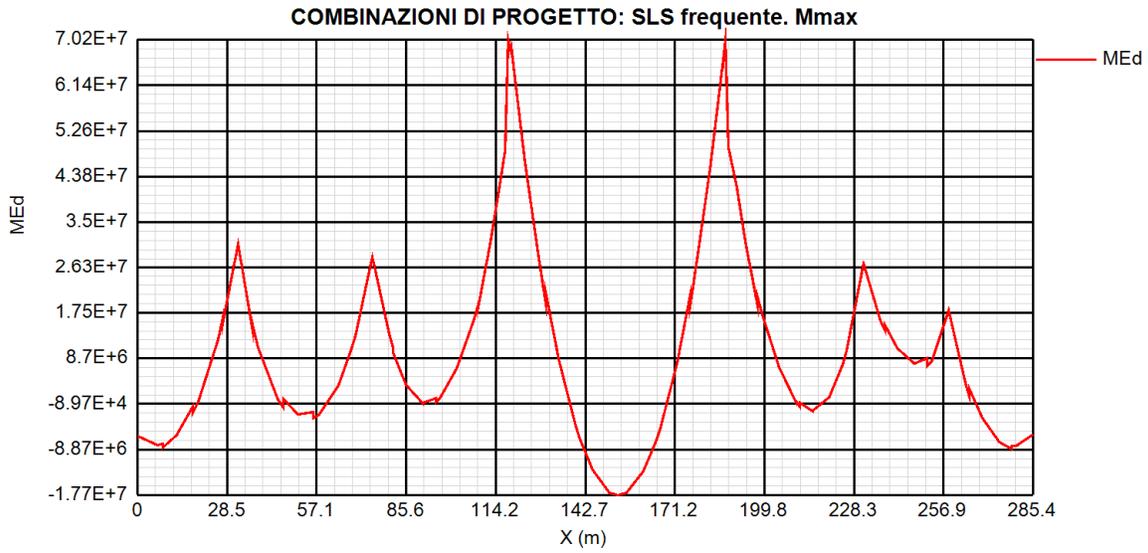
7.3.4 SLS caratteristica.Mmax e Mmin



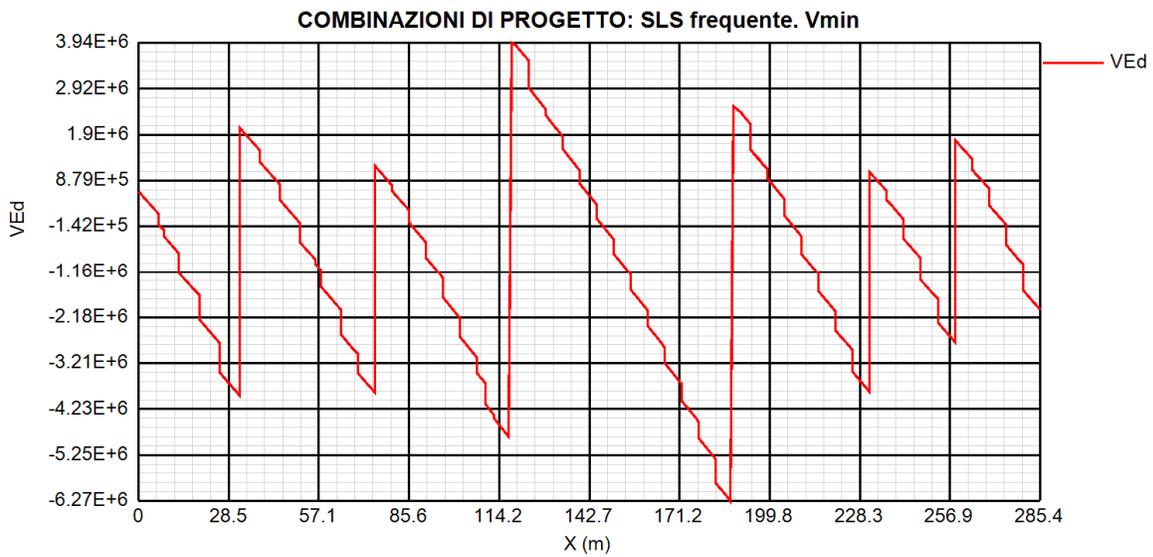
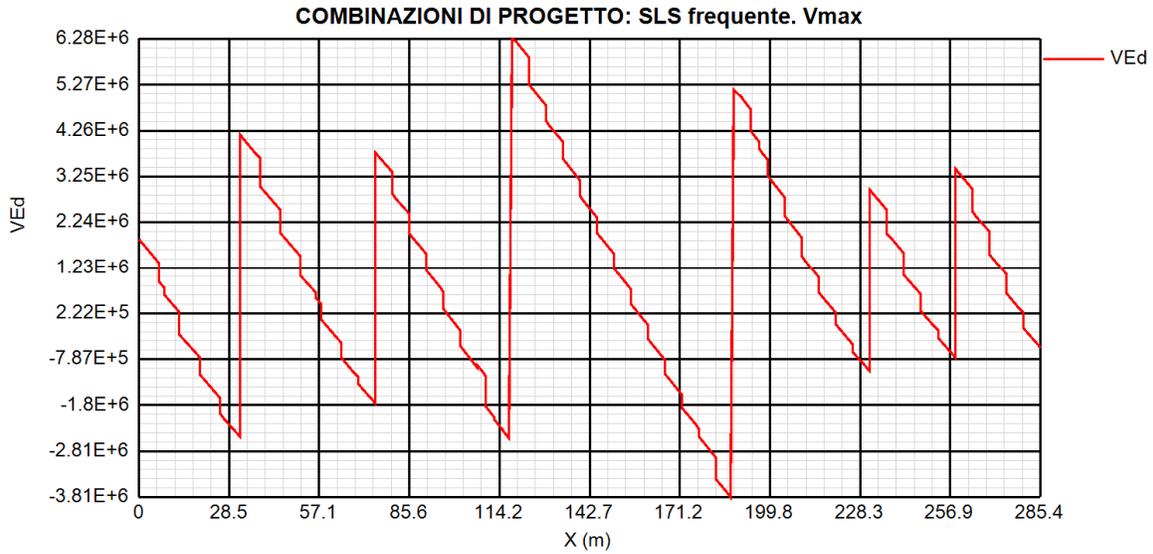
7.3.5 SLS caratteristica. Vmax e Vmin



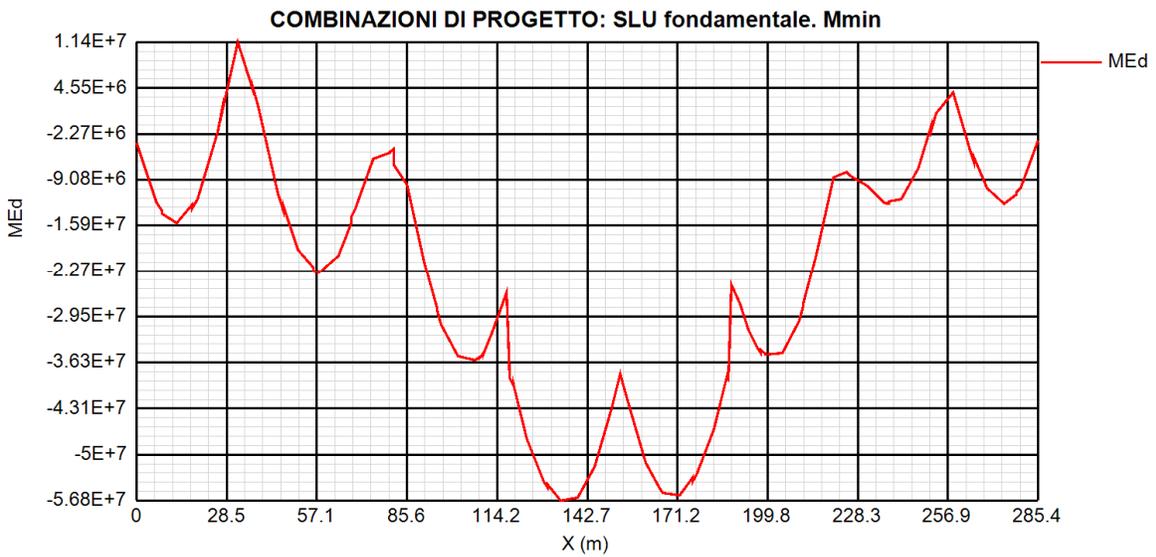
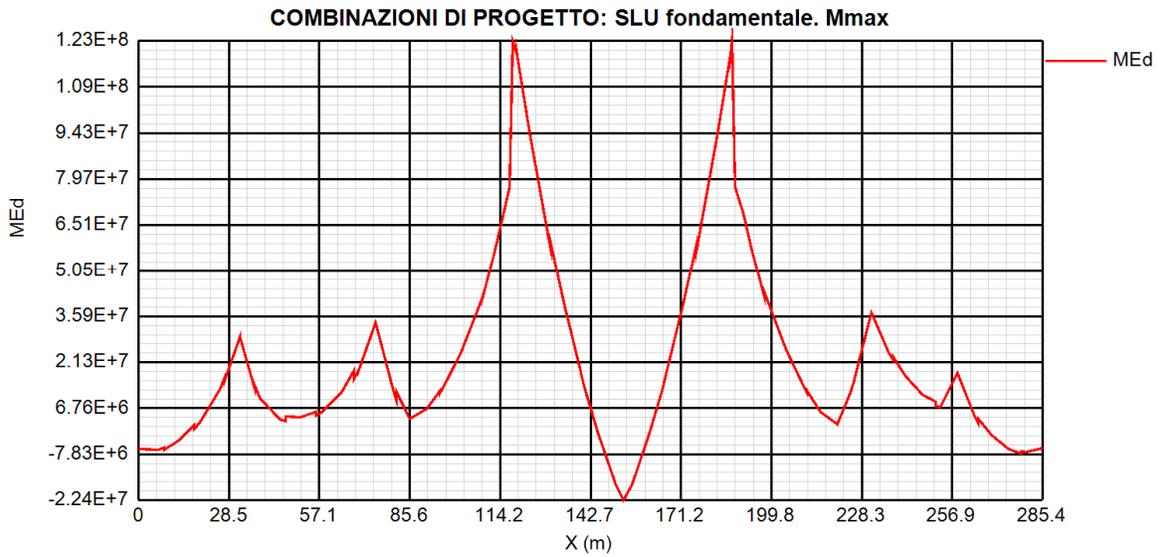
7.3.6 SLS frequente. Mmax e Mmin



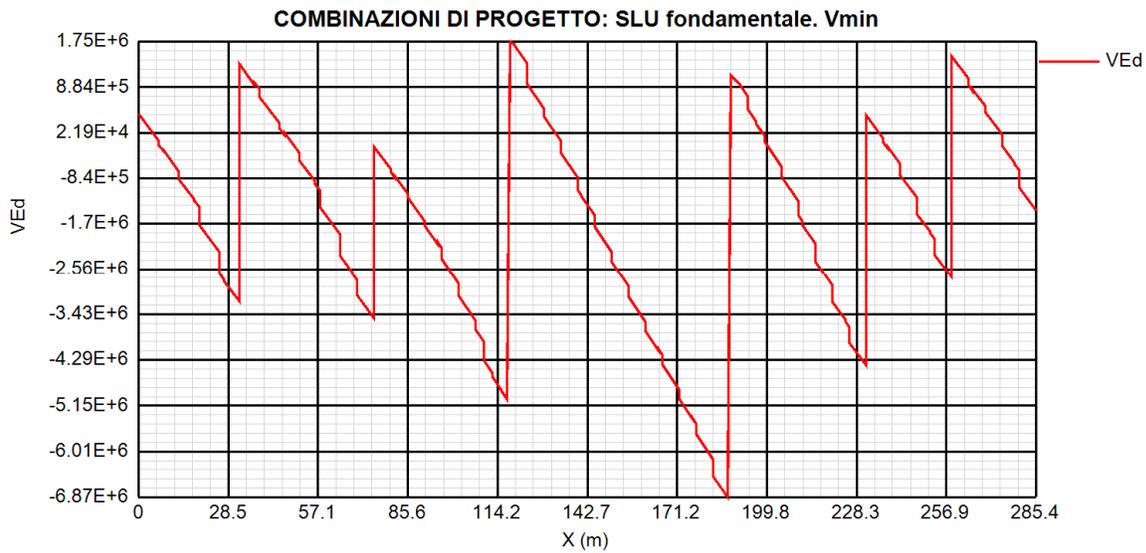
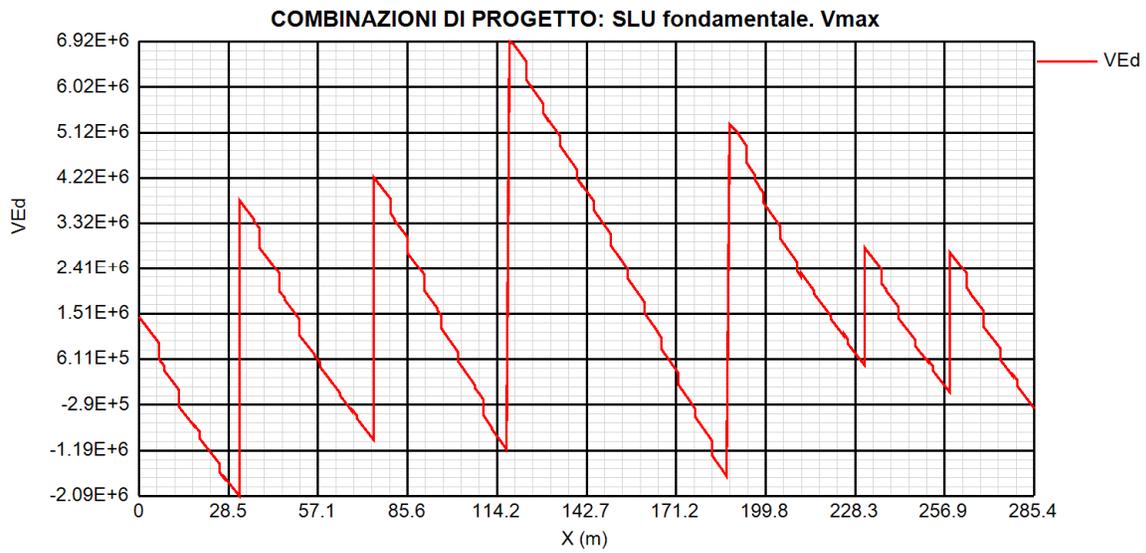
7.3.7 SLS frequente. Vmax e Vmin



7.3.8 SLV fondamentale. Mmax e Mmin



7.3.9 SLU fondamentale. Vmin-max



8. VERIFICHE DI RESISTENZA

8.1. Travi principali

8.1.1 Generalita’

I criteri per la verifica della resistenza delle sezioni (cross section checks) sono contenuti in NTC-08 cap 4.2., 4.3 e relative istruzioni. Si rileva una perfetta coincidenza con quanto contenuto in Eurocodice, attraverso l'applicazione del relativo N.A.D. (rif. EN 1993-1-1, EN1993-1-5, EN 1993-2, EN1994-1-1, EN 1994-2).

Nel prosieguo si farà riferimento puntuale a quest'ultimo testo, caratterizzato da una trattazione più omogenea, e da un riferimento più puntuale relativamente alle varie regole applicative.

Nell'ambito dei vari S.L. considerati, si effettuano, a livello sezionale, le seguenti verifiche:

S.L.U.

resistenza delle sezioni (incluse verifiche di local buckling)

flange induced buckling

S.L.E.

limitazione delle tensioni

web breathing

Fatica

verifica dell'ampiezza dell'escursione delle tensioni , con impiego del metodo dei coefficienti λ .

I medesimi S.L. verranno esaminati, con le medesime modalità generali, per la verifica della connessione trave-soletta.

Il complesso delle precedenti verifiche viene effettuato in automatico dal programma "Ponti EC4" per tutte le sezioni del viadotto, indicate nei paragrafi iniziali. Nel seguito vengono esposte in dettaglio le modalità operative attraverso il commento della reportistica delle sezioni più significative prese a campione.

8.1.2 Slu – resistenza delle sezioni

Le verifica di resistenza delle sezioni allo S.L.U. viene effettuata attraverso i seguenti passaggi:

- Preclassificazione della sezione

Effettuata sulla base delle caratteristiche geometriche dei singoli sottocomponenti

- Analisi plastica

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

- Classificazione effettiva della sezione

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

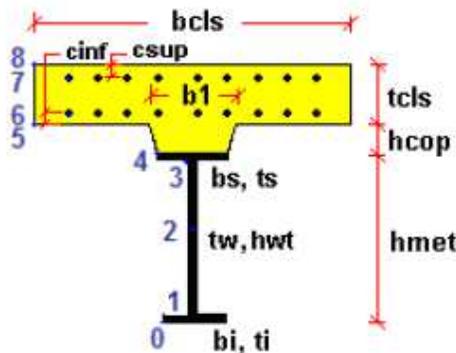
- Verifica a plastica a pressoflessione (sezioni cl. 1 e 2):

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

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

valutazione del massimo rapporto di sfruttamento elastico $\mu_{1,}$, effettuata rispettivamente per le sezioni in classe 3/4 con riferimento alle caratteristiche geometriche lorde/efficaci. Le caratteristiche geometriche efficaci vengono dedotte in maniera iterativa, tenendo conto delle flessioni parassite che nascono per effetto dell'eccentricità assunta dall'azione assiale di progetto causata dallo "shift" progressivo dell'a.n.e.

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



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

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

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

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

- Verifica a taglio - sezioni suscettibili di "shear buckling"

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

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

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

Un'ulteriore ipotesi cautelativa, riservata alla verifica di sezioni in classe 3-4, è l'utilizzo sistematico del rapporto di sfruttamento elastico η_1 in luogo di quello plastico $\bar{\eta}_1$, indipendentemente dall'andamento delle tensioni lungo l'anima (a rigore la EN 1993-1-5, cap. 7.1.(4) e (5) prevede tale accortezza solo qualora l'anima risulta interamente in compressione). Inoltre in EN 1993-1-5 7.1 (2) è indicato che la verifica deve essere effettuata a distanza maggiore di $h_w/2$ dalla sezione di appoggio. In considerazione di queste ipotesi cautelative le verifiche di interazione si intendono soddisfatte anche se dovessero eccedere l'unità di qualche punto percentuale.

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

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

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

Si rileva che la disequaglianza associata alla formula di interazione presentata poco sopra, evidenzia implicitamente che la formula non è applicabile (non vi è interazione) qualora il momento di progetto sia minore di quello sopportabile dalle sole flange.

Per sezioni in classe 3-4, il momento di progetto M_{Ed} viene valutato sulla base degli stress cumulati nella fibra più sollecitata ($M_{Ed,eq} = \max | W_{xi} * \Sigma \sigma_{x,i} |$).

A seguire si riporta lo sviluppo delle verifiche nelle sezioni più significative, tramite le singole tabelle prodotte dalla procedura PontiEC4. Per tutte le altre sezioni si indicheranno in forma grafica e tabellare i coefficienti di utilizzo.

8.1.3 Verifiche delle sezioni

Il programma effettua sistematicamente il set di verifiche per le quattro condizioni fondamentali M_{max} , M_{min} , V_{max} e V_{min} , sulla base delle sollecitazioni di progetto S.L.U. esportate direttamente, nell'ambito di ciascuna "fase", dal modello ad elementi finiti.

8.1.4 Riepilogo coefficienti di sfruttamento

I grafici restituiscono l'output sintetico delle verifiche del programma Ponti EC4, contenenti, per ciascuna sezione e per ciascuna condizione esaminata, i seguenti risultati, rispettivamente scaturiti dall'analisi a lungo termine (LT) e dall'analisi a breve termine (ST):

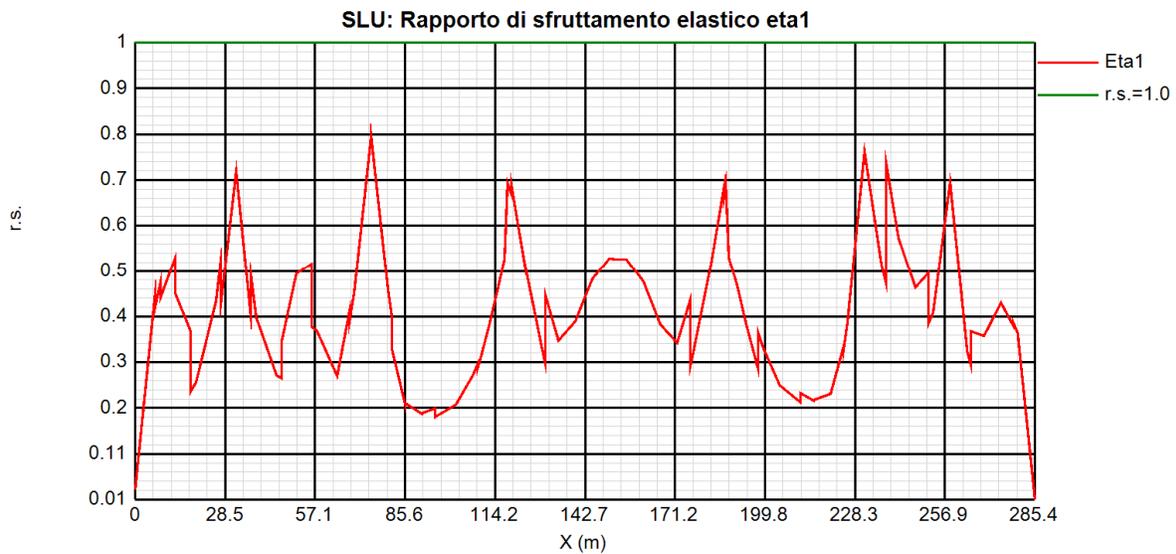
- classificazione della sezione in fase 1
- classificazione della sezione in fase finale
- $\eta_1 = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}$ rapporto di sfruttamento plastico per tensioni normali
- $\eta_1 = \frac{\sigma_{Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}$ rapporto di sfruttamento elastico per tensioni normali
- $\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}}$ rapporto di sfruttamento a taglio
- $\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}}$ rapporto di sfruttamento interno della sezione (aliquota di ME portata dalle sole flange)
- $\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}}$ rapporto di sfruttamento plastico a taglio
- V/M/N rapporto di sfruttamento per azione combinata M/N/V

Si evidenzia che sia l'analisi plastica, sia l'analisi elastica vengono effettuate sistematicamente dal programma, indipendentemente dalla classificazione della sezione.

Pertanto, nell'ambito dell'esposizione dei vari rapporti di sfruttamento, verranno indicati tra parentesi:

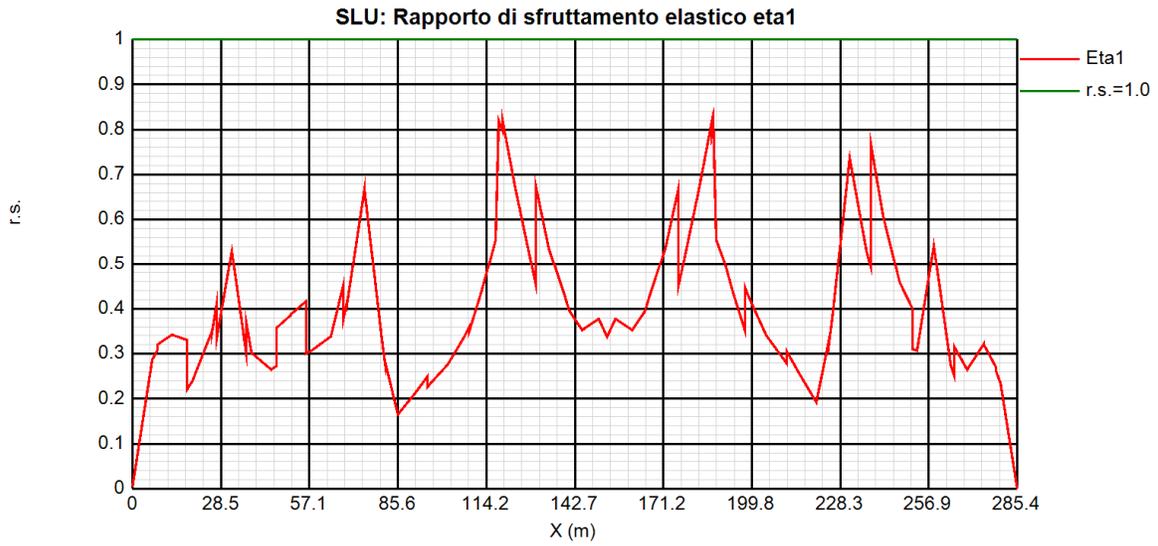
- il rapporto di sfruttamento elastico per tensioni normali, quando riferito a sezioni di classe 1-2 (valore non significativo).
- Il rapporto di sfruttamento plastico per tensioni normali, quando riferito a sezioni di classe 3-4 (verifica plastica non applicabile)

Nelle pagine seguenti si riportano in forma grafica i risultati principali.

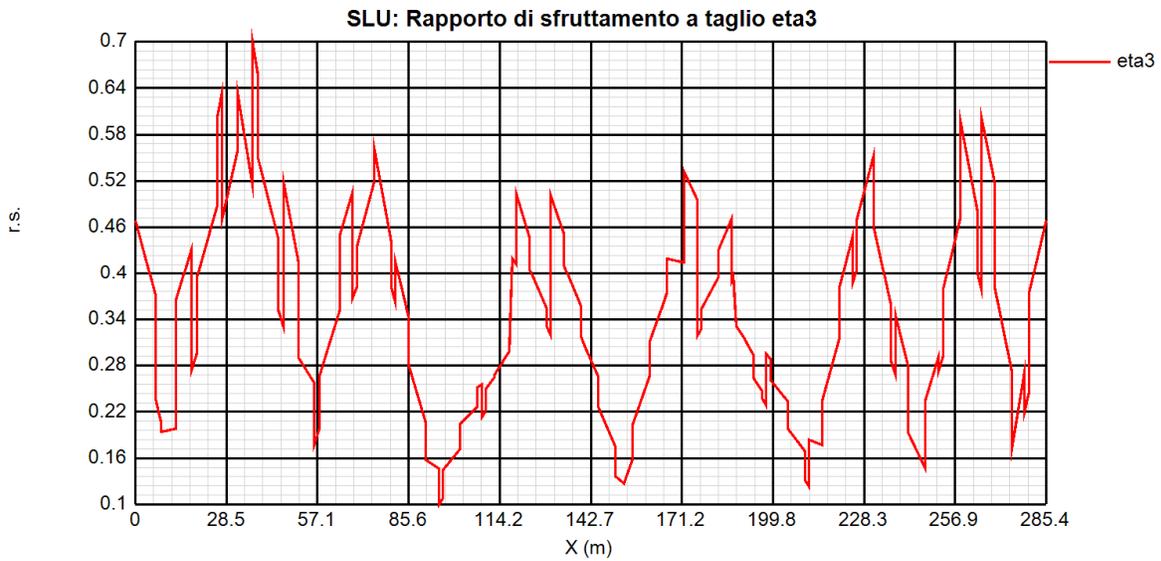


η_1 per sezioni in classe 3 e 4, $\bar{\eta}_1$ per sezioni in classe 1 e 2 (Mmax, Mmin, Vmax, Vmin)

combinazione SLU

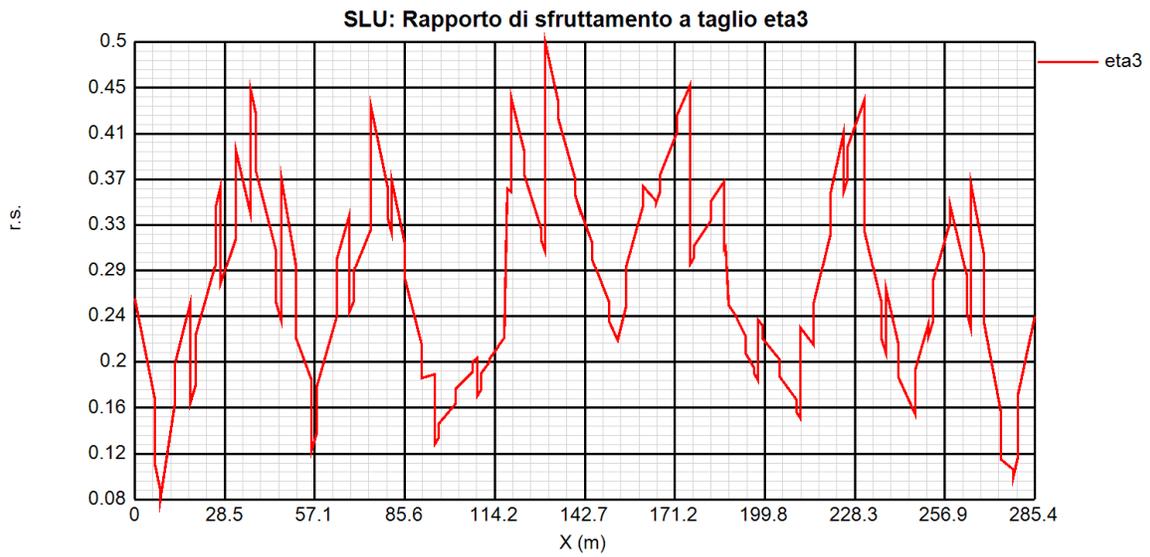


η_1 per sezioni in classe 3 e 4, $\bar{\eta}_1$ per sezioni in classe 1 e 2 (Mmax,Mmin,Vmax, Vmin)
combinazione SLV



$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}}$ rapporto di sfruttamento a taglio – combinazione SLU

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico



$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \quad \text{rapporto di sfruttamento a taglio – combinazione SLV}$$

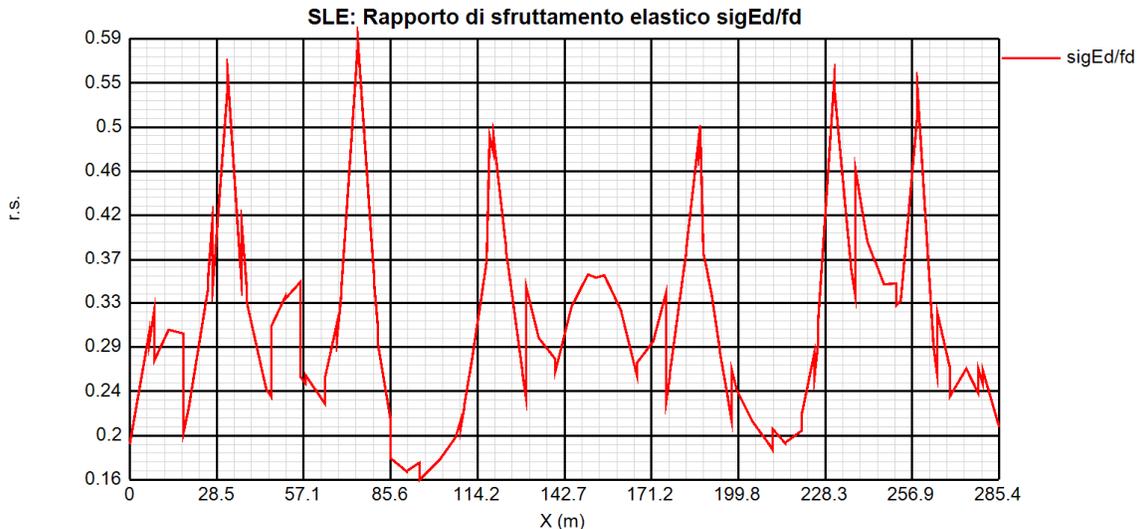
8.1.5 Sle – limitazioni delle tensioni

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

Il programma Ponti EC4, procede al calcolo del rapporto di sfruttamento dei vari componenti (acciaio, calcitruczo ed armature) delle sezioni esaminate nelle condizioni Mmax/min e Vmax/min.

8.1.6 Riepilogo dei coefficienti di sfruttamento

Il grafico riporta il riepilogo dei coefficienti di sfruttamento rilevati nelle sezioni di verifica per le varie condizioni esaminate. Come si può notare, i rapporti di sfruttamento calcolati appaiono soddisfacentemente al di sotto dell'unità. Si riporta una rappresentazione grafica dei coefficienti massimi di sfruttamento.



$$\eta_1 = \frac{\sigma_{Ed}}{f_y / \gamma_{Mserv}} \quad \text{rapporto di sfruttamento elastico per tensioni normali}$$

8.1.7 S.L.E. – “web breathing”

La verifica è volta alla limitazione della snellezza dei singoli pannelli e sottopannelli. I criteri di verifica sono contenuti nelle istruzioni a NTC-08, cap. 4.2.4.1.3.4, che rimandano a EN 1993.2, cap. 7.4.

Tra i metodi proposti, si sceglie quello più rigoroso, comprendente la verifica diretta della stabilità dei sottopannelli, consistente nel confronto del quadro tensionale indotto dalla combinazio-

ne S.L.E. frequente, rappresentando da $\sigma_{x,Ed,ser}$ e $\tau_{xy,Ed,ser}$, con le tensioni normali e tangenziali critiche del pannello, mediante la relazione (cfr. 1993-2 cap. 7.4.(3)):

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

In cui:

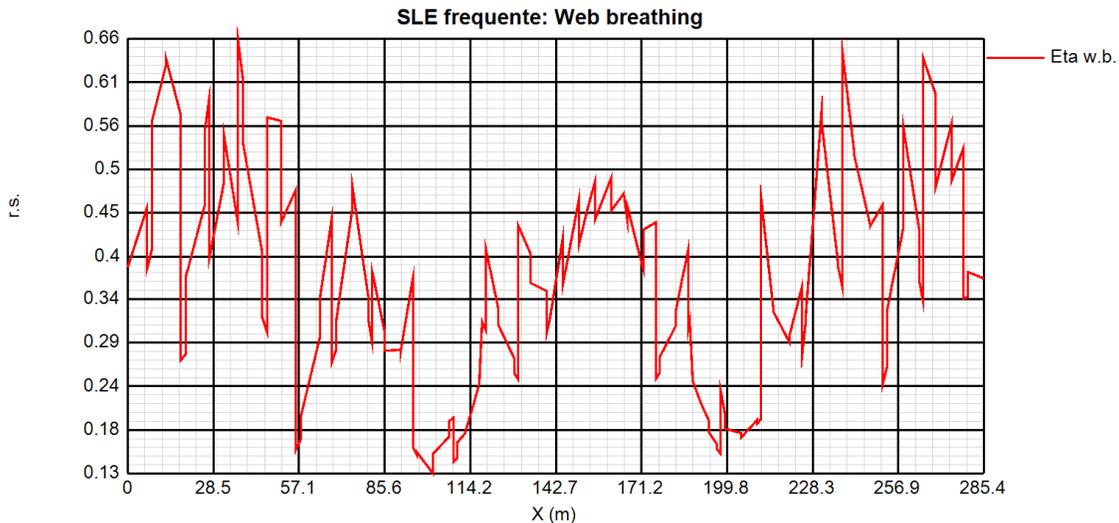
$\sigma_E = 186200(t/h)^2$ tensione critica Euleriana

k_{σ}, k_{τ} = coefficienti di imbozzamento per tensioni normali e per taglio, funzione della geometria e stato di sforzo del pannello.

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

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

Come testimoniato dalla presenza di coefficienti di sicurezza inferiori a 1.1, le verifiche appaiono in tutti i casi soddisfatte. Si riporta di seguito il grafico dei coefficienti di utilizzo a web breathing.



Coefficiente di sfruttamento a web breathing

9. VERIFICA CONNESSIONE TRAVE SOLETTA

9.1.1 Generalità

Le specifiche relative al detailing della connessione trave-soletta sono contenute in NTC-08, 4.3.4.1.2 e C.4.3.4. delle relative istruzioni; per quanto riguarda i riferimenti Eurocodice, i cui contenuti sono perfettamente identici, si fa riferimento a EN 1994-1 e EN 1994-2. Le piolature adottate sono tutte a completo risprino di resistenza.

Il ciclo di verifica delle piolature comprende i seguenti passi:

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

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

$$v_{L,Ed}(x) = V_{Ed}(x) S/J$$
$$v_{L,Ed}^{ULS} \leq 1.1 N_i/l_i P_{Rd}$$

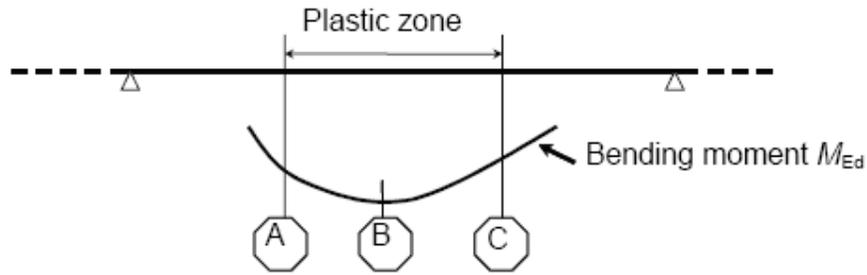
In cui S e J sono univocamente definite sulla base delle caratteristiche "uncracked"

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

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

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

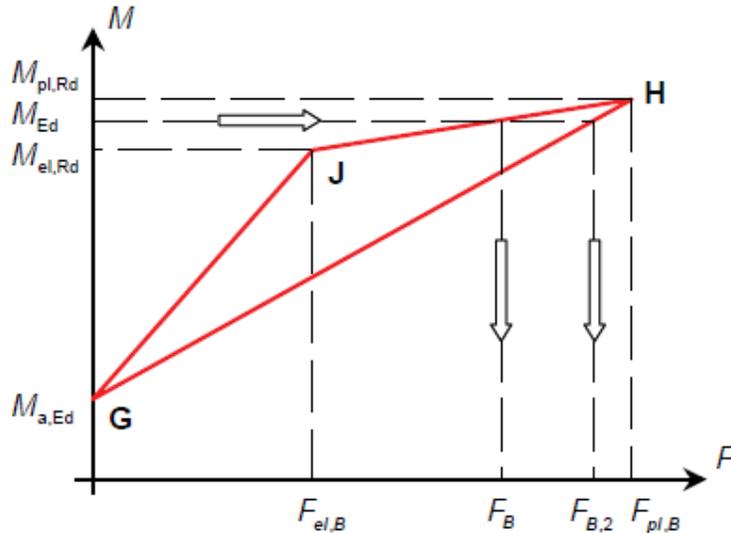
Il calcolo viene effettuato individuando, propedeuticamente, la regione entro la quale le sezioni attingono alle proprie risorse extra-elastiche. Tale regione (simmetrica nel caso in esame), è schematicamente rappresentata dai due punti di boundary A e C e dal punto di minimo momento (mezzeria) indicati nello schema seguente. I punti di boundary sono individuate dalle sezioni nelle quali la massima tensione è pari allo snervamento del materiale.



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

L'azione assiale insistente ai confini della zona plastica (punti A / B) è pari all'integrale delle tensioni rilevate lungo la soletta in calcestruzzo.

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



Si indica con:

- $M_{a,Ed}$ momento flettente agente sulla sola trave metallica
- $M_{el,Rd}$ momento flettente elastico
- M_{Ed} momento flettente di progetto
- $M_{pl,Rd}$ momento plastico della sezione

$F_{el,B}$ azione assiale agente nella soletta, al raggiungimento del momento elastico (N_B)

Il diagramma è caratterizzato dai seguenti punti notevoli:

G punto corrispondente al momento flettente della trave in fase 1

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

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

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

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

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

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

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

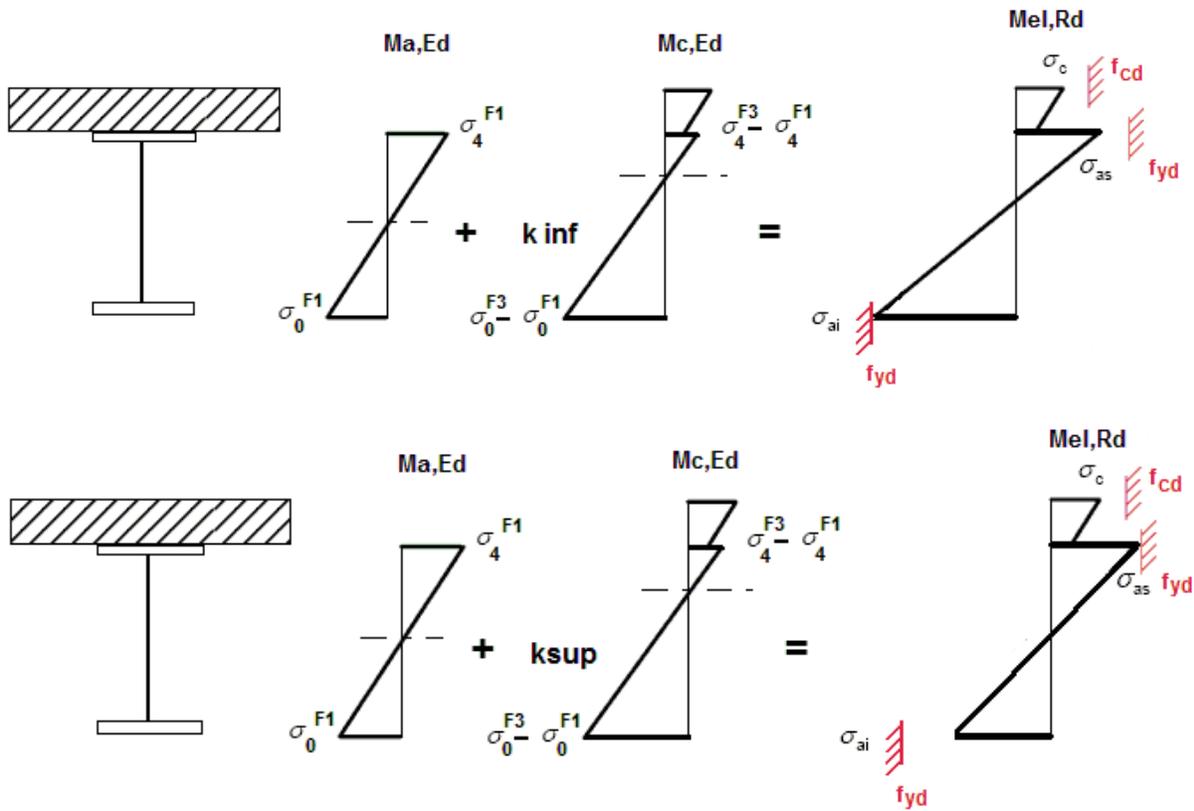
$$k = f_{yd} - \sigma_{ifl} / \Delta\sigma_i$$

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

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

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

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



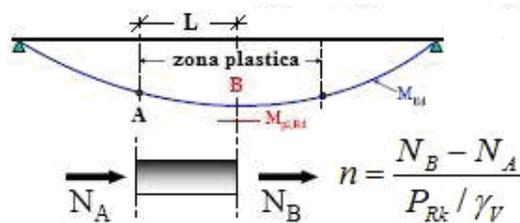
Quando la sezione è plasticizzata il coefficiente k risulta compreso fra 0 ed 1, e rappresenta il coefficiente moltiplicativo che riporta il diagramma di tensioni in fase 3 ad un diagramma al limite elastico.

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

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

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

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



- Verifica tensioni S.L.E.

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

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

$$v_{L,Ed}^{SLS} \leq N_i / I_i k_s P_{Rd}$$

- Verifica concentrazione scorrimenti per effetto del ritiro nelle zone di estremità trave

L'ammontare delle azioni di scorrimento per ritiro e variazione termica nelle zone di coda viene calcolato a partire dall'azione assiale indotta dalle relative deformazioni impresse nella soletta, assumendo una distribuzione costante del flusso per una lunghezza di trave assunta pari alla larghezza di soletta efficace (b_{eff}) in accordo a En 1994-2. 6.2.2.4 (3). Si ha quindi:

$$v_{L,Ed,max} = V_{L,Ed} / b_{eff}$$

essendo $V_{Ed} = N$ ritiro/ N termica

Per i pioli da inserire nella parte di travi di lunghezza b_{eff} , si ha:

$$n \text{ pioli} = v_{L,Ed,max} / P_{Rd}$$

Nella fattispecie si ha:

Effetti primari di ritiro e variazione termica.
(Solo per sezioni di estremità)

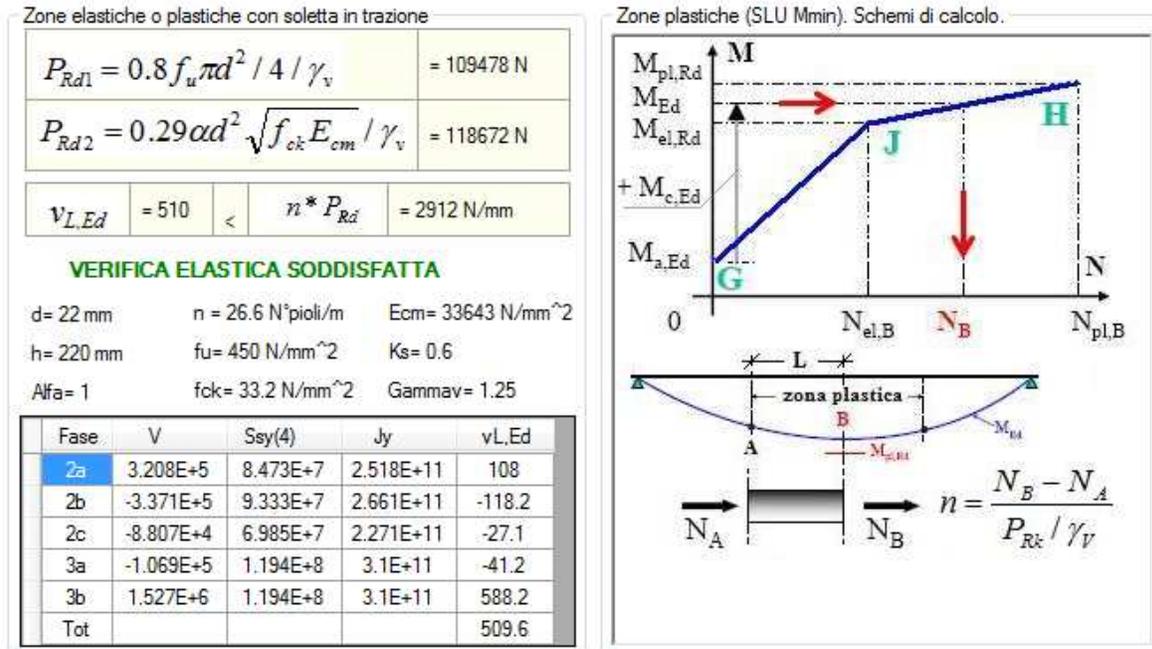
Flusso per ritiro: $v_{L,k} = N_c / b_{eff} = 1314 \text{ N/mm}$

Flusso per Var. termica (-): $v_{L,k} = N_c / b_{eff} = 1043 \text{ N/mm}$

Flusso di progetto: $v_{L,Ed} = 1 \cdot 1314 + 1.5 \cdot 1043 = 2878 \text{ N/mm}$

Numero minimo di pioli in testata = $26.29 \text{ n/m} < 27 \text{ n/m}$

VERIFICA SODDISFATTA



9.1.2 Caratteristiche piolatura

Per la trave in esame, si prevede l'adozione delle seguenti tipologie di piolatura:

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Piolatura conci di estremità | n. 26.6 pioli/m = 4 f22/ 150 mm |
| Piolatura corrente per tutti i conci | n. 20 pioli/m = 4 f22/ 200 mm |

Le caratteristiche della piolatura di progetto vengono definite compiutamente nei capitoli seguenti, esaminato l'esito delle verifiche.

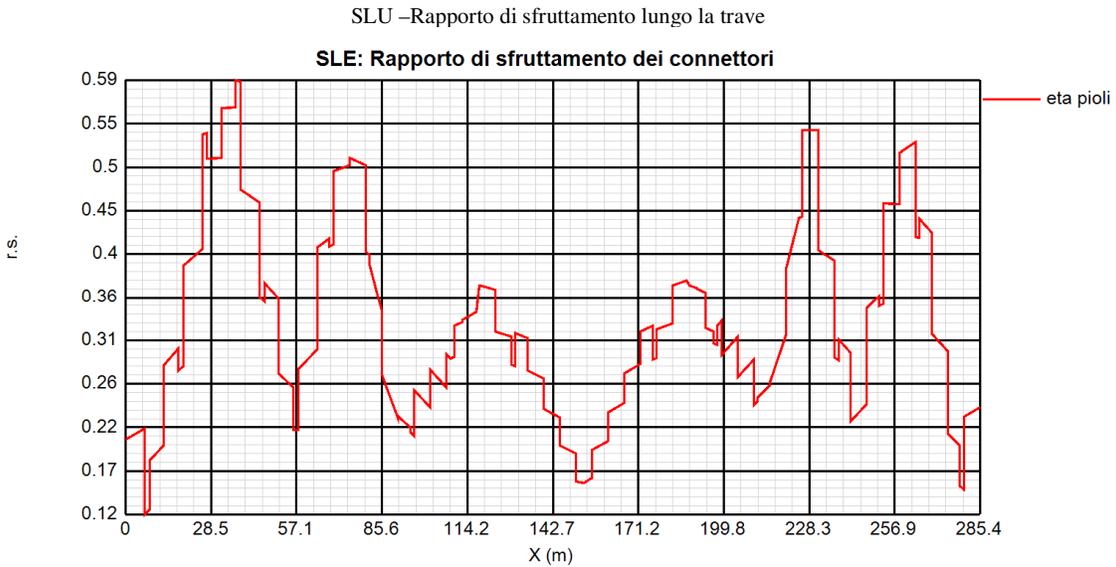
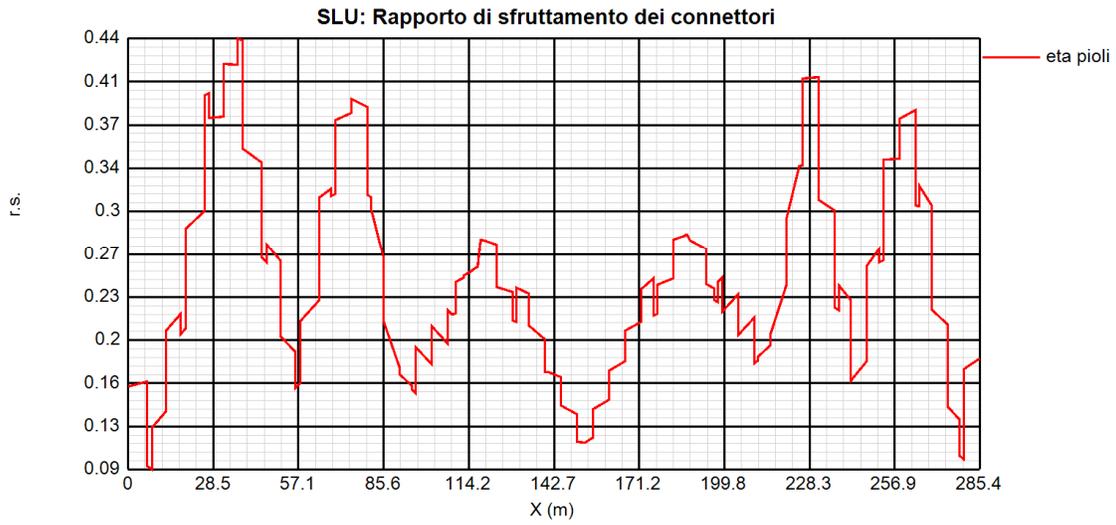
9.1.2.1 Riepilogo rapporti di sfruttamento verifica elastica S.L.U. – S.L.E.

Il calcolo dello scorimento nelle varie sezioni di verifica ed il confronto con la piolatura di progetto viene effettuato in automatico dal programma PontiEC4 nell'ambito delle condizioni considerate (Mmax/min e Vmax/min).

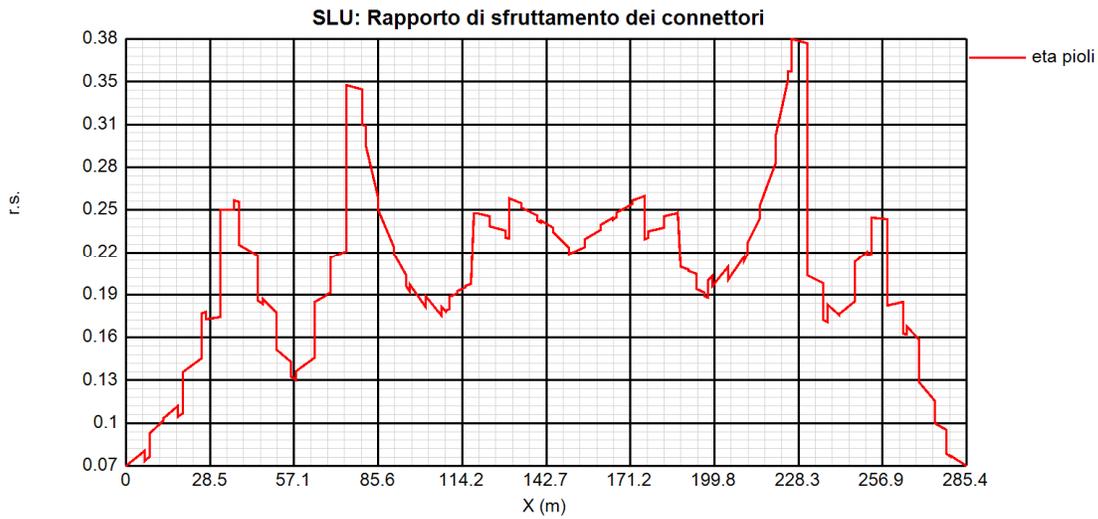
Il grafico riepiloga, rispettivamente per lo S.L.U. e lo S.L.E., il calcolo dei massimi rapporti di sfruttamento "elastici" $v_{L,Ed} / N / I_i P_{Rd}$.

Le verifiche S.L.U. (ove applicabili) e S.L.E. appaiono pertanto soddisfatte.

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico



SLE – Rapporto di sfruttamento lungo la trave



SLV –Rapporto di sfruttamento lungo la trave

Verifica plastica S.L.U.

La verifica plastica della piolatura non si esegue, in quanto, come si vede dai grafici riportati sopra, il rapporto di sfruttamento elastico è sempre minore dell’unità.

9.2. VERIFICHE A FATICA

9.2.1 Generalità

Le verifiche a fatica vengono effettuate con l’impiego del metodo dei coefficienti λ , associato all’impiego del veicolo a fatica FLM3 (cfr. istruzioni NTC-08, cap. 4.2.4.1.4.6.3., ovvero EN 1993-2 cap. 9).

In estrema sintesi, il metodo consente di valutare l’oscillazione di sforzo in un dato dettaglio strutturale sulla base del singolo transito di uno specifico modello di carico (FLM3), opportunamente calibrato mediante l’applicazione dei fattori equivalenti di danno, in modo da fornire il medesimo impatto del traffico reale.

Si ha pertanto:

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

$\Delta\sigma_{E,2} = \lambda \Phi_2 \Delta\sigma_p$ ampiezza equivalente allo spettro di danneggiamento per 2E6 cicli

con:

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

Φ_2 fattore di amplificazione dinamica (impatto)

Verifica:

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

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

$\gamma_{Ff} = 1$

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

$\gamma_{Mf} = 1.15$ bassa conseguenza a seguito della rottura del dettaglio

Coefficienti λ

Il valore dei coefficienti $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ viene determinato secondo quanto previsto in EN 1993-2 cap. 9 e EN 1994-2 cap. 6.8.6.2 rispettivamente per i dettagli di carpenteria e per le piolature (in quest’ultimo caso i coefficienti λ verranno indicati con il pedice aggiuntivo "v"). Per l’individuazione delle caratteristiche distintive la tipologia di traffico ed il modello di carico, si fa riferimento a NTC-08, cap. 5, equivalente a EN 1991-2 cap. 4.6.

Con riferimento alla tabella seguente, tratta da NTC-08 cap. 5, o indifferentemente da EN 1991-2, cap. 4.6.1.(3), la strada ospitata dalla struttura in esame viene assunta di categoria 1 (strade e autostrade caratterizzato da intenso traffico pesante).

Table 4.5(n) - Indicative number of heavy vehicles expected per year and per slow lane

Traffic categories		N_{obs} per year and per slow lane
1	Roads and motorways with 2 or more lanes per direction with high flow rates of lorries	$2,0 \times 10^6$
2	Roads and motorways with medium flow rates of lorries	$0,5 \times 10^6$
3	Main roads with low flow rates of lorries	$0,125 \times 10^6$
4	Local roads with low flow rates of lorries	$0,05 \times 10^6$

Coefficiente $\lambda_1 - \lambda_{v1}$

Il coefficiente λ_1 dipende dalla lunghezza e tipologia della linea di influenza.

Per la verifica dei dettagli di carpenteria (connettori esclusi), viene dedotto dai grafici di seguito riportati, rispettivamente per la zona di centro campata e per la zona in prossimità degli ap-

poggi interni, con riferimento alla luce L calcolata secondo lo schema di cui alla EN 1993-2 cap. 9.5.2.(2).

Fattore equivalente di danno LAMBDA1 per ponti stradali

Figure 9.7: Location of midspan or support

λ_1 , 9.5.2 (2) EN 1993-2, 2006(E)

			Bending moment	Shear force
at midspan		$2.55 - 0.7 (L-10) / 70$	L = length of span under consideration	L = 0.4 * span under consideration
at support	L < 30 m	$2.00 - 0.3 (L-10) / 20$	L = the mean of two adjacent spans	L = length of span under consideration
	L ≥ 30 m	$1.70 + 0.5 (L-30) / 50$		

Luce per i momenti (m) $\lambda_1 = 2.33$
 Luce per i tagli (m) $\lambda_1 = 2.522$

OK Esci

- λ_1 su conci di campata -

Fattore equivalente di danno LAMBDA1 per ponti stradali

Figure 9.7: Location of midspan or support

λ_1 , 9.5.2 (2) EN 1993-2, 2006(E)

			Bending moment	Shear force
at midspan		$2.55 - 0.7 (L-10) / 70$	L = length of span under consideration	L = 0.4 * span under consideration
at support	L < 30 m	$2.00 - 0.3 (L-10) / 20$	L = the mean of two adjacent spans	L = length of span under consideration
	L ≥ 30 m	$1.70 + 0.5 (L-30) / 50$		

Luce per i momenti (m) $\lambda_1 = 1.774$
Luce per i tagli (m) $\lambda_1 = 1.828$

OK Esci

- λ_1 su conci di appoggio -

Coefficiente $\lambda_2 - \lambda_{v2}$

Il coefficiente λ_2 dipende dalla tipologia e dal volume di traffico.

Per i dettagli di carpenteria, si fa riferimento a EN 1993-2 cap. 9.5.2.(3). il coefficiente λ_2 viene determinato in funzione del flusso atteso di veicoli pesanti (N_{Obs}), e dal peso medio degli stessi Q_{m1} , tramite la relazione (*):

$$\lambda_2 = \frac{Q_{m1}}{Q_0} \left(\frac{N_{Obs}}{N_0} \right)^{1/5}$$

Con:

$N_{Obs} = 2.0e6$ flusso medio veicoli pesanti/anno (strada cat 1 - cfr. tab. precedente)

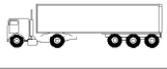
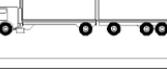
$N_0 = 2.0e6$ flusso di riferimento

Q_{m1} peso medio dei veicoli, dedotto secondo la composizione di traffico dei "frequent lorries" per strade di collegamento tipo "local traffic", e valutato secondo la seguente relazione:

$$Q_{m1} = \left(\frac{\sum n_i Q_i^5}{\sum n_i} \right)^{1/5}$$

Per i valori di Q_i e n_i si adotta la tabella 4.7 di EN 1991-2 cap. 4.6.5.(1), equivalente alla tabella contenuta in NTC-08 cap. 5, e di seguito riportata.

Table 4.7 - Set of equivalent lorries

VEHICLE TYPE			TRAFFIC TYPE			
1	2	3	4	5	6	7
			Long distance	Medium distance	Local traffic	
LORRY	Axle spacing (m)	Equivalent axle loads (kN)	Lorry percentage	Lorry percentage	Lorry percentage	Wheel type
	4,5	70 130	20,0	40,0	80,0	A B
	4,20 1,30	70 120 120	5,0	10,0	5,0	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	70 150 90 90 90	50,0	30,0	5,0	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	70 140 90 90	15,0	15,0	5,0	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	70 130 90 80 80	10,0	5,0	5,0	A B C C C

Si ottiene pertanto:

$$Q_{m1} = 407 \text{ kN}$$

$$\lambda_2 = 1.119$$

Per la verifica dei connettori, si adotta quanto previsto in EN 1994-2 6.8.6.2.(4), sostituendo l'esponente 1/5 con 1/8 nelle relazioni precedentemente esposte.

Si ha pertanto:

$$Q_{m1v} = 430 \text{ kN}$$

$$\lambda_{v2} = 1.066$$

coefficiente λ_3 - λ_{v3}

Il coefficiente λ_3 dipende dalla vita di progetto della struttura.

Per i dettagli di carpenteria, con riferimento a EN 1993-2 cap. 9.5.2.(5), mediante la relazione:

$$\lambda_3 = \left(\frac{t_{Ld}}{100} \right)^{1/5}$$

t_{Ld} = vita di progetto prevista.

Si ottengono pertanto i valori tabellari indicati di seguito.

Table 9.2: λ_3

Design life in years	50	60	70	80	90	100	120
Factor λ_3	0,871	0,903	0,931	0,956	0,979	1,00	1,037

Per la vita di progetto si considera in prima battuta il valore raccomandato di 100 anni, ribadito anche dal D.A.N., ottenendo:

$$\lambda_3 = 1.00$$

Per la verifica dei connettori, la sostituzione dell’esponente 1/5 on 1/8 porta in questo caso al medesimo valore:

$$\lambda_{v3} = 1.00$$

coefficiente λ_4 - λ_{v4}

Il coefficiente λ_4 dipende dall'organizzazione delle corsie di carico in direzione trasversale, e dalla loro posizione relativa sulla linea di influenza trasversale di ciascuna trave.

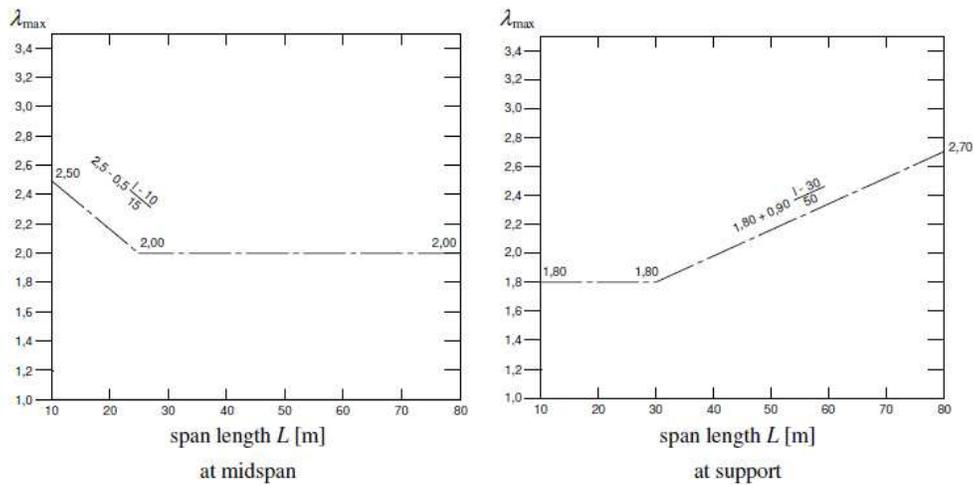
La formulazione, tratta da EN 1993-2 cap. 9.5.3.(6), prevede:

$$\lambda_4 = \left[1 + \frac{N_2}{N_1} \left(\frac{\eta_2 Q_{m2}}{\eta_1 Q_{m1}} \right)^5 + \frac{N_3}{N_1} \left(\frac{\eta_3 Q_{m3}}{\eta_1 Q_{m1}} \right)^5 + \dots + \frac{N_k}{N_1} \left(\frac{\eta_k Q_{mk}}{\eta_1 Q_{m1}} \right)^5 \right]^{1/5}$$

Nel caso in esame essendo presente una unica corsia di marcia si ha $\lambda_4 = 1$.

Coefficiente λ - λ_v

Il fattore equivalente di danno (per il momento flettente) è limitato superiormente dal fattore λ_{max} , da valutarsi secondo quanto previsto in EN 1993-2 cap. 9.5.2.(7) in funzione della posizione della sezione verificata e della luce del ponte, con riferimento ai grafici estratti dalla norma, riportati di seguito.



Amplificazione dinamica

Con riferimento a quanto previsto in EN 1991-2, il fattore di amplificazione dinamica è già incluso nella calibrazione del modello di carico FLM3.

Come indicato dalla norma si considera il fattore di impatto per le zone in prossimità dei giunti secondo i criteri indicati al cap. 4.6.1.(6), funzione della distanza dal giunto stesso:

$$\Phi = 1.3(1-D/26)$$

Essendo $D < 6$ m la distanza dal giunto.

Tutti i coefficienti di utilizzo riportati nelle tabelle che seguono sono da intendersi al netto del suddetto coefficiente dinamico. Si evidenzia che nelle zone poste entro i 6 m dalla testata del ponte comunque si hanno coefficienti di utilizzo sempre minori di $1/1.3=0.77$.

9.2.1.1 Dettagli e Coefficienti di sicurezza

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

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

Piattabande - tensioni normali	categoria/dettaglio:	90
Anima - tensioni tangenziali	categoria/dettaglio:	90
Saldatura composizione anima-piatt.	categoria/dettaglio:	80
Saldatura di testa piatt inf. e sup.	categoria/dettaglio:	90
Attacco irr. vert. - piattabande	categoria/dettaglio:	80
Attacco irr. vert. - anima	categoria/dettaglio:	56

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

- $t < 50$ mm in tutti i casi

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

Saldatura piolo - rottura piatt.	categoria/dettaglio:	80/9 (*) tab. 8.4 EN 1993-1-9
Saldatura piolo - rottura piolo	categoria/dettaglio:	90/10

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

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

$$\frac{\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}} + \frac{\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}} \leq 1.3$$
$$\frac{\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}} \leq 1.0 \quad \frac{\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}} \leq 1.0$$

Per tutti i dettagli, nell'ambito dell'approccio "safe life", si adotteranno i seguenti coefficienti di sicurezza:

$\gamma_{Mf} = 1.35$ per tutti i dettagli di carpenteria

$\gamma_{Mf} = 1.15$ per la rottura del piolo

9.2.2 Verifiche

Come accennato nei capitoli introdottivi, l'ampiezza dei $\Delta\sigma_p$ di tensione viene calcolata sulla base di σ_{max} e σ_{min} derivanti dalla combinazione di carico a fatica, elaborata con riferimento a EN 1992-1-1 cap. 6.8.3.(2), che prevede la sovrapposizione di una componente non ciclica delle sollecitazioni, derivata dalla combinazione S.L.E. frequente, con la componente ciclica, derivata dall'inviluppo delle sollecitazioni dovute al transito del veicolo FLM3.

Le verifiche vengono effettuate in automatico dal programma Ponti EC4 per le categorie di dettaglio indicate al punto precedente.

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

L'iter di verifica comprende il calcolo delle tensioni lungo la sezione per le seguenti situazioni:

combinazione SLF Mmax

comb. S.L.E. frequente max M + comp. ciclica (FLM3) max M

comb. S.L.E. frequente max M + comp. ciclica (FLM3) min M

combinazione SLF Mmin

comb. S.L.E. frequente min M + comp. ciclica (FLM3) max M

comb. S.L.E. frequente min M + comp. ciclica (FLM3) min M

combinazione SLF Vmax

comb. S.L.E. frequente max V + comp. ciclica (FLM3) max V

comb. S.L.E. frequente max V + comp. ciclica (FLM3) min V

combinazione SLF Vmin

comb. S.L.E. frequente min V + comp. ciclica (FLM3) max V

comb. S.L.E. frequente min V + comp. ciclica (FLM3) min V

Contestualmente al calcolo delle tensioni, nell'ambito di ciascuna combinazione SLF viene calcolato il $\Delta\sigma_p$.

Segue quindi:

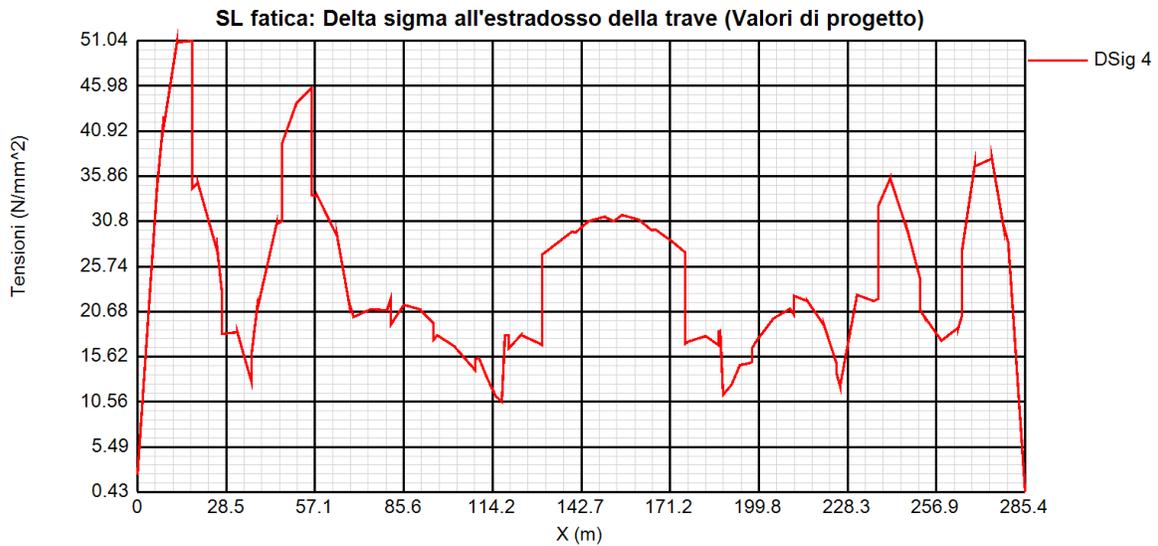
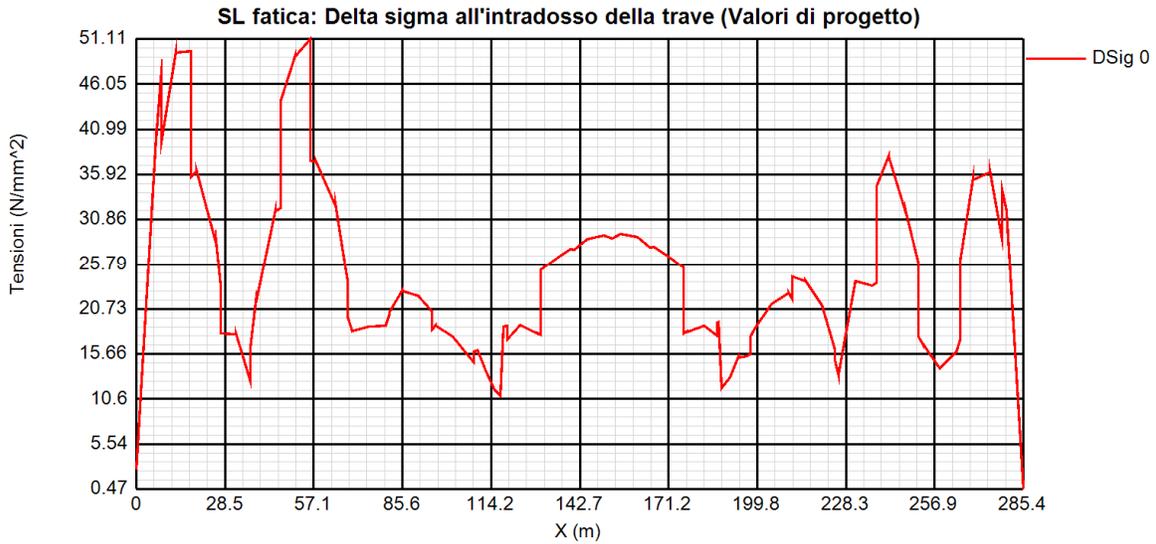
calcolo di $\Delta\sigma_E$, mediante applicazione degli appropriati coefficienti λ .

calcolo di $\Delta\sigma_c$, per i vari dettagli, con applicazione degli appropriati coefficienti di sicurezza
e dell'eventuale size effect.

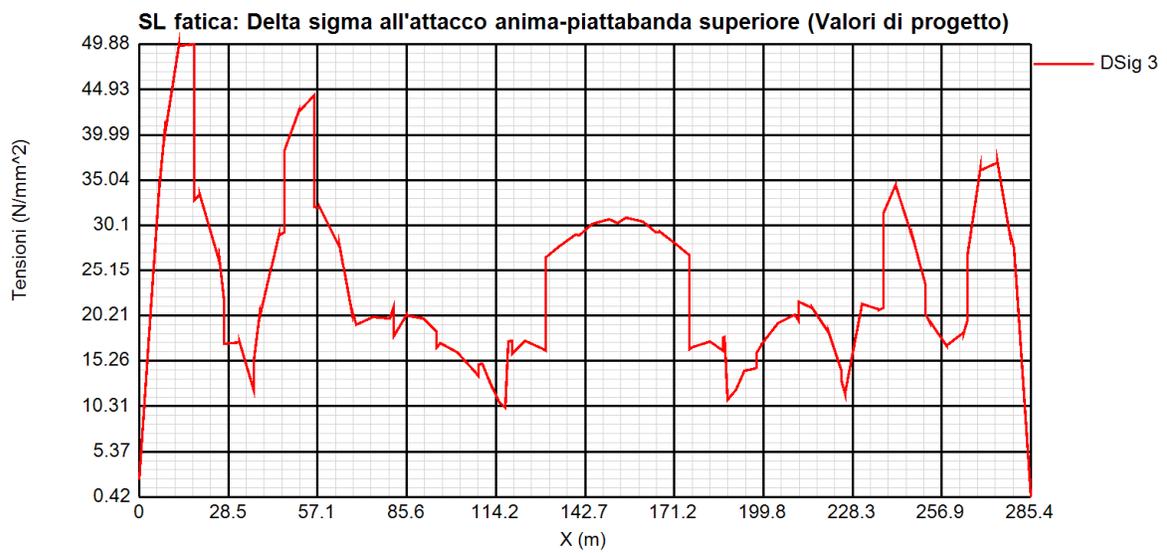
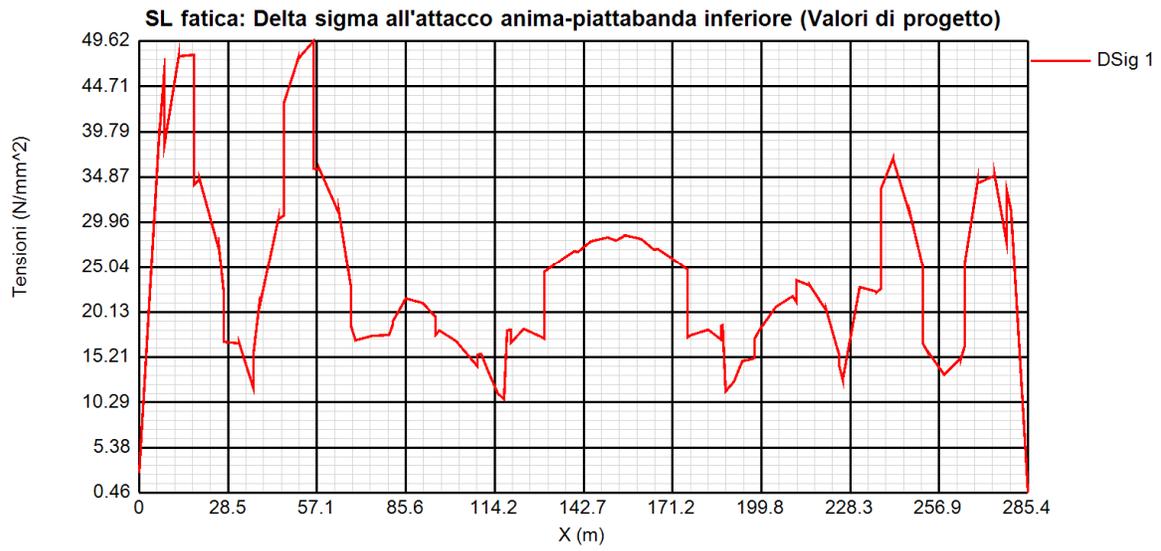
Il calcolo delle tensioni normali e tangenziali nel piolo avviene secondo le medesime modalità relative ai dettagli di carpenteria.

9.2.2.1 Output sintetica verifiche a fatica

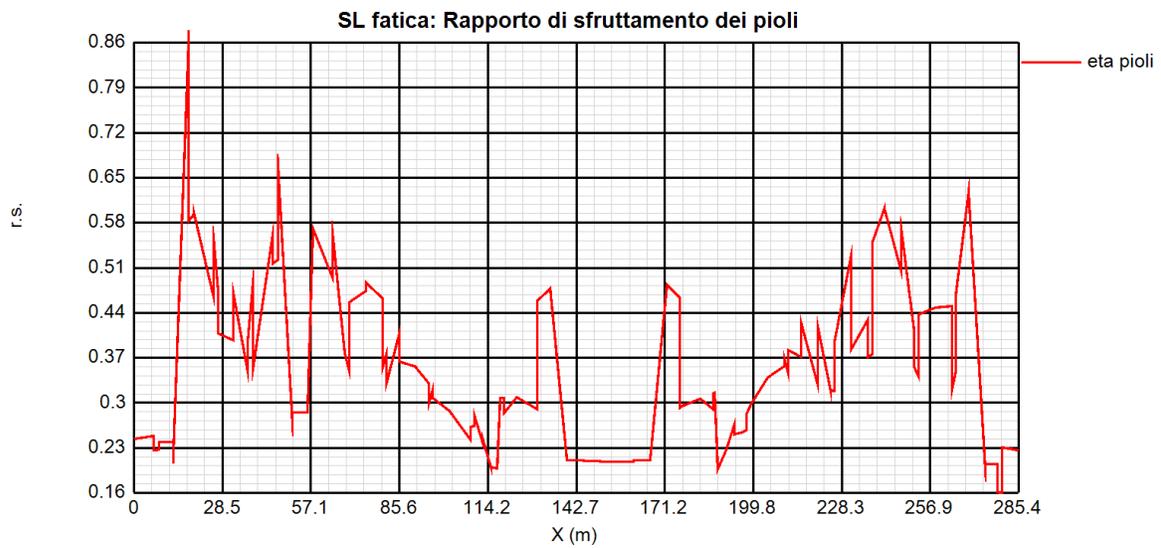
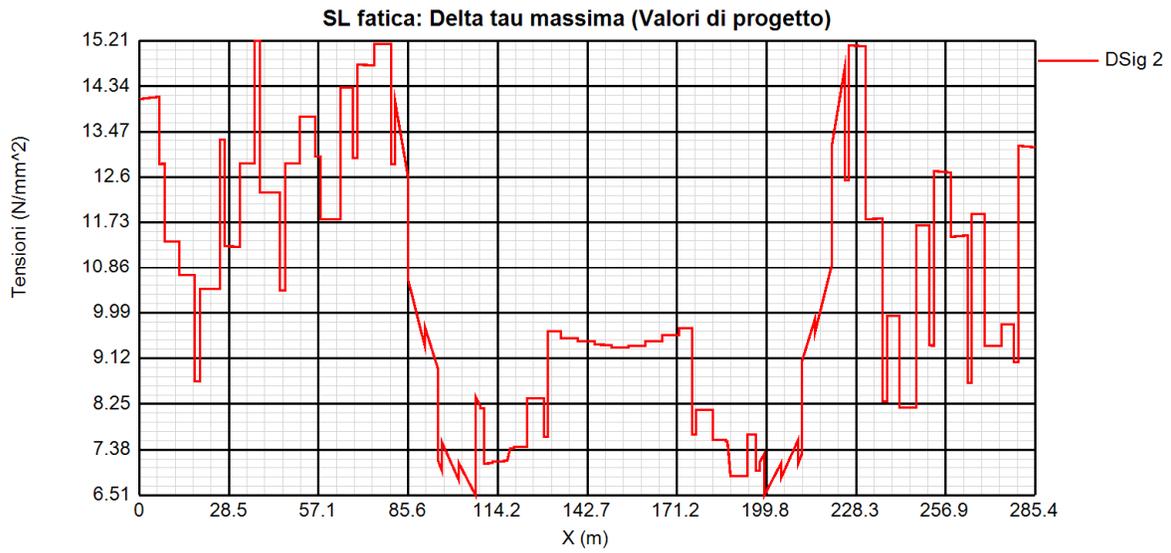
Si riporta di seguito per tutte le sezioni esaminate, il valore del $\Delta\sigma_E$.



AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico



AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico



9.3. VERIFICA DI DEFORMABILITÀ

La deformazione delle travi principali legata ai carichi permanenti verrà compensata mediante controfreccia di montaggio.

Campata centrale		d (mm)
G1.a		11
G1.b		42
G2		18
0.2 Az Traff		7
Valore contromonta	mm	78

La verifica di deformabilità si riconduce quindi al controllo della freccia sotto carichi accidentali, che deve essere contenuta entro $L/500$ (indicando con L la luce della campata).

Freccia massima per carichi accidentali

$$f_{acc} = 34\text{mm}$$

Freccia ammissibile ($L/500$)

$$f_{amm} = 150\text{ mm}$$

9.4. Stampella

9.4.1 Sollecitazioni e verifiche Travi laterali



Diagramma Sollecitazioni – Momenti - kNm – SLU– env -



Diagramma Sollecitazioni – Azioni assiali - kN – SLU– env –

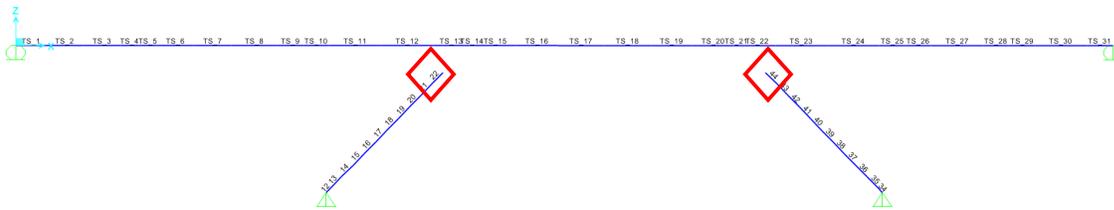


Diagramma Sollecitazioni – Momenti - kNm – Comb SISMA– env -

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico



Diagramma Sollecitazioni – Azioni assiali - kN – Comb SISMA – env -



Frame ID	22	Analysis Section	T_puntone
Design Code	Italian NTC 2008	Design Section	T_puntone

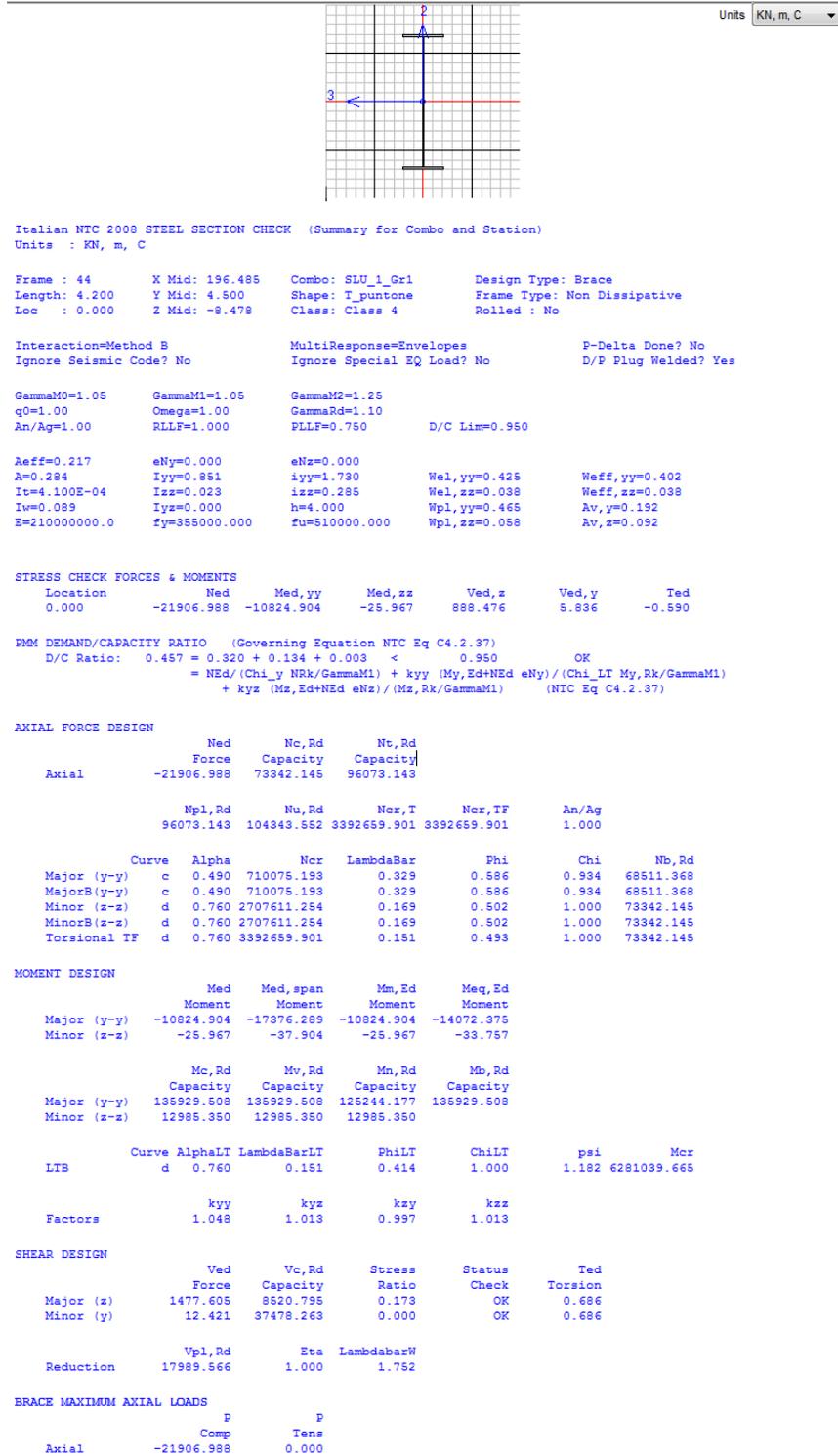
COMBO ID	STATION LOC	----MOMENTI INTERACTION CHECK----	MAJ-SHR	MIN-SHR
		RATIO = AXL + B-MAJ + B-MIN	RATIO	RATIO
SLU_1_Gr1	0.00	0.490 (C) = 0.319 + 0.168 + 0.003	0.185	0.000
SLU_1_Gr1	2.10	0.488 (C) = 0.318 + 0.168 + 0.003	0.196	0.000
SLU_1_Gr1	4.20	0.487 (C) = 0.316 + 0.168 + 0.003	0.206	0.000
SLU_2_Gr2	0.00	0.396 (C) = 0.277 + 0.117 + 0.002	0.164	0.000
SLU_2_Gr2	2.10	0.395 (C) = 0.276 + 0.117 + 0.002	0.174	0.000
SLU_2_Gr2	4.20	0.393 (C) = 0.275 + 0.117 + 0.002	0.184	0.000
Exyz + G	0.00	0.491 (C) = 0.251 + 0.231 + 0.008	0.195	0.000

Frame ID	44	Analysis Section	T_puntone
Design Code	Italian NTC 2008	Design Section	T_puntone

COMBO ID	STATION LOC	----MOMENTI INTERACTION CHECK----	MAJ-SHR	MIN-SHR
		RATIO = AXL + B-MAJ + B-MIN	RATIO	RATIO
SLU_1_Gr1	0.00	0.457 (C) = 0.320 + 0.134 + 0.003	0.173	0.000
SLU_1_Gr1	2.10	0.455 (C) = 0.318 + 0.134 + 0.003	0.184	0.000
SLU_1_Gr1	4.20	0.454 (C) = 0.317 + 0.134 + 0.003	0.194	0.000
SLU_2_Gr2	0.00	0.403 (C) = 0.289 + 0.112 + 0.002	0.162	0.000
SLU_2_Gr2	2.10	0.402 (C) = 0.288 + 0.112 + 0.002	0.172	0.000
SLU_2_Gr2	4.20	0.401 (C) = 0.287 + 0.112 + 0.002	0.183	0.000
Exyz + G	0.00	0.466 (C) = 0.254 + 0.209 + 0.004	0.184	0.000

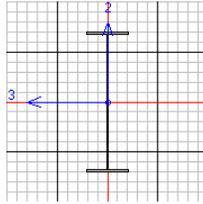
AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico

Verifica COMB_SLU_1-Gr 1_Asta 44



AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico

Verifica COMB_SLU_2-Gr 2_Asta 44



Units **KN, m, C**

Italian NTC 2008 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 44 X Mid: 196.485 Combo: SLU_2-Gr2 Design Type: Brace
Length: 4.200 Y Mid: 4.500 Shape: T_puntone Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0.000 Z Mid: -8.478 Class: Class 4 Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? Yes

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
q0=1.00 Omega=1.00 GammaRd=1.10
An/Ag=1.00 RLLF=1.00 PLLF=0.750 D/C Lim=0.950

Aeff=0.217 eNy=0.000 eNz=0.000
A=0.284 Iyy=0.851 iyy=1.730 Wel,yy=0.425 Weff,yy=0.402
It=4.100E-04 Izz=0.023 izz=0.285 Wel,zz=0.038 Weff,zz=0.038
Iw=0.089 Iyz=0.000 h=4.000 Wpl,yy=0.465 Av,y=0.192
E=210000000.0 fy=355000.000 fu=510000.000 Wpl,zz=0.058 Av,z=0.092

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.000	-19815.001	-8393.925	-19.078	1041.770	7.442	-0.402

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.37)

D/C Ratio: 0.403 = 0.289 + 0.112 + 0.002 < 0.950 OK
= NEd/(Chi_y NRk/GammaM1) + kyy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
+ kyz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (NTC Eq C4.2.37)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity			An/Ag
Axial	-19815.001	73342.145	96073.143			1.000
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF		
	96073.143	104343.552	3392659.901	3392659.901		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi Nb,Rd
Major (y-y)	c	0.490	710075.193	0.329	0.586	0.934 68511.368
MajorB (y-y)	c	0.490	710075.193	0.329	0.586	0.934 68511.368
Minor (z-z)	d	0.760	2707611.254	0.169	0.502	1.000 73342.145
MinorB (z-z)	d	0.760	2707611.254	0.169	0.502	1.000 73342.145
Torsional TF	d	0.760	3392659.901	0.151	0.493	1.000 73342.145

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mn,Ed Moment	Meq,Ed Moment		
Major (y-y)	-8393.925	-14553.346	-8393.925	-10915.010		
Minor (z-z)	-19.078	-30.772	-19.078	-24.802		
	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity		
Major (y-y)	135929.508	135929.508	128776.909	135929.508		
Minor (z-z)	12985.350	12985.350	12985.350			
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi Mcr
LTB	d	0.760	0.149	0.413	1.000	1.209 6425681.318
	kyy	kyz	kzy	kzz		
Factors	1.044	1.009	0.997	1.009		

SHEAR DESIGN

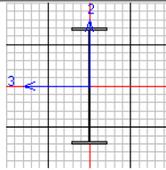
	Ved Force	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion
Major (z)	1382.453	8520.795	0.162	OK	0.316
Minor (y)	11.350	37478.263	0.000	OK	0.316
	Wpl,Rd	Eta	LambdabarW		
Reduction	17989.566	1.000	1.752		

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P Comp	P Tens
Axial	-19815.001	0.000

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico

Verifica COMB_Exyz + G_Asta 44



Units:

Italian NTC 2008 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 44 X Mid: 196.485 Combo: Exyz + G Design Type: Brace
Length: 4.200 Y Mid: 4.500 Shape: T_puntone Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0.000 Z Mid: -8.478 Class: Class 4 Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? Yes

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
q0=1.00 Omega=1.00 GammaRd=1.10
An/Ag=1.00 RLLF=1.000 PLLF=0.750 D/C Lim=0.950

Aeff=0.217 eNy=0.000 eNz=0.000
A=0.284 Iyy=0.851 iyy=1.730 Wel,yy=0.425 Weff,yy=0.402
It=4.100E-04 Izz=0.023 izz=0.285 Wel,zz=0.038 Weff,zz=0.038
Iw=0.089 Iyz=0.000 h=4.000 Wpl,yy=0.465 Av,y=0.192
E=210000000.0 fy=355000.000 fu=510000.000 Wpl,zz=0.058 Av,z=0.092

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.000	-17396.951	-22365.422	-43.603	165.177	-3.073	-0.579

D/C DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.37)

D/C Ratio: 0.466 = 0.254 + 0.209 + 0.004 < 0.950 OK
= NEd / (Chi_y NRk / GammaM1) + kyy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT My,Rk / GammaM1)
+ kyz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk / GammaM1) (NTC Eq C4.2.37)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-17396.951	73342.145	96073.143

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	96073.143	104343.552	3392659.901	3392659.901	1.000

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	c	0.490	710075.193	0.329	0.586	68511.368
MajorB (y-y)	c	0.490	710075.193	0.329	0.586	68511.368
Minor (z-z)	d	0.760	2707611.254	0.169	0.502	73342.145
MinorB (z-z)	d	0.760	2707611.254	0.169	0.502	73342.145
Torsional TF	d	0.760	3392659.901	0.151	0.493	73342.145

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mn,Ed	Meq,Ed
	Moment	Moment	Moment	Moment
Major (y-y)	-22365.422	-27310.313	-22365.422	-27310.313
Minor (z-z)	-43.603	-50.894	-47.249	-47.978

	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	135929.508	135929.508	132860.263	135929.508
Minor (z-z)	12985.350	12985.350	12985.350	

LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
	d	0.760	0.158	0.417	1.000	1.081	5746571.428

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	1.038	0.960	0.998	0.960

SHEAR DESIGN

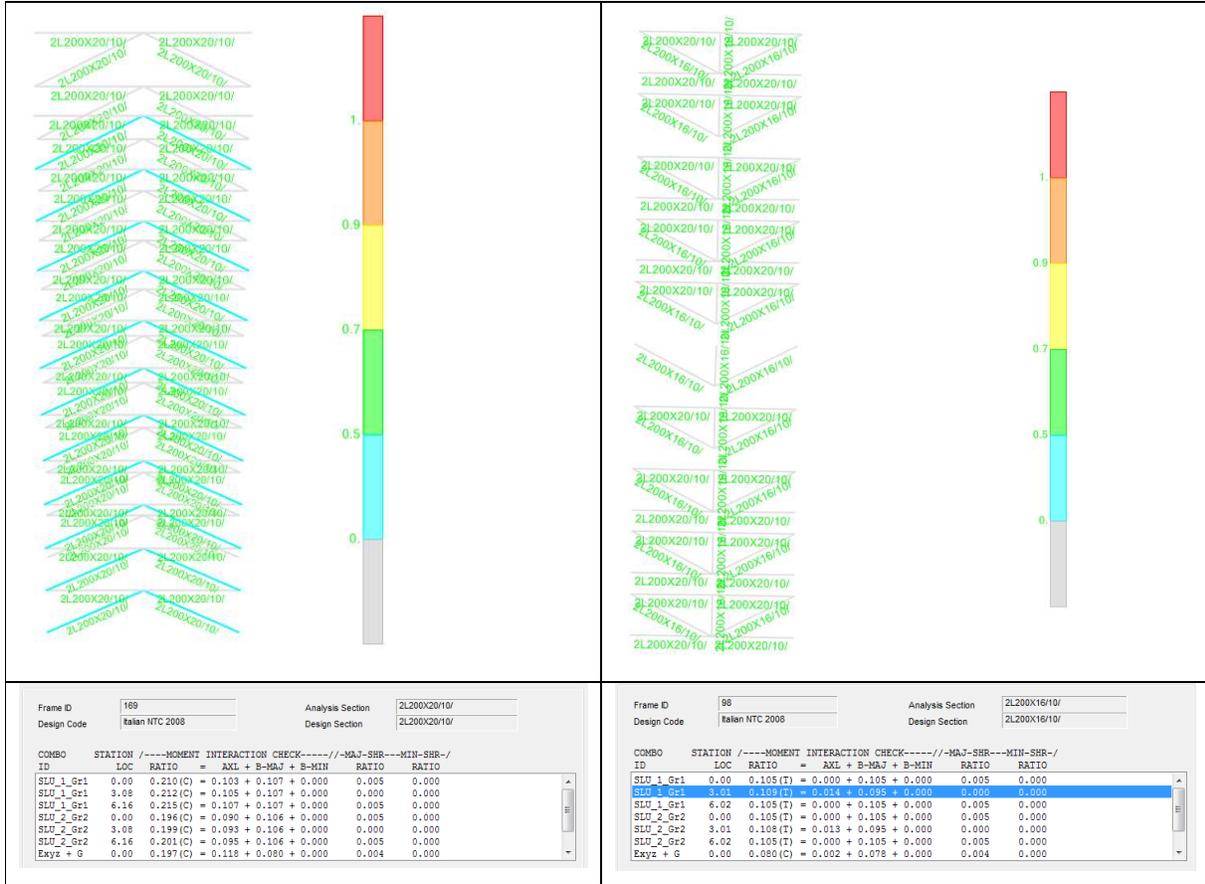
	Ved	Vc,Rd	Stress	Status	Ted
	Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion
Major (z)	1568.767	8520.795	0.184	OK	0.433
Minor (y)	3.738	37478.263	9.973E-05	OK	0.433

Reduction	Vpl,Rd	Eta	LambdaBarW
	17989.566	1.000	1.752

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P	P
	Comp	Tens
Axial	-17396.951	0.000

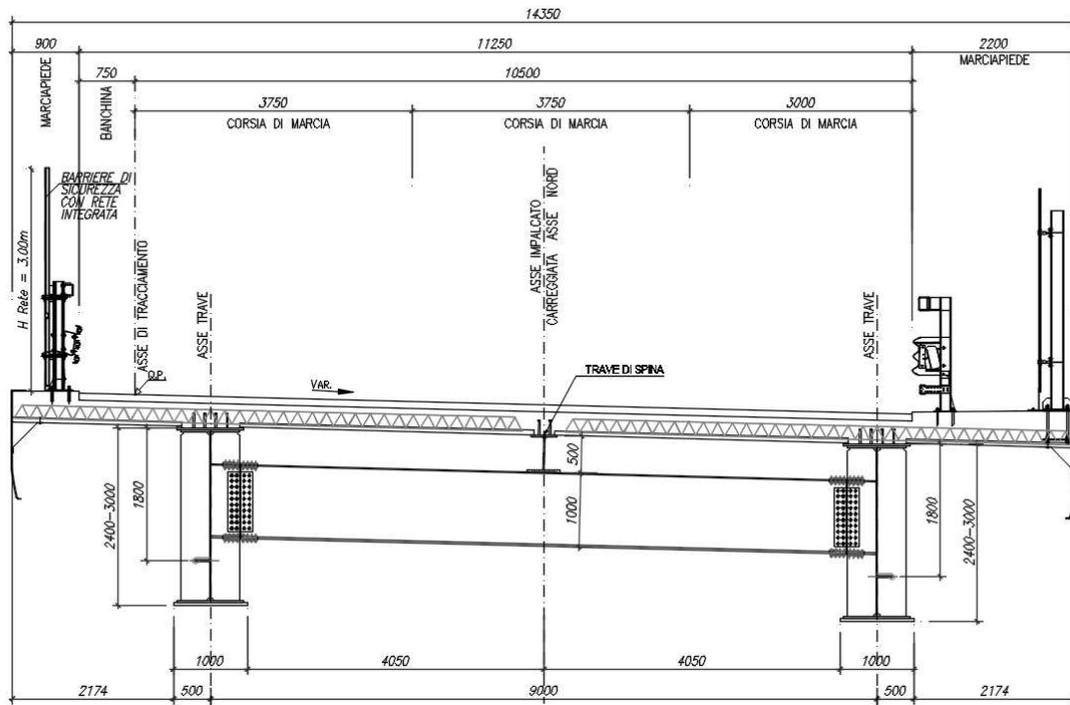
9.4.2 Sollecitazioni e verifiche Travi reticolari



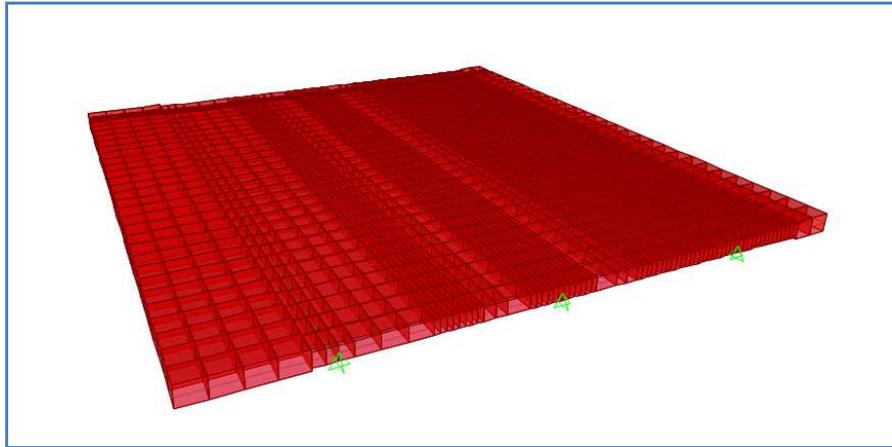
10. SOLETTA

10.1. Analisi trasversale

La soletta dell’impalcato è stata analizzata per mezzo di un modello agli elementi finiti costituito da elementi bidimensionali tipo “shell” di spessore variabile in funzione degli effettivi spessori che la soletta assume rispettivamente nella porzione carrabile dell’opera e nelle porzioni laterali dei marciapiedi. I vincoli esterni adottati sono degli appoggi e sono posizionati in corrispondenza delle anime delle due travi principali ed in corrispondenza della trave di spina centrale. Di seguito si riporta una sezione trasversale dell’impalcato ed un estratto estruso del modello di calcolo.

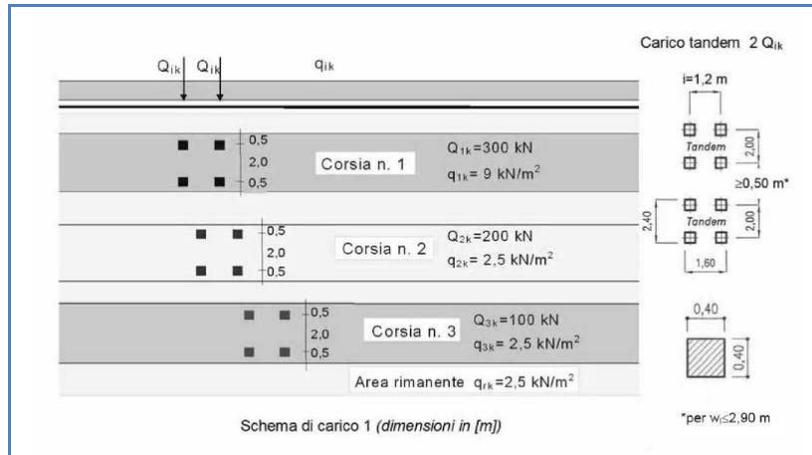


Vista trasversale della carpenteria di impalcato



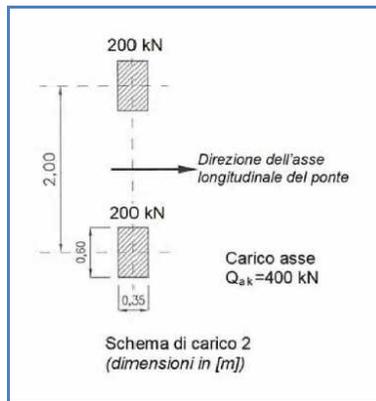
Vista del modello di calcolo utilizzato

I carichi adottati sono quelli prescritti in normativa ed in particolare lo schema di carico 1, costituito da carichi concentrati su due assi in tandem applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato pari a 0,40 m (Q_{ik}) oltre che da un carico distribuito a metro quadrato (q_{ik}) applicato alla corsia di carico. I valori adottati per i carichi variano in base alla corsia di carico, secondo lo schema di normativa riportato nel seguito.



Schema di normativa relativo allo schema di carico 1

Oltre a questo è stato adottato lo schema di carico 2, costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, con larghezza 0,60 m ed altezza 0,35 m. Nel seguito l’immagine estratta dalla normativa.



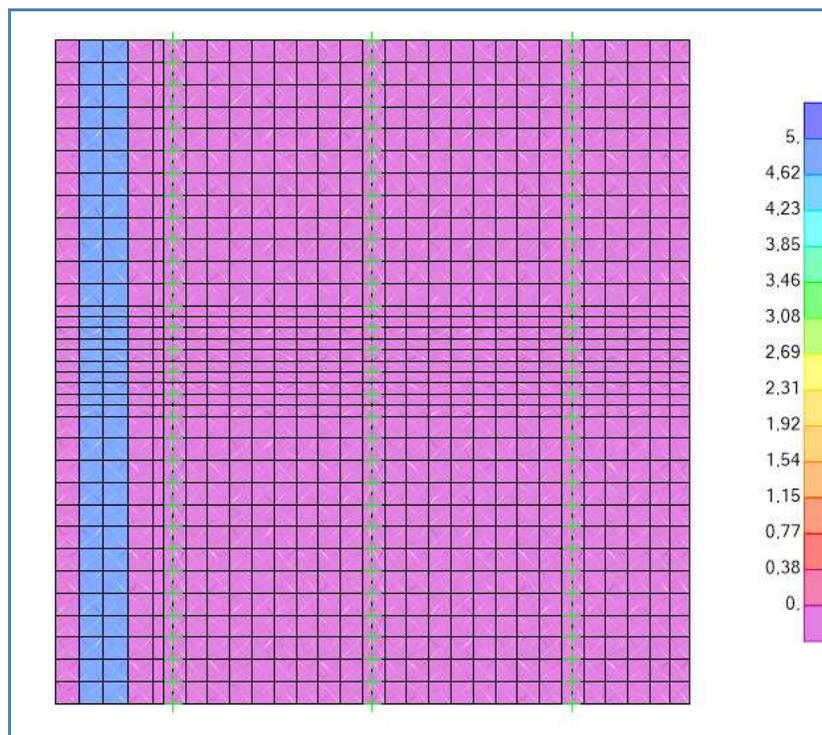
Schema di normativa relativo allo schema di carico 2

Infine occorre tenere in conto anche l’urto di veicoli in svio (q_8); la normativa indica che “*i sicurvia e gli elementi strutturali ai quali sono collegati (la soletta appunto) devono essere dimensionati in funzione della classe di contenimento richiesta.... la forza deve essere applicata ad una quota h pari alla minore delle dimensioni h_1 e h_2 , con $h_1 =$ altezza della barriera – 0,10 m e $h_2 = 1,00$ m. Nel progetto dell’impalcato... alla forza orizzontale d’urto su sicurvia si associa un carico verticale isolato sulla sede stradale costituito dal secondo schema di carico, posizionato in adiacenza al sicurvia stesso e disposto nella posizione più gravosa”;*

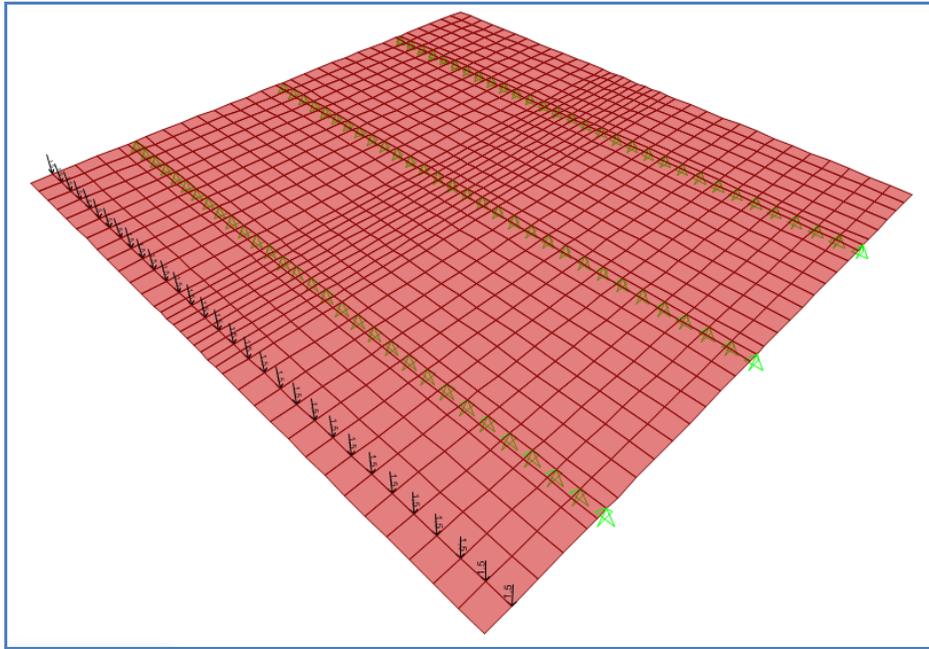
si rimanda inoltre al paragrafo 3.6.3.3.2 della normativa dove si indica che “*in assenza di specifiche prescrizioni.... si può tenere conto delle forze causate da collisioni sugli elementi di sicurezza attraverso una forza orizzontale equivalente di 100 KN applicata 100 mm sotto la sommità dell’elemento o 1,00 m sopra il piano di marcia. Questa forza deve essere applicata su una linea lunga 0,50 m*”. Nel caso in esame pertanto si assume come forza agente 100 KN applicata 1,00 m sopra il piano viario; questa darà luogo ad una coppia concentrata di valore pari a 100 KNm applicata in corrispondenza di tre nodi consecutivi posti a passo 50 cm, per un totale di 33 KNm per ciascun nodo.

Come indicato in normativa i carichi sopra descritti utilizzati per il calcolo delle strutture secondarie di impalcato quale è la soletta, si considerano proiettati fino alla linea media della soletta stessa, assumendo un angolo di diffusione di 45°. Individuata quindi l’impronta di applicazione del carico si riportano i carichi concentrati a carichi di superficie per poi applicarli alle shell presenti nel modello di calcolo agli elementi finiti. Quale posizione di applicazione del carico si deve assumere quella di volta in volta più gravosa ai fine delle verifiche. In totale sono stati sviluppati quattro modelli di carico, due per ciascuno dei due schemi. Ciascuno schema è stato applicato, variandone la posizione trasversale, nel primo modello nella mezzeria del concio di soletta analizzato (di sviluppo pari alla

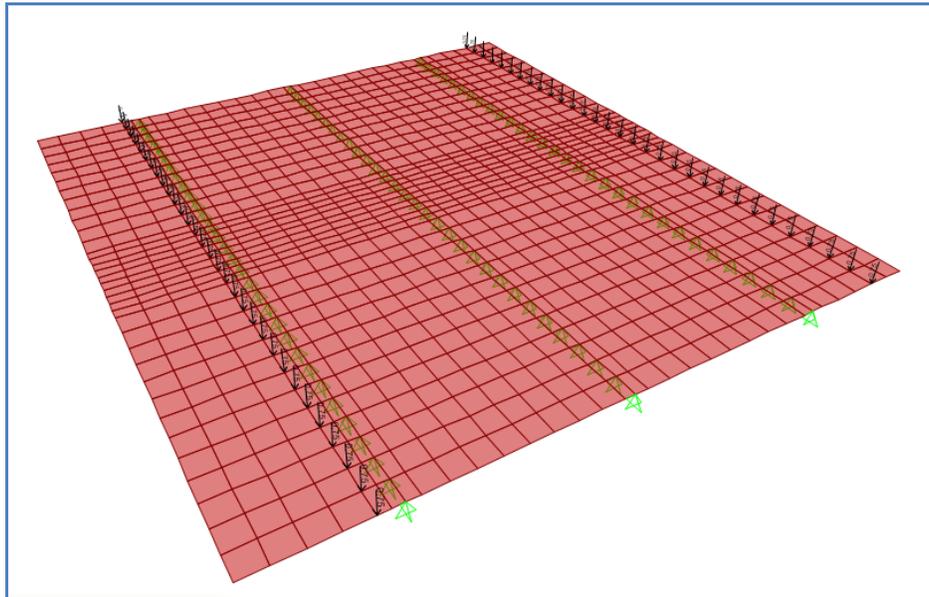
sua larghezza, in modo da limitare gli effetti di bordo) e nel secondo modello nella zona di bordo in modo da simulare il comportamento all’estremità della soletta in prossimità dei giunti. Di seguito si riportano le viste del modello di calcolo dove si individuano le posizioni dei carichi Tandem e dei carichi di corsia permutate trasversalmente. Si riportano inizialmente le viste dei carichi relativi alla pavimentazione stradale che resta costante nei quattro modelli e le viste dei carichi della barriera antirumore, dei due guardrail e del carico folla che può essere presente fra il guardrail e la barriera antirumore. Le unità di misura adottate sono il KN ed il metro.



Carico di superficie della folla applicato sul marciapiede

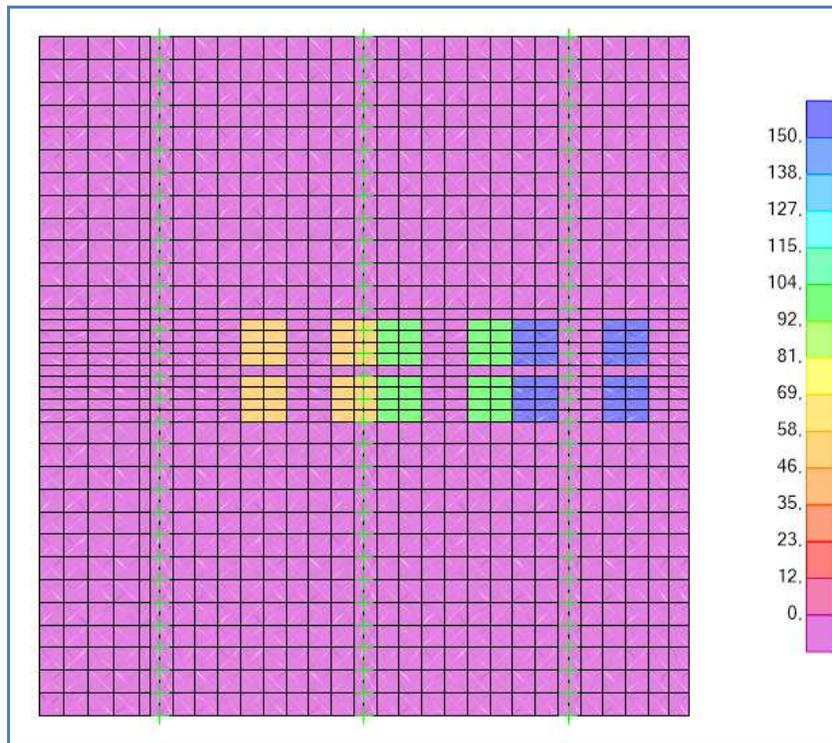


Carichi concentrati della barriera antirumore laterale applicati sui nodi

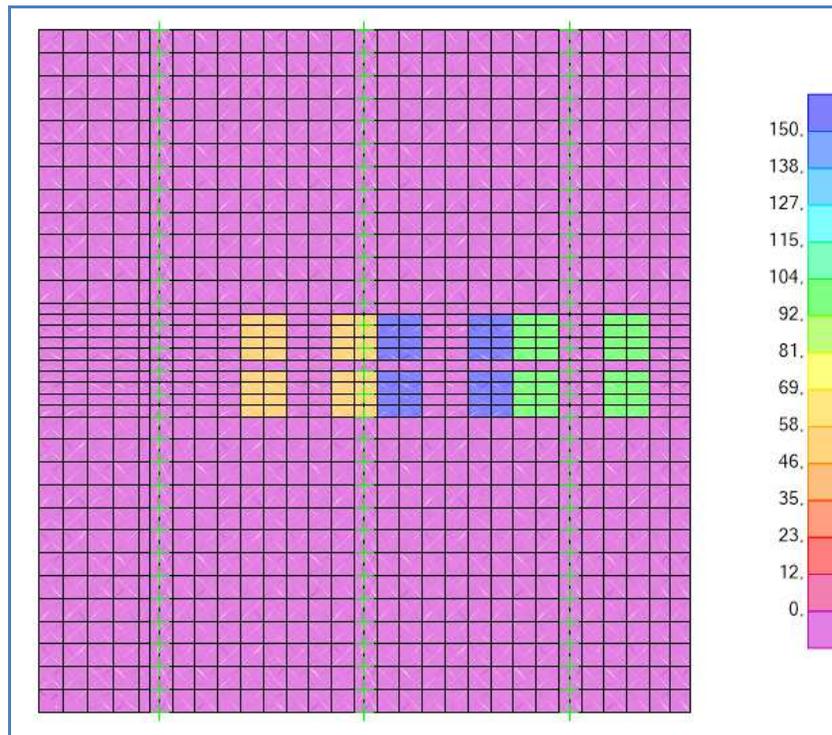


Carichi concentrati dei due guardrail laterali applicati sui nodi

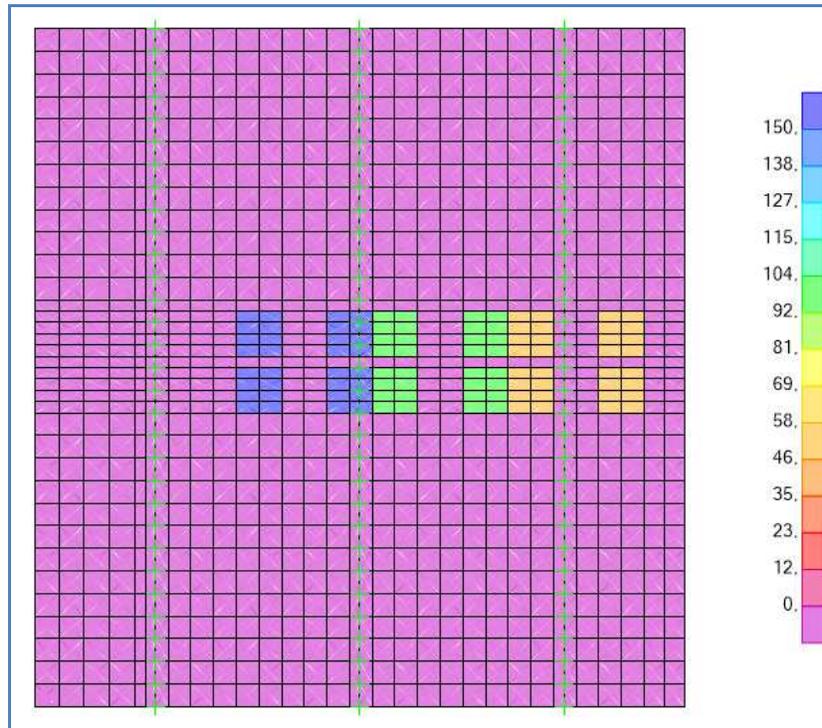
AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico



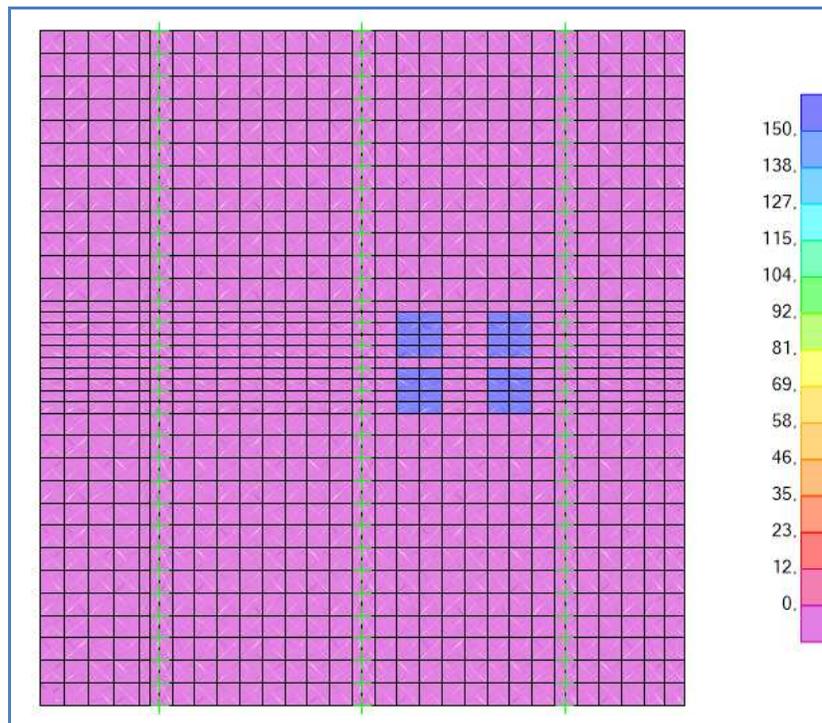
Schema di carico 1 – Disposizione A dei carichi Tandem – Mezzeria soletta



Schema di carico 1 – Disposizione B dei carichi Tandem – Mezzeria soletta

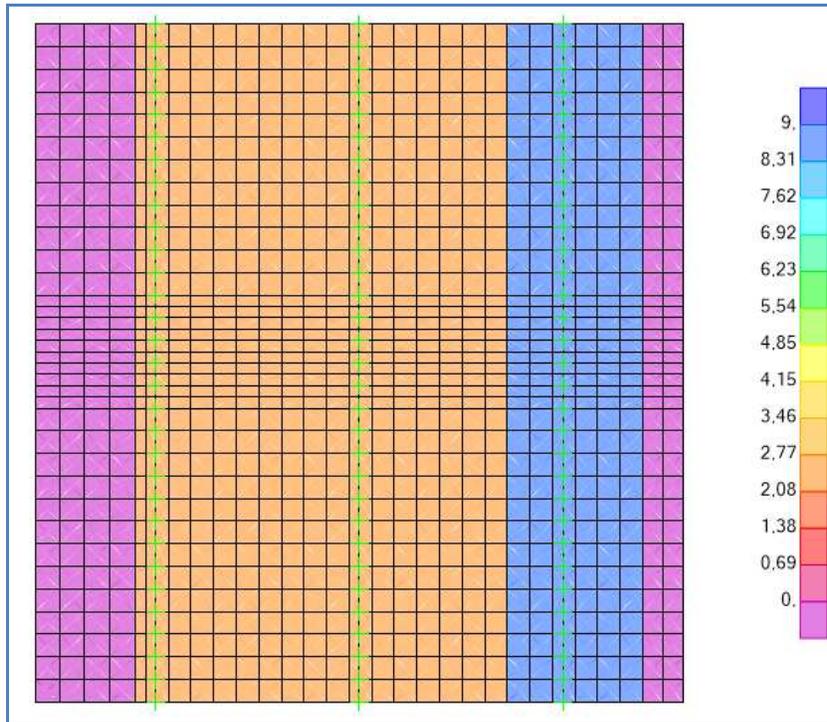


Schema di carico 1 – Disposizione C dei carichi Tandem – Mezzeria soletta

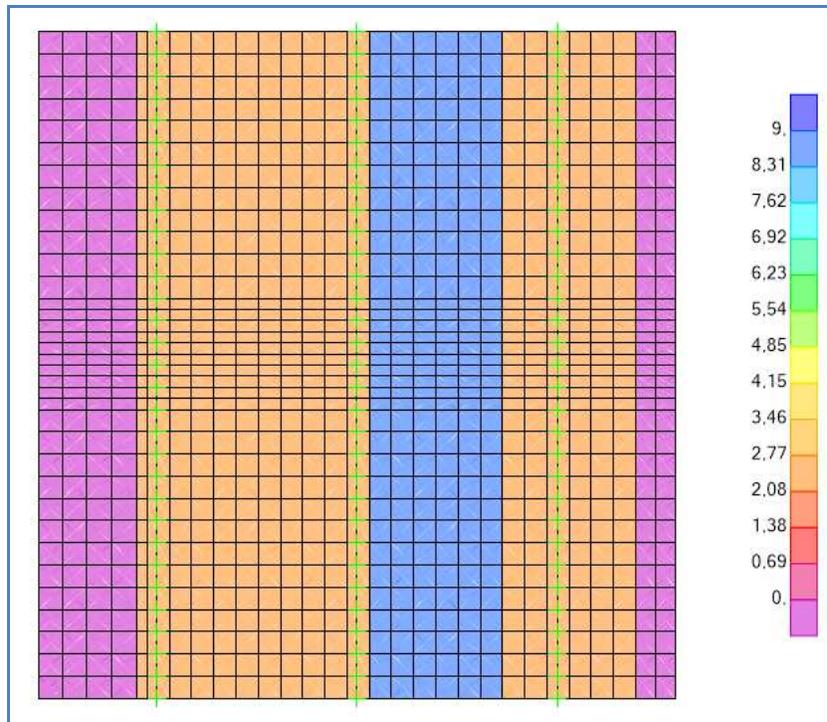


Schema di carico 1 – Disposizione D dei carichi Tandem – Mezzeria soletta

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

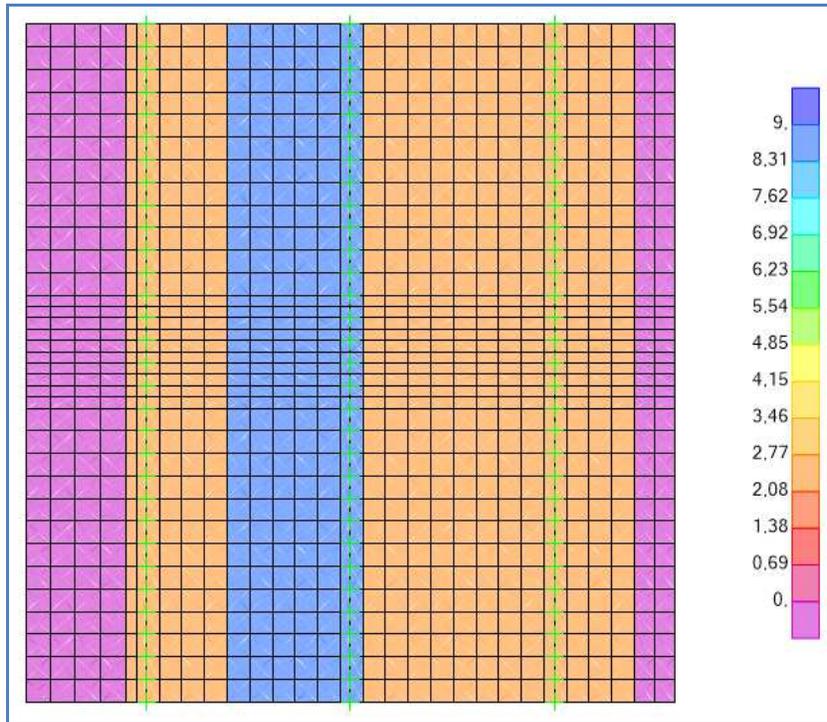


Schema di carico 1 – Disposizione A dei carichi distribuiti di corsia

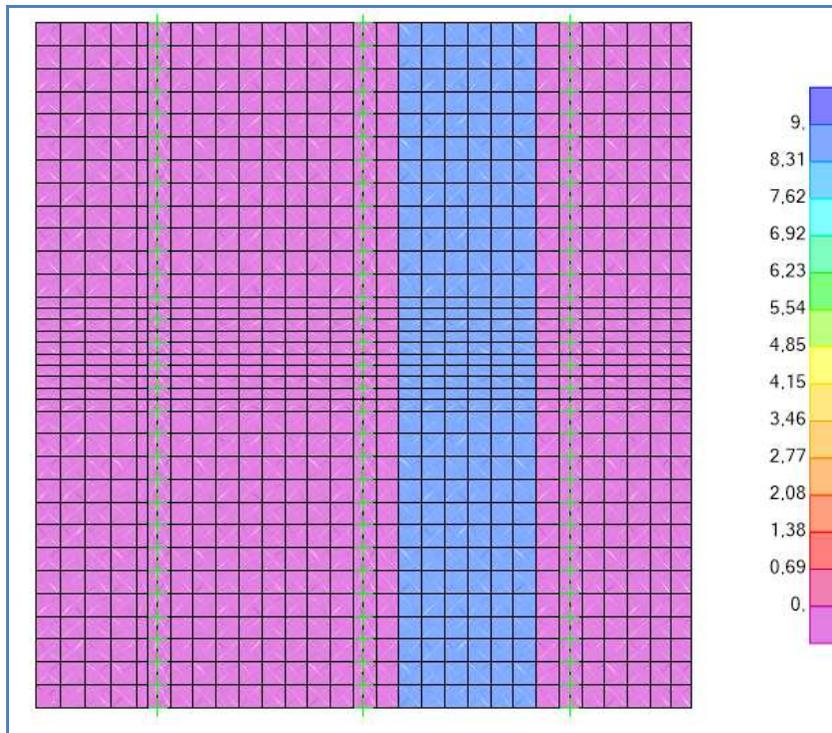


Schema di carico 1 – Disposizione B dei carichi distribuiti di corsia

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

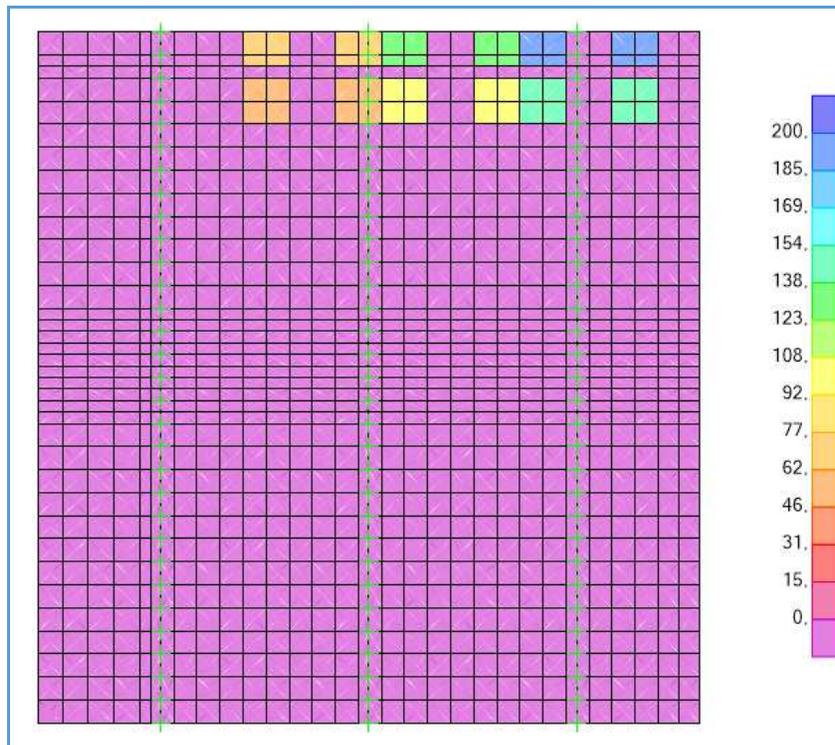


Schema di carico 1 – Disposizione C dei carichi distribuiti di corsia

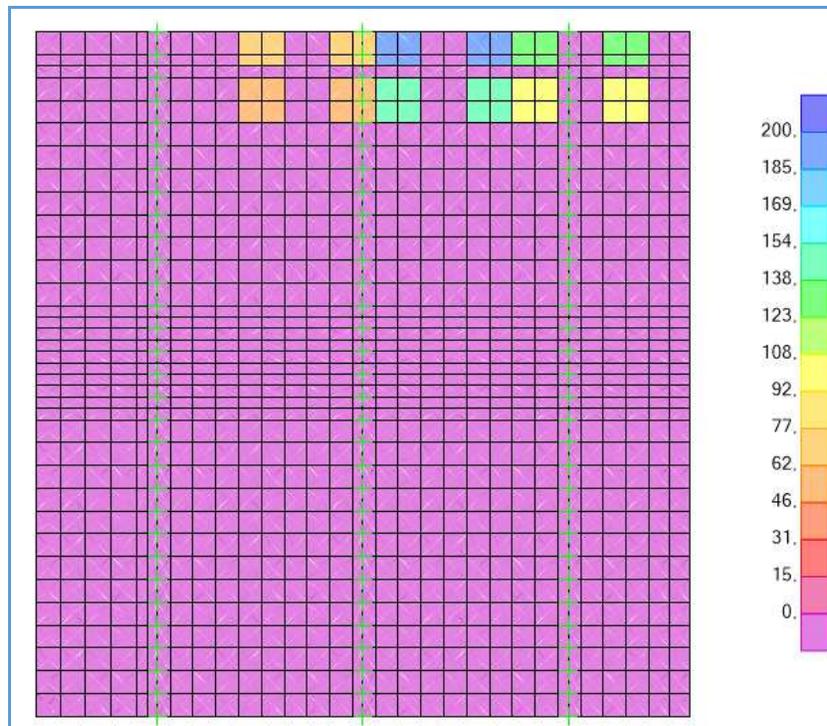


Schema di carico 1 – Disposizione D dei carichi distribuiti di corsia

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

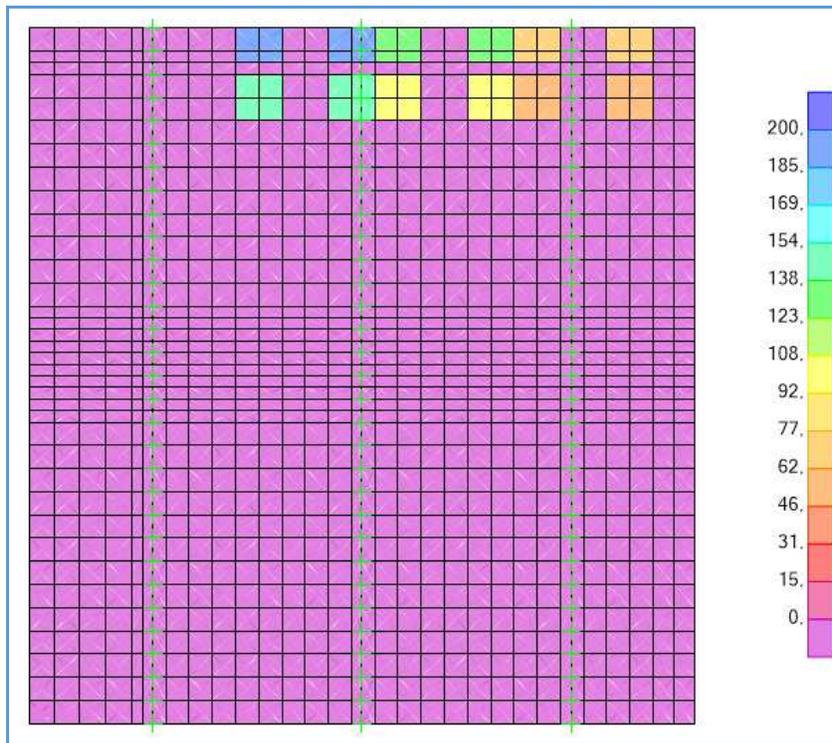


Schema di carico 1 – Disposizione A dei carichi Tandem – Bordo soletta



Schema di carico 1 – Disposizione B dei carichi Tandem – Bordo soletta

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

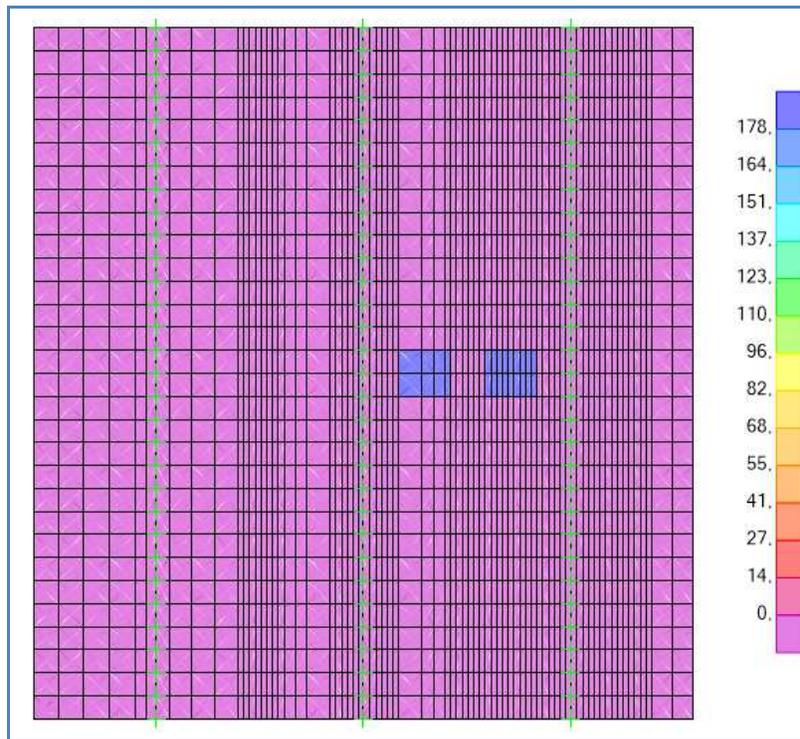


Schema di carico 1 – Disposizione C dei carichi Tandem – Bordo soletta

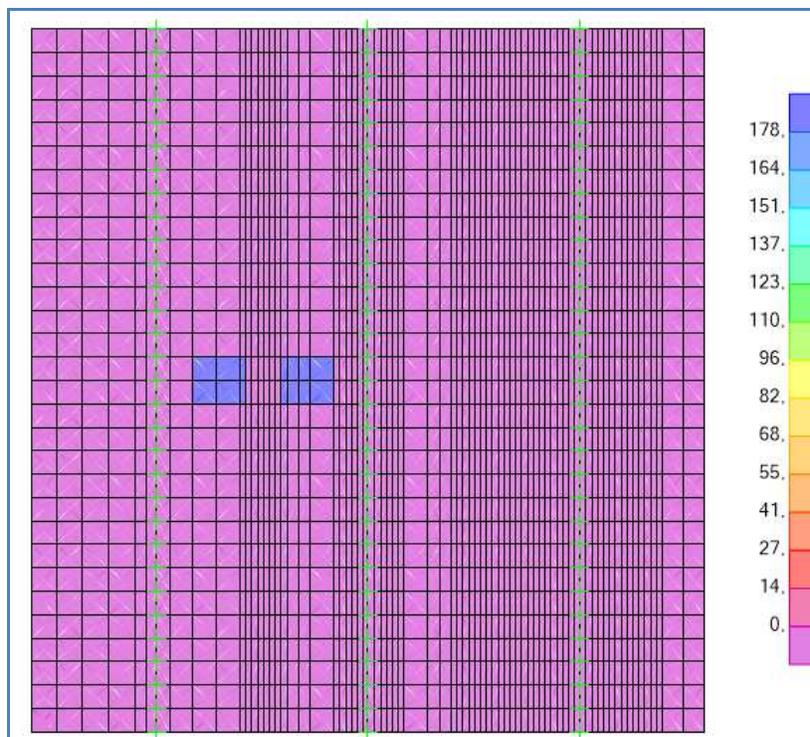


Schema di carico 1 – Disposizione D dei carichi Tandem – Bordo soletta

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

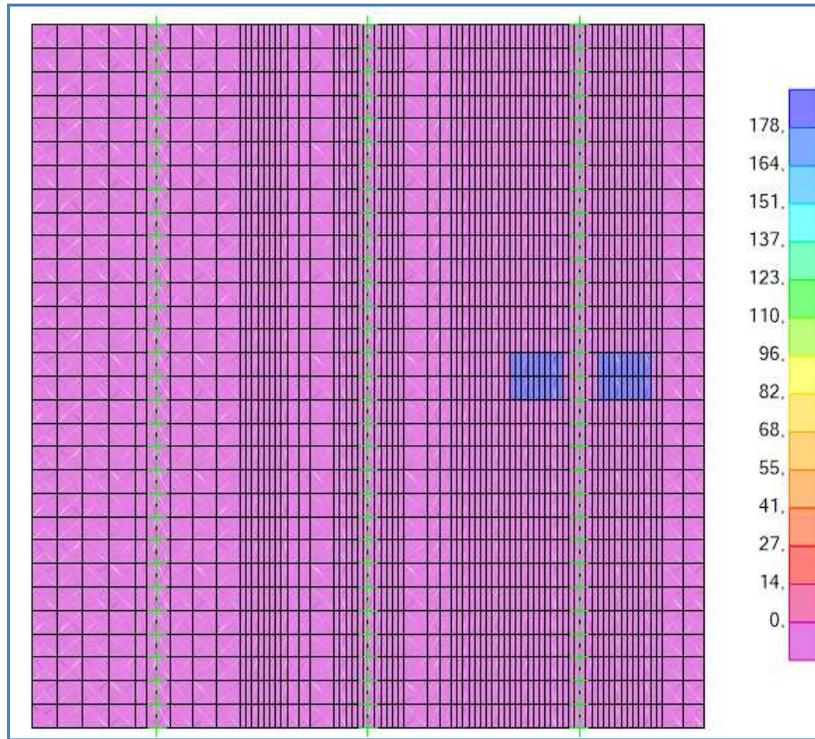


Schema di carico 2 – Disposizione A del carico – Mezzeria soletta

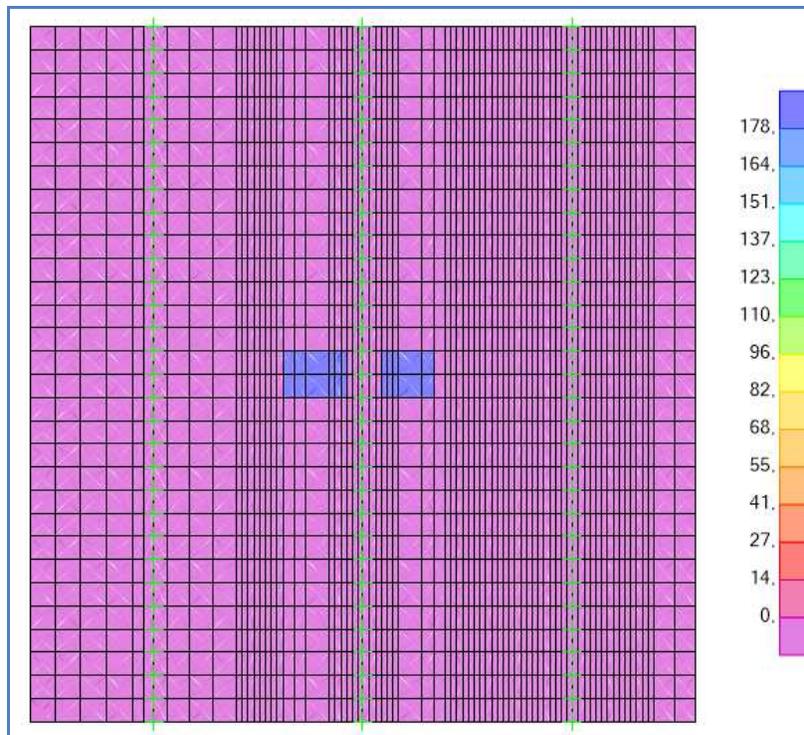


Schema di carico 2 – Disposizione B del carico – Mezzeria soletta

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

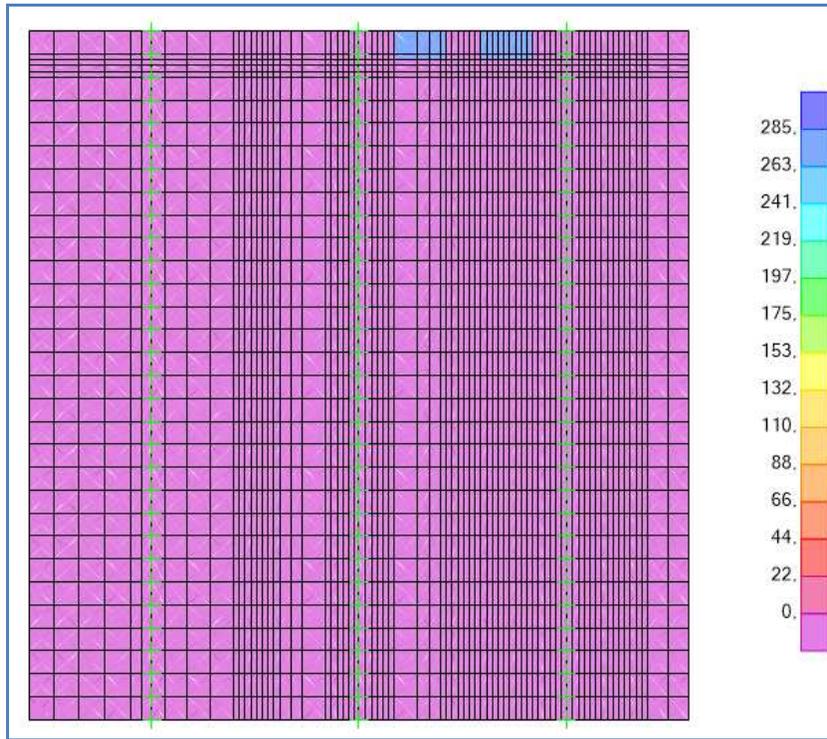


Schema di carico 2 – Disposizione C del carico – Mezzeria soletta

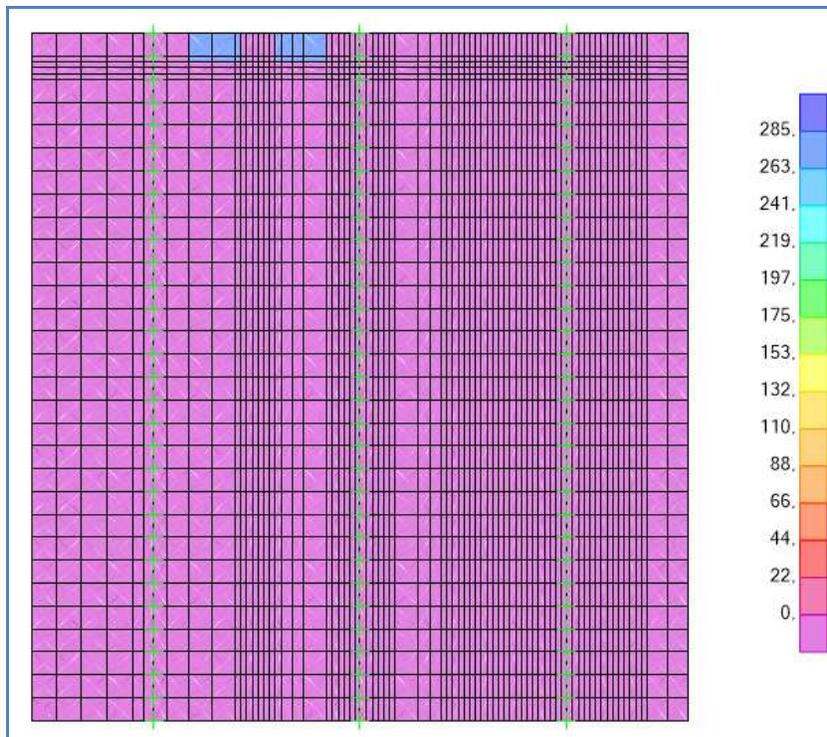


Schema di carico 2 – Disposizione D del carico – Mezzeria soletta

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

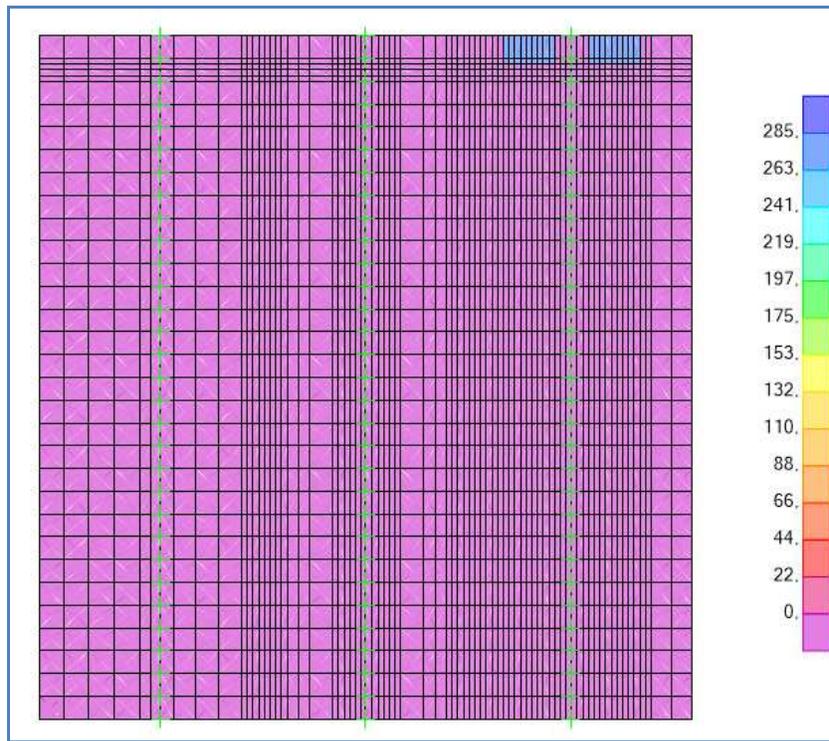


Schema di carico 2 – Disposizione A del carico – Bordo soletta

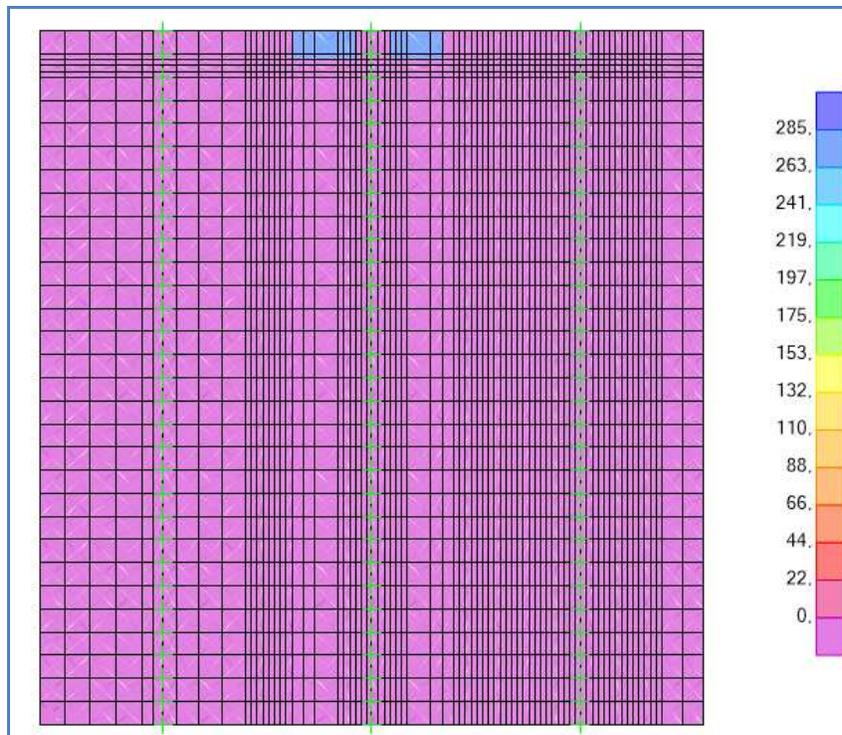


Schema di carico 2 – Disposizione B del carico – Bordo soletta

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico



Schema di carico 2 – Disposizione C del carico – Bordo soletta



Schema di carico 2 – Disposizione D del carico – Bordo soletta

10.2. Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico adottate sono quelle indicate dalla normativa; in particolare sono state definite per ciascuno dei quattro modelli quattro combinazioni di carico relativo allo stato limite ultimo (SLU), una per ciascuna delle posizioni assunte dai carichi mobili e quattro combinazioni di carico agli stati limite di esercizio (SLE) di tipo frequente. Infine sono state definite due combinazioni di carico involuppo, uno per gli SLU ed una per gli SLE. Per la condizione di carico relativa all’urto del veicolo in svio è stata definita una sola combinazione SLU ed una sola combinazione SLE. Di seguito le tabelle riepilogative con i coefficienti adottati.

COMBINAZIONI DI CARICO – SCHEMA DI CARICO 1								
	SLU-A	SLU-B	SLU-C	SLU-D	SLE-A	SLE-B	SLE-C	SLE-D
G1	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00	1,00	1,00	1,00
G2-Pavimentazione	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
G2-Guardrail	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
G2-Barriera	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
Q1k-A	1,35	-	-	-	0,75	-	-	-
Q1k-B	-	1,35	-	-	-	0,75	-	-
Q1k-C	-	-	1,35	-	-	-	0,75	-
Q1k-D	-	-	-	1,35	-	-	-	0,75
q1k-A	1,35	-	-	-	0,40	-	-	-
q1k-B	-	1,35	-	-	-	0,40	-	-
q1k-C	-	-	1,35	-	-	-	0,40	-
q1k-D	-	-	-	1,35	-	-	-	0,40
Q5	0,675	0,675	0,675	-	-	-	-	-

COMBINAZIONI DI CARICO – SCHEMA DI CARICO 2								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

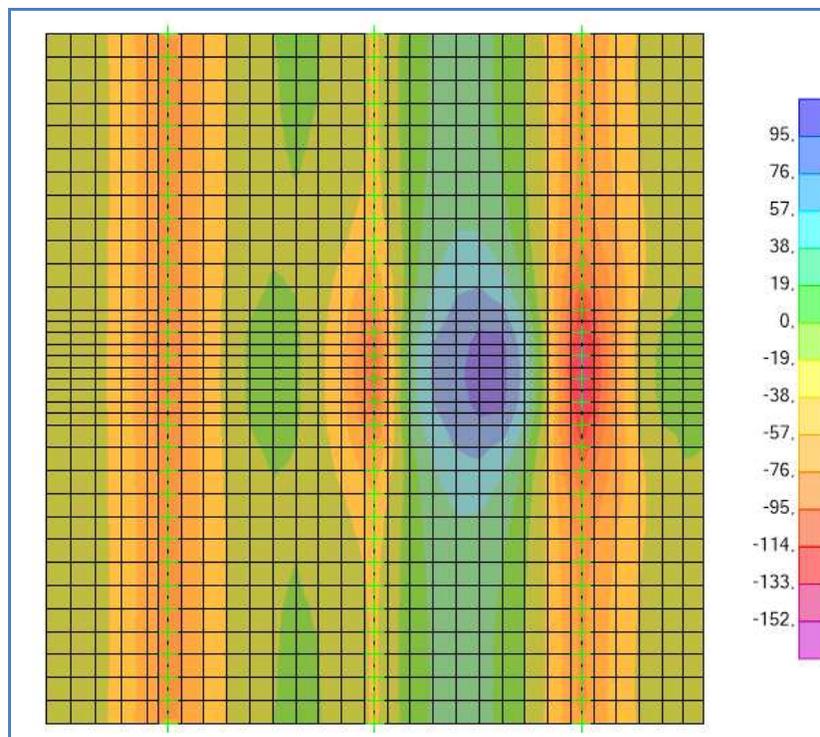
	SLU-A	SLU-B	SLU-C	SLU-D	SLE-A	SLE-B	SLE-C	SLE-D
G1	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00	1,00	1,00	1,00
G2-Pavimentazione	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
G2-Guardrail	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
G2-Barriera	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
Q2k-A	1,35	-	-	-	0,75	-	-	-
Q2k-B	-	1,35	-	-	-	0,75	-	-
Q2k-C	-	-	1,35	-	-	-	0,75	-
Q2k-D	-	-	-	1,35	-	-	-	0,75

COMBINAZIONI DI CARICO – URTO		
VEICOLO		
	SLU-A	SLE-A
G1	1,35	1,00
G2-Pavimentazione	1,50	1,00
G2-Guardrail	1,50	1,00
G2-Barriera	1,50	1,00
Q2k	1,35	0,75
q8	1,35	0,75

10.3. Sollecitazioni

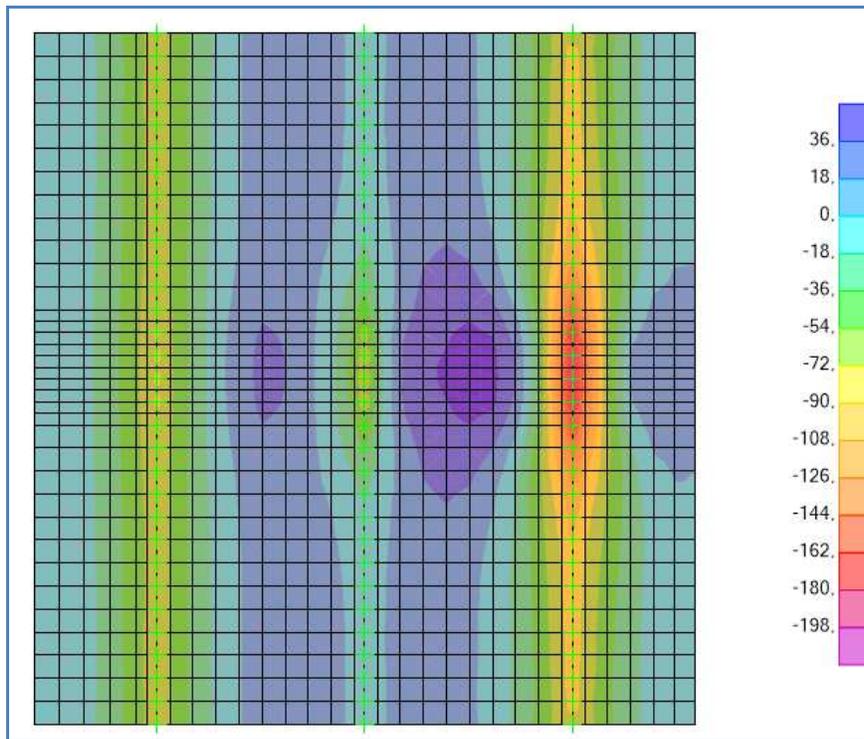
Si riportano le sollecitazioni di calcolo ottenute dai modelli agli elementi finiti sviluppati; in particolare per ciascun modello si riportano i digrammi del momento flettente M1 (con riferimento sia ai massimi valori positivi sia ai massimi valori negativi) ed i diagrammi dei tagli V13 e V23 (con riferimento sia ai massimi valori positivi sia ai massimi valori negativi). Le unità di misura adottate sono il KNm/m per il momento flettente ed il KN/m per il taglio.

10.3.1 Schema di carico 1 – zona interna soletta

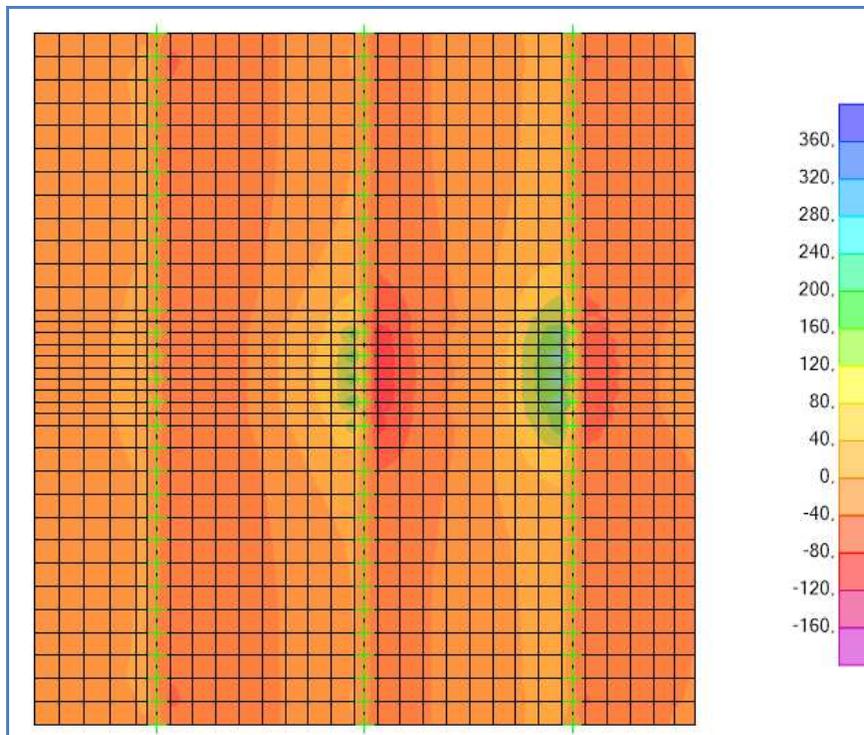


Schema di carico 1 – $M_{11,MAX}$ – Inviluppato – Mezzeria soletta

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

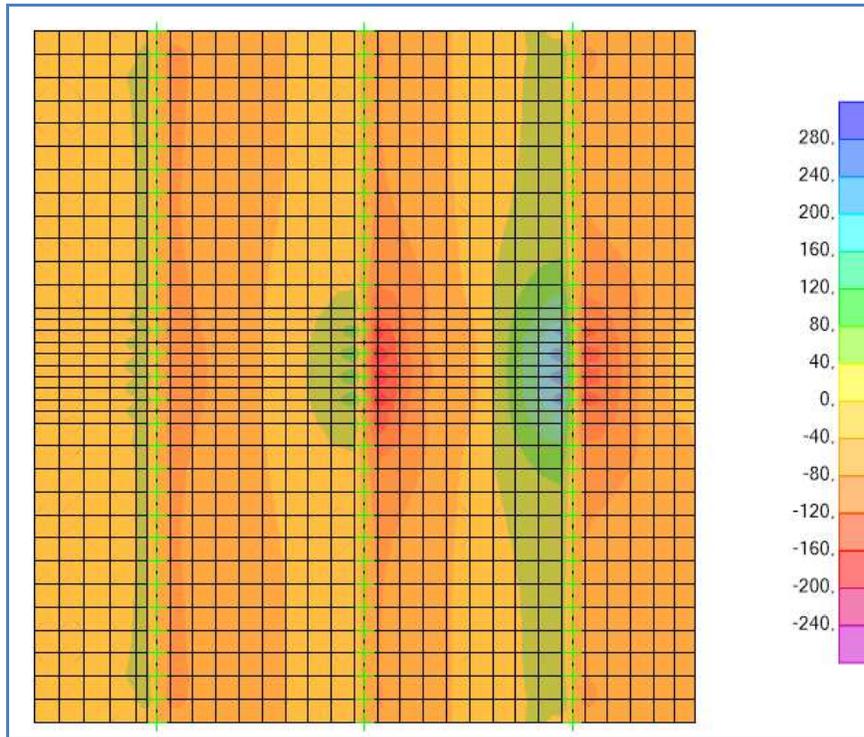


Schema di carico 1 – $M_{11,MIN}$ - Involuppo – Mezzeria soletta

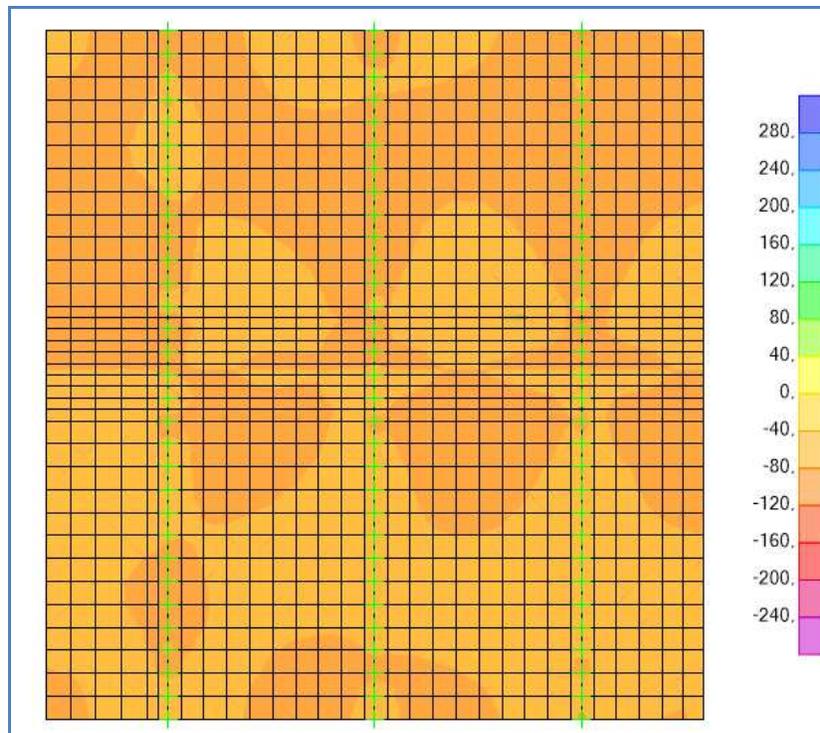


Schema di carico 1 – $V_{13,MAX}$ - Involuppo – Mezzeria soletta

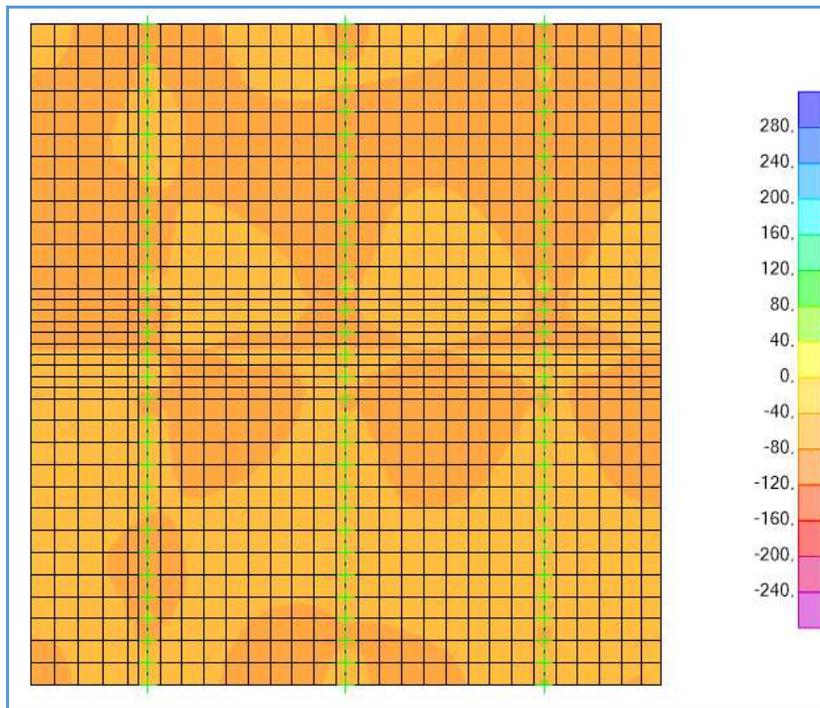
AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico



Schema di carico 1 – $V_{13,MIN}$ - Involuppo – Mezzeria soletta

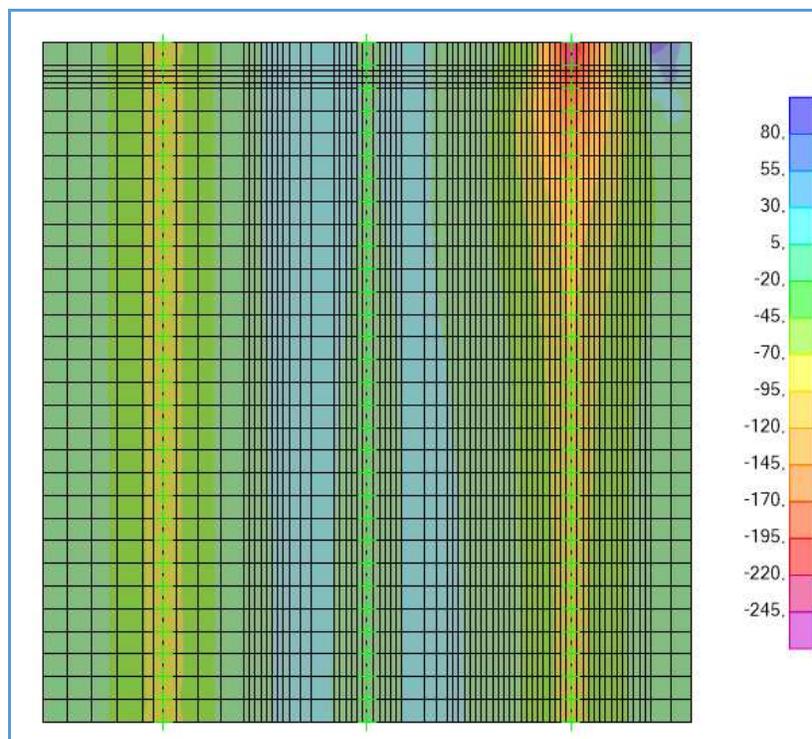


Schema di carico 1 – $V_{23,MAX}$ - Involuppo – Mezzeria soletta



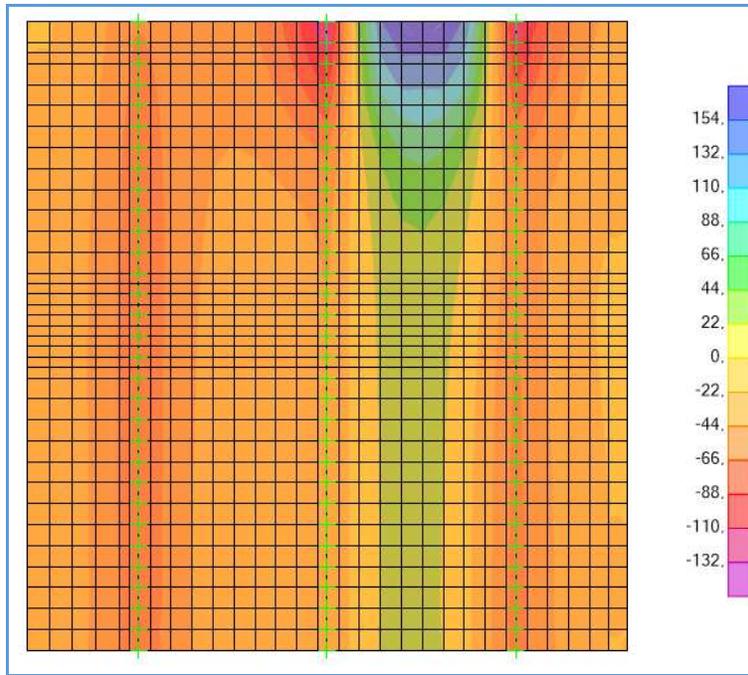
Schema di carico 1 – $V_{23,MIN}$ - Involuppo – Mezzeria soletta

10.3.2 Schema di carico urto veicolo – zona interna soletta

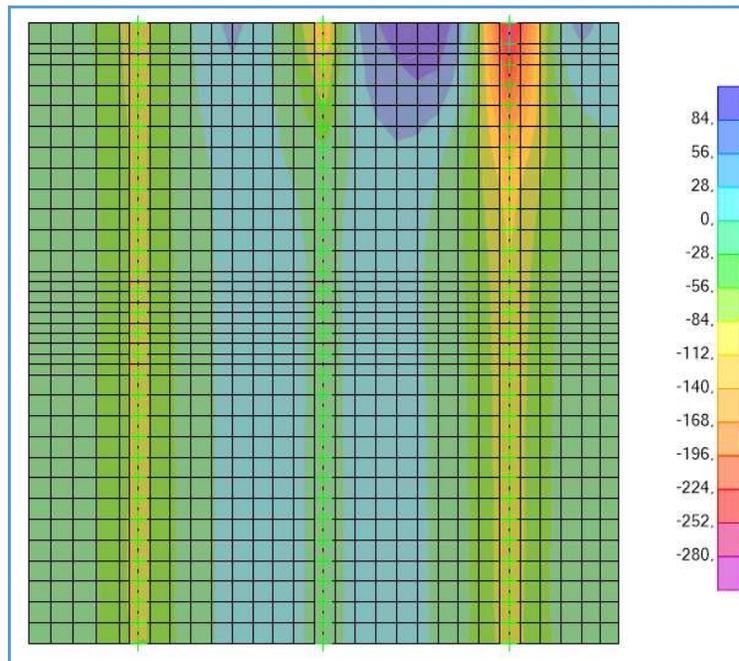


Schema di carico Urto Veicolo in svio – M_{11} - Bordo soletta

10.3.3 Schema di carico 1 – zona di bordo soletta

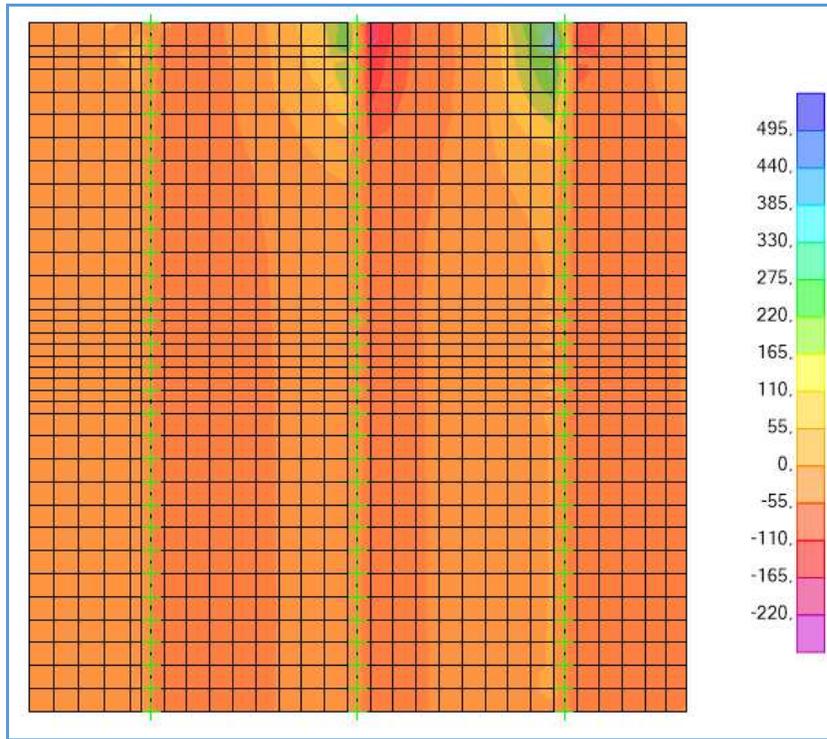


Schema di carico 1 – $M_{11,MAX}$ - Involuppo – Bordo soletta

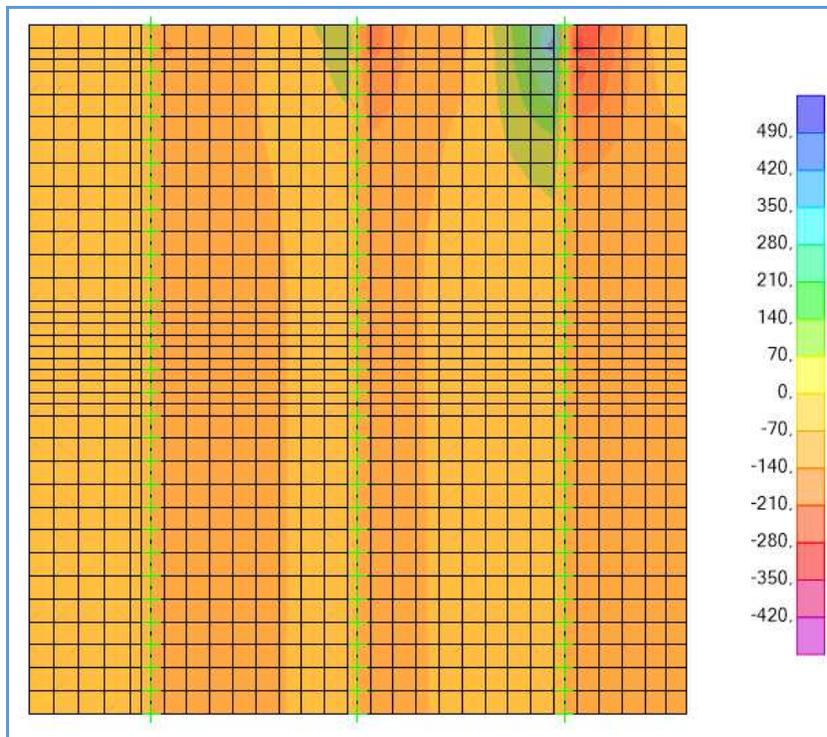


Schema di carico 1 – $M_{11,MIN}$ - Involuppo – Bordo soletta

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

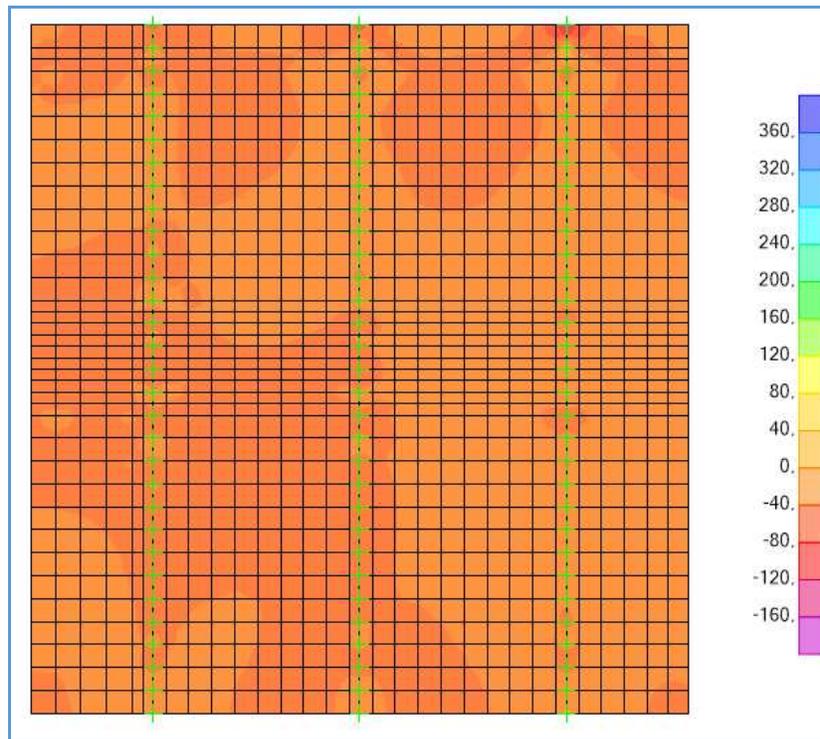


Schema di carico 1 – $V_{13,MAX}$ - Involuppo – Bordo soletta

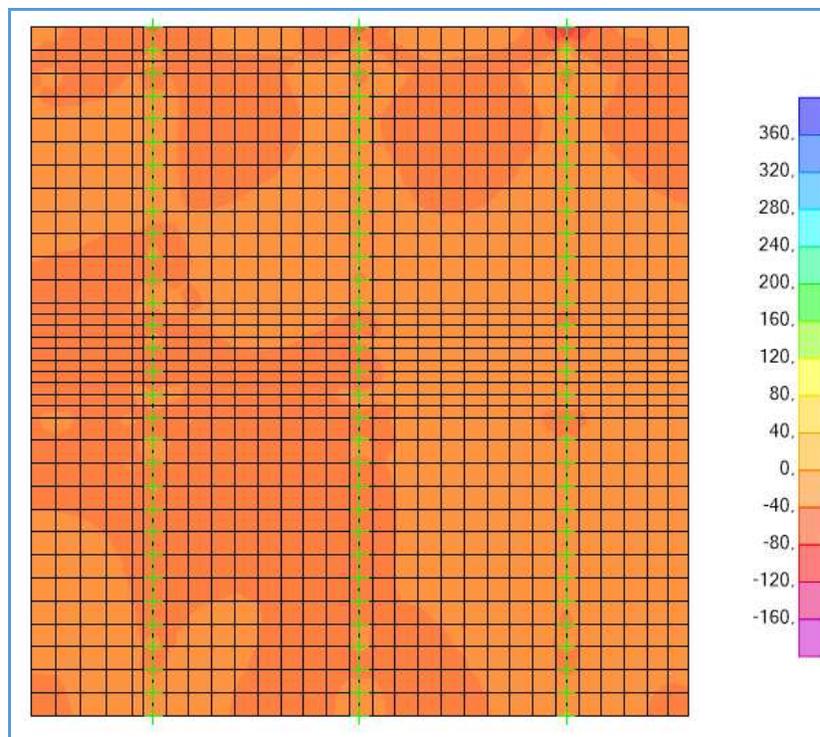


Schema di carico 1 – $V_{13,MIN}$ - Involuppo – Bordo soletta

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

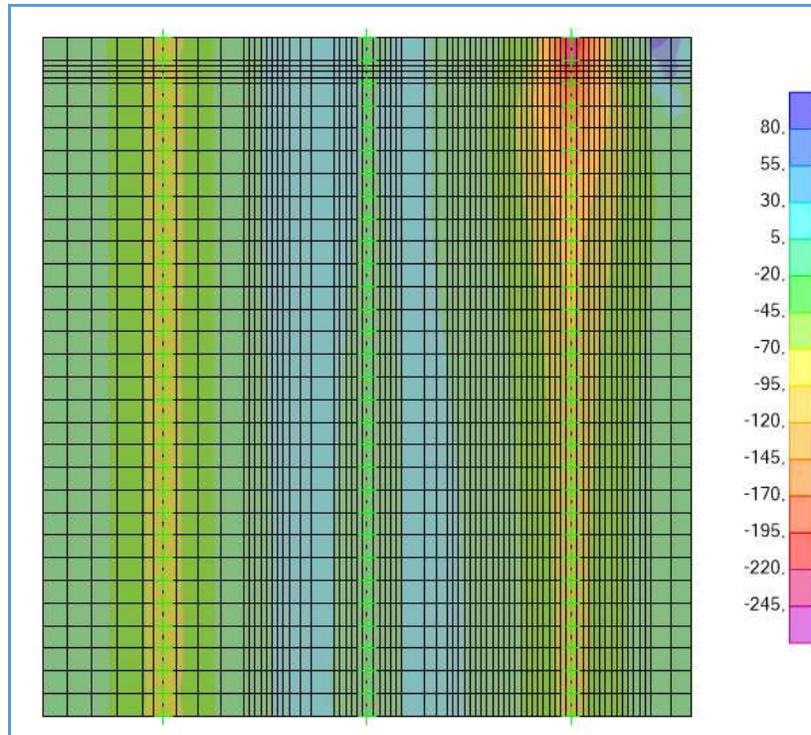


Schema di carico 1 – $V_{23,MAX}$ - Inviluppo – Bordo soletta



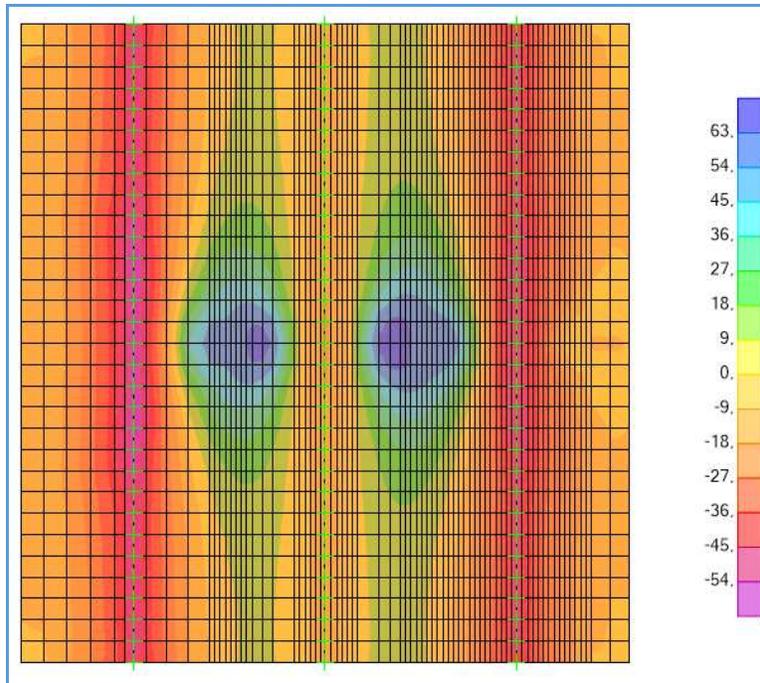
Schema di carico 1 – $V_{23,MIN}$ - Inviluppo – Bordo soletta

10.3.4 Schema di carico urto veicolo – zona di bordo soletta

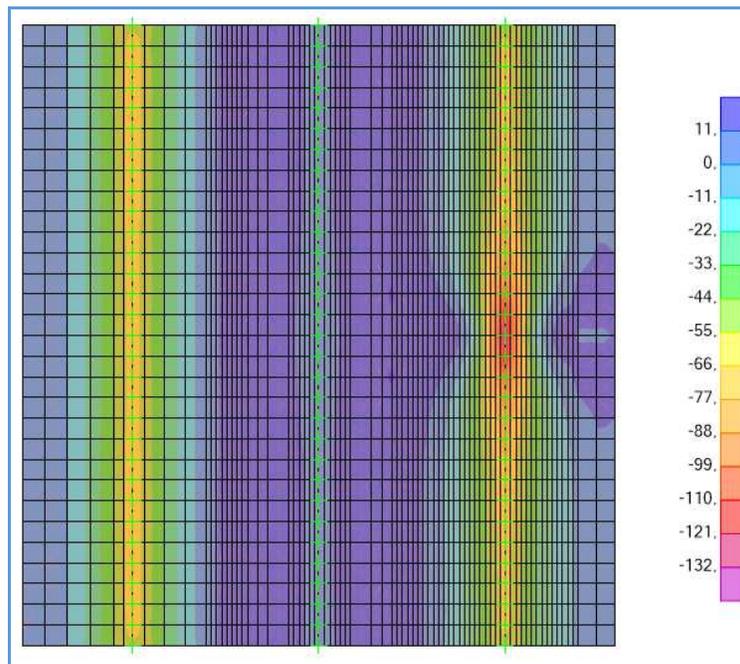


Schema di carico Urto Veicolo in svio – M_{11} - Bordo soletta

10.3.5 Schema di carico 2 – zona interna soletta

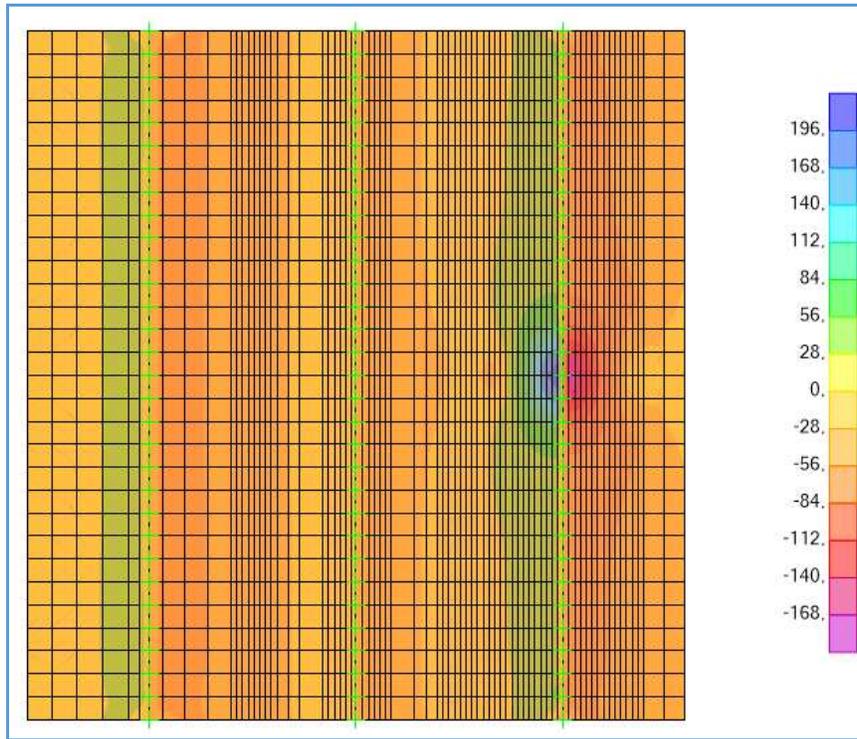


Schema di carico 2 – $M_{11,MAX}$ - Involuppo – Mezzeria soletta

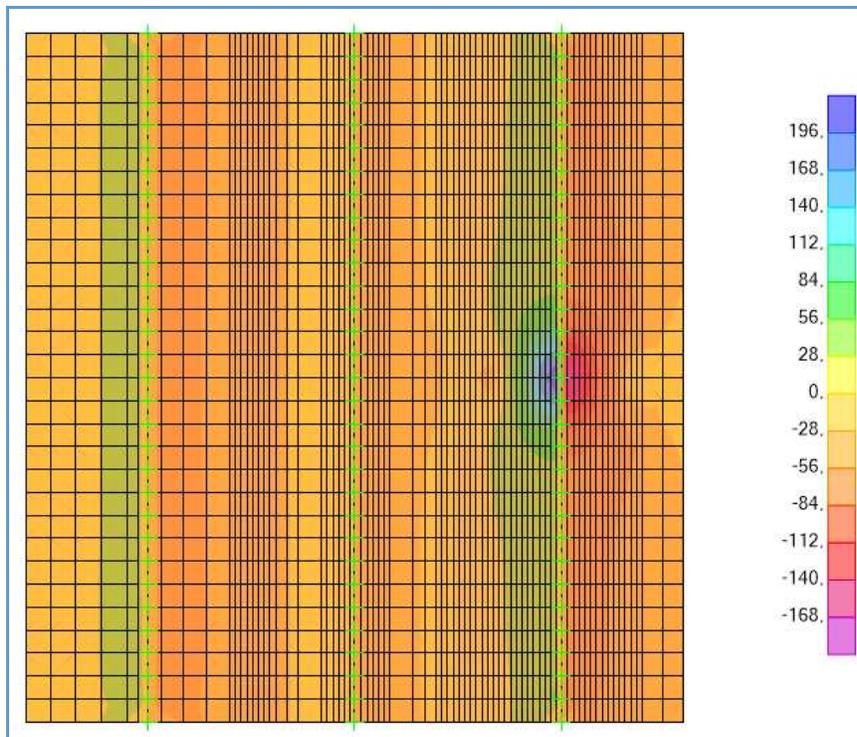


Schema di carico 2 – $M_{11,MIN}$ - Involuppo – Mezzeria soletta

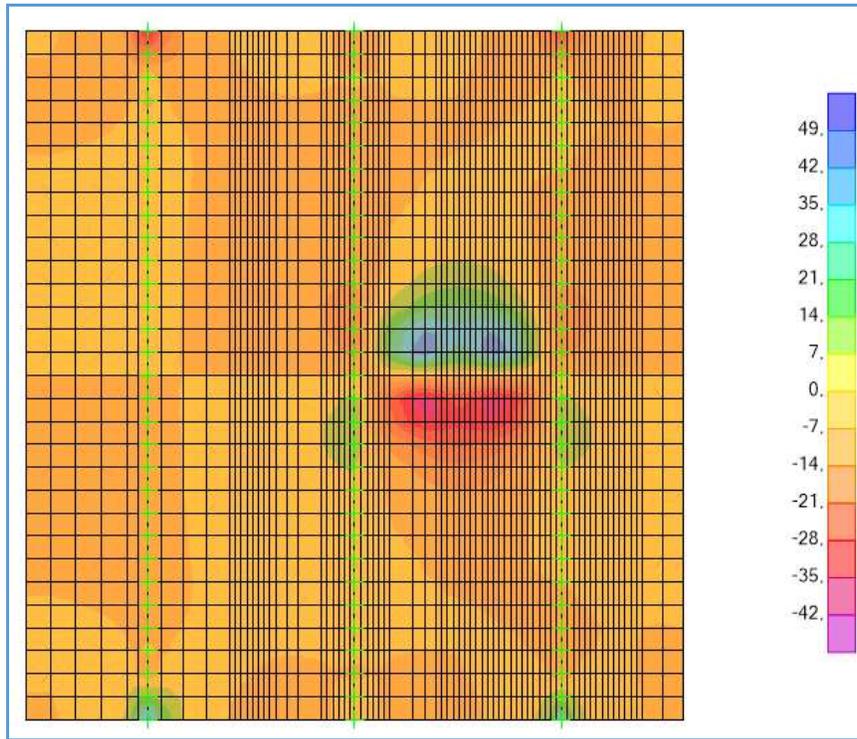
AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico



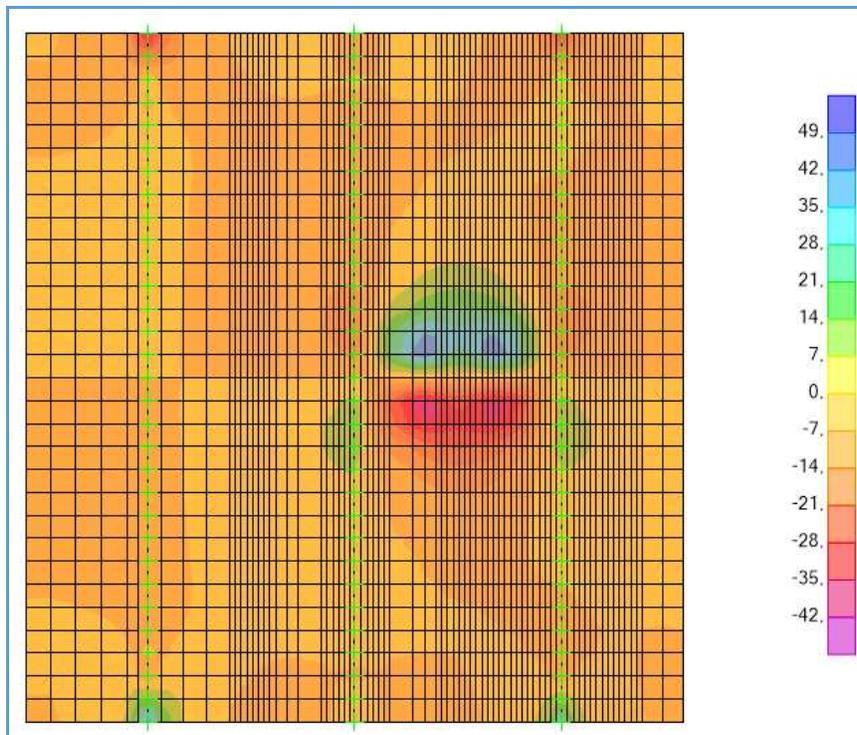
Schema di carico 2 – $V_{13,MAX}$ - Inviluppo – Mezzeria soletta



Schema di carico 2 – $V_{13,MIN}$ - Inviluppo – Mezzeria soletta

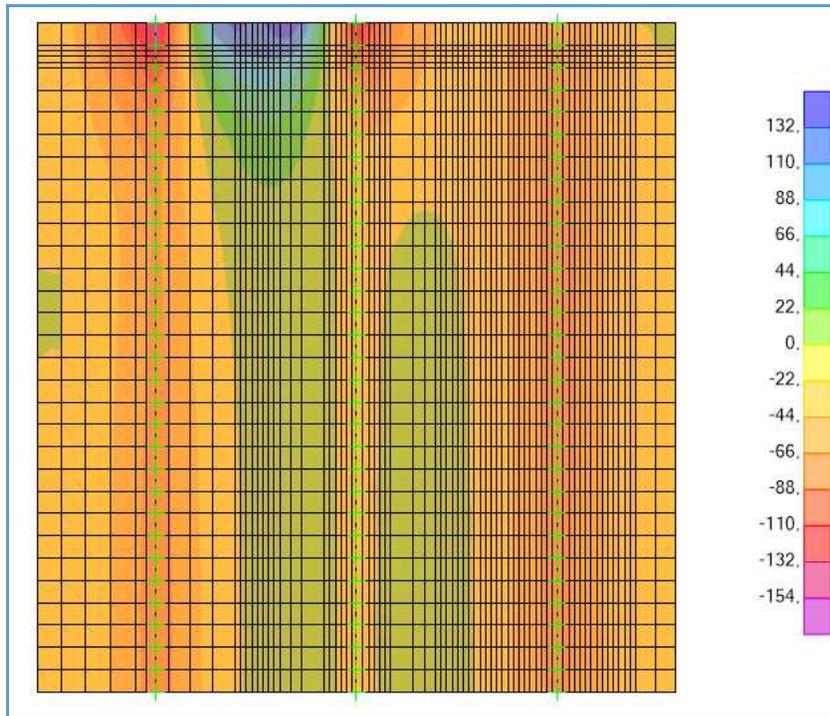


Schema di carico 2 – $V_{23,MAX}$ - Involuppo – Mezzeria soletta

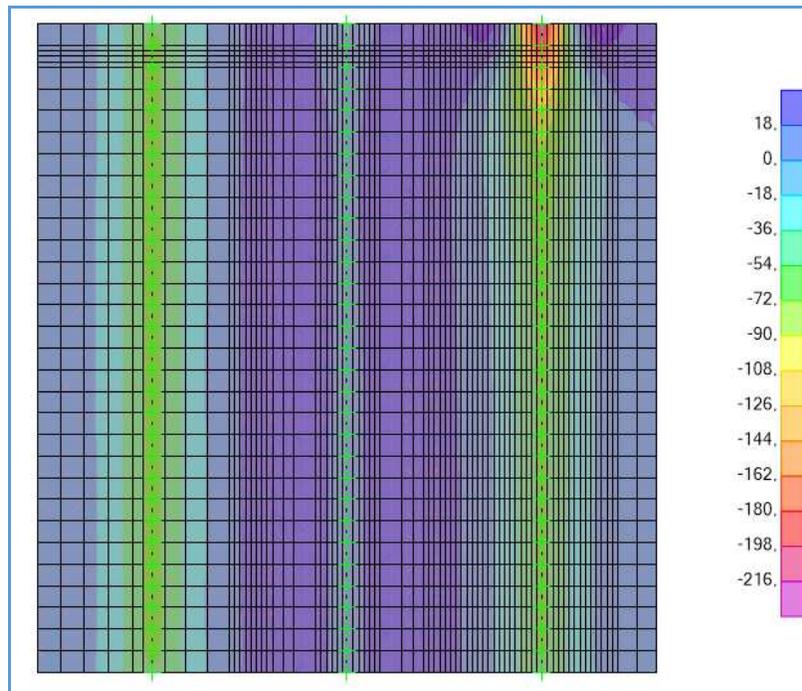


Schema di carico 2 – $V_{23,MIN}$ - Involuppo – Mezzeria soletta

10.3.6 Schema di carico 2 – zona bordo soletta

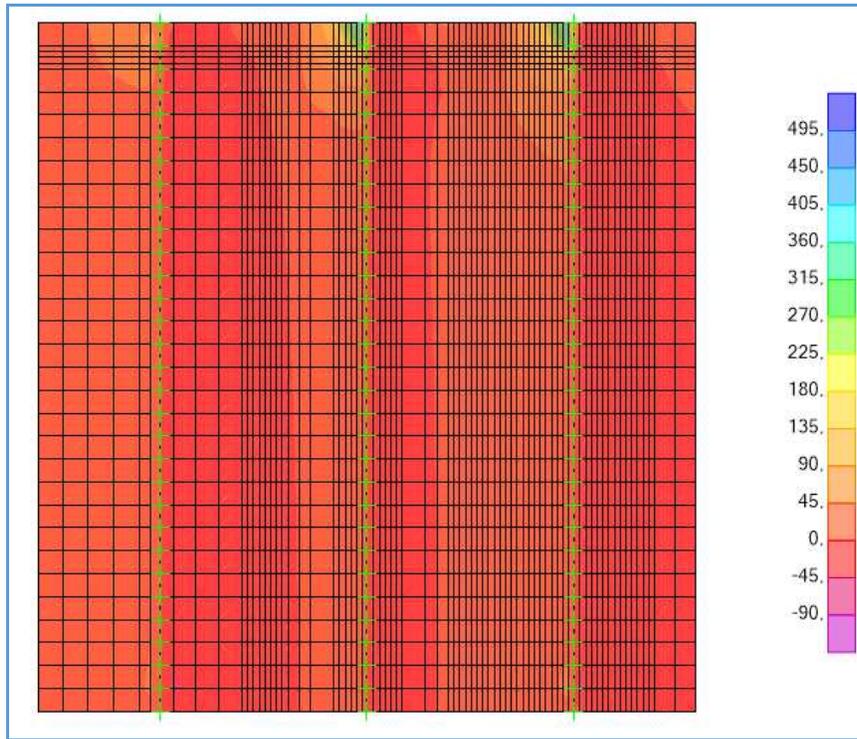


Schema di carico 2 – $M_{11,MAX}$ - Inviluppo – Bordo soletta

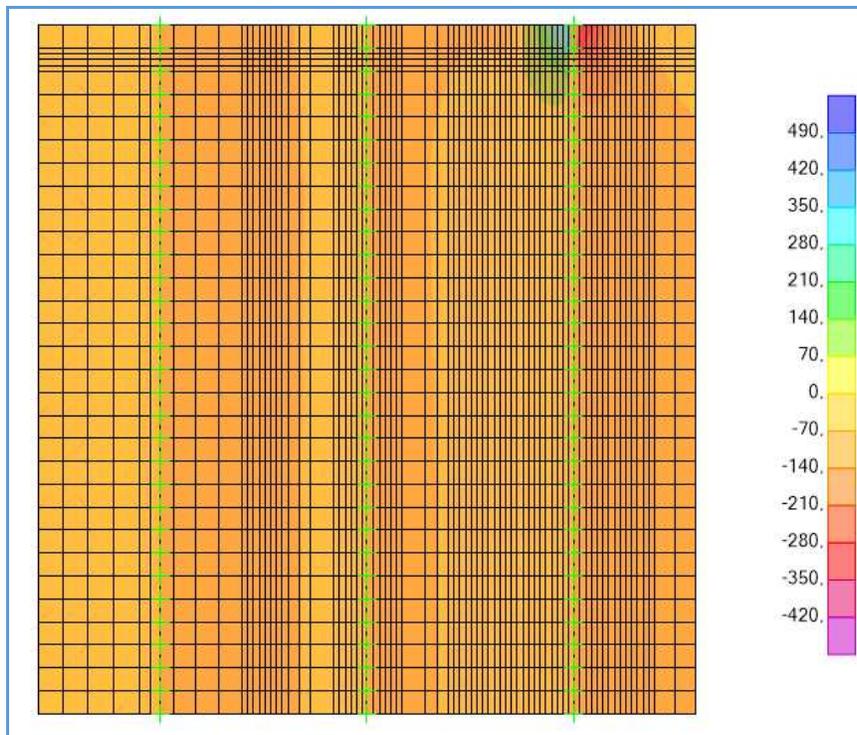


Schema di carico 2 – $M_{11,MIN}$ - Inviluppo – Bordo soletta

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

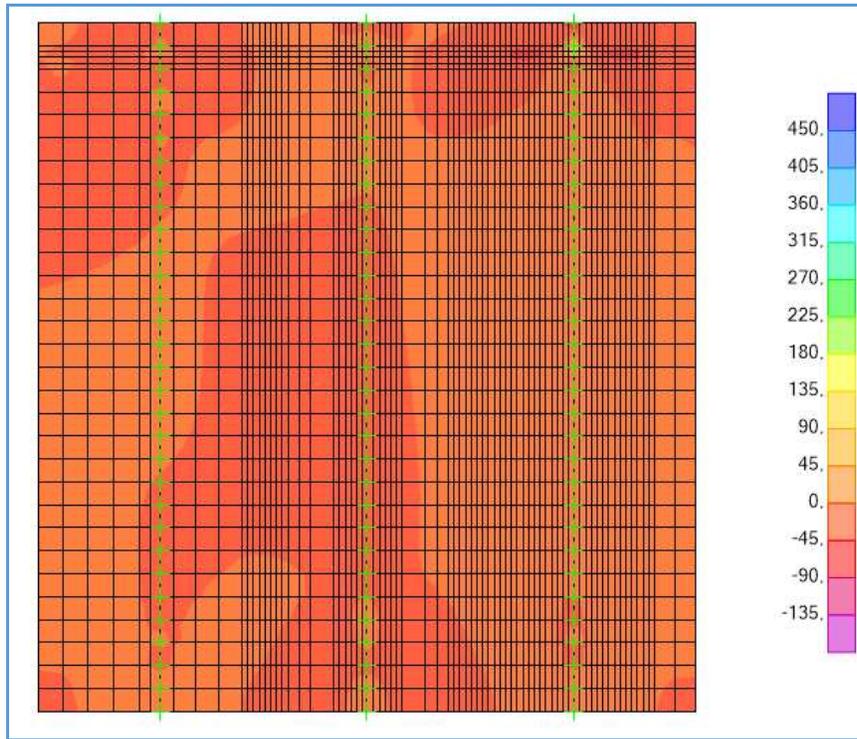


Schema di carico 2 – $V_{13,MAX}$ - Involuppo – Bordo soletta

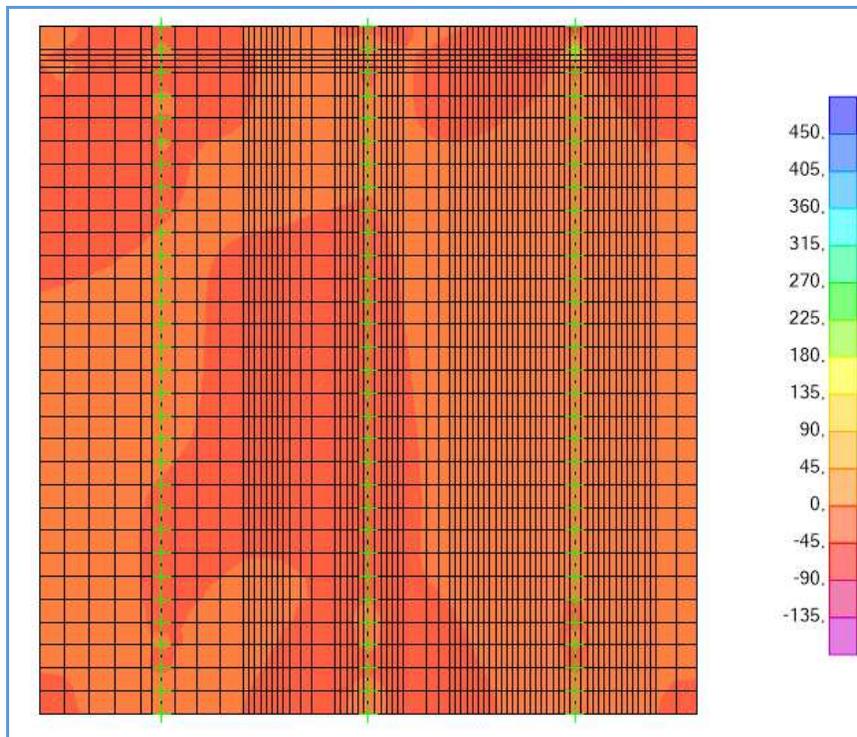


Schema di carico 2 – $V_{13,MIN}$ - Involuppo – Bordo soletta

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico



Schema di carico 2 – $V_{23,MAX}$ - Involuppo – Bordo soletta



Schema di carico 2 – $V_{23,MIN}$ - Involuppo – Bordo soletta

10.4. Verifiche

Dall’analisi puntuale dei modelli sopra riportati, è possibile ricavare i massimi valori delle sollecitazioni agenti nelle varie zone della soletta. Per praticità si riassumono nelle tabelle seguenti, dove è indicato lo schema di carico, la combinazione di carico e l’armatura adottata con il relativo momento resistente.

SOLETTA IMPALCATO – ZONE INTERNE							
	$M_{1,MAX}$ CAMPATA	$M_{1,MIN}$ TRA- VE INTER- NA	$M_{1,MIN}$ TRAVE E- STERNA	$M_{2,MAX}$ CAMPATA	$M_{2,MIN}$ TRAVE IN- TERNA	$M_{2,MIN}$ TRAVE E- STERNA	V_{13}
M_{ED} / V_{ED}	+ 95 KNm/m	-130 KNm/m	-210 KNm/m	+ 48 KNm/m	-50 KNm/m	-65 KNm/m	180 KN/m
SCHEMA DI CARICO	Schema di Carico 1 - SLU-D	Schema di Carico 1 - SLU-C	Schema di Carico 1 - SLU-A	Schema di Carico 1 - SLU-D	Schema di Carico 1 - SLU-C	Schema di Carico 1 - SLU-A	Schema di Carico 1 - ENVE
ARMATURA SUP.	φ 20 /15”	φ 20 /15”	φ 20 /15”+ φ 20 /15”	φ 12 /20”	φ 12 /20”	φ 12 /20”	φ 20 /15”+ φ 20 /15”
ARMATURA INF.	φ 20 /15”	φ 20 /15”	φ 20 /15”	φ 12 /20”	φ 12 /20”	φ 12 /20”	φ 20 /15”
M_{RD} / V_{RD}	+ 172 KNm/m	-183,4 KNm/m	-318,8 KNm/m	+ 60,77 KNm/m	-65,19 KNm/m	-65,19 KNm/m	213 KN/m
VERIFICA	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Si riportano di seguito le viste del programma VCASLU utilizzato per il calcolo dei momenti resistenti; il calcolo è condotto adottando una striscia di soletta di larghezza pari a 100 cm e di altezza pari a 31 cm; i materiali utilizzati sono l’acciaio da cemento armato B450C e calcestruzzo di classe C32/40.

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico

Verifica C.A. S.L.U. - File: SETTECA-M1-CAMP

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

Titolo: _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	31	1	20,95	7
			2	20,95	23

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
E _{su}	67,5 ‰	E _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391,3 N/mm²	E _{cu}	3,5 ‰
E _s	200.000 N/mm²	f _{cd}	18,13 ‰
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0,8
E _{syd}	1,957 ‰	σ _{c,adm}	12,25
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0,7333
		τ _{c1}	2,114

M_{xRd} kNm

σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

Calcolo del momento resistente M1 in campata: 172 KNm

Verifica C.A. S.L.U. - File: SETTECA-M1-INT

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

Titolo: _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	31	1	20,95	7
			2	20,95	23

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
E _{su}	67,5 ‰	E _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391,3 N/mm²	E _{cu}	3,5 ‰
E _s	200.000 N/mm²	f _{cd}	18,13 ‰
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0,8
E _{syd}	1,957 ‰	σ _{c,adm}	12,25
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0,7333
		τ _{c1}	2,114

M_{xRd} kNm

σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

Calcolo del momento resistente M1 sull'appoggio interno: -183,4 KNm

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico

Verifica C.A. S.L.U. - File: SETTECA-M1-EXT

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

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	31	1	41,91	7
			2	20,95	23

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} -210 kNm
M_{yEd} 0

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm ²	f_{cd}	18,13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0,7333
		τ_{c1}	2,114

M_{xRd} -318,8 kNm
 σ_c -18,13 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 5,296 ‰
d 24 cm
x 9,55 x/d 0,3979
 δ 0,9374

Calcolo del momento resistente M1 sull'appoggio esterno: -318,8 KNm

Verifica C.A. S.L.U. - File: SETTECA-M2-CAMP

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

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	31	1	5,65	8,6
			2	5,65	21,4

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 48 kNm
M_{yEd} 0

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm ²	f_{cd}	18,13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0,7333
		τ_{c1}	2,114

M_{xRd} 60,77 kNm
 σ_c -18,13 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 21,41 ‰
d 21,4 cm
x 3,007 x/d 0,1405
 δ 0,7

Calcolo del momento resistente M2 in campata: 60,77 KNm

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico

Verifica C.A. S.L.U. - File: SETTECA'-M2-INT

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

Titolo : _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	31	1	5,65	8,6
			2	5,65	21,4

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} -50 0 kNm
M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm²	f_{cd}	18,13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0,7333
		τ_{cl}	2,114

M_{xRd} -65,19 kNm

σ_c -18,13 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 22,57 ‰
d 22,4 cm
x 3,007 x/d 0,1343
 δ 0,7

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

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

Calcolo del momento resistente M2 sull'appoggio interno: -65,19 KNm

Verifica C.A. S.L.U. - File: SETTECA'-M2-EXT

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

Titolo : _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	31	1	5,65	8,6
			2	5,65	21,4

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} -65 0 kNm
M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm²	f_{cd}	18,13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0,7333
		τ_{cl}	2,114

M_{xRd} -65,19 kNm

σ_c -18,13 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 22,57 ‰
d 22,4 cm
x 3,007 x/d 0,1343
 δ 0,7

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

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

Calcolo del momento resistente M2 sull'appoggio esterno: -65,19 KNm

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

Calcestruzzo		Sollecitazioni		V13
Tipo	C32/40	V_{Ed}	kN	180
R_{ct}	40 N/mm ²	N_{Ed}	kN	0
f_{ck}	33,2 N/mm ²	Armatura a taglio		
γ_c	1,5	Diametro	mm	0
α_{cc}	0,85	Numero barre		0
f_{cd}	18,8 N/mm ²	A_{sw}	cm ²	0,00
Acciaio		Passo s	cm	20
f_{yk}	540 N/mm ²	Angolo α	°	90
f_{yk}	450 N/mm ²	Armatura longitudinale		
γ_s	1,15	n_1		6,67
f_{yd}	391 N/mm ²	\varnothing_1	mm	20
		n_2		6,67
		\varnothing_2	mm	20
		A_{sl}	cm ²	41,91
		Sezione		
		b_w	cm	100
		H	cm	31
		c	cm	7
		d	cm	24
		k	N/mm ²	1,91
		v_{min}	N/mm ²	0,53
		ρ		0,0175
		σ_{cp}	N/mm ²	0,00
		α_c		1,00
		Resistenza senza armatura a taglio		
		V_{Rd}	kN	213

Verifica a taglio

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

Per quanto riguarda la verifica a fessurazione della soletta occorre riferirsi alle sollecitazioni ottenute con le combinazioni agli stati limite di esercizio; la verifica deve essere condotta sia per il momento flettente positivo di campata sia per il momento flettente negativo all’appoggio.

SOLETTA IMPALCATO – ZONE INTERNE			
	M_{1,SLE} CAMPATA	M_{1,SLE} TRAVE INTERNA	M_{1,SLE} TRAVE ESTERNA
M_{ED}	+ 48 KNm/m	-60 KNm/m	-110 KNm/m
SCHEMA DI CARICO	Schema di Carico 1 - SLE-D	Schema di Carico 1 - SLE-C	Schema di Carico 1 - SLE-A
ARMATURA SUP.	φ 20 /15”	φ 20 /15”	φ 20 /15”+ φ 20 /15”
ARMATURA INF.	φ 20 /15”	φ 20 /15”	φ 20 /15”
w	0,10 mm	0,15 mm	0,18 mm
w_{LIM}	0,20 mm	0,20 mm	0,20 mm
VERIFICA	OK	OK	OK

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico

Sollecitazioni

Momento flettente	M	48	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	40	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	12,3	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3,2	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2,2	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{amm}	260	N/mm ²
Coefficiente om.og. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	31	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	As_1'	20,95	cm ²	6,67 Ø 20	$c_{s1} = 7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	As_2'	0,00	cm ²	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	As_2	0,00	cm ²	Ø	$c_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	As_1	20,95	cm ²	6,67 Ø 20	$c_{t1} = 8$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel ds.	σ_c	4,9	N/mm ²	< $\sigma_{c,amm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	117,2	N/mm ²	< $\sigma_{s,amm}$

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6	Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	8,8	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{ci}	3687	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	I_{ci}	288648	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	I_{ci^*}	87112,4	cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	41	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	59	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	∞	cm	
	u (M_{fess})	∞	cm	
Compressione max nel ds. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	6,0		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	143,6	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	8,8	cm	
	β_1	1		
	β_2	0,5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0,00022		
Copriferro netto	c'	7,0	cm	
Altezza efficace	d_{eff}	22,0	cm	
Area efficace	$A_{c,eff}$	2200	cm ²	
Armatura nell'area efficace	$A_{s,eff}$	21,0	cm ²	
	ρ_r	0,00952		
Distanza tra le barre	s	15,0	cm	
	K_2	0,4		
	K_3	0,125		
Distanza media tra le fessure	s_{fm}	27,5	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0,06	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	0,10	mm	

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico

Sollecitazioni

Momento flettente	M	60	kN m
Storzo normale	N	0	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	40	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	12,3	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3,2	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2,2	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{s,amm}$	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	31	cm			
Larghezza sezione	B	100	cm			
Armatura compressa (1° strato)	As_1'	20,95	cm ²	6,67	Ø 20	$C_{s1} = 8$ cm
Armatura compressa (2° strato)	As_2'	0,00	cm ²		Ø	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	As_2	0,00	cm ²		Ø	$C_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	As_1	20,95	cm ²	6,67	Ø 20	$C_{t1} = 7$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5,8	N/mm ²	<	$\sigma_{c,amm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	139,6	N/mm ²	<	$\sigma_{s,amm}$

Eccentricità	e (M)	∞	cm	>	H/6	Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm			
Posizione asse neutro	y (M)	9,2	cm			
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{ic}	3687	cm ²			
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{ic}	288648	cm ⁴			
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{ic^*}	95255,6	cm ⁴			

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	41	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	59	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	∞	cm	
	u (M_{fess})	∞	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	5,7		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	136,8	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	9,2	cm	
	β_1	1		
	β_2	0,5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0,00035		
Copriferro netto	c'	6,0	cm	
Altezza efficace	d_{eff}	21,0	cm	
Area efficace	AC_{eff}	2100	cm ²	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	21,0	cm ²	
	ρ_r	0,00998		
Distanza tra le barre	s	15,0	cm	
	K_2	0,4		
	K_3	0,125		
Distanza media tra le fessure	s_{fm}	25,0	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0,09	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	0,15	mm	

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico

Sollecitazioni

Momento flettente	M	110	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	40	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	12,3	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3,2	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2,2	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{amm}	260	N/mm ²
Coefficiente om og. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	31	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	As_1'	20,95	cm ²	6,67 Ø 20	$c_{s1} = 8$ cm
Armatura compressa (2° strato)	As_2'	0,00	cm ²	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	As_2	20,95	cm ²	6,67 Ø 20	$c_{t2} = 7$ cm
Armatura tesa (1° strato)	As_1	20,95	cm ²	6,67 Ø 20	$c_{t1} = 7$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel ds.	σ_c	8,3	N/mm ²	<	$\sigma_{c,amm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	134,3	N/mm ²	<	$\sigma_{s,amm}$

Eccentricità	e (M)	∞	cm	>	H/6	Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm			
Posizione asse neutro	y (M)	11,6	cm			
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{ci}	3980	cm ²			
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{ci}	311357	cm ⁴			
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{cp}	152760	cm ⁴			

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	44	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	63	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	∞	cm	
	u (M_{fess})	∞	cm	
Compressione max nel ds. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	4,8		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	77,4	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	11,6	cm	
	β_1	1		
	β_2	0,5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0,00053		
Copriferro netto	c'	6,0	cm	
Altezza efficace	d_{eff}	21,0	cm	
Area efficace	$A_{C,eff}$	2100	cm ²	
Armatura nell'area efficace	$A_{S,eff}$	41,9	cm ²	
	ρ_r	0,01996		
Distanza tra le barre	s	15,0	cm	
	K_2	0,4		
	K_3	0,125		
Distanza media tra le fessure	s_m	20,0	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0,11	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	0,18	mm	

Analogo discorso può essere fatto con la porzione di soletta in adiacenza ai giunti di estremità.

SOLETTA IMPALCATO – ZONE DI BORDO							
	$M_{1,MAX}$ CAMPATA	$M_{1,MIN}$ TRA- VE INTER- NA	$M_{1,MIN}$ TRA- VE E- STERNA	$M_{2,MAX}$ CAMPATA	$M_{2,MIN}$ TRA- VE IN- TERNA	$M_{2,MIN}$ TRA- VE E- STERNA	V_{13}
M_{ED}	+ 155 KNm/m	-205 KNm/m	-310 KNm/m	+ 25 KNm/m	-65 KNm/m	-90 KNm/m	193 KN
SCHEMA DI CARICO	Schema di Carico 1 - SLU-D	Schema di Carico 1 - SLU-C	Schema di Carico 1 - SLU-A	Schema di Carico 1 - SLU-D	Schema di Carico 1 - SLU-C	Schema di Carico 1 - SLU-A	Schema di Carico 1 - ENVE
ARMATURA SUP.	ϕ 26 /15''+ ϕ 26 /15''	ϕ 26 /15''+ ϕ 26 /15''	ϕ 26 /15''+ ϕ 26 /15''	ϕ 12 /20''	ϕ 12 /20'' + ϕ 12 /20''	ϕ 12 /20'' + ϕ 12 /20''	ϕ 26 /15''+ ϕ 26 /15''
ARMATURA INF.	ϕ 16 /15'' ϕ 20 /15''	ϕ 20 /15''	ϕ 20 /15''	ϕ 12 /20''	ϕ 12 /20''	ϕ 12 /20''	ϕ 20 /15''
M_{RD}	+ 257,4 KNm/m	-477,4KNm/m	-477,4 KNm/m	+ 62,1 KNm/m	-105,2 KNm/m	-105,2 KNm/m	223 KN
VERIFICA	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Si riportano di seguito le viste del programma VCASLU utilizzato per il calcolo dei momenti resistenti; il calcolo è condotto adottando una striscia di soletta di larghezza pari a 100 cm e di altezza pari a 31 cm; i materiali utilizzati sono l'acciaio da cemento armato B450C e calcestruzzo di classe C32/40.

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico

Verifica C.A. S.L.U. - File: SETTECA -M1-CAMP

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

Titolo: _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	31	1	70,83	7,3
			2	34,37	23

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 155 kNm
M_{yEd} 0 kNm

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
ε _{su}	67,5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391,3 N/mm²	ε _{cu}	3,5 ‰
E _s	200.000 N/mm²	f _{cd}	18,13
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0,8
ε _{syd}	1,957 ‰	σ _{c,adm}	12,25
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0,7333
		τ _{c1}	2,114

M_{xRd} 257,4 kNm
σ_c -18,13 N/mm²
σ_s 391,3 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 7,032 ‰
d 23 cm
x 7,643 x/d 0,3323
δ 0,8554

Calcolo del momento resistente M1 in campata: 257,4 KNm

Verifica C.A. S.L.U. - File: SETTECA -M1-INT

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

Titolo: _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	31	1	70,83	7,3
			2	20,95	23

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} -205 kNm
M_{yEd} 0 kNm

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
ε _{su}	67,5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391,3 N/mm²	ε _{cu}	3,5 ‰
E _s	200.000 N/mm²	f _{cd}	18,13
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0,8
ε _{syd}	1,957 ‰	σ _{c,adm}	12,25
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0,7333
		τ _{c1}	2,114

M_{xRd} -477,4 kNm
σ_c -18,13 N/mm²
σ_s 391,3 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 2,248 ‰
d 23,7 cm
x 14,43 x/d 0,6089
δ 1

Calcolo del momento resistente M1 sull'appoggio interno: -477,4 KNm

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico

Verifica C.A. S.L.U. - File: SETTECA-M1-EXT

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

Titolo: _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	31	1	70,83	7,3
			2	20,95	23

Tipologia sezione: Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Diagramma:

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
M_{xEd}: -310 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

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

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione: Retta Deviata

N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C32/40

ε_{su}: 67,5‰ ε_{c2}: 2‰
f_{yd}: 391,3 N/mm² ε_{cu}: 3,5‰
E_s: 200.000 N/mm² f_{cd}: 18,13
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0,8
ε_{syd}: 1,957‰ σ_{c,adm}: 12,25
σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0,7333
τ_{c1}: 2,114

M_{xRd}: -477,4 kNm
σ_c: -18,13 N/mm²
σ_s: 391,3 N/mm²
ε_c: 3,5‰
ε_s: 2,248‰
d: 23,7 cm
x: 14,43 x/d: 0,6089
δ: 1

Calcolo del momento resistente M1 sull'appoggio esterno: -477,4 KNm

Verifica C.A. S.L.U. - File: SETTECA-M2-CAMP

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

Titolo: _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	31	1	5,65	9,2
			2	5,65	21,4

Tipologia sezione: Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Diagramma:

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
M_{xEd}: 25 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

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

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione: Retta Deviata

N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C32/40

ε_{su}: 67,5‰ ε_{c2}: 2‰
f_{yd}: 391,3 N/mm² ε_{cu}: 3,5‰
E_s: 200.000 N/mm² f_{cd}: 18,13
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0,8
ε_{syd}: 1,957‰ σ_{c,adm}: 12,25
σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0,7333
τ_{c1}: 2,114

M_{xRd}: 62,1 kNm
σ_c: -18,13 N/mm²
σ_s: 391,3 N/mm²
ε_c: 3,5‰
ε_s: 21,41‰
d: 21,4 cm
x: 3,007 x/d: 0,1405
δ: 0,7

Calcolo del momento resistente M2 in campata: 62,1 KNm

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico

Verifica C.A. S.L.U. - File: SETTECA-M2-INT

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

Titolo: _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	31	1	11,31	9,2
			2	5,65	21,4

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

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
ε _{su}	67,5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391,3 N/mm²	ε _{cu}	3,5 ‰
E _s	200.000 N/mm²	f _{cd}	18,13
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0,8
ε _{syd}	1,957 ‰	σ _{c,adm}	12,25
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0,7333
		τ _{c1}	2,114

M_{xRd} kNm
σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

Calcolo del momento resistente M2 sull'appoggio interno: -105,2 KNm

Verifica C.A. S.L.U. - File: SETTECA-M2-EXT

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

Titolo: _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	31	1	11,31	9,2
			2	5,65	21,4

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

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
ε _{su}	67,5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391,3 N/mm²	ε _{cu}	3,5 ‰
E _s	200.000 N/mm²	f _{cd}	18,13
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0,8
ε _{syd}	1,957 ‰	σ _{c,adm}	12,25
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0,7333
		τ _{c1}	2,114

M_{xRd} kNm
σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

Calcolo del momento resistente M2 sull'appoggio esterno: -105,2 KNm

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

Calcestruzzo		Sollecitazioni		V13
Tipo	C32/40	V_{Ed}	kN	193
R_{ck}	40 N/mm ²	N_{Ed}	kN	0
f_{ck}	33,2 N/mm ²	Armatura a taglio		
γ_c	1,5	Diametro	mm	0
α_{cc}	0,85	Numero barre		0
f_{cd}	18,8 N/mm ²	A_{sw}	cm ²	0,00
Acciaio		Passo s	cm	20
f_{yk}	540 N/mm ²	Angolo α	°	90
f_{yk}	450 N/mm ²	Armatura longitudinale		
γ_s	1,15	n_1		6,66
f_{yd}	391 N/mm ²	\varnothing_1	mm	26
		n_2		6,66
		\varnothing_2	mm	20
		A_{sl}	cm ²	56,28
		Sezione		
		b_w	cm	100
		H	cm	31
		c	cm	7
		d	cm	24
		k	N/mm ²	1,91
		v_{min}	N/mm ²	0,53
		ρ		0,0200
		σ_{cp}	N/mm ²	0,00
		α_c		1,00
		Resistenza senza armatura a taglio		
		V_{Rd}	kN	223

Verifica a taglio

Per quanto riguarda la verifica a fessurazione della soletta occorre riferirsi alle sollecitazioni ottenute con le combinazioni agli stati limite di esercizio; la verifica deve essere condotta sia per il momento flettente positivo di campata sia per il momento flettente negativo all'appoggio.

SOLETTA IMPALCATO – ZONE DI BORDO			
	$M_{1,SLE}$ CAMPATA	$M_{1,SLE}$ TRAVE INTERNA	$M_{1,SLE}$ TRAVE ESTERNA
M_{ED}	+ 82 KNm/m	-110 KNm/m	-175 KNm/m
SCHEMA DI CARICO	Schema di Carico 1 - SLE-D	Schema di Carico 1 - SLE-C	Schema di Carico 1 - SLE-A
ARMATURA SUP.	ϕ 26 /15''+ ϕ 26 /15''	ϕ 26 /15''+ ϕ 26 /15''	ϕ 26 /15''+ ϕ 26 /15''
ARMATURA INF.	ϕ 16 /15'' ϕ 20 /15''	ϕ 20 /15''	ϕ 20 /15''
w	0,15 mm	0,11 mm	0,19 mm
w_{LIM}	0,20 mm	0,20 mm	0,20 mm
VERIFICA	OK	OK	OK

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico

Sollecitazioni

Momento flettente	M	82 kN m
Sforzo normale	N	0 kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	40 N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{adm}	12,3 N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3,2 N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2,2 N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{adm}	260 N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	31 cm		
Larghezza sezione	B	100 cm		
Armatura compressa (1° strato)	As_1'	35,41 cm ²	6,67 Ø 26	$c_{s1} = $ 7,3 cm
Armatura compressa (2° strato)	As_2'	35,41 cm ²	6,67 Ø 26	$c_{s2} = $ 7,3 cm
Armatura tesa (2° strato)	As_2	13,41 cm ²	6,67 Ø 16	$c_{i2} = $ 8 cm
Armatura tesa (1° strato)	As_1	20,95 cm ²	6,67 Ø 20	$c_{i1} = $ 8 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	6,1 N/mm ²	< σ_{adm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	129,7 N/mm ²	< σ_{adm}

Eccentricità	e (M)	∞ cm	> H/6	Sez. parzializzata
	u (M)	∞ cm		
Posizione asse neutro	y (M)	9,5 cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_c	4573 cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	I_c	348689 cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	I_{cp}	127662 cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	50 kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	71 kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	∞ cm	
	u (M_{fess})	∞ cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	5,3	
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	112,3 N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	9,5 cm	
	β_1	1	
	β_2	0,5	
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0,00039	
Copriferro netto	c'	7,0 cm	
Altezza efficace	d_{eff}	19,2 cm	
Area efficace	$A_{C_{eff}}$	1920 cm ²	
Armatura nell'area efficace	As_{eff}	34,4 cm ²	
	pr	0,0179	
Distanza tra le barre	s	15,0 cm	
	K_2	0,4	
	K_3	0,125	
Distanza media tra le fessure	s_m	22,6 cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0,09 mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	0,15 mm	

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico

Sollecitazioni

Momento flettente	M	110	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	40	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{c,amm}$	12,3	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3,2	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2,2	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{s,amm}$	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	31	cm			
Larghezza sezione	B	100	cm			
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	20,95	cm ²	6,67	Ø 20	$C_{s1} = 8,0$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0,00	cm ²		Ø	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	35,41	cm ²	6,67	Ø 26	$C_{t2} = 7,3$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	35,41	cm ²	6,67	Ø 26	$C_{t1} = 7,3$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel ds.	σ_c	7,3	N/mm ²	<	$\sigma_{c,amm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	83,3	N/mm ²	<	$\sigma_{s,amm}$

Eccentricità	e (M)	∞	cm	>	H/6	Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm			
Posizione asse neutro	y (M)	13,5	cm			
Area ideale (sez. int. reagente)	A_c	4385	cm ²			
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_c	337374	cm ⁴			
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{c^*}	202052	cm ⁴			

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	48	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	69	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	∞	cm	
	u (M_{fess})	∞	cm	
Compressione max nel ds. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	4,6		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	52,1	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	13,5	cm	
	β_1	1		
	β_2	0,5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0,00032		
Copri ferro netto	c'	6,0	cm	
Altezza efficace	d_{eff}	25,5	cm	
Area efficace	$A_{C,eff}$	2550	cm ²	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	70,8	cm ²	
	ρ_r	0,02777		
Distanza tra le barre	s	15,0	cm	
	K_2	0,4		
	K_3	0,125		
Distanza media tra le fessure	s_{fm}	19,7	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0,06	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	0,11	mm	

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell'Astico

Sollecitazioni

Momento flettente	M	175	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	40	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	12,3	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3,2	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2,2	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{amm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	31	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	As_1'	20,95	cm ²	6,67 Ø 20	$c_{s1} = \mathbf{8,0}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	As_2'	0,00	cm ²	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	As_2	35,41	cm ²	6,67 Ø 26	$c_{i2} = \mathbf{7,3}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	As_1	35,41	cm ²	6,67 Ø 26	$c_{i1} = \mathbf{7,3}$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	11,7	N/mm ²	< σ_{amm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	132,5	N/mm ²	< σ_{amm}

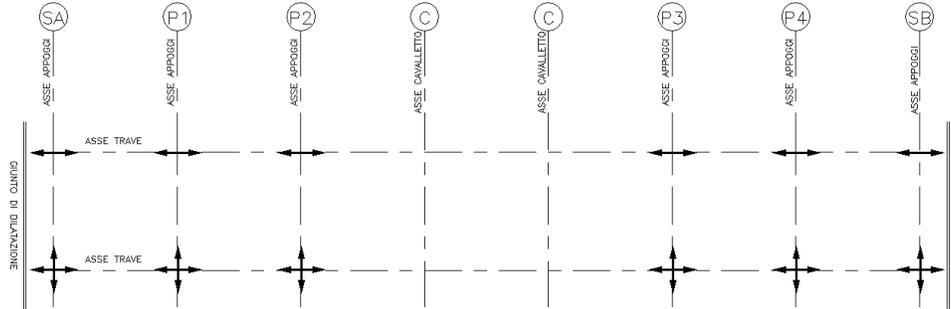
Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6	Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	13,5	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{ci}	4385	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	I_{ci}	337374	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	I_{ci^*}	202052	cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	48	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	69	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	∞	cm	
	u (M_{fess})	∞	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	4,6		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	52,1	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	13,5	cm	
	β_1	1		
	β_2	0,5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0,00058		
Copriferro netto	c'	6,0	cm	
Altezza efficace	d_{eff}	25,5	cm	
Area efficace	$A_{C_{eff}}$	2550	cm ²	
Armatura nell'area efficace	As_{eff}	70,8	cm ²	
	ρ_r	0,02777		
Distanza tra le barre	s	15,0	cm	
	K_2	0,4		
	K_3	0,125		
Distanza media tra le fessure	s_m	19,7	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0,11	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	0,19	mm	

11. APPOGGI E GIUNTI

Si riportano le caratteristiche principali degli appoggi e giunti



SOTTOSTRUTTURA	TIPOLOGIA	NUM.	Nsle-gp [kN]	Nslu [kN]
SP1	Unidirezionale longitudinale	1	2000	4500
P1		1	4000	8500
P2		1	5000	9500
P3		1	5000	9500
P4		1	4000	8500
SP2	Multidirezionale	1	2000	4500
SP1		1	2000	4500
P1		1	4000	8500
P2		1	5000	9500
P3		1	5000	9500
P4	1	4000	8500	
SP2	1	2000	4500	

SOTTOSTRUTTURA	TIPOLOGIA	FTslv [kN]	FTslu [kN]	DLslv [mm]	DLsle [mm]	DLtot [mm]	DTtot [mm]
SP1	Unidirezionale longitudinale	7000	500	±100	±50	±125	-
P1		7000	800	±100	±40	±125	-
P2		7000	800	±150	±30	±175	-
P3		7000	800	±150	±30	±175	-
P4		7000	800	±100	±40	±125	-
SP2	Multidirezionale	7000	500	±100	±50	±125	-
SP1		-	-	±100	±50	±125	±10
P1		-	-	±100	±40	±125	±10
P2		-	-	±150	±30	±175	±10
P3		-	-	±150	±30	±175	±10
P4	-	-	±100	±40	±125	±10	
SP2	-	-	±100	±50	±125	±10	

Per i giunti occorre prevedere solo escursione longitudinale pari a ±100mm (valore dimensionato allo SLD).

12. DICHIARAZIONE SECONDO NTC 2008 (PUNTO 10.2)

Il presente capitolo è redatta secondo le indicazioni relative al punto 10.2 del DM 14/01/2008 in merito alle “Analisi e verifiche svolte mediante l’ausilio di codici di calcolo” per l’opera oggetto di questa relazione.

12.1. Tipi di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di più codici di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Per quanto riguarda i criteri di modellazione e le caratteristiche dei programmi utilizzati si rimanda ai relativi paragrafi.

12.2. Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Di seguito si indicano l’origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione.

	Software	Versione	Produttore - Distributore
Calcolo impalcato	Sap 2000	18.2.0	CSI Italia srl
Calcolo soletta	Sap 2000	18.2.0	CSI Italia srl
Calcolo Sottostrutture Fondazioni	Fogli di calcolo excel	excel 2007	Microsoft- Office
Verifica sezioni in CA	RC-SEC-Vca_SLU	1.0.0.14	Geostru software
Verifica sezioni composte	PONTI EC4	3.22	Alhambra srl

12.3. Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo dei software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dai produttori dei software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. L'affidabilità e la robustezza dei codici di calcolo sono garantite attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

I fogli di calcolo implementati in EXCEL sono stati sottoposti a procedure di valutazioni mediante test di affidabilità che ne hanno validato il corretto funzionamento.

12.4. Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

12.5. Informazioni generali sull’elaborazione

I software prevedono una serie di controlli automatici che consentono l’individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

12.6. Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

12.7. Validazione manuale dei codici di calcolo

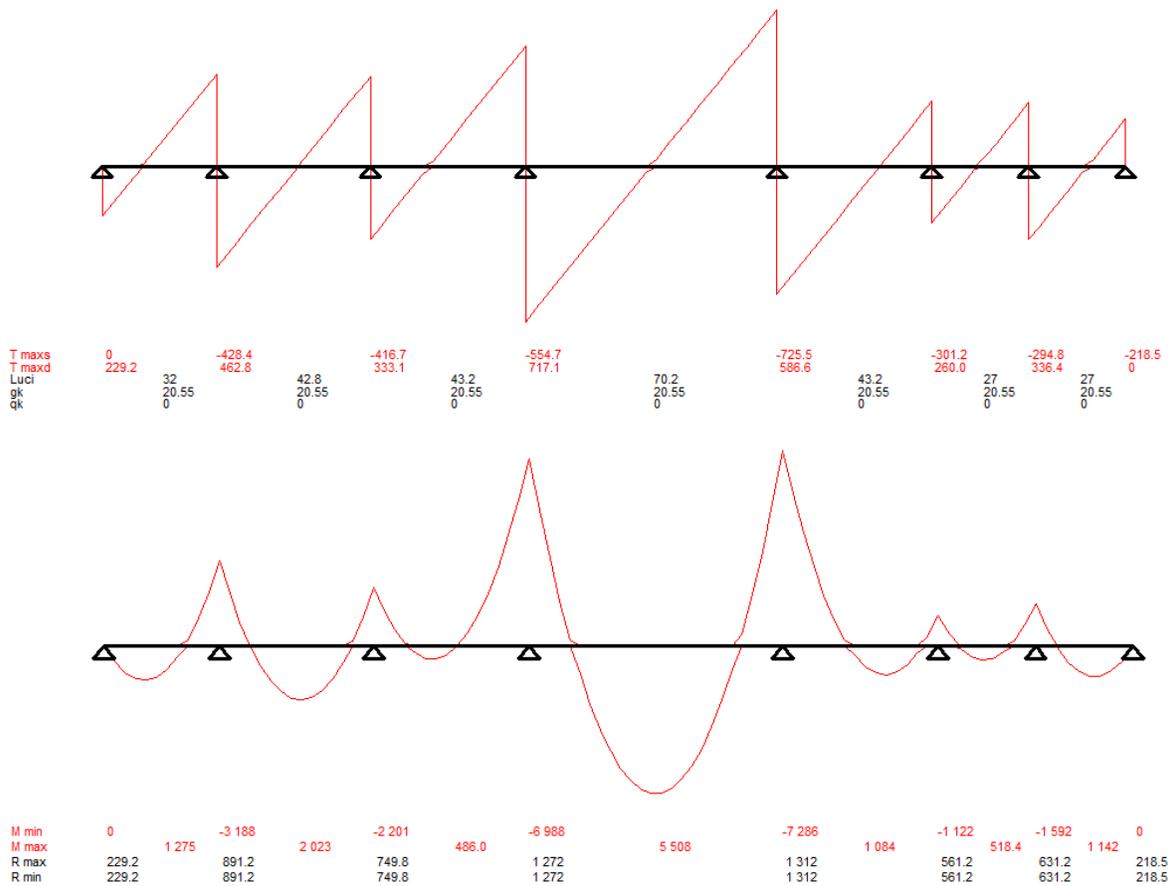
12.7.1.1 Confronto Sollecitazioni

IMPALCATO

Si riporta per confronto il calcolo di una trave continua su più appoggi effettuata con il programma “Trave continua” di Gelfi, la cui risoluzione prevede l’utilizzo dei metodi tradizionali.

Il calcolo è stato effettuato per la condizione di carico relativa ai permanti di II fase della trave esterna, pertanto il carico agente (calcolato per area di influenza, vedi par 6.1.2) è pari a:

$$G2 = 13.8 + 13.5/2 = 20.55 \text{ kN/m}$$



Si riporta in tabella un confronto tra le reazioni vincolari del modello “gelfi” e il modello sap (reazioni vincolari e somma tagli i Sx e Dx appoggi).

	L	R_Gelfi [kN]	R_Sap2000 [kN]	delta
SPB		229	237	3%
P1	32	891.2	863	-3%

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

P2	42.8	749.8	806	7%
St_1	43.2			
St_2	70.2			
P3	43.2	561	638	12%
P4	27	630	584	-8%
SPA	27	218	227	4%

Inoltre per quanto concerne i momenti sulla camcapta centrale della stampella si riporta quanto segue:

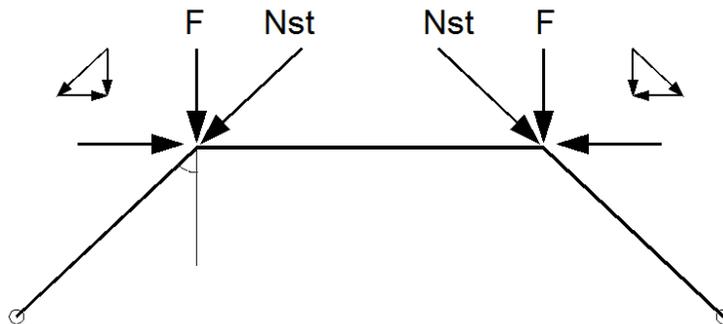
Momento Campata centrale

M [kNm]	St_sx	Mezzeria	St_sx	somma		denominatore
				Mapp+Mmezz	Ql2/2	
Gelfi	6988	5508	7286	12645	101271.2	8.0
Sap	6777	5570	6609	12263	101271.2	8.3
	-3%	1%	-10%	-3%		

STAMPELLA

Per quanto concerne la stampella sarà valutato lo sforzo assiale agente. L’analisi dei carichi è condotta per aree di influenza.

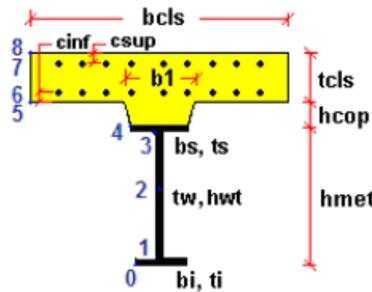
L1/2+L2/2	56.7 m								
B	14.35 m								
		Gi (Qi)	F	F/cos a	F/cos a = Nst	Azioni per fasi			
		kN/mq	kN/m	kN	kN	su singola stampella		validazione	modello
						kN	kN	kN	kN
Peso acciaio		3	44	2522	3678	1839			
peso soletta		8	111	6306	9194	4597	6436	7150	9%
Perm I fase			45	2552	3720	1860	1860	1804	-3%
Az traffico	q	48	47.625	2700	3937	2953			
	Q			1000	1458	1094	4047	4134	2%
				15080			12343	12988	5%
a	46.7	gradi							
cos a	0.69								



12.7.1.2 Verifica sezione

Verifica Sezione C8_4 – Concio di appoggio Pila2 : PONTI-EC4

Sezioni e combinazioni di progetto		Sollecitazioni				
C8_4	SLU fond., Mmax	Fase	N	V	M	T
C8_5	SLU fond., Mmin	1	0.00E+000	-1.88E+006	1.43E+007	0.00E+000
C8_6	SLU fond., Vmax	2a	0.00E+000	-4.14E+005	2.72E+006	0.00E+000
C8_7	SLU fond., Vmin	2b	0.00E+000	7.83E+004	5.63E+006	0.00E+000
C8_8	SLS carat., Mmax	Rit.Iso	-7.43E+006	0.00E+000	-6.94E+006	0.00E+000
C9_1	SLS carat., Mmin	2c	0.00E+000	1.14E+005	-2.54E+006	0.00E+000
C9_2	SLS carat., Vmax	3a	0.00E+000	2.50E+004	1.78E+006	0.00E+000
C9_3	SLS carat., Vmin	DT.Iso	-3.54E+006	0.00E+000	-2.29E+006	0.00E+000
C9_4	SLS freq., Mmax	3b	0.00E+000	-1.09E+006	1.56E+007	0.00E+000
C9_5	SLS freq., Mmin	Totale	-1.10E+007	-3.16E+006	2.83E+007	0.00E+000
C9_6	SLS freq., Vmax					
C10_1	SLS freq., Vmin					
C10_2	SLF acciaio, Mmax					
C10_3	SLF acciaio, Mmin					



id	F1	F2a N.F.	F2a F.	F2b N.F.	F2b F.	F2c N.F.	F2c F.	F2 tot	F3a N.F.	F3a F.	F3b N.F.	F3b F.	F3 tot	Sig Id	c. u.	id
s 8	0.0	0.4	0.0	2.4	0.0	-0.3	0.0	0.0	0.7	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.00	s 8
s 7	0.0	7.0	16.1	-24.9	33.4	-8.1	-15.1	34.5	-8.0	10.6	21.6	92.6	137.6	137.6	0.38	s 7
s 6	0.0	5.8	14.2	-24.3	29.4	-6.8	-13.2	30.3	-7.8	9.3	16.0	81.4	121.0	121.0	0.34	s 6
s 5	0.0	0.3	0.0	2.4	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.8	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.00	s 5
s 4	83.9	5.3	13.4	-24.1	27.8	-6.3	-12.5	112.5	-7.7	8.8	13.8	76.9	198.2	198.2	0.56	s 4
s 3	80.5	4.9	12.8	-23.9	26.5	-5.9	-12.0	107.8	-7.6	8.4	12.1	73.5	189.8	207.5	0.58	s 3
s 2	0.0	0.0	0.0	-21.9	0.0	0.0	0.0	0.0	-7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	103.6	0.29	s 2
s 1	-60.8	-10.2	-11.2	-17.0	-23.3	9.7	10.5	-84.8	-5.4	-7.4	-56.6	-64.4	-156.6	181.1	0.51	s 1
s 0	-65.4	-10.7	-12.0	-16.8	-24.9	10.2	11.2	-91.1	-5.3	-7.9	-58.8	-68.9	-167.8	167.8	0.47	s 0
t 4	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	-0.1	-0.1	0.0	0.00	t 4
t 3	-28.4	-7.1	-6.5	1.4	1.2	1.9	1.8	-31.9	0.4	0.4	-19.2	-17.0	-48.5	0.0	0.00	t 3
t 2	-35.8	-7.4	-7.7	1.4	1.5	2.0	2.1	-40.0	0.4	0.5	-19.4	-20.3	-59.8	0.0	0.00	t 2
t 1	-31.6	-6.1	-6.8	1.1	1.3	1.7	1.9	-35.2	0.4	0.4	-15.4	-17.7	-52.5	0.0	0.00	t 1
t 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	t 0

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO – Piovene Rocchette – Valle dell’Astico

Si riportano le verifiche per la sola fase 1

Fase	V	M
1	kN	kNm
1	-1880	14300

N	-	daN	B_cls	0.0	cm
M	1 430 000	daN m	n=Ec/Es	0.0	
T	188 000	daN			

	b	h	A	y _g	S _x (y=0)	J _x	A'	y _g '	S _x (y _g)	T S _x / J
	cm	cm	cm ²	cm	cm ³	cm ⁴	cm ²	cm	cm ³	daN/cm
1	0.0	0.0	0.0	260.00	0	0	0.0	260.00	0	0
2	96.7	6.0	580.2	257.00	149111	11885801	580.2	257.00	83037	626
3	2.2	64.0	140.8	222.00	31258	1693935	721.0	250.17	98260	741
4	2.2	120.0	264.0	130.00	34320	385383	985.0	217.96	102515	773
5	2.2	62.0	136.4	39.00	5320	808536	1121.4	196.19	92301	696
6	105.0	8.0	840.0	4.00	3360	10146727	1961.4	113.88	0	0.0
		260.0	1961.4	113.88		24920382				

A	1 961	cm ²
J_x	24 920 382	cm ⁴
W_{sup}	170 549	cm ³
W_{inf}	218 826	cm ³
A_{t,0}	534.8	cm ²
A_{t,a-p}	558.0	cm ²

τ	σ	σ _{id}	y
daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	cm
0	838	838	260
0	838	838	260
0	838	838	260
6	804	804	254
285	804	943	254
337	437	729	190
337	437	729	190
352	-252	659	70
352	-252	659	70
317	-608	818	8
7	-608	608	8
0	-653	653	0
	838	943	0