

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



### INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA      Tratta MILANO – VERONA  
Lotto funzionale Brescia-Verona

### PROGETTO ESECUTIVO

IV16 – CAVALCAFERROVIA VIA BRESCIA - PK 108+954,045  
Relazione di calcolo pile

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio <b>Cepav due</b> <i>Consorzio Cepav due          Il Direttore del Consorzio          (Ing. T. Tarantini)</i> Data: <u>29 MAG 2020</u>	   Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 2	E	E 2	C L	I V 1 6 A 4	0 0 1	A

PROGETTAZIONE							IL PROGETTISTA
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data	
A	Emissione	Montecroci <i>Roberto Ianni</i>	08/05/20	Piacentini <i>Luca Piacentini</i>	08/05/20	08/05/20	 Data: 08/05/20
B							
C							

CIG. 751447334A      File: INOR12EE2CLIV16A4001A\_10.docx

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL IV 16A 4 001	Rev. A	Foglio 2 di 146
---------	------------------	-------------	--	-----------	--------------------

**INDICE**

1	PREMESSA E DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	6
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	8
2.1	OPERE IN C.A. E STRUTTURE METALLICHE .....	8
2.2	NORMATIVA SPECIFICA PER I PONTI STRADALI .....	8
2.3	GEOTECNICA, FONDAZIONI E GEOLOGIA.....	9
2.4	ULTERIORI PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE DI RFI E ITALFERR.....	9
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	10
3.1	CALCESTRUZZO.....	10
3.2	ACCIAIO.....	11
3.2.1	Armature per c.a. – Acciaio B 450 C.....	11
3.2.2	Carpenteria metallica – Classe S355.....	11
4	ELABORATI DI RIFERIMENTO .....	12
5	CRITERI DI CALCOLO.....	13
5.1	SPETTRO DI RIPOSTA E FATTORE DI STRUTTURA .....	13
5.2	CRITERI DI CALCOLO DELL'ELEVAZIONE.....	13
5.2.1	Azioni in condizioni di esercizio.....	13
5.2.2	Azioni sismiche.....	13
5.3	COMBINAZIONI DI CARICO.....	15
5.4	CRITERI DI CALCOLO DELLA PALIFICATA .....	17
6	AZIONE SISMICA.....	18
6.1	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....	18
6.2	COMBINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....	23
7	ANALISI DELLA PILA 1 .....	24
7.1	DATI DI INPUT .....	24
7.1.1	Geometria della pila.....	24
7.1.2	Azioni trasmesse dall'impalcato.....	25
7.1.3	Azioni accidentali da traffico veicolare .....	26

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL IV 16A 4 001	Rev. A	Foglio 3 di 146
---------	------------------	-------------	--	-----------	--------------------

7.1.4	Azioni relative alla pila.....				27
7.2	RISULTATI DELL'ANALISI.....				28
7.2.1	Azioni elementari a base fusto.....				28
7.2.2	Combinazioni di carico a base fusto.....				29
7.2.3	Sollecitazioni sui diaframmi.....				31
7.2.3.1	Direzione trasversale.....				31
7.2.3.2	Direzione longitudinale.....				37
7.2.3.3	Sintesi sollecitazioni.....				41
8	ANALISI DELLA PILA 2.....				42
8.1	DATI DI INPUT.....				42
8.1.1	Geometria della pila.....				42
8.1.2	Azioni trasmesse dall'impalcato.....				43
8.1.3	Azioni accidentali da traffico veicolare.....				44
8.1.4	Azioni relative alla pila.....				45
8.2	RISULTATI DELL'ANALISI.....				46
8.2.1	Azioni elementari a base fusto.....				46
8.2.2	Combinazioni di carico a base fusto.....				47
8.2.3	Sollecitazioni sui diaframmi.....				49
8.2.3.1	Direzione trasversale.....				49
8.2.3.2	Direzione longitudinale.....				55
8.2.3.3	Sintesi sollecitazioni.....				59
9	ANALISI DELLA PILA 3.....				60
9.1	DATI DI INPUT.....				60
9.1.1	Geometria della pila.....				60
9.1.2	Azioni trasmesse dall'impalcato.....				61
9.1.3	Azioni accidentali da traffico veicolare.....				62
9.1.4	Azioni relative alla pila.....				63
9.2	RISULTATI DELL'ANALISI.....				64
9.2.1	Azioni elementari a base fusto.....				64
9.2.2	Combinazioni di carico a base fusto.....				65

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL IV 16A 4 001	Rev. A	Foglio 4 di 146
9.2.3					
9.2.3.1					
9.2.3.2					
9.2.3.3					
10					
10.1					
10.1.1					
10.1.2					
10.1.3					
10.1.4					
10.2					
10.2.1					
10.2.2					
10.2.3					
10.2.3.1					
10.2.3.2					
10.2.3.3					
11					
11.1					
11.1.1					
11.1.2					
11.1.3					
11.1.4					
11.2					
11.2.1					
11.2.2					
11.2.3					
11.2.3.1					
11.2.3.2					
11.2.3.3					
12					



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL IV 16A 4 001	Rev. A	Foglio 5 di 146
12.1	VERIFICHE DEL FUSTO PILA 1,2,3,4 E 5.....				114
12.1.1	Caratteristiche della sezione.....				114
12.1.2	Verifiche di resistenza allo S.L.U. ....				115
12.1.2.1	Pressoflessione.....				115
12.1.2.2	Taglio.....				117
12.1.3	Verifiche tensionali allo S.L.E.....				121
12.1.4	Verifiche a fessurazione.....				122
12.2	VERIFICHE RITEGNI.....				124
12.2.1	Verifica sul calcestruzzo ritegni trasversali.....				124
12.2.2	Verifica sull' acciaio ritegni trasversali.....				125
12.2.2.1	Verifica ad instabilità.....				125
12.2.2.2	Verifica della bullonatura.....				128
12.2.3	Verifica sul calcestruzzo ritegni longitudinali.....				128
12.3	VERIFICHE BAGGIOLI.....				129
12.3.1	Verifica dell'armatura verticale.....				129
12.4	VERIFICHE DIAFRAMMI DI FONDAZIONE.....				130
12.4.1	Caratteristiche della sezione.....				130
12.4.2	Verifiche agli S.L.U. ....				130
12.4.2.1	Pressoflessione.....				130
12.4.2.2	Taglio.....				132
12.4.3	Verifiche tensionali agli S.L.E.....				134
12.4.4	Verifiche di fessurazione agli S.L.E.....				135
12.5	VERIFICA DI PORTANZA VERTICALE DEI DIAFRAMMI.....				137
12.6	VERIFICA DI PORTANZA ORIZZONTALE DEI DIAFRAMMI.....				143
12.6.1	Direzione longitudinale.....				144
12.6.2	Direzione trasversale.....				144
13	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI.....				145

## 1 PREMESSA E DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione riguarda il cavalcaferrovia denominato "Cavalcavia Via Brescia – IV16" che sovrappassa la futura linea AV/AC Milano-Verona in prossimità della progressiva 108+954,045.

In particolare, il presente documento riporta i calcoli di dimensionamento e verifica degli elementi strutturali costituenti le pile dell'opera in oggetto.

L'andamento planimetrico dell'opera è in rettilineo, la viabilità in progetto al di sopra del cavalcavia è una strada di tipo F2. La sezione trasversale dell'opera è costituita da una sede carrabile di 8.50m, e da due cordoli esterni di larghezza complessiva pari a 3.7m (1.85m ognuno).

Il cavalcaferrovia, di lunghezza complessiva 250.00m, è costituito da 6 campate con luci variabili: 30.00m – 40.00m – 40.00m – 35.00m – 65.00m – 40.00m.

L'impalcato è della tipologia mista "acciaio-calcestruzzo" costituito da 2 travi a "doppio T" in acciaio di altezza variabile e soletta in calcestruzzo armato gettato in opera di spessore variabile da 0.22m a 0.30m. Le due travi sono collegate in campata, sulle pile e sulle spalle da diaframmi a parete piena posti ad interasse di 5.00m.

Il sistema di vincolamento previsto per il Cavalcavia è costituito da dispositivi di appoggio ed isolamento sismico in elastomero armato. Tali dispositivi, essendo caratterizzati da un ridotto valore della rigidità orizzontale, garantiscono un disaccoppiamento del moto orizzontale della struttura rispetto a quello del terreno ed una conseguente riduzione della risposta sismica della struttura; inoltre tali dispositivi sono dotati di una certa capacità dissipativa in funzione della miscela elastomerica utilizzata, indispensabile per minimizzare gli spostamenti della struttura isolata.

Le spalle dell'opera, realizzate in conglomerato cementizio armato, presentano un plinto di forma rettangolare attestato su una palificata di fondazione costituita da pali Ø1500 mm. Lo sviluppo dell'elevazione è costituito da un fusto, dal superiore paraghiaia e da idonei muri di risvolto e orecchie atti a gestire il retrostante corpo del rilevato.

Le pile sono a setto continuo in c.a, di spessore 1.20m e larghezza 8.20m. Le dimensioni in altezza sono determinate dall'andamento altimetrico del tracciato stradale e dallo spessore dell'impalcato.

Di seguito si riportano gli schemi delle geometrie dei fusti e dei diaframmi di fondazione.

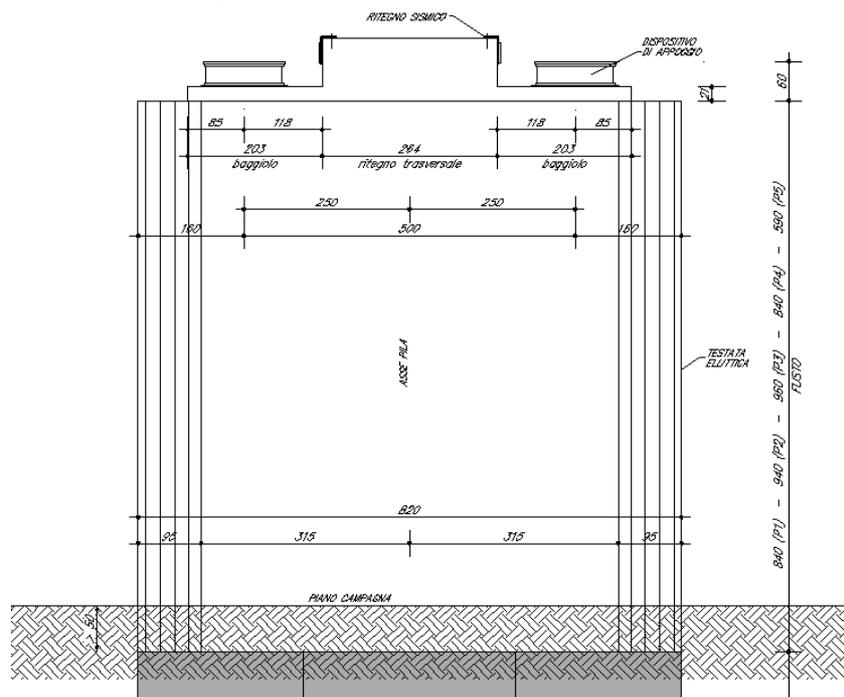
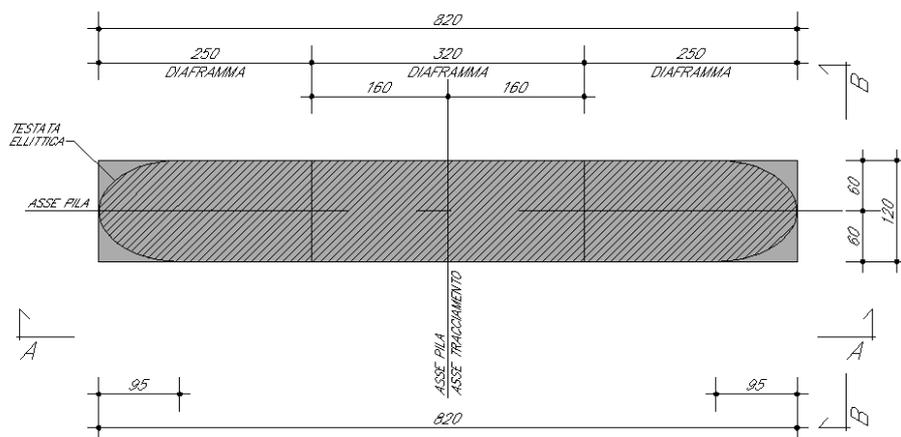


Figura 1-vista frontale pila



**Figura 2-pianta fondazione**

Nella tabella seguente si riporta il riepilogo delle caratteristiche geometriche del cavalcaferrovia.

	<b>L campata</b> [m]	<b>H fusto</b> [m]	<b>Tipo di fondazione</b>
<b>SpA</b>	30.00	4.50	9 pali 1500
<b>P1</b>	35.00	8.40	diaframmi
<b>P2</b>	45.00	9.40	diaframmi
<b>P3</b>	45.00	9.60	diaframmi
<b>P4</b>	70.00	8.40	diaframmi
<b>P5</b>	40.00	5.90	diaframmi
<b>SpB</b>	40.00	3.80	6 pali 1500

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto delle strutture e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore ed in particolare:

### 2.1 Opere in c.a. e strutture metalliche

- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 “Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”;
- UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1) – Agosto 2004: “Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici”;
- UNI EN 1991-1-4 (Eurocodice 1) – Luglio 2005: “Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento”;
- UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: “Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3) – Agosto 2005: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
- UNI EN 197-1:2011 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni;
- UNI EN 11104:2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
- UNI EN 206:2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI EN 1337 Novembre 2001 – “Appoggi Strutturali”.

### 2.2 Normativa specifica per i ponti stradali

- UNI EN 1991-2-1 (Eurocodice 1) – Marzo 2005: “Azioni sulle strutture – Parte 2: Carichi da traffico sui ponti”;
- UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2) – Gennaio 2006: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi”;
- UNI EN 1993-2 (Eurocodice 3) – Gennaio 2007: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 2: Ponti di acciaio”;
- UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti”.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

Rev.  
A

Foglio  
9 di 146

### 2.3 Geotecnica, fondazioni e geologia

- UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005: “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”;
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- UNI EN 1536:2010: “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali trivellati”.

### 2.4 Ulteriori prescrizioni e specifiche tecniche di rfi e italferr

- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A: “Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2: Ponti e strutture”.

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera si prevede l'impiego dei materiali indicati nei paragrafi che seguono. Si indicheranno le caratteristiche prestazionali di resistenza minime e, con particolare riferimento ai calcestruzzi, anche le prescrizioni o caratteristiche da assicurare per garantire i requisiti di durabilità.

#### 3.1 Calcestruzzo

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2016 ed UNI 11104:2016.

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale  $c_{nom}$  è somma di due contributi, il copriferro minimo  $c_{min}$  e la tolleranza di posizionamento  $h$ . Vale pertanto:  $c_{nom} = c_{min} + h$ .

La tolleranza di posizionamento delle armature "h", per le strutture gettate in opera, viene assunta pari ad 5 mm in quanto si prescrive che l'esecuzione sia sottoposta ad un sistema di assicurazione della qualità, nella quale siano incluse le misure dei copriferri.

Si utilizzano i seguenti tipi di calcestruzzo e copriferri minimi.

PARTE O ELEMENTO	Classe esposizione	Classe resistenza minima [MPa]	Ambiente	Copriferro minimo [mm]	Classe di resistenza adottata [MPa]
Cordoli laterali e marciapiedi	XC4 XD3 XF4	C 35/45	Molto Agg.	60	C 35/45
Soletta di impalcato	XC3	C 30/37	Ordinario	40	C 35/45
Baggioli e ritegni	XC4	C 32/40	Aggressivo	50	C 35/45
Elevazioni pile	XC4 XF1	C 32/40	Aggressivo	50	C 35/45
Elevazioni spalle	XC4 XF1	C 32/40	Aggressivo	50	C 32/40
Fondazioni pile e spalle	XC2	C 25/30	Ordinario	40	C 25/30
Pali e diaframmi di fondazione	XC2	C 25/30	Ordinario	60	C 25/30

Tabella 3.1 – Classi di cls e copriferri minimi

In conformità a quanto sopra, le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo utilizzate nell'analisi/verifiche sono le seguenti:

Grandezza		u.m.	C25/30	C30/37	C32/40	C35/45
resistenza caratteristica a compressione	$f_{ck}$	N/mm <sup>2</sup>	25,00	30,00	32,00	35,00
resistenza di progetto a compressione	$f_{cd}$	N/mm <sup>2</sup>	14,17	17,00	18,13	19,83
resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk}$	N/mm <sup>2</sup>	1,80	2,00	2,12	2,25
tensione di aderenza cls-armatura	$f_{bd}$	N/mm <sup>2</sup>	2,70	3,00	3,18	3,37
tensione massima di compressione (comb. rara)	$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	15,00	18,00	19,20	21,00
tensione massima di compressione (comb. quasi perm.)	$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	11,25	13,50	14,40	15,75
modulo elastico medio istantaneo	$E_m$	N/mm <sup>2</sup>	31476	32836	33346	34077

Tabella 3.2 - grandezze meccaniche relative al cls

### 3.2 Acciaio

#### 3.2.1 Armature per c.a. – Acciaio B 450 C

Si utilizzano per le armature degli elementi in c.a. la seguente tipologia di acciaio:

Acciaio tipo: B450 C Saldabile controllato in stabilimento

In conformità a quanto sopra, le caratteristiche meccaniche dell'acciaio d'armatura utilizzate nell'analisi/verifiche sono le seguenti:

Proprietà		Requisito
Limite di snervamento	$f_y$	$\geq 450$ MPa
Limite di rottura	$f_t$	$\geq 540$ MPa
Allungamento totale al carico massimo	$A_{gt}$	$\geq 7.5\%$
Rapporto	$f_t/f_y$	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto	$f_y \text{ misurato} / f_y \text{ nom}$	$\leq 1,25$

#### 3.2.2 Carpenteria metallica – Classe S355

Si utilizzano per le strutture metalliche del viadotto i seguenti tipi di acciaio:

Elementi saldati di spessore fino a 40mm                      S355J2G3  
 Elementi saldati di spessore superiore a 40mm              S355K2G3  
 Elementi non saldati    S355JO

In conformità a quanto sopra, le caratteristiche meccaniche dell'acciaio da carpenteria utilizzate nell'analisi/verifiche sono le seguenti:

Resistenza di calcolo ( $t < 40$ mm)               $f_d = 355$  N/mm<sup>2</sup>  
 Resistenza di calcolo ( $t > 40$ mm)               $f_d = 335$  N/mm<sup>2</sup>  
 Modulo elastico     $E_s = 210000$  N/mm<sup>2</sup>



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL IV 16A 4 001	Rev. A	Foglio 12 di 146
---------	------------------	-------------	--	-----------	---------------------

## 4 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Gli elaborati inerenti all'opera in oggetto sono elencati di seguito.

DESCRIZIONE	CODICE
<u>IV00 - ELABORATI DI TRACCIAMENTO LINEA AV/AC</u> RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO	INOR10EE2R0F0000001
<u>IR87 - RILEVATO COLLEG. Q8SE-AV/AC DA PK 107+684,000 A PK 108+134,000 - PLANIMETRIA DI PROGETTO - TAVOLA 4</u>	INOR12EE2P8R18700004
<u>IV00 - CAVALCAFERROVIA TIPOLOGICO</u> PRESCRIZIONI MATERIALI E NOTE GENERALI STRADE CATEGORIA F2 - CARPENTERIA IMPALCATO - DETTAGLI STRADE CATEGORIA C2 - CARPENTERIA IMPALCATO - DETTAGLI STRADE CATEGORIA C2 CON PISTA CICLABILE - CARPENTERIA IMPALCATO - DETTAGLI RITEGNI SISMICI - DETTAGLI E POSIZIONAMENTO CUSCINETTI CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO - CONTROPIASTRE SUPERIORI PER DISPOSITIVI DI APPOGGIO SCHEMA FISSAGGIO PER MONTAGGIO DISPOSITIVI DI APPOGGIO SOLLEVAMENTO DEGLI IMPALCATI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE - CADITOIA CON BOCCACCIO SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE - ELEMENTO DI DISCONNESSIONE TIPO A SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE - ELEMENTO DI DISCONNESSIONE TIPO B SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE - ELEMENTO DI DISCONNESSIONE TIPO C ARMATURA BAGGIOLI E RITEGNI ANTISISMICI SU PILE. TIPO A ARMATURA BAGGIOLI E RITEGNI ANTISISMICI SU PILE. TIPO B ARREDO IMPALCATO - RETE DI PROTEZIONE H.300CM ARREDO IMPALCATO - PARAPETTO PEDONALE H.110CM ARREDO IMPALCATO - RETE DI PROTEZIONE H.300CM SU PISTA CICLABILE ARREDO IMPALCATO - PARAPETTO H.150CM SU PISTA CICLABILE RELAZIONE DI CALCOLO RETE DI PROTEZIONE E PARAPETTO MESSA A TERRA E PREDISPOSIZIONE PER LA PROTEZIONE DALLE CORRENTI VAGANTI DISEGNO D'INSIEME MESSA A TERRA E PREDISPOSIZIONE PER LA PROTEZIONE DALLE CORRENTI VAGANTI RELAZIONE DESCRITTIVA	INOR11EE24TIV0000001 INOR11EE2BZIV0045001 INOR11EE2BZIV0045002 INOR11EE2BZIV0045003 INOR11EE2BZIV0044001 INOR11EE2BZIV0045004 INOR11EE2ZIV0045001 INOR11EE2BZIV0041001 INOR11EE2BZIV0048001 INOR11EE2BZIV0048002 INOR11EE2BZIV0048003 INOR11EE2BZIV0044001 INOR11EE2BZIV0044002 INOR11EE2BZIV0048001 INOR11EE2BZIV0048002 INOR11EE2BZIV0048003 INOR11EE2BZIV0048004 INOR11EE2BZIV0048001
<u>IV16 - CAVALCAFERROVIA VIA BRESCELA - PK 108+954,045</u> RELAZIONE TECNICA GENERALE CAVALCAFERROVIA RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B RELAZIONE DI CALCOLO PILE RELAZIONE SUL COMPORTAMENTO SISMICO DELL'OPERA, APPOGGI, RITEGNI SISMICI E GIUNTI DI DILATAZIONE RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO PIANTA FONDAZIONI E PIANTE IMPALCATO - TAV. 1/2 PIANTA FONDAZIONI E PIANTE IMPALCATO - TAV. 2/2 SEZIONE LONGITUDINALE, PROSPETTO LONGITUDINALE E SEZIONI TRASVERSALI - TAV. 1/2 SEZIONE LONGITUDINALE, PROSPETTO LONGITUDINALE E SEZIONI TRASVERSALI - TAV. 1/2 PIANTA TRACCIAMENTO SOTTOSTRUTTURE E PLINTI DI FONDAZIONE PIANTA SCAVI CARPENTERIA SPALLA A CARPENTERIA SPALLA B CARPENTERIA PILE ARMATURA PALI DI FONDAZIONE SPALLE ARMATURA DIAFRAMMI DI FONDAZIONE PILE ARMATURA SPALLA A - TAVOLA 1/2 ARMATURA SPALLA A - TAVOLA 2/2 ARMATURA SPALLA B - TAVOLA 1/2 ARMATURA SPALLA B - TAVOLA 2/2 ARMATURA FUSTO PILA P1 ARMATURA FUSTO PILA P2 ARMATURA FUSTO PILA P3 ARMATURA FUSTO PILA P4 ARMATURA FUSTO PILA P5 ARMATURA BAGGIOLI E RITEGNI ANTISISMICI SU SPALLE DISPOSITIVI DI APPOGGIO E GIUNTI CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO - DISEGNO D'ASSIEME - TAV. 1/4 CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO - DISEGNO D'ASSIEME - TAV. 2/4 CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO - DISEGNO D'ASSIEME - TAV. 3/4 CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO - DISEGNO D'ASSIEME - TAV. 4/4 CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO - TRAVERSI - TAV. 1/3 CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO - TRAVERSI - TAV. 2/3 CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO - TRAVERSI - TAV. 3/3 CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO - DETTAGLI LASTRE TRALICCIATE IMPALCATO - TAVOLA 1/4 LASTRE TRALICCIATE IMPALCATO - TAVOLA 2/4 LASTRE TRALICCIATE IMPALCATO - TAVOLA 3/4 LASTRE TRALICCIATE IMPALCATO - TAVOLA 4/4 ARMATURA SOLETTA IMPALCATO - TAV. 1/2 ARMATURA SOLETTA IMPALCATO - TAV. 2/2 FASI COSTRUTTIVE. Tavola 1/2 FASI COSTRUTTIVE. Tavola 2/2 RELAZIONE GEOTECNICA PROFILO STRATIGRAFICO	INOR11EE2AZIV0048001 INOR11EE2R0V0048001 INOR12EE2R0V16A0001 INOR12EE2CLV16A6001 INOR12EE2CLV16A6002 INOR12EE2CLV16A4001 INOR12EE2CLV16A0001 INOR12EE2CLV16A5001 INOR12EE2P9V16A0001 INOR12EE2P9V16A0002 INOR12EE2P2V16A0001 INOR12EE2P2V16A0002 INOR12EE2P2V16A3001 INOR12EE2P2V1601001 INOR12EE2BZV16A6001 INOR12EE2BZV16A6002 INOR12EE2BZV16A4001 INOR12EE2BZV16A3001 INOR12EE2BZV16A3002 INOR12EE2BZV16A6001 INOR12EE2BZV16A6003 INOR12EE2BZV16A6002 INOR12EE2BZV16A6004 INOR12EE2BZV16A4002 INOR12EE2BZV16A4003 INOR12EE2BZV16A4004 INOR12EE2BZV16A4005 INOR12EE2BZV16A4006 INOR12EE2BZV16A5001 INOR12EE2BZV16A5002 INOR12EE2BZV16A5003 INOR12EE2BZV16A5004 INOR12EE2BZV16A5005 INOR12EE2BZV16A5003 INOR12EE2BZV16A5001 INOR12EE2BZV16A5007 INOR12EE2BZV16A5008 INOR12EE2BZV16A5009 INOR12EE2BZV16A5010 INOR12EE2BZV16A5011 INOR12EE2BZV16A5002 INOR12EE2BZV16A5001 INOR12EE2BZV16A1001 INOR12EE2BZV16A1001 INOR12EE2BZV16A0001 INOR12EE2P9V16A0001

## 5 CRITERI DI CALCOLO

Si riportano di seguito i principali criteri di calcolo assunti alla base delle analisi della pila.

Le sollecitazioni presentate nei capitoli che seguono sono calcolate rispetto un sistema di riferimento centrato nel baricentro dell'elemento strutturale trattato e con orientamento parallelo all'asse dell'opera. Si definisce quindi direzione longitudinale la direzione lungo l'asse dell'impalcato e direzione trasversale la direzione perpendicolare all'asse dell'impalcato. Nel caso di pile oblique, le azioni elementari sono calcolate rispetto un sistema di riferimento con orientamento parallelo all'asse longitudinale dell'opera e ruotate sulle direzioni principali dell'elemento strutturale in esame al momento della redazione delle combinazioni. Nel caso di opere con asse curvilineo, il sistema di riferimento baricentrico avrà orientamento parallelo alla tangente all'asse longitudinale dell'opera in corrispondenza della pila considerata.

Le possibili eccentricità impalcato-fusto e fusto-fondazione saranno tenute in conto nella determinazione delle azioni.

### 5.1 Spettro di riposta e fattore di struttura

In funzione della categoria del sottosuolo e dei parametri sismici del sito si determina lo spettro di risposta sismica in accordo con quanto espresso in NTC Par.3.2.3.

Noti i periodi in direzione longitudinale e in direzione trasversale, mediante lo spettro si ricavano le accelerazioni da applicare alle masse strutturali.

Il fattore di struttura  $q$  viene posto pari a:

$q = 1$  per il calcolo delle sollecitazioni a base fusto per la verifica a pressoflessione del fusto della pila;

$q = 1$  per il calcolo delle sollecitazioni a intradosso fondazione e sulla palificata.

Per quando riguarda lo spettro di risposta in direzione verticale si considera in via semplificativa e cautelativa il valore del plateau.

Il sisma agente in una direzione si combina con il 30% degli effetti del sisma agente nelle altre direzioni.

### 5.2 Criteri di calcolo dell'elevazione

#### 5.2.1 Azioni in condizioni di esercizio

Nella presente relazione saranno calcolate le sollecitazioni derivanti dalle caratteristiche geometriche della pila mentre le azioni trasmesse dall'impalcato sono ricavate dalla specifica relazione degli apparecchi di appoggio. Tali azioni vengono riportate nel primo sotto paragrafo relativo ai dati di input di ciascuna pila calcolata.

Solo gli scarichi relativi ai carichi variabili da traffico sono esplicitati per tenere in conto configurazioni di carico che massimizzano alcuni elementi della pila che invece non risultano dimensionanti per gli altri elementi strutturali della pila (appoggi).

Verranno calcolati inoltre i pesi propri di tutti gli elementi costituenti la pila (pulvino, fusto, etc..), considerati ciascuno con la propria eccentricità relativa, e le azioni accidentali (vento, urto, etc...) agenti direttamente su ciascuna pila.

#### 5.2.2 Azioni sismiche

Le pile sono trattate come elementi verticali schematizzabili a mensola.

Nota la geometria (altezza  $H$ , lunghezza  $L$  e spessore  $s$  per una pila a sezione rettangolare) la rigidezza è calcolata come la rigidezza  $K$  di una mensola incastrata alla base con una massa applicata in sommità sia in direzione longitudinale sia in direzione trasversale ( $k_{\text{mensola}}$ ), si ha quindi:

in direzione longitudinale

$$k_l = \frac{3EJ_l}{H^3}$$

e in direzione trasversale

$$k_t = \frac{3EJ_t}{H^3}$$

Per la massa distribuita uniformemente sulla lunghezza della pila si ha invece:

in direzione longitudinale

$$k_l = \frac{(3.516)^2 E J_l}{H^3}$$

e in direzione trasversale

$$k_t = \frac{(3.516)^2 E J_t}{H^3}$$

In entrambi i casi vale la relazione

$$T_{long} \text{ o } T_{trasv} = \frac{2\pi}{\omega_1}$$

che correla il periodo con la pulsazione della struttura.

Si osserva che nell'analisi del comportamento sismico si considera il modulo elastico E ridotto al 50% per tenere in conto degli effetti della fessurazione, in accordo con quanto indicato nelle NTC.

Note la massa della pila e la massa dell'impalcato si definiscono i periodi della pila sia in direzione longitudinale sia in direzione trasversale.

Nel caso in esame di impalcato isolato mediante appoggi antisismici in elastomero armato, si calcola il periodo senza il contributo dell'impalcato (che deriva dalle azioni trasmesse) facendo riferimento al modello a massa distribuita e che vale:

$$T_{long} \text{ o } T_{trasv} = \frac{2\pi}{\omega_1} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_{cont}}} = 2\pi \sqrt{\frac{m_b}{k_{cont}}}$$

dove  $m_b$  è la massa della sola pila.

Nella presente relazione si considera in via cautelativa il valore del plateau anche in direzione orizzontale.

Al plinto di fondazione si applica invece un'accelerazione pari ad  $a_g S$ .

### 5.3 Combinazioni di carico

Si riporta di seguito l'elenco delle combinazioni di carico significative per l'analisi della pila e l'esplicitazione dei coefficienti di combinazione applicati ai singoli casi di carico.

Casi di carico	
<b>g1</b>	Carichi strutturali
<b>g2</b>	Permanenti portati
<b>q1</b>	Accidentali
<b>q3</b>	Frenatura
<b>q4</b>	Centrifuga
<b>q5</b>	Vento
<b>q6</b>	Sisma
<b>q7</b>	Resistenze passive dei vincoli
<b>q9</b>	Urto di un veicolo
<b>ε2</b>	Effetti Reologici
<b>ε3</b>	Variazioni termiche
<b>ε4</b>	Cedimenti vincolari

Per quanto riguarda le azioni da traffico, l'attrito e i cedimenti, si prevedono n.2 sottocasi: il primo massimizza le azioni di compressione e il secondo le azioni di trazione.



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

Rev.  
A

Foglio  
17 di 146

#### 5.4 Criteri di calcolo della palificata

Per quanto riguarda i criteri di calcolo impiegati per le analisi, il dimensionamento e la determinazione della capacità portante dei diaframmi palificate si rimanda alla specifica Relazione Geotecnica.

In accordo con le NTC08 le verifiche di portanza vengono svolte considerando l'approccio 2: (A1+M1+R3).

## 6 AZIONE SISMICA

### 6.1 Definizione dell'azione sismica

Per la definizione dell'azione sismica, occorre fissare la vita di riferimento dell'opera di (VR), a partire della vita nominale (VN) e la classe d'uso secondo la seguente relazione

$$V_R = V_N \cdot C_u$$

Nel caso specifico si ottiene:

<b>Classe d'uso</b>	III
<b>C<sub>u</sub></b>	1,5
<b>V<sub>N</sub></b>	100
<b>V<sub>R</sub></b>	150

I valori di probabilità di superamento del periodo di riferimento P<sub>VR</sub>, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente e il periodo di ritorno T<sub>R</sub>, espresso in anni, valgono:

Stato limite	P <sub>VR</sub> (%)	T <sub>R</sub> (anni)
SLC	5	2924
SLV	10	1424
SLD	63	151

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di a<sub>g</sub>, F<sub>0</sub>, T<sub>c</sub><sup>\*</sup>.

a<sub>g</sub> → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

F<sub>0</sub> → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T<sub>c</sub><sup>\*</sup> → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S<sub>s</sub>) e dell'amplificazione topografica (S<sub>t</sub>);

I parametri spettrali per il calcolo dell'azione sismica vengono individuati sulla base del rischio sismico per la località considerata:

Stato limite	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T <sub>c</sub> <sup>*</sup>
SLC	0,276	2,488	0,286
SLV	0,230	2,476	0,281
SLD	0,095	2,466	0,257

Data l'ubicazione dell'opera, si assume la categoria topografica T1, mentre dalla relazione geotecnica si evince che può essere adottata la categoria di sottosuolo B. Si ottiene quindi (valido per SLV):

$$S_s = 1,172$$

$$S_t = 1,000$$

$$S = S_s \cdot S_t = 1,172$$

La risposta all'azione sismica viene calcolata separatamente per ciascuna delle componenti orizzontali, longitudinale e trasversale, e per quella verticale.

Per gli stati limite ultimi, ovvero di salvaguardia della vita e di collasso, lo spettro di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare, è lo spettro elastico, dove si sostituisce a  $\eta$  il valore  $1/q$ , in cui  $q$  è il fattore di struttura. Nel caso in esame di ponte isolato, si assume un fattore di struttura pari a 1.0, come ricavato dalla Tabella 7.9.I del D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni).

In accordo con la norma NTC (par. 7.10.5.3.2) lo spettro elastico va ridotto per il campo di periodo  $T \geq 0.8T_{is}$ . Il periodo della struttura isolata  $T_{is}$  risulta pari a circa 1.4s (vedere risultati analisi modale) pertanto  $0.8T_{is}$  è circa 1.12s.

Per periodi  $T < T_{is}$  lo spettro corrisponde allo spettro descritto nel paragrafo "Azione sismica" con smorzamento pari al 5%; per periodi  $T > T_{is}$  invece si assume per il coefficiente riduttivo  $\eta$  il valore corrispondente al coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\xi_{esi}$  del sistema d'isolamento assunto pari a 15%.

Si riportano gli spettri di risposta orizzontali e verticali:

#### Spettro di risposta elastico – componente orizzontale

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle seguenti espressioni:

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

in cui si ha:

$$\eta = 0.707$$

corrispondente a uno smorzamento  $\zeta$  pari al 15%

$$T_C = C_C T_C^*$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_D = 4,0 a_g / g + 1,6$$

Si riportano di seguito i diagrammi degli spettri per ciascuno degli Stati Limite indagati.

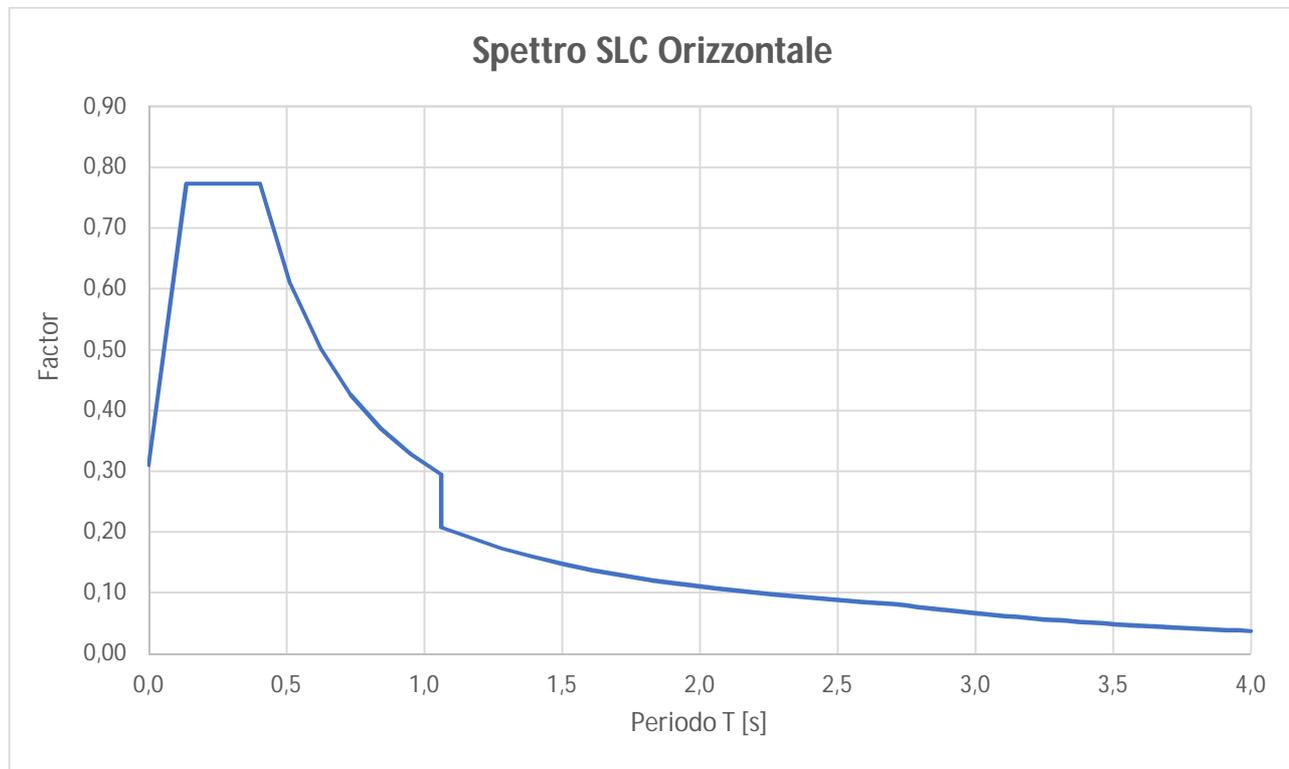


Figura 2 – Spettro orizzontale SLC

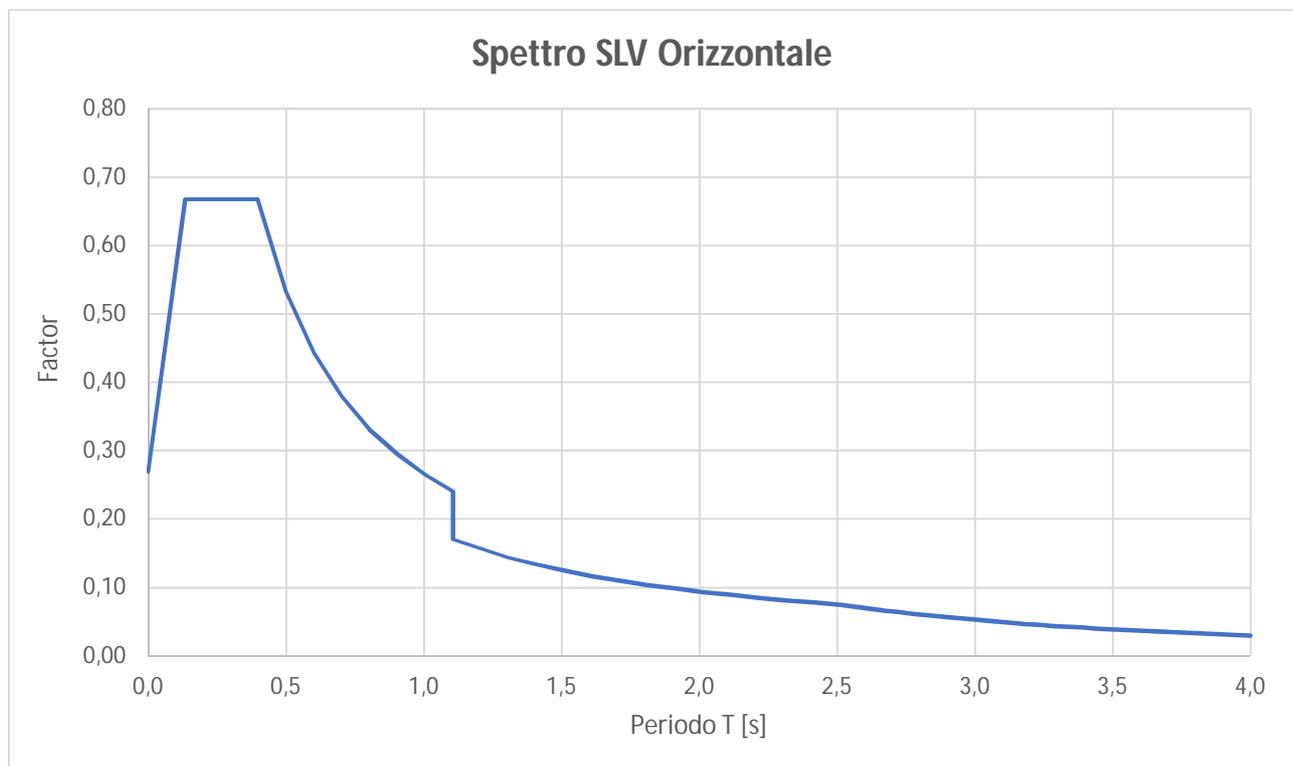
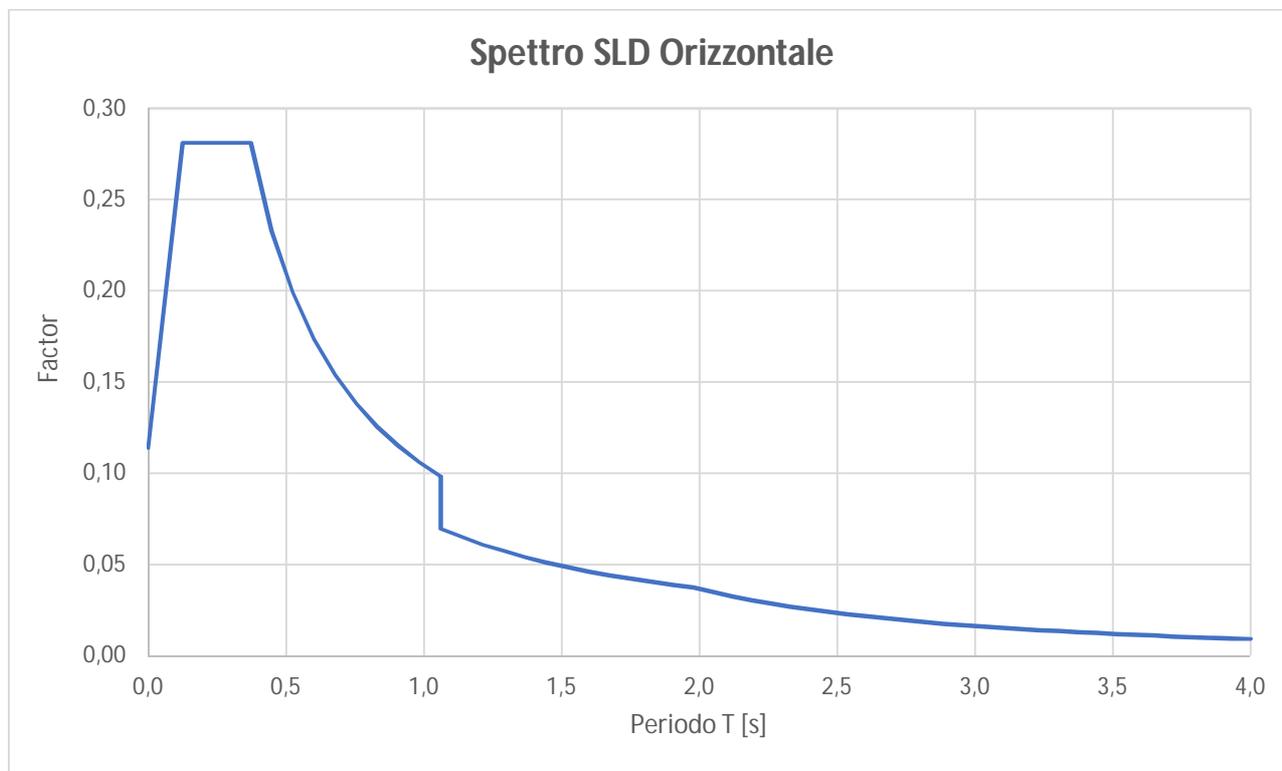


Figura 3 – Spettro orizzontale SLV



**Figura 4 – Spettro orizzontale SLD**

#### Spettro di risposta elastico – componente verticale

Lo spettro di risposta elastico della componente verticale è definito dalle seguenti espressioni:

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

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

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

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

in cui si ha:

$$F_V = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

$\eta=1$  corrispondente a uno smorzamento  $\zeta$  pari al 5%

I valori di  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$  sono riportati nella tabella 3.2.VII del D.M.08 e valgono:

$$T_B = 0,05 \text{ s}$$

$$T_C = 0,15 \text{ s}$$

$$T_D = 1,00 \text{ s}$$

Si riportano di seguito i diagrammi degli spettri per ciascuno degli Stati Limite indagati.

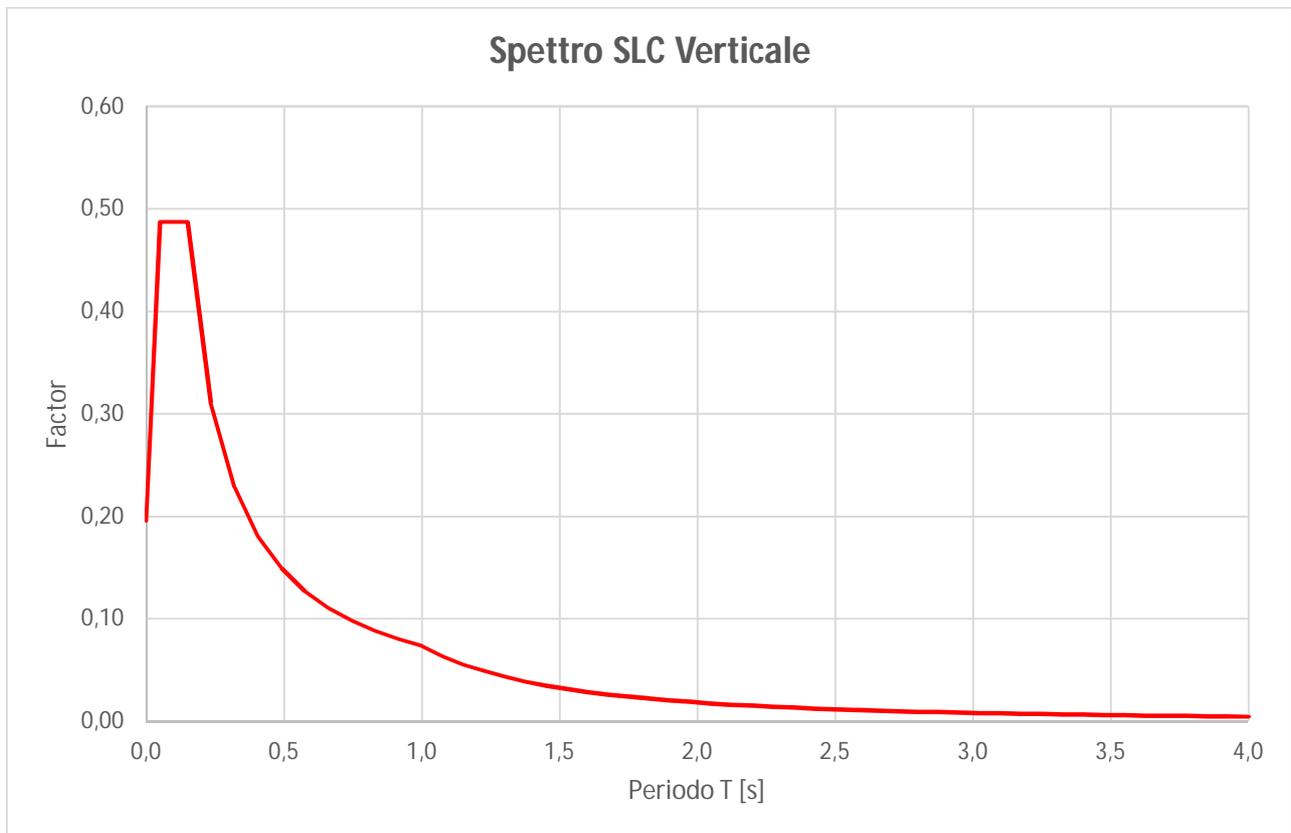


Figura 5 – Spettro verticale SLC

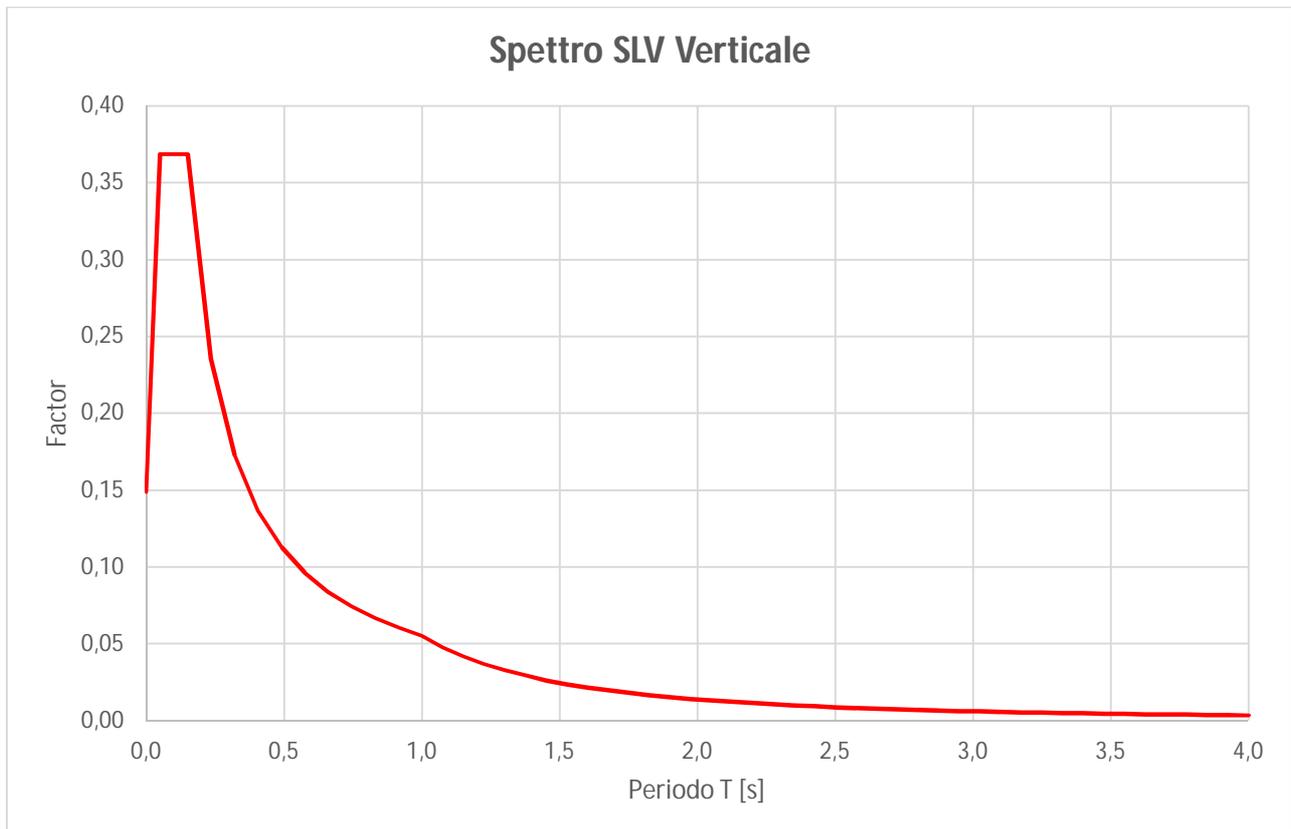
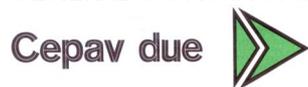


Figura 6 – Spettro verticale SLV

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

Rev.  
A

Foglio  
23 di 146

## 6.2 Combinazione dell'azione sismica

Poiché la risposta all'azione sismica viene calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti, gli effetti sulla struttura sono combinati successivamente applicando la seguente espressione:

$$1.00 \cdot E_x + 0.3 \cdot E_y + 0.3 \cdot E_z$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 del sovracitato *D.M. 14/01/2008*.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

I valori del coefficiente  $\psi_{2i}$  sono quelli riportati nella tabella 2.5.I della norma; nel caso in oggetto si assume per i carichi dovuti al transito dei mezzi  $\psi_{2i} = 0$ .

**7 ANALISI DELLA PILA 1****7.1 Dati di input****7.1.1 Geometria della pila**

Si riportano nella tabella che segue le caratteristiche geometriche di elevazione della pila.

## DATI RELATIVI ALL'ELEVAZIONE

Altezza fusto	8.40 m
Altezza baggioli	0.30 m
Area della sezione del fusto	9.35 m <sup>2</sup>
Area della sezione del baggiolo	3.30 m <sup>2</sup>
Numero di baggioli	2.00

Si riassume in tabella la disposizione planimetrica dei baricentri dei diaframmi e nella figura che segue si rappresenta schematicamente la geometria dei diaframmi.

n° diaframma	x(m)	y(m)
1	0	2.85
2	0	0
3	0	-2,85



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
25 di 146

### 7.1.2 Azioni trasmesse dall'impalcato

Le azioni calcolate nella Relazione di calcolo apparecchi di appoggio e trasmesse alla pila in esame sono riportate nella tabella che segue.

	CONDIZIONE ELEMENTARE		N(kN)	Mt(kNm)	Tl(kN)	Tt(kN)	Afferenza (m)
<b>CARICHI ELEMENTARI STATICI</b>	Peso permanente	g	5190,00	-	-	-	-
	Cedimento (max compressione)	$\epsilon_4$	126,00	-	-	-	-
	Cedimento (max trazione)	$\epsilon_4$	-120,00	-	-	-	-
	Carichi accidentali	$q_1$	-	-	-	-	40,00
	Frenatura	$q_3$	-	-	120,00	-	-
	Azione centrifuga	$q_4$	-	-	-	-	-
	Vento su impalcato	$q_5$	-	1611,00	-	478,00	-
	Azione termica	$q_7$	-	-	488,00	-	-
<b>CARICHI ELEMENTARI SISMICI</b>	E 1 (massimo sisma longitudinale)	$q_6$	-	329,10	688,00	153,00	-
	E 2 (massimo sisma trasversale)	$q_6$	-	1097,00	206,40	510,00	-
	E 3 (massimo sisma verticale)	$q_6$	1886,00	-	-	-	-

### 7.1.3 Azioni accidentali da traffico veicolare

Si calcolano le azioni da traffico veicolare non considerate nella Relazione di calcolo apparecchi che possono risultare dimensionanti nella verifica degli elementi della pila.

Le colonne dei carichi mobili vengono disposte, a partire da quella di entità massima, in adiacenza al cordolo numero 2, definito come il cordolo di larghezza minore. Il numero di colonne di carico prese in considerazione è quello che determina le condizioni più sfavorevoli per la fondazione. Nello specifico, verranno analizzate diverse configurazioni di colonne a partire dal numero massimo possibile sulla sezione trasversale fino alla singola colonna, in modo da valutare sia le massime azioni in compressione sia quelle in trazione.

Nelle seguenti tabelle vengono riportate le reazioni delle varie colonne di carico con le rispettive eccentricità (l'eccentricità è calcolata rispetto al baricentro della sezione trasversale della soletta, intesa come somma della larghezza della carreggiata e dei due cordoli) sia per la massima compressione (ottenuta tramite due colonne di carico e la folla agente sul cordolo) sia per la massima trazione (una colonna di carico e la folla agente sul cordolo).

Disposizione delle colonne di carico per la massima compressione:

Reazione 1° colonna di carico	1680.00 kN
Eccentricità 1° colonna di carico	2.75 m
Reazione 2° colonna di carico	700.00 kN
Eccentricità 2° colonna di carico	-0.25 m
Reazione folla su cordolo 2	185.00 kN
Eccentricità folla su cordolo 2	5.18 m

Disposizione delle colonne di carico per la massima trazione:

Reazione 1° colonna di carico	1680.00 kN
Eccentricità 1° colonna di carico	2.75 m
Reazione folla su cordolo 2	185.00 kN
Eccentricità folla su cordolo 2	5.18 m

**7.1.4 Azioni relative alla pila**

Si riportano di seguito le azioni trasmesse dalla pila.

**Azioni relative all'elevazione**

Peso proprio fusto	kN	1963.50
Peso proprio pulvino+baggioli	kN	49.50
<hr/>		
Peso proprio totale elevazione	kN	2013.00

**Azione del vento**

Superficie pila investita del vento spirante in direzione trasversale	m <sup>2</sup>	10.08
Spinta relativa	kN	25.20
applicata a quota da base fusto	m	4.20

**Urto veicolo in svio**

Azione urto longitudinale	kN	2000.00
Azione urto trasversale	kN	750.00
applicata a quota da base fusto	m	5.40

**Azione sismica pila**

Azione sisma longitudinale	kN	1343.54
Azione sisma trasversale	kN	1343.54
applicata a quota da base fusto	m	4.30
Azione sisma verticale positiva	kN	299.76
Azione sisma verticale negativa	kN	-299.76

## 7.2 Risultati dell'analisi

### 7.2.1 Azioni elementari a base fusto

Vengono di seguito riportate le azioni elementari (sforzo normale, momento flettente nel piano longitudinale, momento flettente nel piano trasversale, taglio longitudinale e taglio trasversale) che si hanno in tutte le condizioni di carico previste dalla normativa al piede del fusto della pila.

CONDIZIONE ELEMENTARE		N (kN)	MI (kNm)	Mt (kNm)	TI (kN)	Tt (kN)
<b>PILA</b>						
Peso proprio elevazione pila	g	2013.00	-	-	-	-
Vento su pila	q5	-	-	105.84	-	25.20
Urto di veicoli in svio	q9	-	10800.00	4050.00	2000.00	750.00
Azioni sismiche long. Pila	q6l	-	5781.62	-	1343.54	-
Azioni sismiche trasv. pila	q6t	-	-	5781.62	-	1343.54
Azioni sismiche vert. Pos. Pila	q6v	299.76	-	-	-	-
Azioni sismiche vert. Neg. Pila	q6v	-299.76	-	-	-	-
<b>IMPALCATO</b>						
Peso permanente	g	5190.00	-	0.00	-	-
Traffico (Max compressione)	q1	2565.00	-	5402.38	-	-
Traffico (max trazione)	q1	1865.00	-	5577.38	-	-
Vento su impalcato	q5	-	-	5769.60	-	478.00
Azione centrifuga	q4	-	-	0.00	-	0.00
Cedimento (Compressione)	ε4	126.00	-	0.00	-	-
Cedimento (Trazione)	ε4	-120.00	-	-	-	-
Azione termica	ε3	-	4245.60	-	488.00	-
Frenatura	q3	-	1044.00	-	120.00	-
Ritiro	ε2	-	0.00	-	0.00	-
Azione di attrito	q7	-	0.00	-	0.00	-
Azione sismica orizzontale longitudinale	q6l	-	5985.60	1660.20	688.00	153.00
Azione sismica orizzontale trasversale	q6t	-	1795.68	5534.00	206.40	510.00
Azione sismica verticale pos.	q6v	1886.00	-	-	-	-
Azione sismica verticale neg.	q6v	-1886.00	-	-	-	-

### 7.2.2 Combinazioni di carico a base fusto

Vengono di seguito riportate le sollecitazioni (sforzo normale, momento flettente nel piano longitudinale, momento flettente nel piano trasversale, taglio longitudinale e taglio trasversale) in tutte le combinazioni di carico previste dalla normativa: agli Stati Limite di Esercizio, agli Stati Limite Ultimi e in combinazione sismica.

Combinazione di carico	$N$ (kN)	$Ml$ (kNm)	$Mt$ (kNm)	$Tl$ (kN)	$Tt$ (kN)
SLU 1a	8971.31	3056.83	14460.25	351.36	754.80
SLU 1b	12447.11	3056.83	14283.06	351.36	754.80
SLU 2a	9600.75	3056.83	12817.35	351.36	452.88
SLU 2b	13312.80	3056.83	12581.10	351.36	452.88
SLU 3a	8971.31	4466.23	10934.99	513.36	452.88
SLU 3b	12447.11	4466.23	10757.80	513.36	452.88
SLU 4a	8971.31	3056.83	10934.99	351.36	452.88
SLU 4b	12447.11	3056.83	10757.80	351.36	452.88
SLU 5a	8947.31	5094.72	10934.99	585.60	452.88
SLU 5b	12472.31	5094.72	10757.80	585.60	452.88
SLE RARA 1a	9252.75	2547.36	9927.22	292.80	503.20
SLE RARA 1b	8481.75	2547.36	10058.47	292.80	503.20
SLE RARA 2a	9894.00	2547.36	8927.64	292.80	301.92
SLE RARA 2b	8948.00	2547.36	9102.64	292.80	301.92
SLE RARA 3a	9252.75	3591.36	7577.05	412.80	301.92
SLE RARA 3b	8481.75	3591.36	7708.30	412.80	301.92
SLE RARA 4a	9252.75	2547.36	7577.05	292.80	301.92
SLE RARA 4b	8481.75	2547.36	7708.30	292.80	301.92
SLE RARA 5a	9252.75	4245.60	7577.05	488.00	301.92
SLE RARA 5b	8481.75	4245.60	7708.30	488.00	301.92
SLE FREQ 1a	9252.75	2122.80	4051.78	244.00	0.00
SLE FREQ 1b	9006.75	2122.80	4051.78	244.00	0.00
SLE FREQ 1c	8727.75	2122.80	4183.03	244.00	0.00
SLE FREQ 1d	8481.75	2122.80	4183.03	244.00	0.00
SLE FREQ 2a	7329.00	2547.36	0.00	292.80	0.00
SLE FREQ 2b	7083.00	2547.36	0.00	292.80	0.00
SLE QP 1	7329.00	2122.80	0.00	244.00	0.00
SLE QP 2	7083.00	2122.80	0.00	244.00	0.00
SLV 1a	7984.73	13890.02	3394.69	2275.54	556.06
SLV 1b	7738.73	13890.02	3394.69	2275.54	556.06
SLV 1c	6673.27	13890.02	3394.69	2275.54	556.06
SLV 1d	6427.27	13890.02	3394.69	2275.54	556.06
SLV 2a	7984.73	5652.97	11315.62	853.46	1853.54

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
30 di 146

SLV 2b	7738.73	5652.97	11315.62	853.46	1853.54
SLV 2c	6673.27	5652.97	11315.62	853.46	1853.54
SLV 2d	6427.27	5652.97	11315.62	853.46	1853.54
SLV 3a	9514.76	9842.89	3394.69	1335.06	556.06
SLV 3b	9268.76	9842.89	3394.69	1335.06	556.06
SLV 3c	5143.24	9842.89	3394.69	1335.06	556.06
SLV 3d	4897.24	9842.89	3394.69	1335.06	556.06
SLV 4a	9514.76	5652.97	7268.49	853.46	913.06
SLV 4b	9268.76	5652.97	7268.49	853.46	913.06
SLV 4c	5143.24	5652.97	7268.49	853.46	913.06
SLV 4d	4897.24	5652.97	7268.49	853.46	913.06
E 1	7329.00	9759.55	7636.75	1658.21	1414.21
E 2	7083.00	9759.55	7636.75	1658.21	1414.21
E 3	7329.00	4986.58	2863.78	774.33	530.33
E 4	7083.00	4986.58	2863.78	774.33	530.33

### 7.2.3 Sollecitazioni sui diaframmi

Nel seguente paragrafo si riportano le sollecitazioni sui diaframmi che vengono studiati prima in direzione trasversale, in cui sono agenti lo sforzo normale, il taglio e il momento trasversali, poi in direzione longitudinale, in cui sono agenti il taglio e il momento longitudinali. Verranno inoltre presi in considerazione sia il caso in cui il fattore di gruppo verticale sia pari ad  $\alpha_v = 1$  sia il caso in cui sia uguale a  $\alpha_v = 1/(n^\circ \text{ diaf})^{0.5}$ . Nelle verifiche verrà poi considerata la condizione più gravosa.

#### 7.2.3.1 Direzione trasversale

$$\alpha_v = 1$$

Azioni assiale a testa palo (kN)			
Comb.	Palo		
	1	2	3
SLU 1a	-5111	-2990	-870
SLU 1b	-6247	-4149	-2051
SLU 2a	-5000	-3200	-1401
SLU 2b	-6207	-4438	-2668
SLU 3a	-4550	-2990	-1430
SLU 3b	-5686	-4149	-2612
SLU 4a	-4550	-2990	-1430
SLU 4b	-5686	-4149	-2612
SLU 5a	-4542	-2982	-1422
SLU 5b	-5695	-4157	-2620
SLV 1a	-3479	-2662	-1844
SLV 1b	-3397	-2580	-1762
SLV 1c	-3042	-2224	-1407
SLV 1d	-2960	-2142	-1325
SLV 2a	-5388	-2662	65
SLV 2b	-5306	-2580	147
SLV 2c	-4951	-2224	502
SLV 2d	-4869	-2142	584
SLV 3a	-3989	-3172	-2354
SLV 3b	-3907	-3090	-2272
SLV 3c	-2532	-1714	-897
SLV 3d	-2450	-1632	-815
SLV 4a	-4752	-3172	-1591
SLV 4b	-4670	-3090	-1509
SLV 4c	-3295	-1714	-134
SLV 4d	-3213	-1632	-52
E 1	-3939	-2443	-947
E 2	-3857	-2361	-865
E 3	-3004	-2443	-1882
E 4	-2922	-2361	-1800

$$\alpha_v = 0.577$$

Azioni assiale a testa diaframma (kN)			
Comb.	Diaframma	Diaframma	Diaframma
	1	2	3
SLU 1a	-4756	-2990	-1225
SLU 1b	-5896	-4149	-2402
SLU 2a	-4699	-3200	-1702
SLU 2b	-5911	-4438	-2964
SLU 3a	-4289	-2990	-1692
SLU 3b	-5429	-4149	-2869
SLU 4a	-4289	-2990	-1692
SLU 4b	-5429	-4149	-2869
SLU 5a	-4281	-2982	-1684
SLU 5b	-5437	-4157	-2877
SLV 1a	-3375	-2662	-1948
SLV 1b	-3293	-2580	-1866
SLV 1c	-2938	-2224	-1511
SLV 1d	-2856	-2142	-1429
SLV 2a	-5039	-2662	-284
SLV 2b	-4957	-2580	-202
SLV 2c	-4602	-2224	153
SLV 2d	-4520	-2142	235
SLV 3a	-3885	-3172	-2458
SLV 3b	-3803	-3090	-2376
SLV 3c	-2428	-1714	-1001
SLV 3d	-2346	-1632	-919
SLV 4a	-4550	-3172	-1793
SLV 4b	-4468	-3090	-1711
SLV 4c	-3093	-1714	-336
SLV 4d	-3011	-1632	-254
E 1	-3688	-2443	-1198
E 2	-3606	-2361	-1116
E 3	-2910	-2443	-1976
E 4	-2828	-2361	-1894
SLE RARA 1a	-4292	-3084	-1877
SLE RARA 1b	-4049	-2827	-1606
SLE RARA 2a	-4337	-3298	-2259
SLE RARA 2b	-4041	-2983	-1925
SLE RARA 3a	-3981	-3084	-2188
SLE RARA 3b	-3737	-2827	-1917
SLE RARA 4a	-3981	-3084	-2188
SLE RARA 4b	-3737	-2827	-1917
SLE RARA 5a	-3981	-3084	-2188
SLE RARA 5b	-3737	-2827	-1917
SLE FREQ 1a	-3514	-3084	-2655
SLE FREQ 1b	-3432	-3002	-2573
SLE FREQ 1c	-3353	-2909	-2466
SLE FREQ 1d	-3271	-2827	-2384
SLE FREQ 2a	-2443	-2443	-2443
SLE FREQ 2b	-2361	-2361	-2361
SLE QP 1	-2443	-2443	-2443
SLE QP 2	-2361	-2361	-2361

**TAGLIO a testa diaframma (kN)**

Comb.	Diaframma	Diaframma	Diaframma
	1	2	3
SLU 1a	351	202	202
SLU 1b	351	202	202
SLU 2a	217	118	118
SLU 2b	216	118	118
SLU 3a	214	119	119
SLU 3b	214	120	120
SLU 4a	214	119	119
SLU 4b	214	120	120
SLU 5a	214	119	119
SLU 5b	214	120	120
SLV 1a	246	155	155
SLV 1b	246	155	155
SLV 1c	246	155	155
SLV 1d	246	155	155
SLV 2a	821	516	516
SLV 2b	821	516	516
SLV 2c	821	516	516
SLV 2d	821	516	516
SLV 3a	246	155	155
SLV 3b	246	155	155
SLV 3c	246	155	155
SLV 3d	246	155	155
SLV 4a	406	254	254
SLV 4b	406	254	254
SLV 4c	406	254	254
SLV 4d	406	254	254
E 1	631	391	391
E 2	631	391	391
E 3	237	147	147
E 4	237	147	147

**MOMENTO a testa diaframma (kN)**

Comb.	Diaframma	Diaframma	Diaframma
	1	2	3
SLU 1a	1375	1511	1511
SLU 1b	1351	1488	1488
SLU 2a	1397	1440	1440
SLU 2b	1364	1410	1410
SLU 3a	1137	1197	1197
SLU 3b	1112	1175	1175
SLU 4a	1137	1197	1197
SLU 4b	1112	1175	1175
SLU 5a	1137	1197	1197
SLU 5b	1112	1175	1175
SLV 1a	413	129	129
SLV 1b	413	129	129
SLV 1c	413	129	129
SLV 1d	413	129	129
SLV 2a	1376	429	429
SLV 2b	1376	429	429
SLV 2c	1376	429	429
SLV 2d	1376	429	429
SLV 3a	413	129	129
SLV 3b	413	129	129

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

Rev.  
A

Foglio  
34 di 146

SLV 3c	413	129	129
SLV 3d	413	129	129
SLV 4a	500	44	44
SLV 4b	500	44	44
SLV 4c	500	44	44
SLV 4d	500	44	44
E 1	108	323	323
E 2	108	323	323
E 3	41	121	121
E 4	41	121	121

Si riporta anche l'involuppo dell'andamento del momento e del taglio lungo lo sviluppo del diaframma per le varie combinazioni di carico e per i vari diaframmi, da cui si ricavano le sollecitazioni utilizzate nelle verifiche.

Doc. N.

Progetto  
INOR

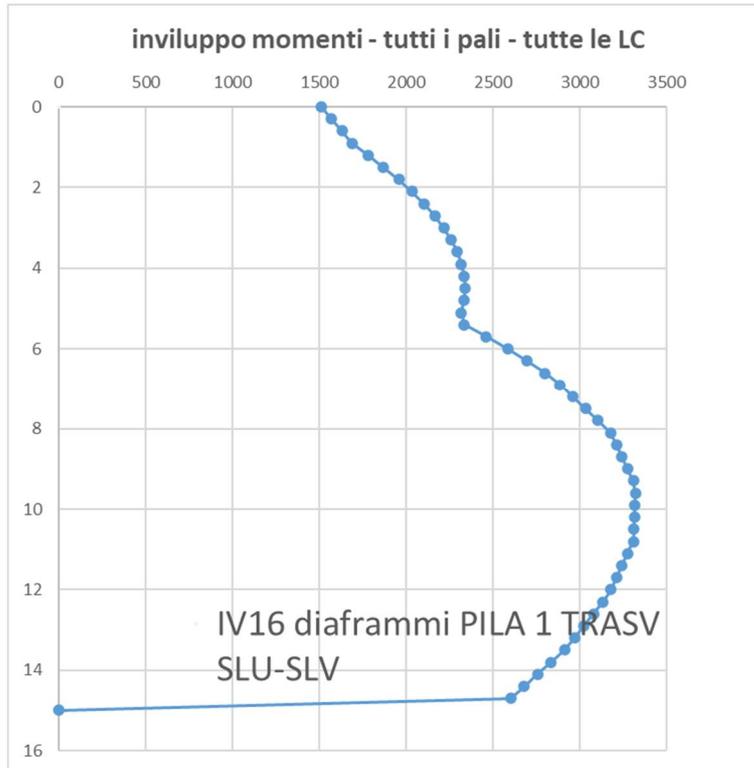
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

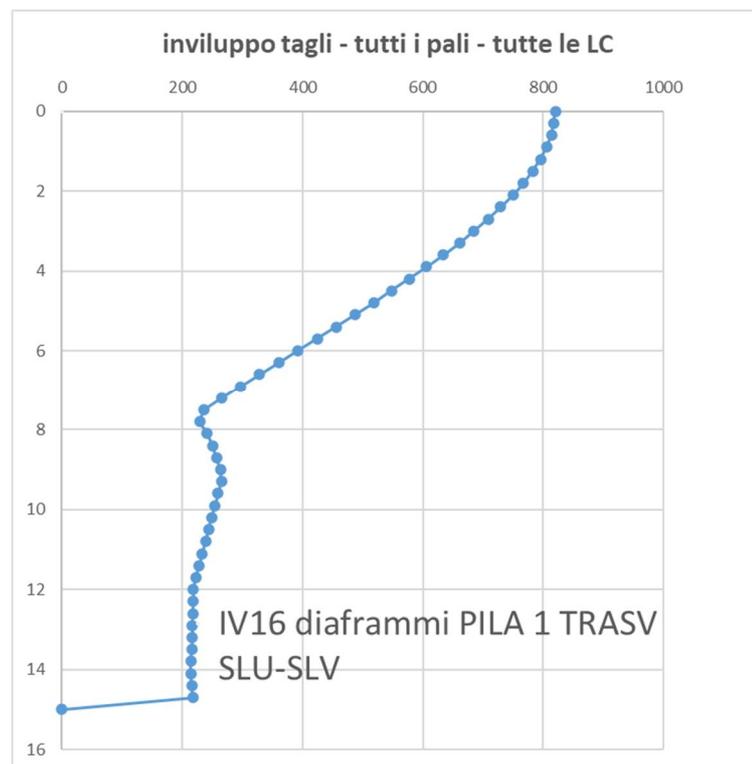
Rev.  
A

Foglio  
35 di 146

- Momento SLU



- Taglio SLU



Doc. N.

Progetto  
INOR

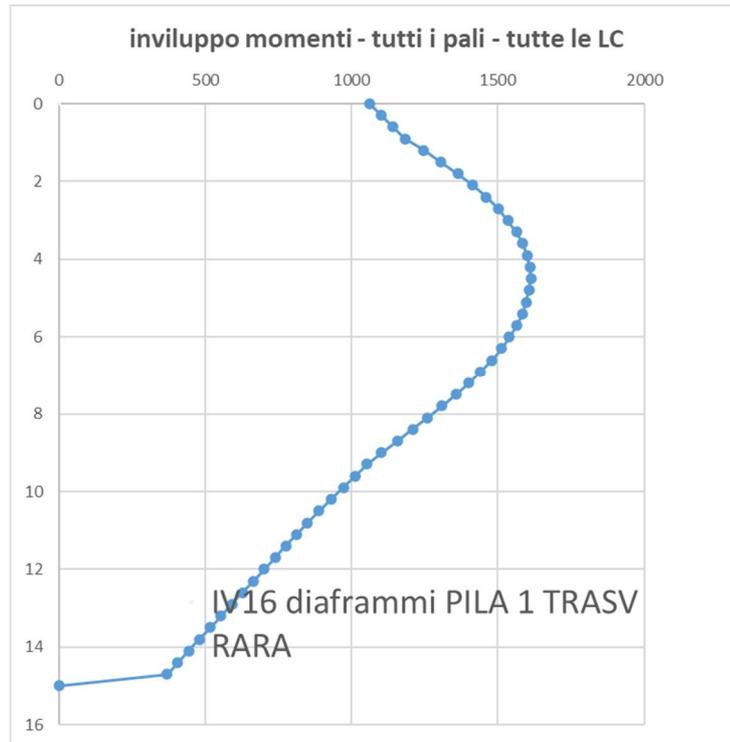
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

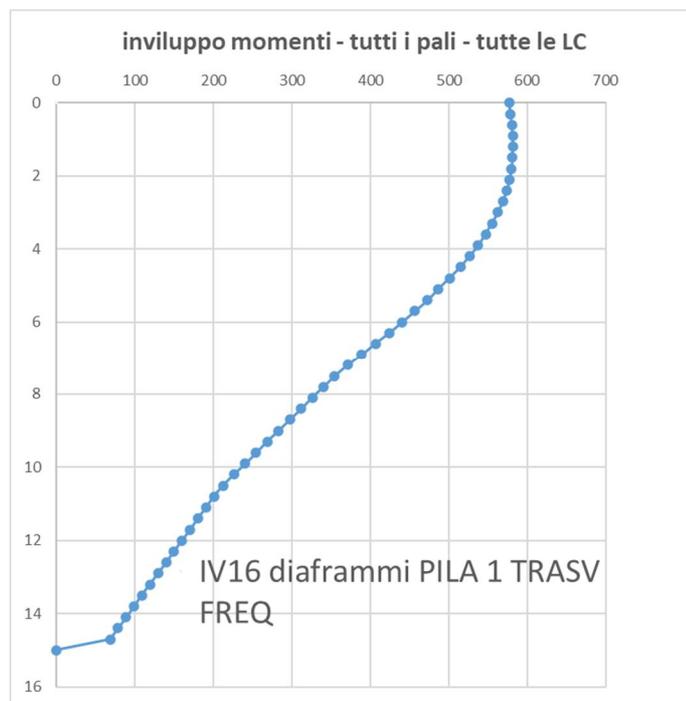
Rev.  
A

Foglio  
36 di 146

- Momento SLE RARA



- Momento SLE FREQ



7.2.3.2 Direzione longitudinale

<b>TAGLIO a testa diaframma (kN)</b>			
Comb.	Diaframma 1	Diaframma 2	Diaframma 3
SLU 1a	117	117	117
SLU 1b	117	117	117
SLU 2a	117	117	117
SLU 2b	117	117	117
SLU 3a	171	171	171
SLU 3b	171	171	171
SLU 4a	117	117	117
SLU 4b	117	117	117
SLU 5a	195	195	195
SLU 5b	195	195	195
SLV 1a	759	759	759
SLV 1b	759	759	759
SLV 1c	759	759	759
SLV 1d	759	759	759
SLV 2a	284	284	284
SLV 2b	284	284	284
SLV 2c	284	284	284
SLV 2d	284	284	284
SLV 3a	445	445	445
SLV 3b	445	445	445
SLV 3c	445	445	445
SLV 3d	445	445	445
SLV 4a	284	284	284
SLV 4b	284	284	284
SLV 4c	284	284	284
SLV 4d	284	284	284
E 1	553	553	553
E 2	553	553	553
E 3	258	258	258
E 4	258	258	258

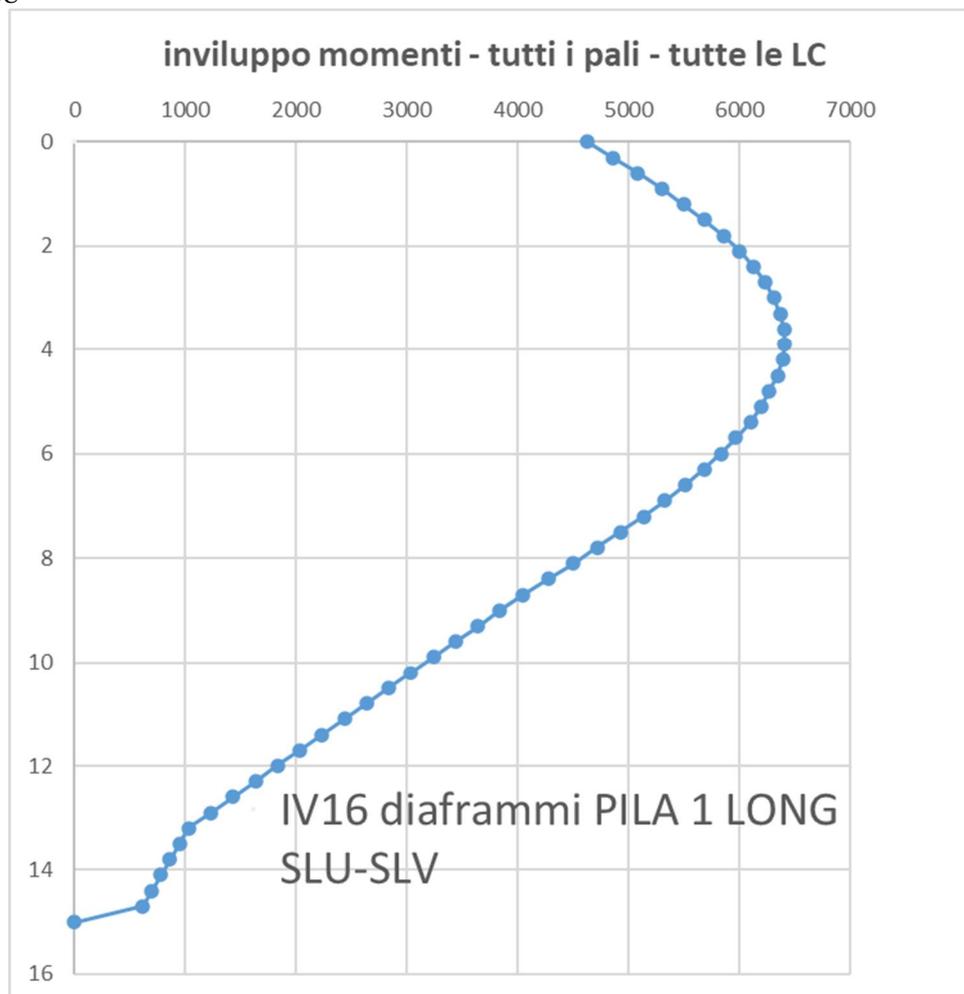
<b>MOMENTO a testa diaframma (kN)</b>			
Comb.	Diaframma 1	Diaframma 2	Diaframma 3
SLU 1a	1019	1019	1019
SLU 1b	1019	1019	1019
SLU 2a	1019	1019	1019
SLU 2b	1019	1019	1019
SLU 3a	1489	1489	1489
SLU 3b	1489	1489	1489
SLU 4a	1019	1019	1019
SLU 4b	1019	1019	1019
SLU 5a	1698	1698	1698
SLU 5b	1698	1698	1698
SLV 1a	4630	4630	4630
SLV 1b	4630	4630	4630
SLV 1c	4630	4630	4630
SLV 1d	4630	4630	4630
SLV 2a	1884	1884	1884
SLV 2b	1884	1884	1884

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
38 di 146

SLV 2c	1884	1884	1884
SLV 2d	1884	1884	1884
SLV 3a	3281	3281	3281
SLV 3b	3281	3281	3281
SLV 3c	3281	3281	3281
SLV 3d	3281	3281	3281
SLV 4a	1884	1884	1884
SLV 4b	1884	1884	1884
SLV 4c	1884	1884	1884
SLV 4d	1884	1884	1884
E 1	3253	3253	3253
E 2	3253	3253	3253
E 3	1662	1662	1662
E 4	1662	1662	1662

- Momento SLU



Doc. N.

Progetto  
INOR

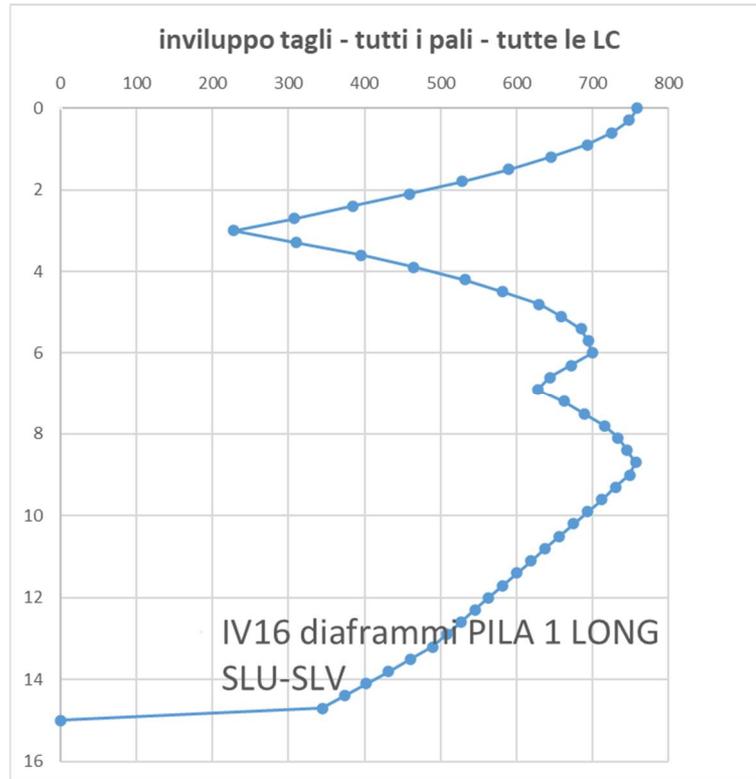
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

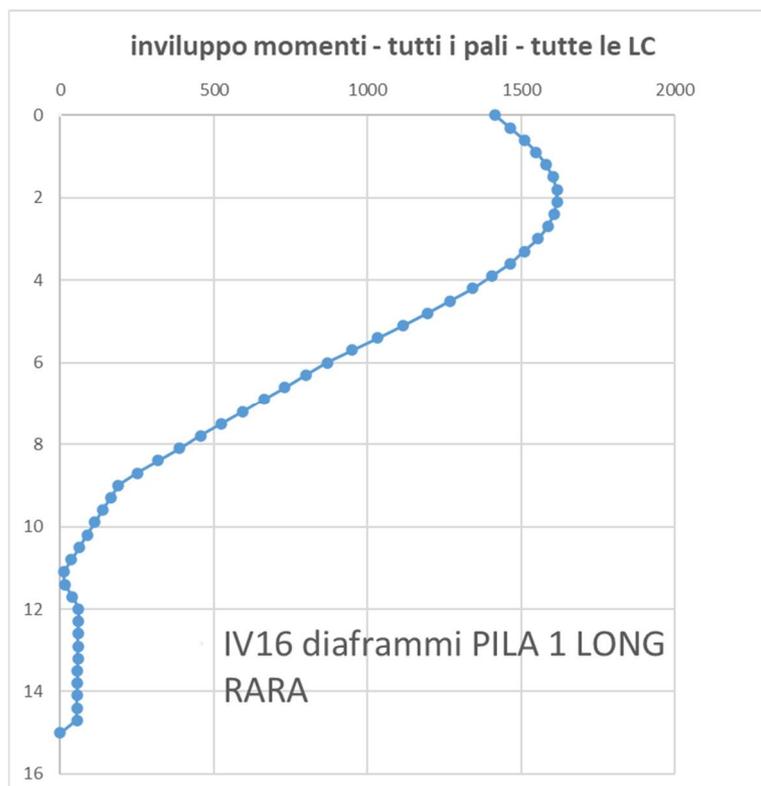
Rev.  
A

Foglio  
39 di 146

- Taglio SLU



- Momento SLE RARA



Doc. N.

Progetto  
INOR

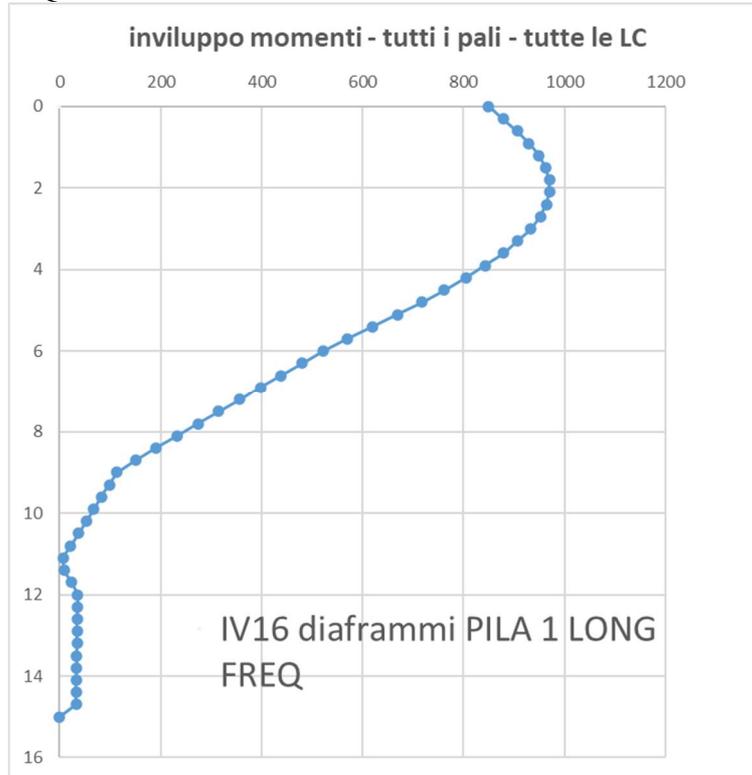
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

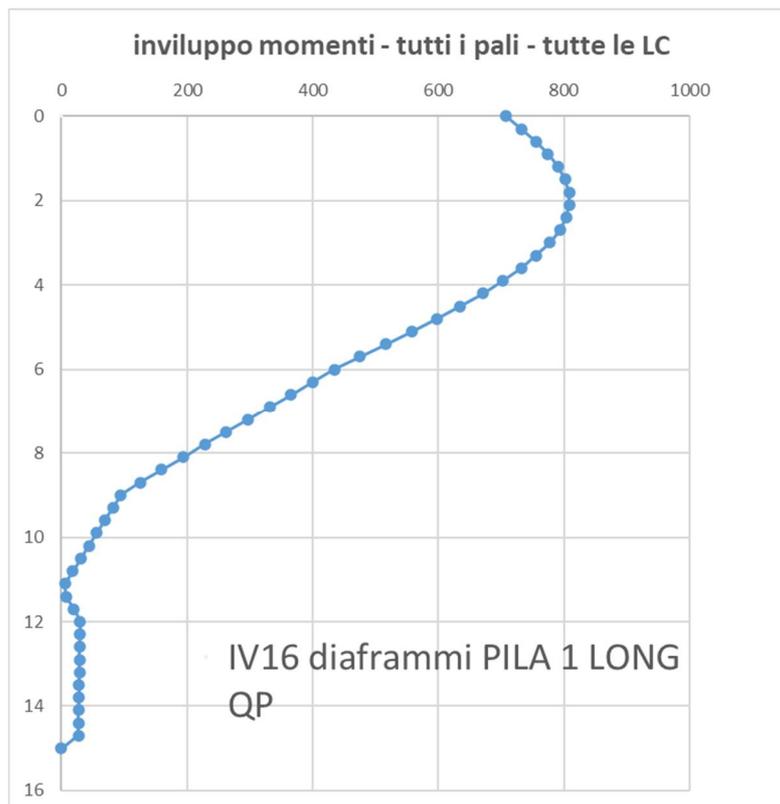
Rev.  
A

Foglio  
40 di 146

- Momento SLE FREQ



- Momento SLE QP



7.2.3.3 Sintesi sollecitazioni

Si riporta una tabella riassuntiva con le sollecitazioni utilizzate nelle verifiche. A favore di sicurezza si eseguono le verifiche considerando l'involuppo del momento massimo longitudinale con l'involuppo del momento massimo trasversale alla stessa quota per gli SLU, mentre per gli SLE si prendono gli involuppi senza considerare la loro reale profondità.

	Profondità [m]			
SLU /SLV	-	$N_{max}$	6247	kN
	4.0	$M_{long} max$	6410	kNm
		$M_{trav} associato a M_{long} max$	2336	kNm
	10.0	$M_{long} associato a M_{trav} max$	3236	kNm
		$M_{trav} max$	3317	kNm
	-	$T_{long}$	759	kN
-	$T_{trav}$	821	kN	
SLE RARA	2.1	$M_{long} max$	1617	kNm
	4.5	$M_{trav} max$	1612	kNm
SLE FREQ	2.1	$M_{long} max$	970	kNm
	0.0	$M_{trav} max$	581	kNm
SLE QP	2.1	$M_{long} max$	808	kNm

## 8 ANALISI DELLA PILA 2

### 8.1 Dati di input

#### 8.1.1 Geometria della pila

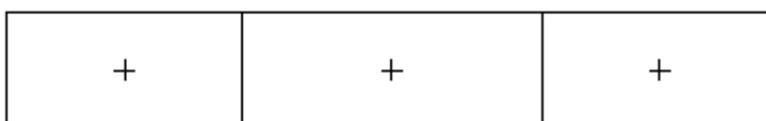
Si riportano nella tabella che segue le caratteristiche geometriche di elevazione della pila.

#### DATI RELATIVI ALL'ELEVAZIONE

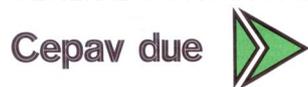
Altezza fusto	9.40 m
Altezza baggioli	0.30 m
Area della sezione del fusto	9.35 m <sup>2</sup>
Area della sezione del baggiolo	3.30 m <sup>2</sup>
Numero di baggioli	2.00

Si riassume in tabella la disposizione planimetrica dei baricentri dei diaframmi e nella figura che segue si rappresenta schematicamente la geometria dei diaframmi.

n° diaframma	x(m)	y(m)
1	0	2.85
2	0	0
3	0	-2.85



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
43 di 146

### 8.1.2 Azioni trasmesse dall'impalcato

Le azioni calcolate nella Relazione di calcolo apparecchi di appoggio e trasmesse alla pila in esame sono riportate nella tabella che segue.

	CONDIZIONE ELEMENTARE		N(kN)	Mt(kNm)	Tl(kN)	Tt(kN)	Afferenza (m)
<b>CARICHI ELEMENTARI STATICI</b>	Peso permanente	g	6194,00	-	-	-	-
	Cedimento (max compressione)	$\epsilon_4$	140,00	-	-	-	-
	Cedimento (max trazione)	$\epsilon_4$	-150,00	-	-	-	-
	Carichi accidentali	$q_1$	-	-	-	-	49,00
	Frenatura	$q_3$	-	-	110,00	-	-
	Azione centrifuga	$q_4$	-	-	-	-	-
	Vento su impalcato	$q_5$	-	2086,00	-	635,00	-
	Azione termica	$q_7$	-	-	279,00	-	-
<b>CARICHI ELEMENTARI SISMICI</b>	E 1 (massimo sisma longitudinale)	$q_6$	-	362,40	646,00	167,10	-
	E 2 (massimo sisma trasversale)	$q_6$	-	1208,00	193,80	557,00	-
	E 3 (massimo sisma verticale)	$q_6$	2402,00	-	-	-	-

### 8.1.3 Azioni accidentali da traffico veicolare

Si calcolano le azioni da traffico veicolare non considerate nella Relazione di calcolo apparecchi che possono risultare dimensionanti nella verifica degli elementi della pila.

Le colonne dei carichi mobili vengono disposte, a partire da quella di entità massima, in adiacenza al cordolo numero 2, definito come il cordolo di larghezza minore. Il numero di colonne di carico prese in considerazione è quello che determina le condizioni più sfavorevoli per la fondazione. Nello specifico, verranno analizzate diverse configurazioni di colonne a partire dal numero massimo possibile sulla sezione trasversale fino alla singola colonna, in modo da valutare sia le massime azioni in compressione sia quelle in trazione.

Nelle seguenti tabelle vengono riportate le reazioni delle varie colonne di carico con le rispettive eccentricità (l'eccentricità è calcolata rispetto al baricentro della sezione trasversale della soletta, intesa come somma della larghezza della carreggiata e dei due cordoli) sia per la massima compressione (ottenuta tramite due colonne di carico e la folla agente sul cordolo) sia per la massima trazione (una colonna di carico e la folla agente sul cordolo).

Disposizione delle colonne di carico per la massima compressione:

Reazione 1° colonna di carico	1923.00 kN
Eccentricità 1° colonna di carico	2.75 m
Reazione 2° colonna di carico	767.50 kN
Eccentricità 2° colonna di carico	-0.25 m
Reazione folla su cordolo 2	226.63 kN
Eccentricità folla su cordolo 2	5.18 m

Disposizione delle colonne di carico per la massima trazione:

Reazione 1° colonna di carico	1923.00 kN
Eccentricità 1° colonna di carico	2.75 m
Reazione folla su cordolo 2	226.63 kN
Eccentricità folla su cordolo 2	5.18 m

**8.1.4 Azioni relative alla pila**

Si riportano di seguito le azioni trasmesse dalla pila.

***Azioni relative all'elevazione***

Peso proprio fusto	kN	2197.25
Peso proprio pulvino+baggioli	kN	49.50
<hr/>		
Peso proprio totale elevazione	kN	2246.75

***Azione del vento***

Superficie pila investita del vento spirante in direzione trasversale	m <sup>2</sup>	11.28
Spinta relativa	kN	28.20
applicata a quota da base fusto	m	4.70

***Urto veicolo in svio***

Azione urto longitudinale	kN	2000.00
Azione urto trasversale	kN	750.00
applicata a quota da base fusto	m	4.90

***Azione sismica pila***

Azione sisma longitudinale	kN	1499.55
Azione sisma trasversale	kN	1499.55
applicata a quota da base fusto	m	4.80
Azione sisma verticale positiva	kN	334.56
Azione sisma verticale negativa	kN	-334.56

## 8.2 Risultati dell'analisi

### 8.2.1 Azioni elementari a base fusto

Vengono di seguito riportate le azioni elementari (sforzo normale, momento flettente nel piano longitudinale, momento flettente nel piano trasversale, taglio longitudinale e taglio trasversale) che si hanno in tutte le condizioni di carico previste dalla normativa al piede del fusto della pila.

CONDIZIONE ELEMENTARE		N (kN)	MI (kNm)	Mt (kNm)	TI (kN)	Tt (kN)
<b>PILA</b>						
Peso proprio elevazione pila	g	2246.75	-	-	-	-
Vento su pila	q5	-	-	132.54	-	28.20
Urto di veicoli in svio	q9	-	9800.00	3675.00	2000.00	750.00
Azioni sismiche long. Pila	q6l	-	7203.16	-	1499.55	-
Azioni sismiche trasv. pila	q6t	-	-	7203.16	-	1499.55
Azioni sismiche vert. Pos. Pila	q6v	334.56	-	-	-	-
Azioni sismiche vert. Neg. Pila	q6v	-334.56	-	-	-	-
<b>IMPALCATO</b>						
Peso permanente	g	6194.00	-	0.00	-	-
Traffico (Max compressione)	q1	2917.13	-	6269.16	-	-
Traffico (max trazione)	q1	2149.63	-	6461.03	-	-
Vento su impalcato	q5	-	-	8245.50	-	635.00
Azione centrifuga	q4	-	-	0.00	-	0.00
Cedimento (Compressione)	ε4	140.00	-	0.00	-	-
Cedimento (Trazione)	ε4	-150.00	-	-	-	-
Azione termica	ε3	-	2706.30	-	279.00	-
Frenatura	q3	-	1067.00	-	110.00	-
Ritiro	ε2	-	0.00	-	0.00	-
Azione di attrito	q7	-	0.00	-	0.00	-
Azione sismica orizzontale longitudinale	q6l	-	6266.20	1983.27	646.00	167.10
Azione sismica orizzontale trasversale	q6t	-	1879.86	6610.90	193.80	557.00
Azione sismica verticale pos.	q6v	2402.00	-	-	-	-
Azione sismica verticale neg.	q6v	-2402.00	-	-	-	-

### 8.2.2 Combinazioni di carico a base fusto

Vengono di seguito riportate le sollecitazioni (sforzo normale, momento flettente nel piano longitudinale, momento flettente nel piano trasversale, taglio longitudinale e taglio trasversale) in tutte le combinazioni di carico previste dalla normativa: agli Stati Limite di Esercizio, agli Stati Limite Ultimi e in combinazione sismica.

Combinazione di carico	$N$ (kN)	$Ml$ (kNm)	$Mt$ (kNm)	$Tl$ (kN)	$Tt$ (kN)
SLU 1a	10467.25	1948.54	19108.86	200.88	994.80
SLU 1b	14488.60	1948.54	18914.58	200.88	994.80
SLU 2a	11192.74	1948.54	16262.63	200.88	596.88
SLU 2b	15473.13	1948.54	16003.60	200.88	596.88
SLU 3a	10467.25	3388.99	14082.03	349.38	596.88
SLU 3b	14488.60	3388.99	13887.76	349.38	596.88
SLU 4a	10467.25	1948.54	14082.03	200.88	596.88
SLU 4b	14488.60	1948.54	13887.76	200.88	596.88
SLU 5a	10437.25	3247.56	14082.03	334.80	596.88
SLU 5b	14516.60	3247.56	13887.76	334.80	596.88
SLE RARA 1a	10768.59	1623.78	13079.91	167.40	663.20
SLE RARA 1b	9902.97	1623.78	13223.82	167.40	663.20
SLE RARA 2a	11497.88	1623.78	11295.98	167.40	397.92
SLE RARA 2b	10440.38	1623.78	11487.86	167.40	397.92
SLE RARA 3a	10768.59	2690.78	9728.69	277.40	397.92
SLE RARA 3b	9902.97	2690.78	9872.60	277.40	397.92
SLE RARA 4a	10768.59	1623.78	9728.69	167.40	397.92
SLE RARA 4b	9902.97	1623.78	9872.60	167.40	397.92
SLE RARA 5a	10768.59	2706.30	9728.69	279.00	397.92
SLE RARA 5b	9902.97	2706.30	9872.60	279.00	397.92
SLE FREQ 1a	10768.59	1353.15	4701.87	139.50	0.00
SLE FREQ 1b	10478.59	1353.15	4701.87	139.50	0.00
SLE FREQ 1c	10192.97	1353.15	4845.78	139.50	0.00
SLE FREQ 1d	9902.97	1353.15	4845.78	139.50	0.00
SLE FREQ 2a	8580.75	1623.78	0.00	167.40	0.00
SLE FREQ 2b	8290.75	1623.78	0.00	167.40	0.00
SLE QP 1	8580.75	1353.15	0.00	139.50	0.00
SLE QP 2	8290.75	1353.15	0.00	139.50	0.00
SLV 1a	9401.72	14822.51	4144.22	2285.05	616.96
SLV 1b	9111.72	14822.51	4144.22	2285.05	616.96
SLV 1c	7759.78	14822.51	4144.22	2285.05	616.96
SLV 1d	7469.78	14822.51	4144.22	2285.05	616.96
SLV 2a	9401.72	5393.96	13814.06	783.16	2056.55

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
48 di 146

SLV 2b	9111.72	5393.96	13814.06	783.16	2056.55
SLV 2c	7759.78	5393.96	13814.06	783.16	2056.55
SLV 2d	7469.78	5393.96	13814.06	783.16	2056.55
SLV 3a	11317.31	9780.30	4144.22	1235.36	616.96
SLV 3b	11027.31	9780.30	4144.22	1235.36	616.96
SLV 3c	5844.19	9780.30	4144.22	1235.36	616.96
SLV 3d	5554.19	9780.30	4144.22	1235.36	616.96
SLV 4a	11317.31	5393.96	8771.85	783.16	1006.86
SLV 4b	11027.31	5393.96	8771.85	783.16	1006.86
SLV 4c	5844.19	5393.96	8771.85	783.16	1006.86
SLV 4d	5554.19	5393.96	8771.85	783.16	1006.86
E 1	8580.75	8282.80	6929.65	1553.71	1414.21
E 2	8290.75	8282.80	6929.65	1553.71	1414.21
E 3	8580.75	3951.77	2598.62	669.83	530.33
E 4	8290.75	3951.77	2598.62	669.83	530.33

### 8.2.3 Sollecitazioni sui diaframmi

Nel seguente paragrafo si riportano le sollecitazioni sui diaframmi che vengono studiati prima in direzione trasversale, in cui sono agenti lo sforzo normale, il taglio e il momento trasversali, poi in direzione longitudinale, in cui sono agenti il taglio e il momento longitudinali. Verranno inoltre presi in considerazione sia il caso in cui il fattore di gruppo verticale sia pari ad  $\alpha_v = 1$  sia il caso in cui sia uguale a  $\alpha_v = 1/(n^\circ \text{ diaf})^{0.5}$ . Nelle verifiche verrà poi considerata la condizione più gravosa.

#### 8.2.3.1 Direzione trasversale

$$\alpha_v = 1$$

Azioni assiale a testa diaframma (kN)			
Comb.	Diaframma		
	1	2	3
SLU 1a	-6290	-3489	-688
SLU 1b	-7606	-4830	-2053
SLU 2a	-6023	-3731	-1439
SLU 2b	-7416	-5158	-2899
SLU 3a	-5503	-3489	-1475
SLU 3b	-6819	-4830	-2840
SLU 4a	-5503	-3489	-1475
SLU 4b	-6819	-4830	-2840
SLU 5a	-5493	-3479	-1465
SLU 5b	-6828	-4839	-2850
SLV 1a	-4094	-3134	-2173
SLV 1b	-3998	-3037	-2077
SLV 1c	-3547	-2587	-1626
SLV 1d	-3450	-2490	-1530
SLV 2a	-6335	-3134	67
SLV 2b	-6239	-3037	164
SLV 2c	-5788	-2587	615
SLV 2d	-5691	-2490	711
SLV 3a	-4733	-3772	-2812
SLV 3b	-4636	-3676	-2715
SLV 3c	-2908	-1948	-988
SLV 3d	-2812	-1851	-891
SLV 4a	-5622	-3772	-1923
SLV 4b	-5525	-3676	-1827
SLV 4c	-3797	-1948	-99
SLV 4d	-3701	-1851	-2
E 1	-4266	-2860	-1454
E 2	-4169	-2764	-1358
E 3	-3387	-2860	-2333
E 4	-3291	-2764	-2236

$$\alpha_v = 0.577$$

Azioni assiale a testa diaframma (kN)			
Comb.	Diaframma	Diaframma	Diaframma
	1	2	3
SLU 1a	-5821	-3489	-1157
SLU 1b	-7141	-4830	-2518
SLU 2a	-5639	-3731	-1823
SLU 2b	-7038	-5158	-3277
SLU 3a	-5166	-3489	-1812
SLU 3b	-6486	-4830	-3173
SLU 4a	-5166	-3489	-1812
SLU 4b	-6486	-4830	-3173
SLU 5a	-5156	-3479	-1802
SLU 5b	-6495	-4839	-3183
SLV 1a	-3971	-3134	-2296
SLV 1b	-3875	-3037	-2200
SLV 1c	-3424	-2587	-1749
SLV 1d	-3327	-2490	-1652
SLV 2a	-5925	-3134	-342
SLV 2b	-5829	-3037	-246
SLV 2c	-5378	-2587	205
SLV 2d	-5281	-2490	302
SLV 3a	-4610	-3772	-2935
SLV 3b	-4513	-3676	-2838
SLV 3c	-2786	-1948	-1111
SLV 3d	-2689	-1851	-1014
SLV 4a	-5385	-3772	-2160
SLV 4b	-5288	-3676	-2063
SLV 4c	-3560	-1948	-336
SLV 4d	-3464	-1851	-239
E 1	-4031	-2860	-1690
E 2	-3934	-2764	-1593
E 3	-3299	-2860	-2421
E 4	-3203	-2764	-2325
SLE RARA 1a	-5181	-3590	-1999
SLE RARA 1b	-4907	-3301	-1695
SLE RARA 2a	-5153	-3833	-2512
SLE RARA 2b	-4821	-3480	-2140
SLE RARA 3a	-4744	-3590	-2436
SLE RARA 3b	-4470	-3301	-2132
SLE RARA 4a	-4744	-3590	-2436
SLE RARA 4b	-4470	-3301	-2132
SLE RARA 5a	-4744	-3590	-2436
SLE RARA 5b	-4470	-3301	-2132
SLE FREQ 1a	-4088	-3590	-3091
SLE FREQ 1b	-3991	-3493	-2994
SLE FREQ 1c	-3911	-3398	-2884
SLE FREQ 1d	-3815	-3301	-2787
SLE FREQ 2a	-2860	-2860	-2860
SLE FREQ 2b	-2764	-2764	-2764
SLE QP 1	-2860	-2860	-2860
SLE QP 2	-2764	-2764	-2764

**TAGLIO a testa diaframma (kN)**

Comb.	Diaframma 1	Diaframma 2	Diaframma 3
SLU 1a	463	266	266
SLU 1b	463	266	266
SLU 2a	285	156	156
SLU 2b	284	156	156
SLU 3a	282	158	158
SLU 3b	281	158	158
SLU 4a	282	158	158
SLU 4b	281	158	158
SLU 5a	282	158	158
SLU 5b	281	158	158
SLV 1a	273	172	172
SLV 1b	273	172	172
SLV 1c	273	172	172
SLV 1d	273	172	172
SLV 2a	912	572	572
SLV 2b	912	572	572
SLV 2c	912	572	572
SLV 2d	912	572	572
SLV 3a	273	172	172
SLV 3b	273	172	172
SLV 3c	273	172	172
SLV 3d	273	172	172
SLV 4a	448	280	280
SLV 4b	448	280	280
SLV 4c	448	280	280
SLV 4d	448	280	280
E 1	630	392	392
E 2	630	392	392
E 3	236	147	147
E 4	236	147	147

**MOMENTO a testa diaframma (kN)**

Comb.	Diaframma 1	Diaframma 2	Diaframma 3
SLU 1a	1820	1997	1997
SLU 1b	1793	1972	1972
SLU 2a	1754	1817	1817
SLU 2b	1718	1783	1783
SLU 3a	1453	1536	1536
SLU 3b	1426	1511	1511
SLU 4a	1453	1536	1536
SLU 4b	1426	1511	1511
SLU 5a	1453	1536	1536
SLU 5b	1426	1511	1511
SLV 1a	418	105	105
SLV 1b	418	105	105
SLV 1c	418	105	105
SLV 1d	418	105	105
SLV 2a	1394	351	351
SLV 2b	1394	351	351
SLV 2c	1394	351	351
SLV 2d	1394	351	351
SLV 3a	418	105	105
SLV 3b	418	105	105

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

Rev.  
A

Foglio  
52 di 146

SLV 3c	418	105	105
SLV 3d	418	105	105
SLV 4a	472	27	27
SLV 4b	472	27	27
SLV 4c	472	27	27
SLV 4d	472	27	27
E 1	206	232	232
E 2	206	232	232
E 3	77	87	87
E 4	77	87	87

Si riporta anche l'involuppo dell'andamento del momento e del taglio lungo lo sviluppo del diaframma per le varie combinazioni di carico e per i vari diaframmi, da cui si ricavano le sollecitazioni utilizzate nelle verifiche.

Doc. N.

Progetto  
INOR

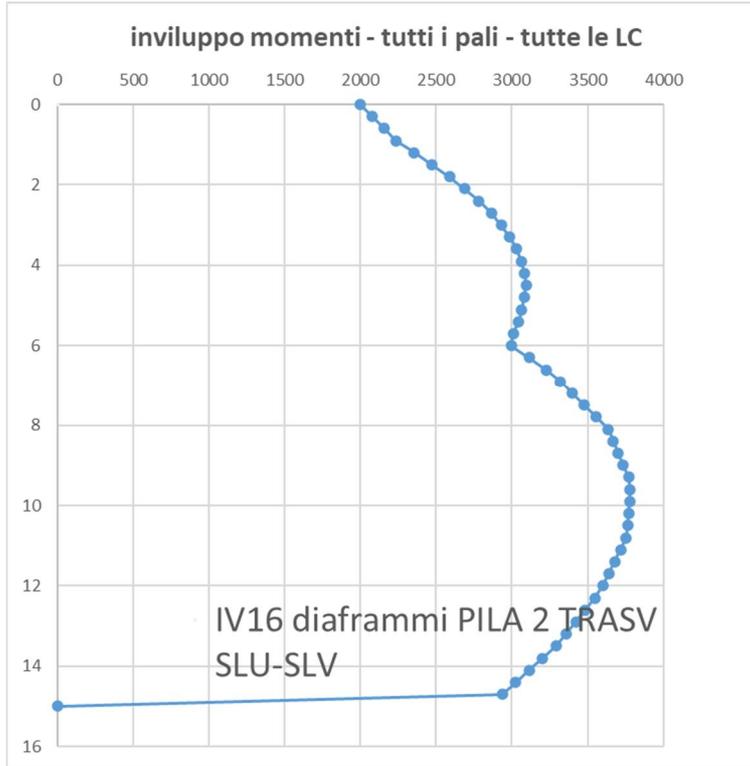
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

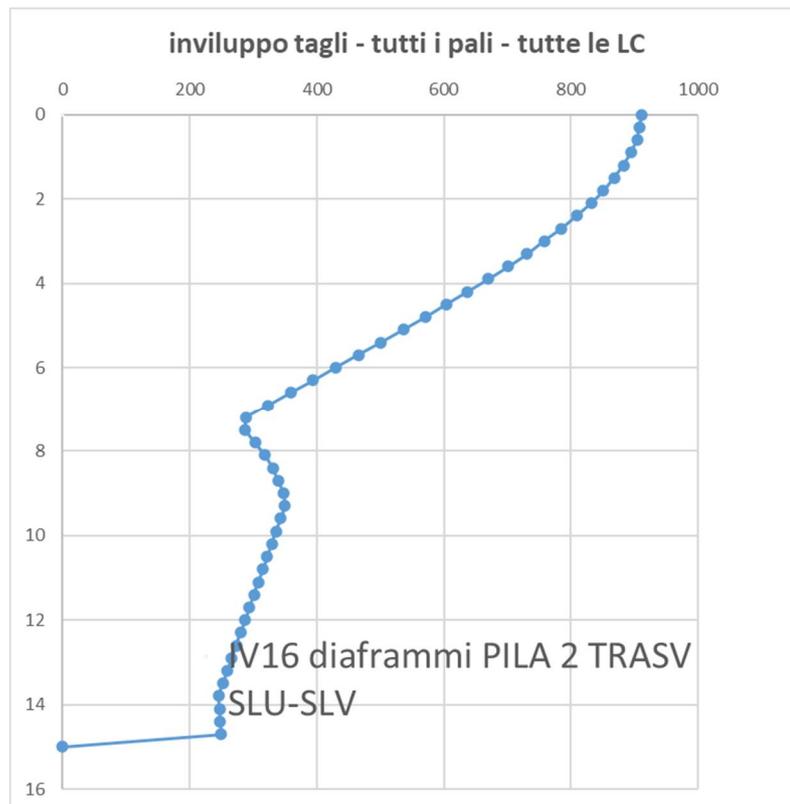
Rev.  
A

Foglio  
53 di 146

- Momento SLU



- Taglio SLU



Doc. N.

Progetto  
INOR

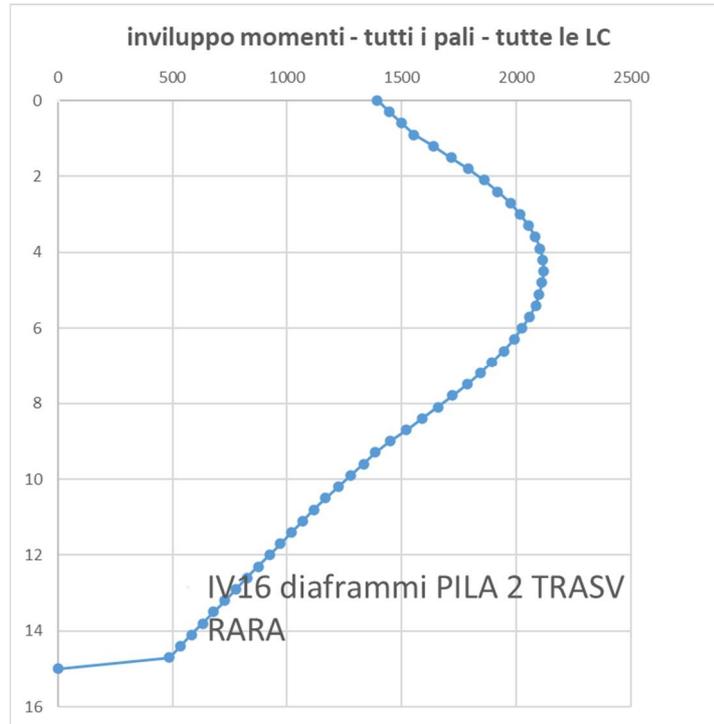
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

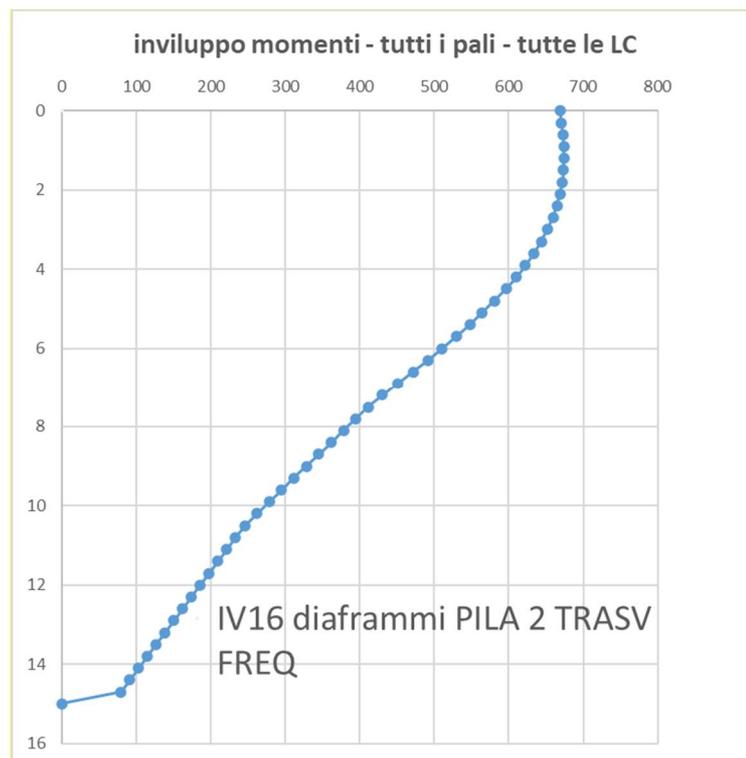
Rev.  
A

Foglio  
54 di 146

- Momento SLE RARA



- Momento SLE FREQ



8.2.3.2 Direzione longitudinale

<b>TAGLIO a testa diaframma (kN)</b>			
Comb.	Diaframma	Diaframma	Diaframma
	1	2	3
SLU 1a	78	78	78
SLU 1b	78	78	78
SLU 2a	78	78	78
SLU 2b	78	78	78
SLU 3a	148	148	148
SLU 3b	148	148	148
SLU 4a	78	78	78
SLU 4b	78	78	78
SLU 5a	129	129	129
SLU 5b	129	129	129
SLV 1a	762	762	762
SLV 1b	762	762	762
SLV 1c	762	762	762
SLV 1d	762	762	762
SLV 2a	261	261	261
SLV 2b	261	261	261
SLV 2c	261	261	261
SLV 2d	261	261	261
SLV 3a	412	412	412
SLV 3b	412	412	412
SLV 3c	412	412	412
SLV 3d	412	412	412
SLV 4a	261	261	261
SLV 4b	261	261	261
SLV 4c	261	261	261
SLV 4d	261	261	261
E 1	518	518	518
E 2	518	518	518
E 3	223	223	223
E 4	223	223	223

<b>MOMENTO a testa diaframma (kN)</b>			
Comb.	Diaframma	Diaframma	Diaframma
	1	2	3
SLU 1a	481	481	481
SLU 1b	481	481	481
SLU 2a	481	481	481
SLU 2b	481	481	481
SLU 3a	919	919	919
SLU 3b	919	919	919
SLU 4a	481	481	481
SLU 4b	481	481	481
SLU 5a	801	801	801
SLU 5b	801	801	801
SLV 1a	4941	4941	4941
SLV 1b	4941	4941	4941
SLV 1c	4941	4941	4941
SLV 1d	4941	4941	4941
SLV 2a	1798	1798	1798
SLV 2b	1798	1798	1798

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

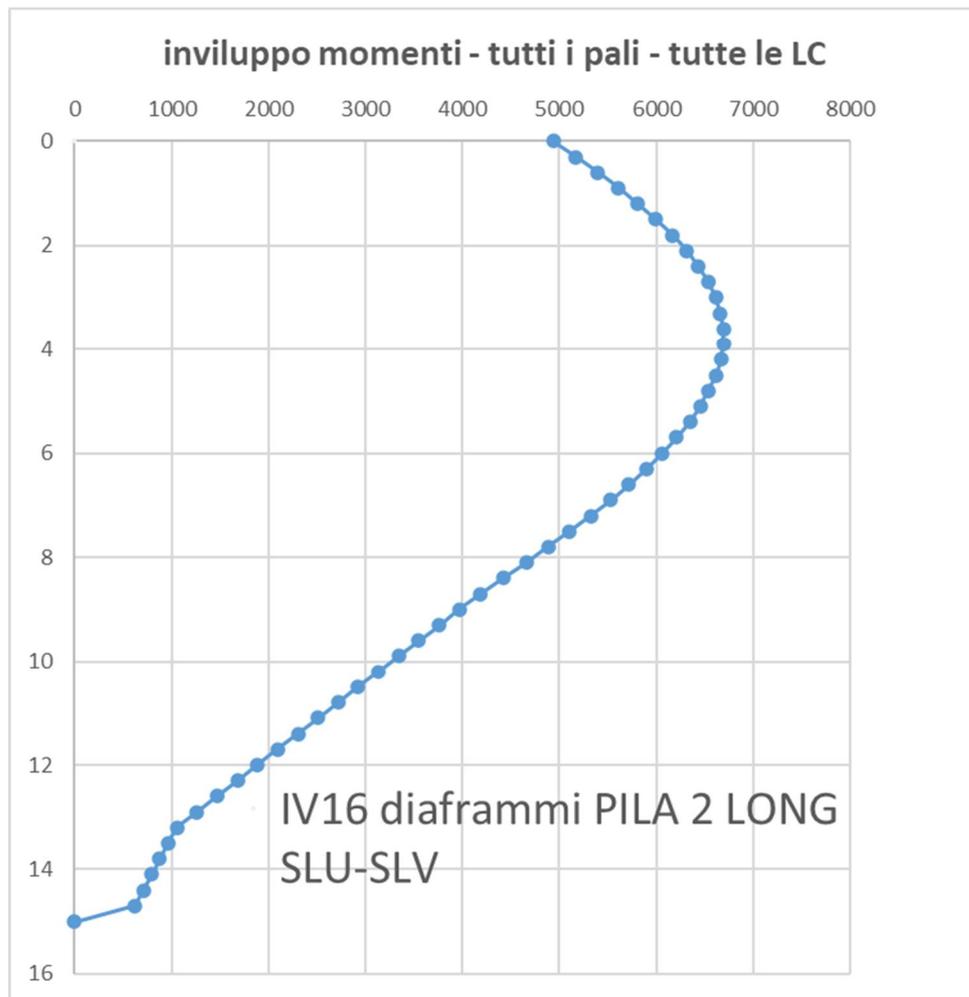
Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

Rev.  
A

Foglio  
56 di 146

SLV 2c	1798	1798	1798
SLV 2d	1798	1798	1798
SLV 3a	3260	3260	3260
SLV 3b	3260	3260	3260
SLV 3c	3260	3260	3260
SLV 3d	3260	3260	3260
SLV 4a	1798	1798	1798
SLV 4b	1798	1798	1798
SLV 4c	1798	1798	1798
SLV 4d	1798	1798	1798
E 1	2761	2761	2761
E 2	2761	2761	2761
E 3	1317	1317	1317
E 4	1317	1317	1317

- Momento SLU



Doc. N.

Progetto  
INOR

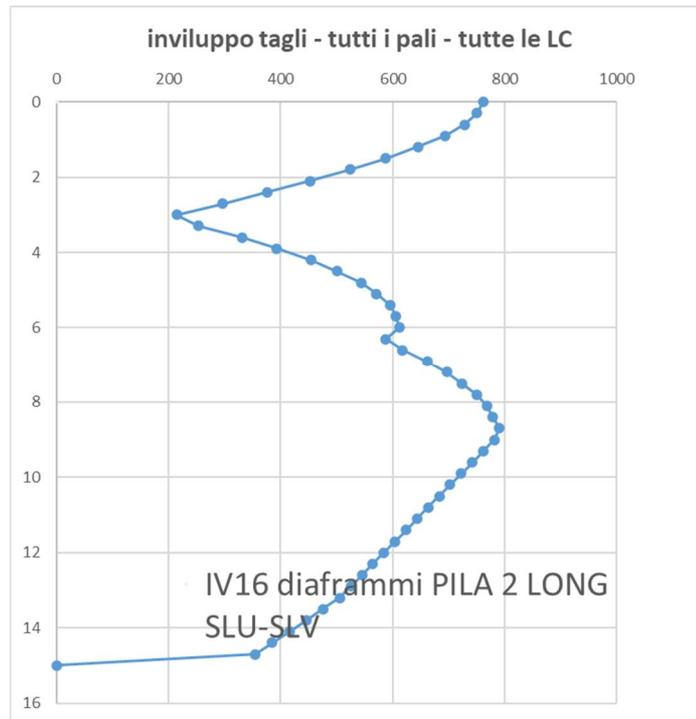
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

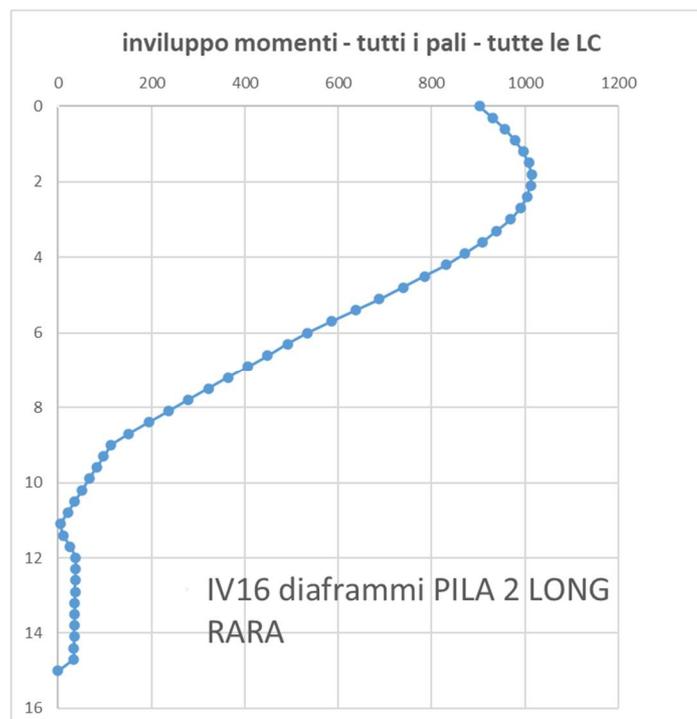
Rev.  
A

Foglio  
57 di 146

- Taglio SLU



- Momento SLE RARA



Doc. N.

Progetto  
INOR

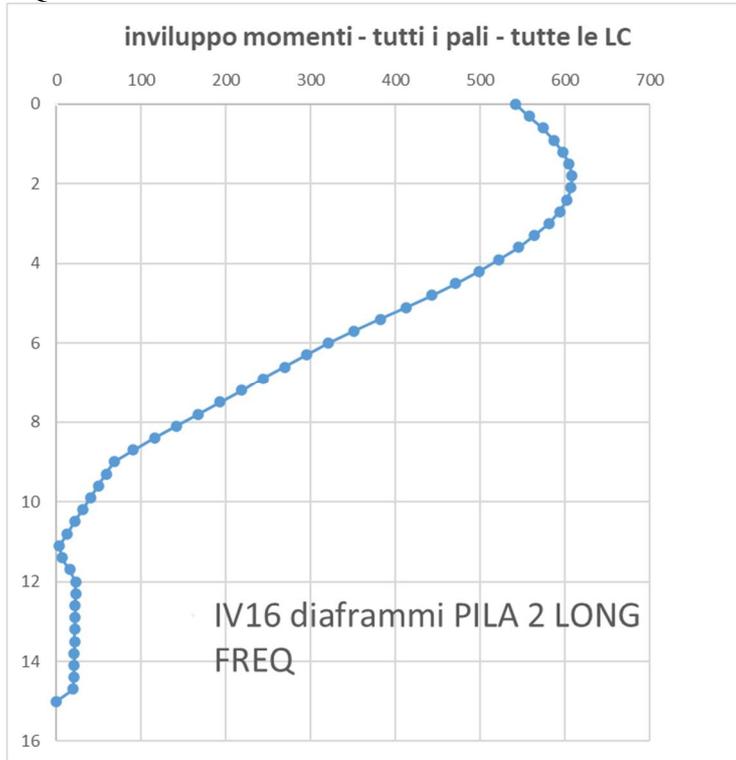
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

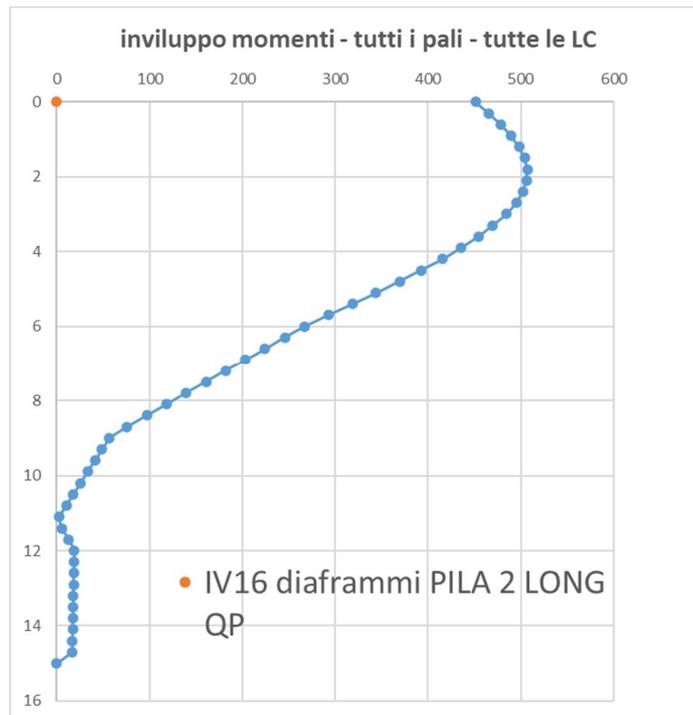
Rev.  
A

Foglio  
58 di 146

- Momento SLE FREQ



- Momento SLE QP



8.2.3.3 Sintesi sollecitazioni

Si riporta una tabella riassuntiva con le sollecitazioni utilizzate nelle verifiche. A favore di sicurezza si eseguono le verifiche considerando l'involuppo del momento massimo longitudinale con l'involuppo del momento massimo trasversale alla stessa quota per gli SLU, mentre per gli SLE si prendono gli involuppi senza considerare la loro reale profondità.

	Profondità [m]			
SLU /SLV	-	$N_{max}$	7606	kN
	4.0	$M_{long\ max}$	6696	kNm
		$M_{travsv\ associato\ a\ M_{long\ max}}$	3085	kNm
	9.9	$M_{long\ associato\ a\ M_{travsv\ max}}$	3342	kNm
		$M_{travsv\ max}$	3774	kNm
	-	$T_{long}$	790	kN
-	$T_{travsv}$	912	kN	
SLE RARA	1.8	$M_{long\ max}$	1014	kNm
	4.8	$M_{travsv\ max}$	2113	kNm
SLE FREQ	1.8	$M_{long\ max}$	608	kNm
	0.0	$M_{travsv\ max}$	674	kNm
SLE QP	1.8	$M_{long\ max}$	507	kNm

## 9 ANALISI DELLA PILA 3

### 9.1 Dati di input

#### 9.1.1 Geometria della pila

Si riportano nella tabella che segue le caratteristiche geometriche di elevazione della pila.

#### DATI RELATIVI ALL'ELEVAZIONE

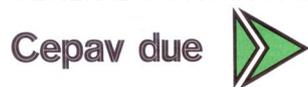
Altezza fusto	9.60 m
Altezza baggioli	0.30 m
Area della sezione del fusto	9.35 m <sup>2</sup>
Area della sezione del baggiolo	3.30 m <sup>2</sup>
Numero di baggioli	2.00

Si riassume in tabella la disposizione planimetrica dei baricentri dei diaframmi e nella figura che segue si rappresenta schematicamente la geometria dei diaframmi.

n° diaframma	x(m)	y(m)
1	0	2.85
2	0	0
3	0	-2,85



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
61 di 146

### 9.1.2 Azioni trasmesse dall'impalcato

Le azioni calcolate nella Relazione di calcolo apparecchi di appoggio e trasmesse alla pila in esame sono riportate nella tabella che segue.

	CONDIZIONE ELEMENTARE		N(kN)	Mt(kNm)	Tl(kN)	Tt(kN)	Afferenza (m)
<b>CARICHI ELEMENTARI STATICI</b>	Peso permanente	g	6298,00	-	-	-	-
	Cedimento (max compressione)	$\epsilon_4$	150,00	-	-	-	-
	Cedimento (max trazione)	$\epsilon_4$	-140,00	-	-	-	-
	Carichi accidentali	$q_1$	-	-	-	-	52,00
	Frenatura	$q_3$	-	-	106,00	-	-
	Azione centrifuga	$q_4$	-	-	-	-	-
	Vento su impalcato	$q_5$	-	2524,00	-	795,00	-
	Azione termica	$q_7$	-	-	73,00	-	-
<b>CARICHI ELEMENTARI SISMICI</b>	E 1 (massimo sisma longitudinale)	$q_6$	-	553,20	639,00	255,30	-
	E 2 (massimo sisma trasversale)	$q_6$	-	1844,00	191,70	851,00	-
	E 3 (massimo sisma verticale)	$q_6$	2625,00	-	-	-	-

**9.1.3 Azioni accidentali da traffico veicolare**

Si calcolano le azioni da traffico veicolare non considerate nella Relazione di calcolo apparecchi che possono risultare dimensionanti nella verifica degli elementi della pila.

Le colonne dei carichi mobili vengono disposte, a partire da quella di entità massima, in adiacenza al cordolo numero 2, definito come il cordolo di larghezza minore. Il numero di colonne di carico prese in considerazione è quello che determina le condizioni più sfavorevoli per la fondazione. Nello specifico, verranno analizzate diverse configurazioni di colonne a partire dal numero massimo possibile sulla sezione trasversale fino alla singola colonna, in modo da valutare sia le massime azioni in compressione sia quelle in trazione.

Nelle seguenti tabelle vengono riportate le reazioni delle varie colonne di carico con le rispettive eccentricità (l'eccentricità è calcolata rispetto al baricentro della sezione trasversale della soletta, intesa come somma della larghezza della carreggiata e dei due cordoli) sia per la massima compressione (ottenuta tramite due colonne di carico e la folla agente sul cordolo) sia per la massima trazione (una colonna di carico e la folla agente sul cordolo).

Disposizione delle colonne di carico per la massima compressione:

Reazione 1° colonna di carico	2004.00 kN
Eccentricità 1° colonna di carico	2.75 m
Reazione 2° colonna di carico	790.00 kN
Eccentricità 2° colonna di carico	-0.25 m
Reazione folla su cordolo 2	240.50 kN
Eccentricità folla su cordolo 2	5.18 m

Disposizione delle colonne di carico per la massima trazione:

Reazione 1° colonna di carico	2004.00 kN
Eccentricità 1° colonna di carico	2.75 m
Reazione folla su cordolo 2	240.50 kN
Eccentricità folla su cordolo 2	5.18 m

**9.1.4 Azioni relative alla pila**

Si riportano di seguito le azioni trasmesse dalla pila.

**Azioni relative all'elevazione**

Peso proprio fusto	kN	2244.00
Peso proprio pulvino+baggioli	kN	49.50
<hr/>		
Peso proprio totale elevazione	kN	2293.50

**Azione del vento**

Superficie pila investita del vento spirante in direzione trasversale	m <sup>2</sup>	11.52
Spinta relativa	kN	28.80
applicata a quota da base fusto	m	4.80

**Urto veicolo in svio**

Azione urto longitudinale	kN	0.00
Azione urto trasversale	kN	0.00
applicata a quota da base fusto	m	0.00

**Azione sismica pila**

Azione sisma longitudinale	kN	1530.75
Azione sisma trasversale	kN	1530.75
applicata a quota da base fusto	m	4.90
Azione sisma verticale positiva	kN	341.53
Azione sisma verticale negativa	kN	-341.53

## 9.2 Risultati dell'analisi

### 9.2.1 Azioni elementari a base fusto

Vengono di seguito riportate le azioni elementari (sforzo normale, momento flettente nel piano longitudinale, momento flettente nel piano trasversale, taglio longitudinale e taglio trasversale) che si hanno in tutte le condizioni di carico previste dalla normativa al piede del fusto della pila.

CONDIZIONE ELEMENTARE		N (kN)	MI (kNm)	Mt (kNm)	TI (kN)	Tt (kN)
<b>PILA</b>						
Peso proprio elevazione pila	g	2293.50	-	-	-	-
Vento su pila	q5	-	-	138.24	-	28.80
Urto di veicoli in svio	q9	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni sismiche long. Pila	q6l	-	7506.19	-	1530.75	-
Azioni sismiche trasv. pila	q6t	-	-	7506.19	-	1530.75
Azioni sismiche vert. Pos. Pila	q6v	341.53	-	-	-	-
Azioni sismiche vert. Neg. Pila	q6v	-341.53	-	-	-	-
<b>IMPALCATO</b>						
Peso permanente	g	6298.00	-	0.00	-	-
Traffico (Max compressione)	q1	3034.50	-	6558.09	-	-
Traffico (max trazione)	q1	2244.50	-	6755.59	-	-
Vento su impalcato	q5	-	-	10394.50	-	795.00
Azione centrifuga	q4	-	-	0.00	-	0.00
Cedimento (Compressione)	ε4	150.00	-	0.00	-	-
Cedimento (Trazione)	ε4	-140.00	-	-	-	-
Azione termica	ε3	-	722.70	-	73.00	-
Frenatura	q3	-	1049.40	-	106.00	-
Ritiro	ε2	-	0.00	-	0.00	-
Azione di attrito	q7	-	0.00	-	0.00	-
Azione sismica orizzontale longitudinale	q6l	-	6326.10	3080.67	639.00	255.30
Azione sismica orizzontale trasversale	q6t	-	1897.83	10268.90	191.70	851.00
Azione sismica verticale pos.	q6v	2625.00	-	-	-	-
Azione sismica verticale neg.	q6v	-2625.00	-	-	-	-

### 9.2.2 Combinazioni di carico a base fusto

Vengono di seguito riportate le sollecitazioni (sforzo normale, momento flettente nel piano longitudinale, momento flettente nel piano trasversale, taglio longitudinale e taglio trasversale) in tutte le combinazioni di carico previste dalla normativa: agli Stati Limite di Esercizio, agli Stati Limite Ultimi e in combinazione sismica.

Combinazione di carico	$N$ (kN)	$Ml$ (kNm)	$Mt$ (kNm)	$Tl$ (kN)	$Tt$ (kN)
SLU 1a	10724.06	520.34	22639.14	52.56	1235.70
SLU 1b	14820.96	520.34	22439.17	52.56	1235.70
SLU 2a	11481.58	520.34	18599.51	52.56	741.42
SLU 2b	15845.10	520.34	18332.88	52.56	741.42
SLU 3a	10724.06	1937.03	16319.50	195.66	741.42
SLU 3b	14820.96	1937.03	16119.53	195.66	741.42
SLU 4a	10724.06	520.34	16319.50	52.56	741.42
SLU 4b	14820.96	520.34	16119.53	52.56	741.42
SLU 5a	10696.06	867.24	16319.50	87.60	741.42
SLU 5b	14850.96	867.24	16119.53	87.60	741.42
SLE RARA 1a	11017.38	433.62	15451.31	43.80	823.80
SLE RARA 1b	10134.88	433.62	15599.43	43.80	823.80
SLE RARA 2a	11776.00	433.62	12877.73	43.80	494.28
SLE RARA 2b	10696.00	433.62	13075.23	43.80	494.28
SLE RARA 3a	11017.38	1483.02	11238.21	149.80	494.28
SLE RARA 3b	10134.88	1483.02	11386.33	149.80	494.28
SLE RARA 4a	11017.38	433.62	11238.21	43.80	494.28
SLE RARA 4b	10134.88	433.62	11386.33	43.80	494.28
SLE RARA 5a	11017.38	722.70	11238.21	73.00	494.28
SLE RARA 5b	10134.88	722.70	11386.33	73.00	494.28
SLE FREQ 1a	11017.38	361.35	4918.57	36.50	0.00
SLE FREQ 1b	10727.38	361.35	4918.57	36.50	0.00
SLE FREQ 1c	10424.88	361.35	5066.69	36.50	0.00
SLE FREQ 1d	10134.88	361.35	5066.69	36.50	0.00
SLE FREQ 2a	8741.50	433.62	0.00	43.80	0.00
SLE FREQ 2b	8451.50	433.62	0.00	43.80	0.00
SLE QP 1	8741.50	361.35	0.00	36.50	0.00
SLE QP 2	8451.50	361.35	0.00	36.50	0.00
SLV 1a	9631.46	14193.64	5332.53	2206.25	714.53
SLV 1b	9341.46	14193.64	5332.53	2206.25	714.53
SLV 1c	7851.54	14193.64	5332.53	2206.25	714.53
SLV 1d	7561.54	14193.64	5332.53	2206.25	714.53
SLV 2a	9631.46	4511.04	17775.09	687.43	2381.75

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due 

ALTA SORVEGLIANZA

  
**ITALFERR**  
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
66 di 146

SLV 2b	9341.46	4511.04	17775.09	687.43	2381.75
SLV 2c	7851.54	4511.04	17775.09	687.43	2381.75
SLV 2d	7561.54	4511.04	17775.09	687.43	2381.75
SLV 3a	11708.03	8939.31	5332.53	1134.73	714.53
SLV 3b	11418.03	8939.31	5332.53	1134.73	714.53
SLV 3c	5774.97	8939.31	5332.53	1134.73	714.53
SLV 3d	5484.97	8939.31	5332.53	1134.73	714.53
SLV 4a	11708.03	4511.04	12520.76	687.43	1310.23
SLV 4b	11418.03	4511.04	12520.76	687.43	1310.23
SLV 4c	5774.97	4511.04	12520.76	687.43	1310.23
SLV 4d	5484.97	4511.04	12520.76	687.43	1310.23
E 1	8741.50	361.35	0.00	36.50	0.00
E 2	8451.50	361.35	0.00	36.50	0.00
E 3	8741.50	361.35	0.00	36.50	0.00
E 4	8451.50	361.35	0.00	36.50	0.00

### 9.2.3 Sollecitazioni sui diaframmi

Nel seguente paragrafo si riportano le sollecitazioni sui diaframmi che vengono studiati prima in direzione trasversale, in cui sono agenti lo sforzo normale, il taglio e il momento trasversali, poi in direzione longitudinale, in cui sono agenti il taglio e il momento longitudinali. Verranno inoltre presi in considerazione sia il caso in cui il fattore di gruppo verticale sia pari ad  $\alpha_v = 1$  sia il caso in cui sia uguale a  $\alpha_v = 1/(n^\circ \text{ diaf})^{0.5}$ . Nelle verifiche verrà poi considerata la condizione più gravosa.

#### 9.2.3.1 Direzione trasversale

$$\alpha_v = 1$$

Azioni assiale a testa diaframma (kN)			
Comb.	Diaframma		
	1	2	3
SLU 1a	-6915	-3575	-235
SLU 1b	-8255	-4940	-1626
SLU 2a	-6470	-3827	-1185
SLU 2b	-7890	-5282	-2673
SLU 3a	-5927	-3575	-1222
SLU 3b	-7267	-4940	-2613
SLU 4a	-5927	-3575	-1222
SLU 4b	-7267	-4940	-2613
SLU 5a	-5918	-3565	-1213
SLU 5b	-7277	-4950	-2623
SLV 1a	-4398	-3210	-2023
SLV 1b	-4301	-3114	-1927
SLV 1c	-3804	-2617	-1430
SLV 1d	-3708	-2521	-1333
SLV 2a	-7167	-3210	746
SLV 2b	-7071	-3114	843
SLV 2c	-6574	-2617	1340
SLV 2d	-6477	-2521	1436
SLV 3a	-5090	-3903	-2716
SLV 3b	-4993	-3806	-2619
SLV 3c	-3112	-1925	-738
SLV 3d	-3015	-1828	-641
SLV 4a	-6464	-3903	-1341
SLV 4b	-6367	-3806	-1245
SLV 4c	-4486	-1925	636
SLV 4d	-4390	-1828	733
E 1	-2914	-2914	-2914
E 2	-2817	-2817	-2817
E 3	-2914	-2914	-2914
E 4	-2817	-2817	-2817

$$\alpha_v = 0.577$$

Azioni assiale a testa diaframma (kN)			
Comb.	Diaframma	Diaframma	Diaframma
	1	2	3
SLU 1a	-6356	-3575	-794
SLU 1b	-7700	-4940	-2181
SLU 2a	-6027	-3827	-1627
SLU 2b	-7454	-5282	-3110
SLU 3a	-5533	-3575	-1616
SLU 3b	-6878	-4940	-3003
SLU 4a	-5533	-3575	-1616
SLU 4b	-6878	-4940	-3003
SLU 5a	-5524	-3565	-1607
SLU 5b	-6888	-4950	-3013
SLV 1a	-4246	-3210	-2175
SLV 1b	-4149	-3114	-2079
SLV 1c	-3652	-2617	-1582
SLV 1d	-3556	-2521	-1485
SLV 2a	-6661	-3210	240
SLV 2b	-6564	-3114	336
SLV 2c	-6067	-2617	833
SLV 2d	-5971	-2521	930
SLV 3a	-4938	-3903	-2868
SLV 3b	-4841	-3806	-2771
SLV 3c	-2960	-1925	-890
SLV 3d	-2863	-1828	-793
SLV 4a	-6136	-3903	-1669
SLV 4b	-6040	-3806	-1573
SLV 4c	-4158	-1925	309
SLV 4d	-4062	-1828	405
E 1	-2914	-2914	-2914
E 2	-2817	-2817	-2817
E 3	-2914	-2914	-2914
E 4	-2817	-2817	-2817
SLE RARA 1a	-5564	-3672	-1781
SLE RARA 1b	-5286	-3378	-1471
SLE RARA 2a	-5443	-3925	-2408
SLE RARA 2b	-5104	-3565	-2027
SLE RARA 3a	-5016	-3672	-2329
SLE RARA 3b	-4738	-3378	-2019
SLE RARA 4a	-5016	-3672	-2329
SLE RARA 4b	-4738	-3378	-2019
SLE RARA 5a	-5016	-3672	-2329
SLE RARA 5b	-4738	-3378	-2019
SLE FREQ 1a	-4194	-3672	-3151
SLE FREQ 1b	-4097	-3576	-3054
SLE FREQ 1c	-4012	-3475	-2938
SLE FREQ 1d	-3915	-3378	-2841
SLE FREQ 2a	-2914	-2914	-2914
SLE FREQ 2b	-2817	-2817	-2817
SLE QP 1	-2914	-2914	-2914
SLE QP 2	-2817	-2817	-2817

**TAGLIO a testa diaframma (kN)**

Comb.	Diaframma 1	Diaframma 2	Diaframma 3
SLU 1a	574	331	331
SLU 1b	574	331	331
SLU 2a	351	195	195
SLU 2b	351	195	195
SLU 3a	348	197	197
SLU 3b	348	197	197
SLU 4a	348	197	197
SLU 4b	348	197	197
SLU 5a	348	197	197
SLU 5b	348	197	197
SLV 1a	317	199	199
SLV 1b	317	199	199
SLV 1c	317	199	199
SLV 1d	317	199	199
SLV 2a	1057	662	662
SLV 2b	1057	662	662
SLV 2c	1057	662	662
SLV 2d	1057	662	662
SLV 3a	317	199	199
SLV 3b	317	199	199
SLV 3c	317	199	199
SLV 3d	317	199	199
SLV 4a	584	363	363
SLV 4b	584	363	363
SLV 4c	584	363	363
SLV 4d	584	363	363
E 1	574	331	331
E 2	574	331	331
E 3	351	195	195
E 4	351	195	195

**MOMENTO a testa diaframma (kN)**

Comb.	Diaframma 1	Diaframma 2	Diaframma 3
SLU 1a	2109	2340	2340
SLU 1b	2081	2314	2314
SLU 2a	1958	2050	2050
SLU 2b	1921	2016	2016
SLU 3a	1643	1756	1756
SLU 3b	1615	1731	1731
SLU 4a	1643	1756	1756
SLU 4b	1615	1731	1731
SLU 5a	1643	1756	1756
SLU 5b	1615	1731	1731
SLV 1a	429	69	69
SLV 1b	429	69	69
SLV 1c	429	69	69
SLV 1d	429	69	69
SLV 2a	1429	231	231
SLV 2b	1429	231	231
SLV 2c	1429	231	231
SLV 2d	1429	231	231
SLV 3a	429	69	69
SLV 3b	429	69	69

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

Rev.  
A

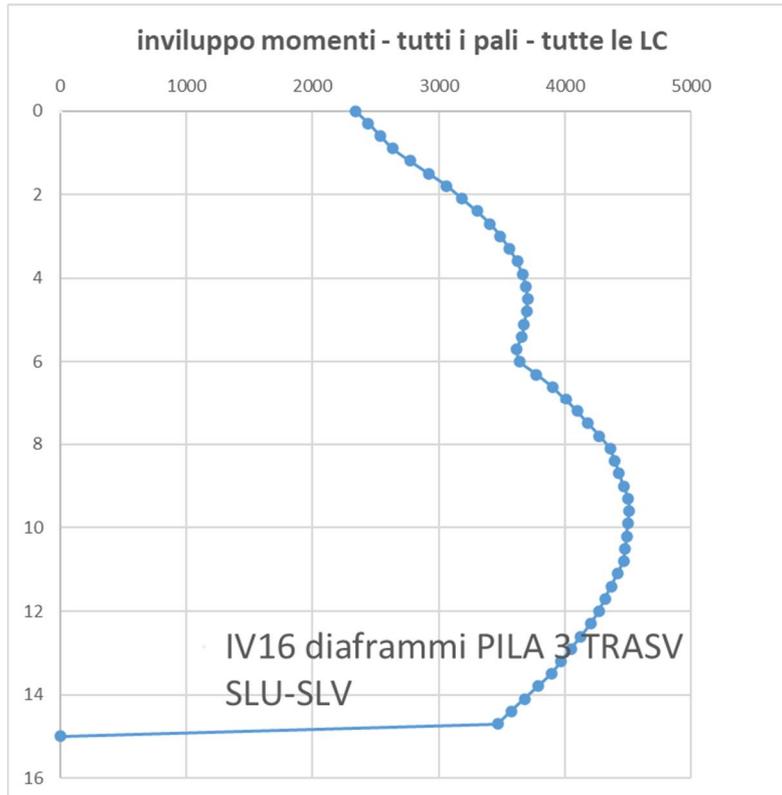
Foglio  
70 di 146

SLV 3c	429	69	69
SLV 3d	429	69	69
SLV 4a	498	144	144
SLV 4b	498	144	144
SLV 4c	498	144	144
SLV 4d	498	144	144
E 1	0	0	0
E 2	0	0	0
E 3	0	0	0
E 4	0	0	0

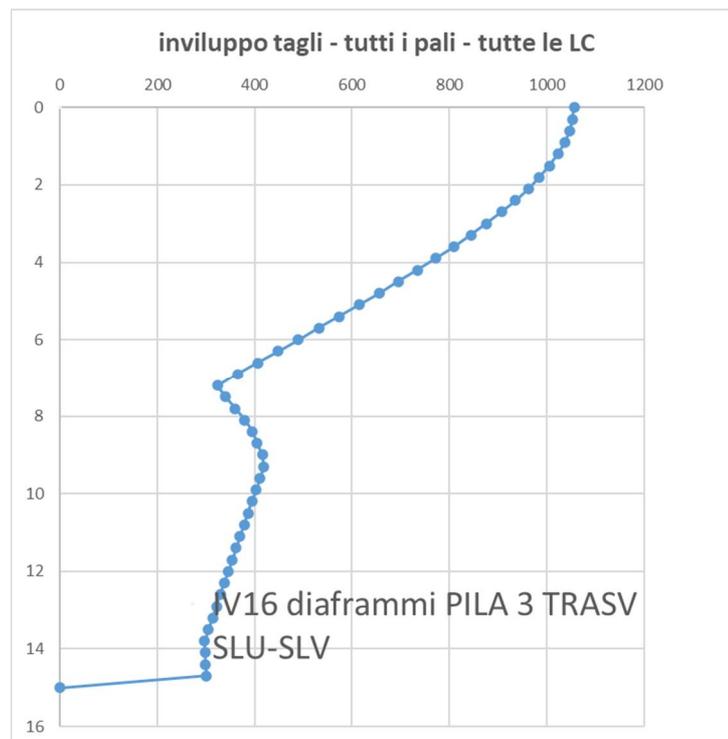
Si riporta anche l'involuppo dell'andamento del momento e del taglio lungo lo sviluppo del diaframma per le varie combinazioni di carico e per i vari diaframmi, da cui si ricavano le sollecitazioni utilizzate nelle verifiche.

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL IV 16A 4 001	Rev. A	Foglio 71 di 146
---------	------------------	-------------	--	-----------	---------------------

- Momento SLU

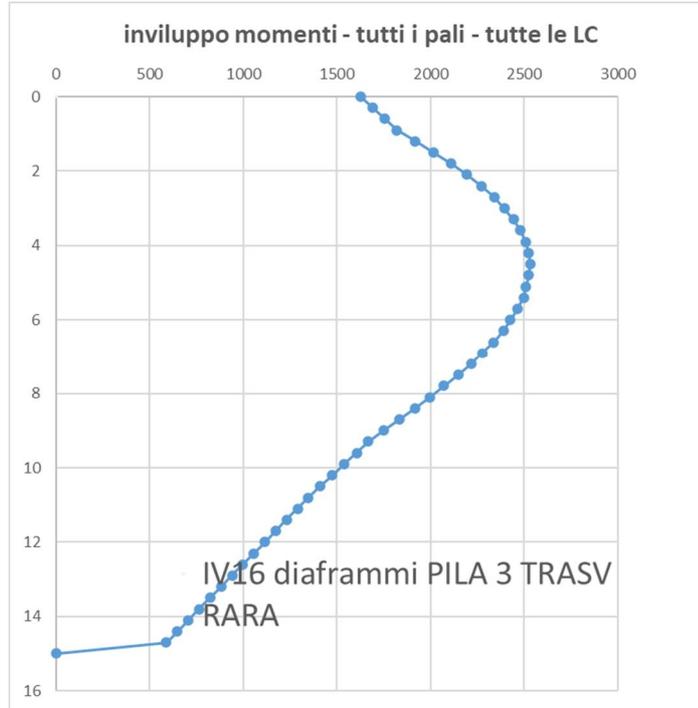


- Taglio SLU

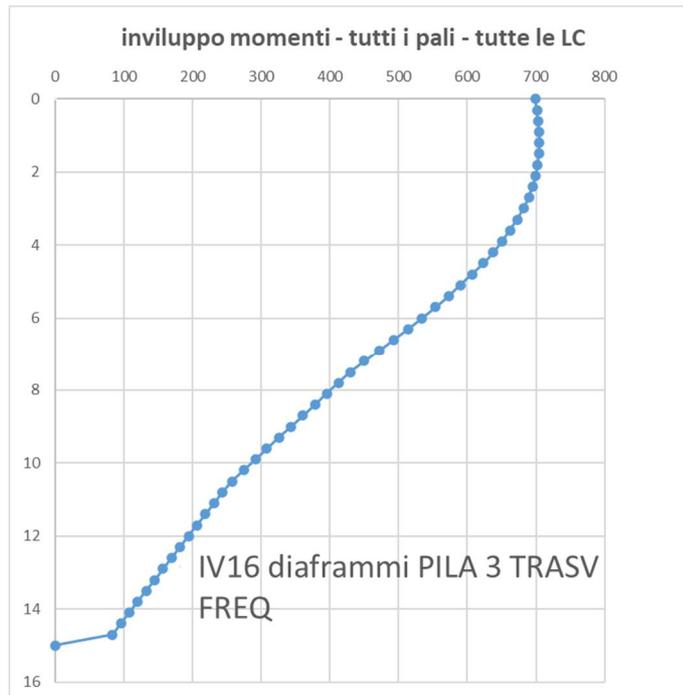


Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL IV 16A 4 001	Rev. A	Foglio 72 di 146
---------	------------------	-------------	--	-----------	---------------------

- Momento SLE RARA



- Momento SLE FREQ



9.2.3.2 Direzione longitudinale

<b>TAGLIO a testa diaframma (kN)</b>			
Comb.	Diaframma 1	Diaframma 2	Diaframma 3
SLU 1a	18	18	18
SLU 1b	18	18	18
SLU 2a	18	18	18
SLU 2b	18	18	18
SLU 3a	65	65	65
SLU 3b	65	65	65
SLU 4a	18	18	18
SLU 4b	18	18	18
SLU 5a	29	29	29
SLU 5b	29	29	29
SLV 1a	735	735	735
SLV 1b	735	735	735
SLV 1c	735	735	735
SLV 1d	735	735	735
SLV 2a	229	229	229
SLV 2b	229	229	229
SLV 2c	229	229	229
SLV 2d	229	229	229
SLV 3a	378	378	378
SLV 3b	378	378	378
SLV 3c	378	378	378
SLV 3d	378	378	378
SLV 4a	229	229	229
SLV 4b	229	229	229
SLV 4c	229	229	229
SLV 4d	229	229	229
E 1	12	12	12
E 2	12	12	12
E 3	12	12	12
E 4	12	12	12

<b>MOMENTO a testa diaframma (kN)</b>			
Comb.	Diaframma 1	Diaframma 2	Diaframma 3
SLU 1a	173	173	173
SLU 1b	173	173	173
SLU 2a	173	173	173
SLU 2b	173	173	173
SLU 3a	646	646	646
SLU 3b	646	646	646
SLU 4a	173	173	173
SLU 4b	173	173	173
SLU 5a	289	289	289
SLU 5b	289	289	289
SLV 1a	4731	4731	4731
SLV 1b	4731	4731	4731
SLV 1c	4731	4731	4731
SLV 1d	4731	4731	4731
SLV 2a	1504	1504	1504
SLV 2b	1504	1504	1504

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

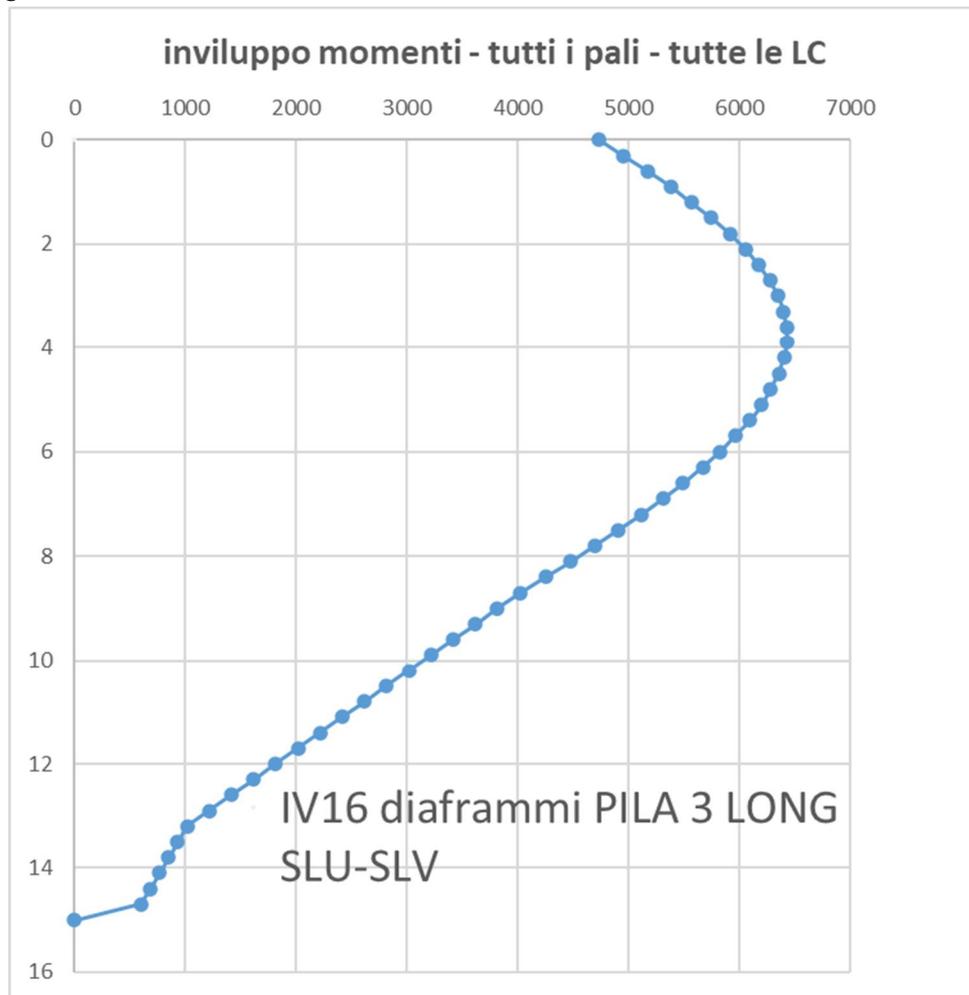
Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

Rev.  
A

Foglio  
74 di 146

SLV 2c	1504	1504	1504
SLV 2d	1504	1504	1504
SLV 3a	2980	2980	2980
SLV 3b	2980	2980	2980
SLV 3c	2980	2980	2980
SLV 3d	2980	2980	2980
SLV 4a	1504	1504	1504
SLV 4b	1504	1504	1504
SLV 4c	1504	1504	1504
SLV 4d	1504	1504	1504
E 1	120	120	120
E 2	120	120	120
E 3	120	120	120
E 4	120	120	120

- Momento SLU



Doc. N.

Progetto  
INOR

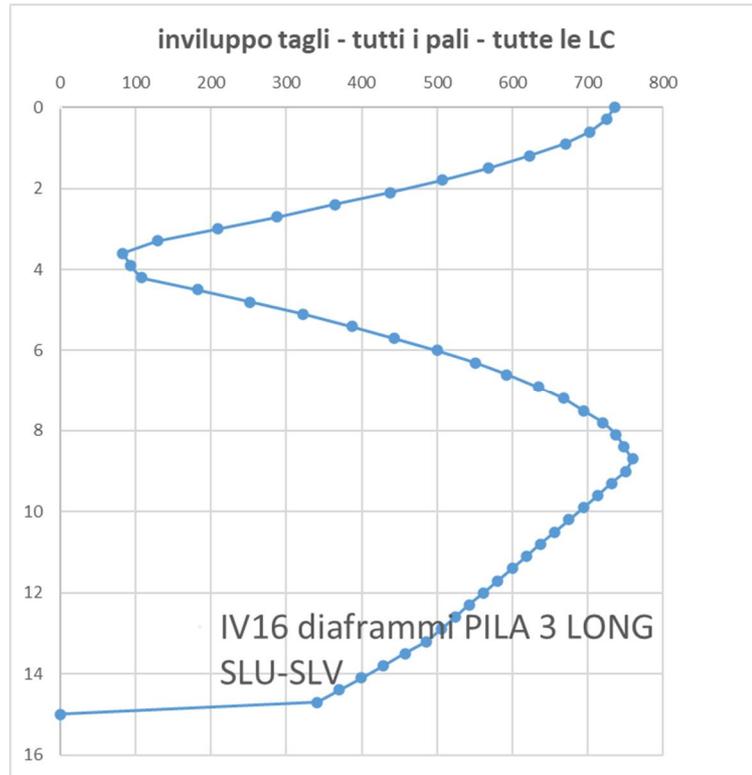
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

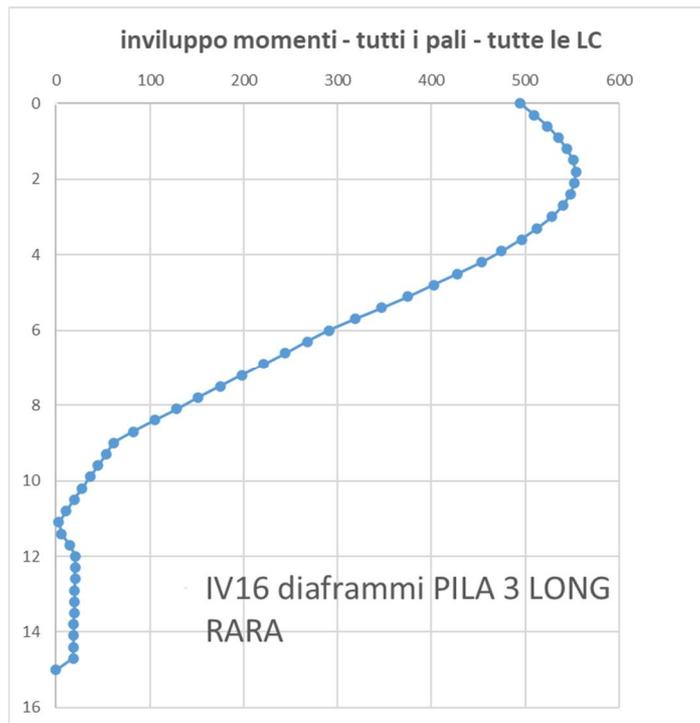
Rev.  
A

Foglio  
75 di 146

- Taglio SLU



- Momento SLE RARA



Doc. N.

Progetto  
INOR

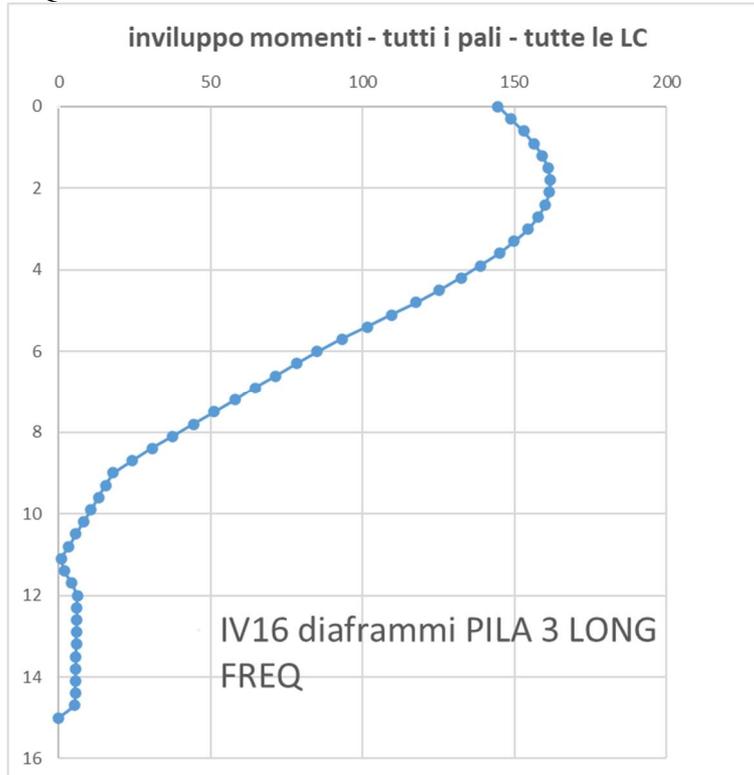
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

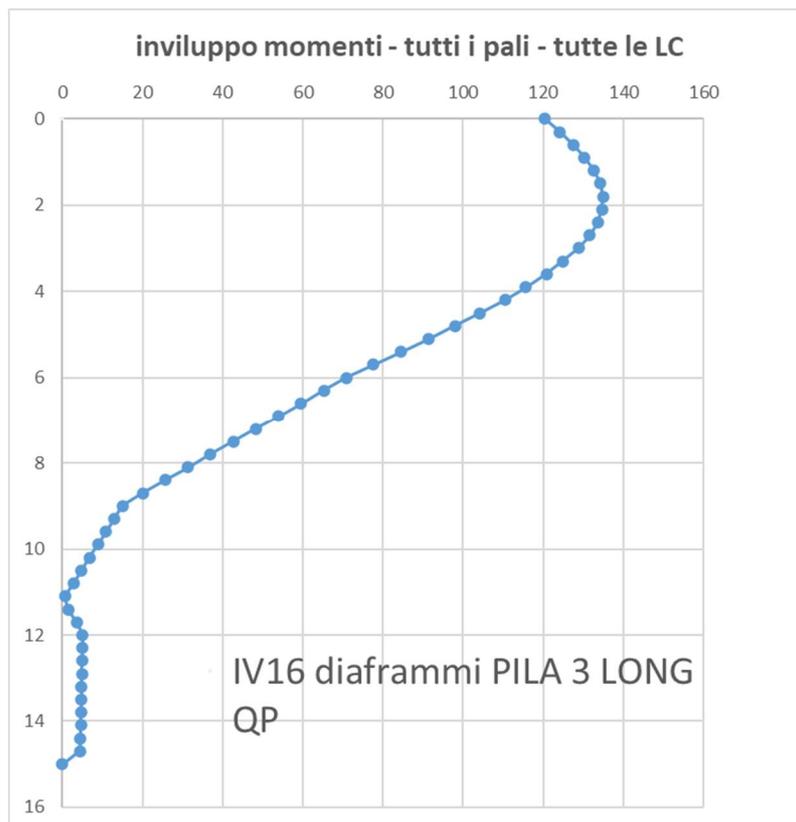
Rev.  
A

Foglio  
76 di 146

- Momento SLE FREQ



- Momento SLE QP



9.2.3.3 Sintesi sollecitazioni

Si riporta una tabella riassuntiva con le sollecitazioni utilizzate nelle verifiche. A favore di sicurezza si eseguono le verifiche considerando l'involuppo del momento massimo longitudinale con l'involuppo del momento massimo trasversale alla stessa quota per gli SLU, mentre per gli SLE si prendono gli involuppi senza considerare la loro reale profondità.

	Profondità [m]			
SLU /SLV	-	$N_{max}$	8255	kN
	3.9	$M_{long\ max}$	6430	kNm
		$M_{travsv\ associato\ a\ M_{long\ max}}$	3622	kNm
	9.3	$M_{long\ associato\ a\ M_{travsv\ max}}$	3615	kNm
		$M_{travsv\ max}$	4503	kNm
	-	$T_{long}$	759	kN
-	$T_{travsv}$	1057	kN	
SLE RARA	1.8	$M_{long\ max}$	554	kNm
	4.5	$M_{travsv\ max}$	2533	kNm
SLE FREQ	1.8	$M_{long\ max}$	162	kNm
	1.2	$M_{travsv\ max}$	705	kNm
SLE QP	1.8	$M_{long\ max}$	135	kNm

**10 ANALISI DELLA PILA 4****10.1 Dati di input****10.1.1 Geometria della pila**

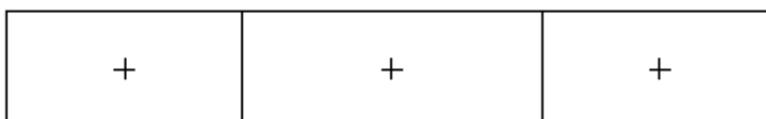
Si riportano nella tabella che segue le caratteristiche geometriche di elevazione della pila.

## DATI RELATIVI ALL'ELEVAZIONE

Altezza fusto	8.40 m
Altezza baggioli	0.30 m
Area della sezione del fusto	9.35 m <sup>2</sup>
Area della sezione del baggiolo	3.30 m <sup>2</sup>
Numero di baggioli	2.00

Si riassume in tabella la disposizione planimetrica dei baricentri dei diaframmi e nella figura che segue si rappresenta schematicamente la geometria dei diaframmi.

n° diaframma	x(m)	y(m)
1	0	2,85
2	0	0
3	0	-2,85



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
79 di 146

### 10.1.2 Azioni trasmesse dall'impalcato

Le azioni calcolate nella Relazione di calcolo apparecchi di appoggio e trasmesse alla pila in esame sono riportate nella tabella che segue.

	CONDIZIONE ELEMENTARE		N(kN)	Mt(kNm)	Tl(kN)	Tt(kN)	Afferenza (m)
<b>CARICHI ELEMENTARI STATICI</b>	Peso permanente	g	8952,00	-	-	-	-
	Cedimento (max compressione)	$\epsilon_4$	128,00	-	-	-	-
	Cedimento (max trazione)	$\epsilon_4$	-134,00	-	-	-	-
	Carichi accidentali	$q_1$	-	-	-	-	67,00
	Frenatura	$q_3$	-	-	120,00	-	-
	Azione centrifuga	$q_4$	-	-	-	-	-
	Vento su impalcato	$q_5$	-	3893,00	-	907,00	-
	Azione termica	$q_7$	-	-	144,00	-	-
<b>CARICHI ELEMENTARI SISMICI</b>	E 1 (massimo sisma longitudinale)	$q_6$	-	988,50	689,00	312,60	-
	E 2 (massimo sisma trasversale)	$q_6$	-	3295,00	206,70	1042,00	-
	E 3 (massimo sisma verticale)	$q_6$	3343,00	-	-	-	-

**10.1.3 Azioni accidentali da traffico veicolare**

Si calcolano le azioni da traffico veicolare non considerate nella Relazione di calcolo apparecchi che possono risultare dimensionanti nella verifica degli elementi della pila.

Le colonne dei carichi mobili vengono disposte, a partire da quella di entità massima, in adiacenza al cordolo numero 2, definito come il cordolo di larghezza minore. Il numero di colonne di carico prese in considerazione è quello che determina le condizioni più sfavorevoli per la fondazione. Nello specifico, verranno analizzate diverse configurazioni di colonne a partire dal numero massimo possibile sulla sezione trasversale fino alla singola colonna, in modo da valutare sia le massime azioni in compressione sia quelle in trazione.

Nelle seguenti tabelle vengono riportate le reazioni delle varie colonne di carico con le rispettive eccentricità (l'eccentricità è calcolata rispetto al baricentro della sezione trasversale della soletta, intesa come somma della larghezza della carreggiata e dei due cordoli) sia per la massima compressione (ottenuta tramite due colonne di carico e la folla agente sul cordolo) sia per la massima trazione (una colonna di carico e la folla agente sul cordolo).

Disposizione delle colonne di carico per la massima compressione:

Reazione 1° colonna di carico	2409.00 kN
Eccentricità 1° colonna di carico	2.75 m
Reazione 2° colonna di carico	902.50 kN
Eccentricità 2° colonna di carico	-0.25 m
Reazione folla su cordolo 2	309.88 kN
Eccentricità folla su cordolo 2	5.18 m

Disposizione delle colonne di carico per la massima trazione:

Reazione 1° colonna di carico	2409.00 kN
Eccentricità 1° colonna di carico	2.75 m
Reazione folla su cordolo 2	309.88 kN
Eccentricità folla su cordolo 2	5.18 m

**10.1.4 Azioni relative alla pila**

Si riportano di seguito le azioni trasmesse dalla pila.

**Azioni relative all'elevazione**

Peso proprio fusto	kN	1963.50
Peso proprio pulvino+baggioli	kN	49.50
Peso proprio totale elevazione	kN	2013.00

**Azione del vento**

Superficie pila investita del vento spirante in direzione trasversale	m <sup>2</sup>	10.08
Spinta relativa	kN	25.20
applicata a quota da base fusto	m	4.20

**Urto veicolo in svio**

Azione urto longitudinale	kN	1000.00
Azione urto trasversale	kN	500.00
applicata a quota da base fusto	m	1.00

**Azione sismica pila**

Azione sisma longitudinale	kN	1343.54
Azione sisma trasversale	kN	1343.54
applicata a quota da base fusto	m	4.30
Azione sisma verticale positiva	kN	299.76
Azione sisma verticale negativa	kN	-299.76

## 10.2 Risultati dell'analisi

### 10.2.1 Azioni elementari a base fusto

Vengono di seguito riportate le azioni elementari (sforzo normale, momento flettente nel piano longitudinale, momento flettente nel piano trasversale, taglio longitudinale e taglio trasversale) che si hanno in tutte le condizioni di carico previste dalla normativa al piede del fusto della pila.

CONDIZIONE ELEMENTARE		N (kN)	MI (kNm)	Mt (kNm)	TI (kN)	Tt (kN)
<b>PILA</b>						
Peso proprio elevazione pila	g	2013.00	-	-	-	-
Vento su pila	q5	-	-	105.84	-	25.20
Urto di veicoli in svio	q9	-	1000.00	500.00	1000.00	500.00
Azioni sismiche long. Pila	q6l	-	5781.62	-	1343.54	-
Azioni sismiche trasv. pila	q6t	-	-	5781.62	-	1343.54
Azioni sismiche vert. Pos. Pila	q6v	299.76	-	-	-	-
Azioni sismiche vert. Neg. Pila	q6v	-299.76	-	-	-	-
<b>IMPALCATO</b>						
Peso permanente	g	8952.00	-	0.00	-	-
Traffico (Max compressione)	q1	3621.38	-	8002.73	-	-
Traffico (max trazione)	q1	2718.88	-	8228.35	-	-
Vento su impalcato	q5	-	-	11783.90	-	907.00
Azione centrifuga	q4	-	-	0.00	-	0.00
Cedimento (Compressione)	ε4	128.00	-	0.00	-	-
Cedimento (Trazione)	ε4	-134.00	-	-	-	-
Azione termica	ε3	-	1252.80	-	144.00	-
Frenatura	q3	-	1044.00	-	120.00	-
Ritiro	ε2	-	0.00	-	0.00	-
Azione di attrito	q7	-	0.00	-	0.00	-
Azione sismica orizzontale longitudinale	q6l	-	5994.30	3708.12	689.00	312.60
Azione sismica orizzontale trasversale	q6t	-	1798.29	12360.40	206.70	1042.00
Azione sismica verticale pos.	q6v	3343.00	-	-	-	-
Azione sismica verticale neg.	q6v	-3343.00	-	-	-	-

### 10.2.2 Combinazioni di carico a base fusto

Vengono di seguito riportate le sollecitazioni (sforzo normale, momento flettente nel piano longitudinale, momento flettente nel piano trasversale, taglio longitudinale e taglio trasversale) in tutte le combinazioni di carico previste dalla normativa: agli Stati Limite di Esercizio, agli Stati Limite Ultimi e in combinazione sismica.

Combinazione di carico	$N$ (kN)	$Ml$ (kNm)	$Mt$ (kNm)	$Tl$ (kN)	$Tt$ (kN)
SLU 1a	13583.86	902.02	26165.82	103.68	1398.30
SLU 1b	18597.39	902.02	25937.37	103.68	1398.30
SLU 2a	14501.48	902.02	21809.04	103.68	838.98
SLU 2b	19819.61	902.02	21504.45	103.68	838.98
SLU 3a	13583.86	2311.42	19031.97	265.68	838.98
SLU 3b	18597.39	2311.42	18803.53	265.68	838.98
SLU 4a	13583.86	902.02	19031.97	103.68	838.98
SLU 4b	18597.39	902.02	18803.53	103.68	838.98
SLU 5a	13557.06	1503.36	19031.97	172.80	838.98
SLU 5b	18622.99	1503.36	18803.53	172.80	838.98
SLE RARA 1a	13809.03	751.68	17891.79	86.40	932.20
SLE RARA 1b	12870.16	751.68	18061.00	86.40	932.20
SLE RARA 2a	14714.38	751.68	15136.57	86.40	559.32
SLE RARA 2b	13549.88	751.68	15362.20	86.40	559.32
SLE RARA 3a	13809.03	1795.68	13135.89	206.40	559.32
SLE RARA 3b	12870.16	1795.68	13305.11	206.40	559.32
SLE RARA 4a	13809.03	751.68	13135.89	86.40	559.32
SLE RARA 4b	12870.16	751.68	13305.11	86.40	559.32
SLE RARA 5a	13809.03	1252.80	13135.89	144.00	559.32
SLE RARA 5b	12870.16	1252.80	13305.11	144.00	559.32
SLE FREQ 1a	13809.03	626.40	6002.05	72.00	0.00
SLE FREQ 1b	13547.03	626.40	6002.05	72.00	0.00
SLE FREQ 1c	13132.16	626.40	6171.26	72.00	0.00
SLE FREQ 1d	12870.16	626.40	6171.26	72.00	0.00
SLE FREQ 2a	11093.00	751.68	0.00	86.40	0.00
SLE FREQ 2b	10831.00	751.68	0.00	86.40	0.00
SLE QP 1	11093.00	626.40	0.00	72.00	0.00
SLE QP 2	10831.00	626.40	0.00	72.00	0.00
SLV 1a	12185.83	12402.32	5442.61	2104.54	715.66
SLV 1b	11923.83	12402.32	5442.61	2104.54	715.66
SLV 1c	10000.17	12402.32	5442.61	2104.54	715.66
SLV 1d	9738.17	12402.32	5442.61	2104.54	715.66
SLV 2a	12185.83	4159.18	18142.02	681.76	2385.54

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due 

ALTA SORVEGLIANZA


**ITALFERR**  
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL IV 16A 4 001	Rev. A	Foglio 84 di 146
---------	------------------	-------------	--	-----------	---------------------

SLV 2b	11923.83	4159.18	18142.02	681.76	2385.54
SLV 2c	10000.17	4159.18	18142.02	681.76	2385.54
SLV 2d	9738.17	4159.18	18142.02	681.76	2385.54
SLV 3a	14735.76	8355.19	5442.61	1164.06	715.66
SLV 3b	14473.76	8355.19	5442.61	1164.06	715.66
SLV 3c	7450.24	8355.19	5442.61	1164.06	715.66
SLV 3d	7188.24	8355.19	5442.61	1164.06	715.66
SLV 4a	14735.76	4159.18	14094.89	681.76	1445.06
SLV 4b	14473.76	4159.18	14094.89	681.76	1445.06
SLV 4c	7450.24	4159.18	14094.89	681.76	1445.06
SLV 4d	7188.24	4159.18	14094.89	681.76	1445.06
E 1	11093.00	1333.51	707.11	779.11	707.11
E 2	10831.00	1333.51	707.11	779.11	707.11
E 3	11093.00	979.95	353.55	425.55	353.55
E 4	10831.00	979.95	353.55	425.55	353.55

### 10.2.3 Sollecitazioni sui diaframmi

Nel seguente paragrafo si riportano le sollecitazioni sui diaframmi che vengono studiati prima in direzione trasversale, in cui sono agenti lo sforzo normale, il taglio e il momento trasversali, poi in direzione longitudinale, in cui sono agenti il taglio e il momento longitudinali. Verranno inoltre presi in considerazione sia il caso in cui il fattore di gruppo verticale sia pari ad  $\alpha_v = 1$  sia il caso in cui sia uguale a  $\alpha_v = 1/(n^\circ \text{ diaf})^{0.5}$ . Nelle verifiche verrà poi considerata la condizione più gravosa.

#### 10.2.3.1 Direzione trasversale

$$\alpha_v = 1$$

Azioni assiale a testa diaframma (kN)			
Comb.	Diaframma		
	1	2	3
SLU 1a	-8377	-4528	-679
SLU 1b	-10019	-6199	-2379
SLU 2a	-7921	-4834	-1746
SLU 2b	-9655	-6607	-3558
SLU 3a	-7262	-4528	-1794
SLU 3b	-8904	-6199	-3494
SLU 4a	-7262	-4528	-1794
SLU 4b	-8904	-6199	-3494
SLU 5a	-7253	-4519	-1785
SLU 5b	-8912	-6208	-3503
SLV 1a	-5265	-4062	-2859
SLV 1b	-5178	-3975	-2771
SLV 1c	-4537	-3333	-2130
SLV 1d	-4449	-3246	-2043
SLV 2a	-8073	-4062	-51
SLV 2b	-7985	-3975	36
SLV 2c	-7344	-3333	677
SLV 2d	-7257	-3246	765
SLV 3a	-6115	-4912	-3709
SLV 3b	-6028	-4825	-3621
SLV 3c	-3687	-2483	-1280
SLV 3d	-3599	-2396	-1193
SLV 4a	-7777	-4912	-2047
SLV 4b	-7690	-4825	-1959
SLV 4c	-5349	-2483	382
SLV 4d	-5261	-2396	469
E 1	-4049	-3698	-3346
E 2	-3962	-3610	-3259
E 3	-3874	-3698	-3522
E 4	-3786	-3610	-3434

$$\alpha_v = 0.577$$

Azioni assiale a testa diaframma (kN)			
Comb.	Diaframma	Diaframma	Diaframma
	1	2	3
SLU 1a	-7733	-4528	-1323
SLU 1b	-9380	-6199	-3019
SLU 2a	-7404	-4834	-2263
SLU 2b	-9145	-6607	-4068
SLU 3a	-6804	-4528	-2252
SLU 3b	-8451	-6199	-3947
SLU 4a	-6804	-4528	-2252
SLU 4b	-8451	-6199	-3947
SLU 5a	-6795	-4519	-2243
SLU 5b	-8460	-6208	-3956
SLV 1a	-5111	-4062	-3013
SLV 1b	-5024	-3975	-2925
SLV 1c	-4383	-3333	-2284
SLV 1d	-4295	-3246	-2197
SLV 2a	-7559	-4062	-565
SLV 2b	-7472	-3975	-477
SLV 2c	-6831	-3333	164
SLV 2d	-6743	-3246	251
SLV 3a	-5961	-4912	-3863
SLV 3b	-5874	-4825	-3775
SLV 3c	-3533	-2483	-1434
SLV 3d	-3445	-2396	-1347
SLV 4a	-7410	-4912	-2414
SLV 4b	-7323	-4825	-2326
SLV 4c	-4982	-2483	15
SLV 4d	-4894	-2396	102
E 1	-3991	-3698	-3405
E 2	-3903	-3610	-3317
E 3	-3844	-3698	-3551
E 4	-3757	-3610	-3464
SLE RARA 1a	-6787	-4603	-2419
SLE RARA 1b	-6492	-4290	-2088
SLE RARA 2a	-6682	-4905	-3128
SLE RARA 2b	-6318	-4517	-2716
SLE RARA 3a	-6168	-4603	-3038
SLE RARA 3b	-5873	-4290	-2707
SLE RARA 4a	-6168	-4603	-3038
SLE RARA 4b	-5873	-4290	-2707
SLE RARA 5a	-6168	-4603	-3038
SLE RARA 5b	-5873	-4290	-2707
SLE FREQ 1a	-5239	-4603	-3967
SLE FREQ 1b	-5152	-4516	-3879
SLE FREQ 1c	-5032	-4377	-3723
SLE FREQ 1d	-4944	-4290	-3636
SLE FREQ 2a	-3698	-3698	-3698
SLE FREQ 2b	-3610	-3610	-3610
SLE QP 1	-3698	-3698	-3698
SLE QP 2	-3610	-3610	-3610

**TAGLIO a testa diaframma (kN)**

Comb.	Diaframma 1	Diaframma 2	Diaframma 3
SLU 1a	650	374	374
SLU 1b	650	374	374
SLU 2a	399	220	220
SLU 2b	398	220	220
SLU 3a	395	222	222
SLU 3b	394	222	222
SLU 4a	395	222	222
SLU 4b	394	222	222
SLU 5a	395	222	222
SLU 5b	394	222	222
SLV 1a	318	199	199
SLV 1b	318	199	199
SLV 1c	318	199	199
SLV 1d	318	199	199
SLV 2a	1059	663	663
SLV 2b	1059	663	663
SLV 2c	1059	663	663
SLV 2d	1059	663	663
SLV 3a	318	199	199
SLV 3b	318	199	199
SLV 3c	318	199	199
SLV 3d	318	199	199
SLV 4a	644	401	401
SLV 4b	644	401	401
SLV 4c	644	401	401
SLV 4d	644	401	401
E 1	311	198	198
E 2	311	198	198
E 3	156	99	99
E 4	156	99	99

**MOMENTO a testa diaframma (kN)**

Comb.	Diaframma 1	Diaframma 2	Diaframma 3
SLU 1a	2462	2718	2718
SLU 1b	2430	2689	2689
SLU 2a	2320	2418	2418
SLU 2b	2278	2379	2379
SLU 3a	1937	2060	2060
SLU 3b	1906	2031	2031
SLU 4a	1937	2060	2060
SLU 4b	1906	2031	2031
SLU 5a	1937	2060	2060
SLU 5b	1906	2031	2031
SLV 1a	419	59	59
SLV 1b	419	59	59
SLV 1c	419	59	59
SLV 1d	419	59	59
SLV 2a	1395	198	198
SLV 2b	1395	198	198
SLV 2c	1395	198	198
SLV 2d	1395	198	198
SLV 3a	419	59	59
SLV 3b	419	59	59

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

Rev.  
A

Foglio  
88 di 146

SLV 3c	419	59	59
SLV 3d	419	59	59
SLV 4a	520	187	187
SLV 4b	520	187	187
SLV 4c	520	187	187
SLV 4d	520	187	187
E 1	483	240	240
E 2	483	240	240
E 3	242	120	120
E 4	242	120	120

Si riporta anche l'involuppo dell'andamento del momento e del taglio lungo lo sviluppo del diaframma per le varie combinazioni di carico e per i vari diaframmi, da cui si ricavano le sollecitazioni utilizzate nelle verifiche.

Doc. N.

Progetto  
INOR

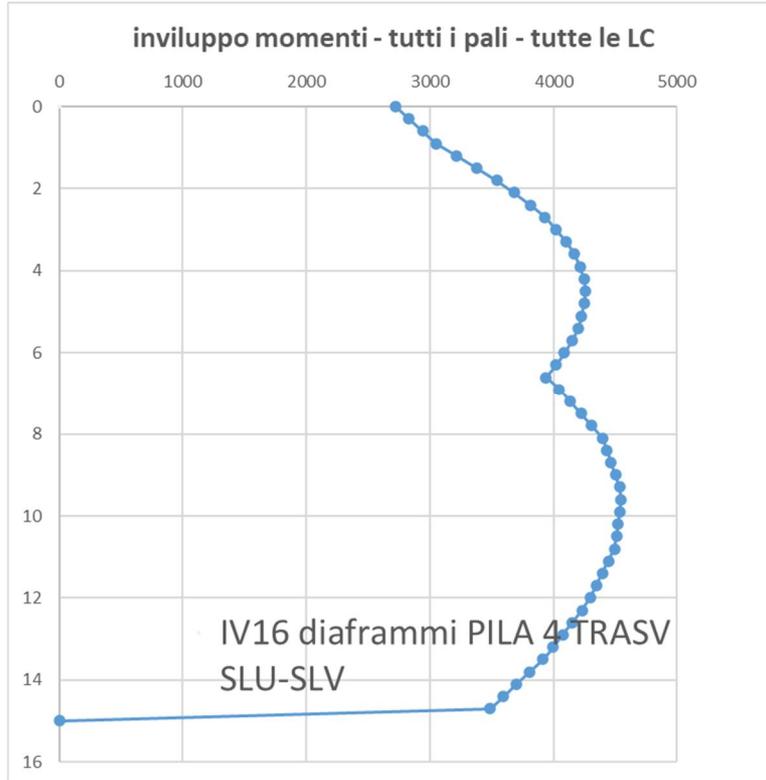
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

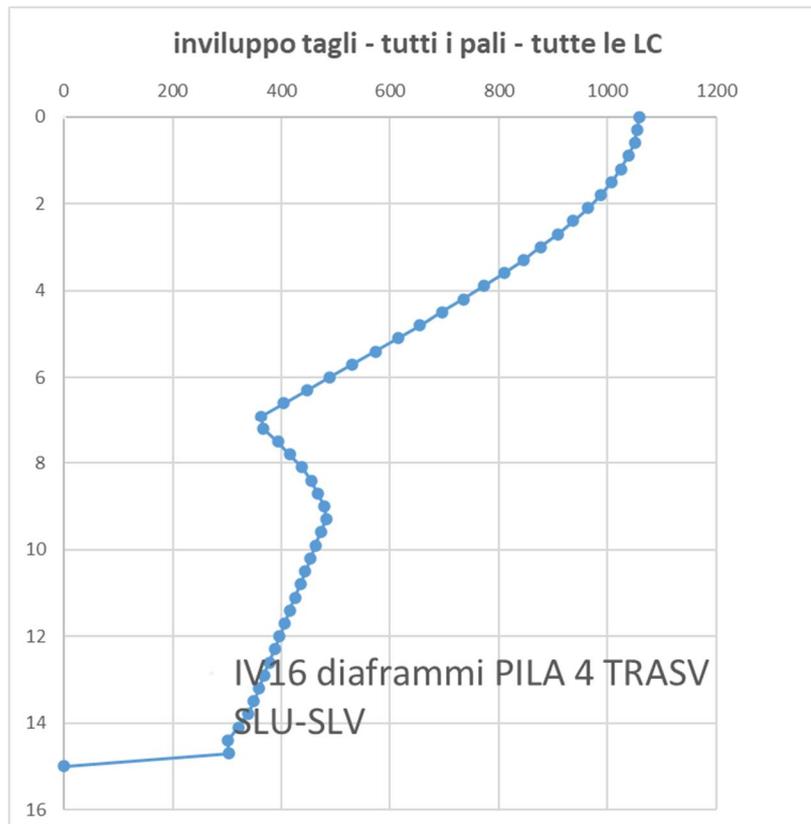
Rev.  
A

Foglio  
89 di 146

- Momento SLU

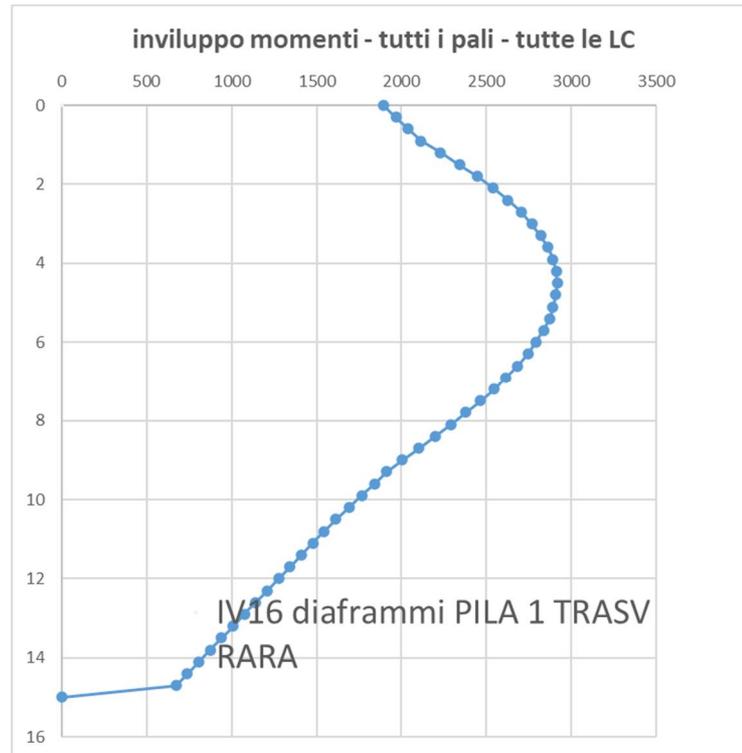


- Taglio SLU

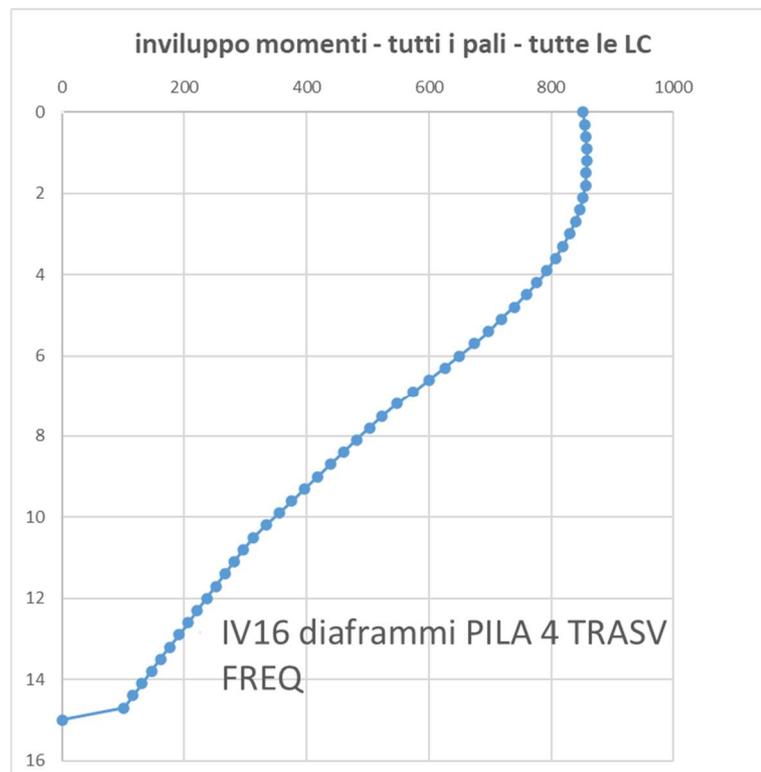


Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL IV 16A 4 001	Rev. A	Foglio 90 di 146
---------	------------------	-------------	--	-----------	---------------------

- Momento SLE RARA



- Momento SLE FREQ



10.2.3.2 Direzione longitudinale

<b>TAGLIO a testa diaframma (kN)</b>			
Comb.	Diaframma	Diaframma	Diaframma
	1	2	3
SLU 1a	35	35	35
SLU 1b	35	35	35
SLU 2a	35	35	35
SLU 2b	35	35	35
SLU 3a	89	89	89
SLU 3b	89	89	89
SLU 4a	35	35	35
SLU 4b	35	35	35
SLU 5a	58	58	58
SLU 5b	58	58	58
SLV 1a	702	702	702
SLV 1b	702	702	702
SLV 1c	702	702	702
SLV 1d	702	702	702
SLV 2a	227	227	227
SLV 2b	227	227	227
SLV 2c	227	227	227
SLV 2d	227	227	227
SLV 3a	388	388	388
SLV 3b	388	388	388
SLV 3c	388	388	388
SLV 3d	388	388	388
SLV 4a	227	227	227
SLV 4b	227	227	227
SLV 4c	227	227	227
SLV 4d	227	227	227
E 1	260	260	260
E 2	260	260	260
E 3	142	142	142
E 4	142	142	142

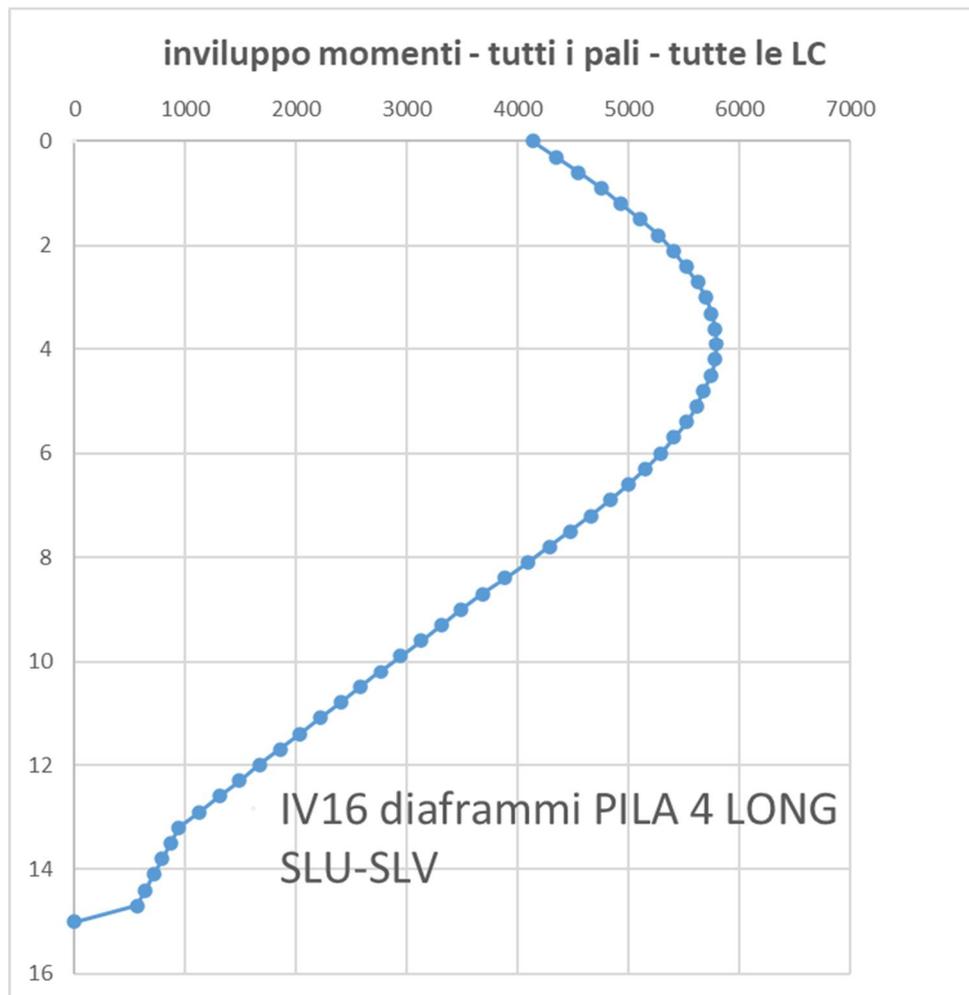
<b>MOMENTO a testa diaframma (kN)</b>			
Comb.	Diaframma	Diaframma	Diaframma
	1	2	3
SLU 1a	301	301	301
SLU 1b	301	301	301
SLU 2a	301	301	301
SLU 2b	301	301	301
SLU 3a	770	770	770
SLU 3b	770	770	770
SLU 4a	301	301	301
SLU 4b	301	301	301
SLU 5a	501	501	501
SLU 5b	501	501	501
SLV 1a	4134	4134	4134
SLV 1b	4134	4134	4134
SLV 1c	4134	4134	4134
SLV 1d	4134	4134	4134
SLV 2a	1386	1386	1386
SLV 2b	1386	1386	1386

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
92 di 146

SLV 2c	1386	1386	1386
SLV 2d	1386	1386	1386
SLV 3a	2785	2785	2785
SLV 3b	2785	2785	2785
SLV 3c	2785	2785	2785
SLV 3d	2785	2785	2785
SLV 4a	1386	1386	1386
SLV 4b	1386	1386	1386
SLV 4c	1386	1386	1386
SLV 4d	1386	1386	1386
E 1	445	445	445
E 2	445	445	445
E 3	327	327	327
E 4	327	327	327

- Momento SLU



Doc. N.

Progetto  
INOR

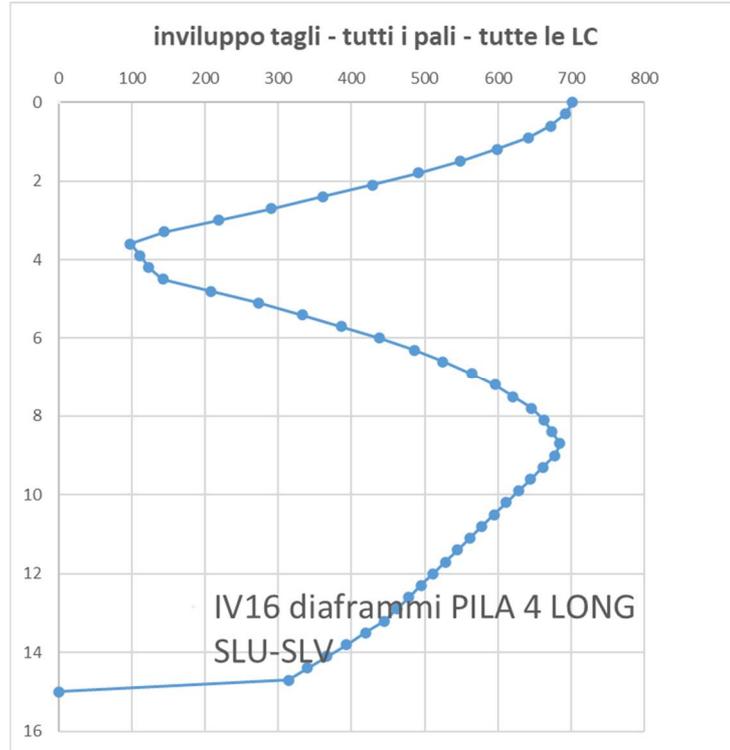
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

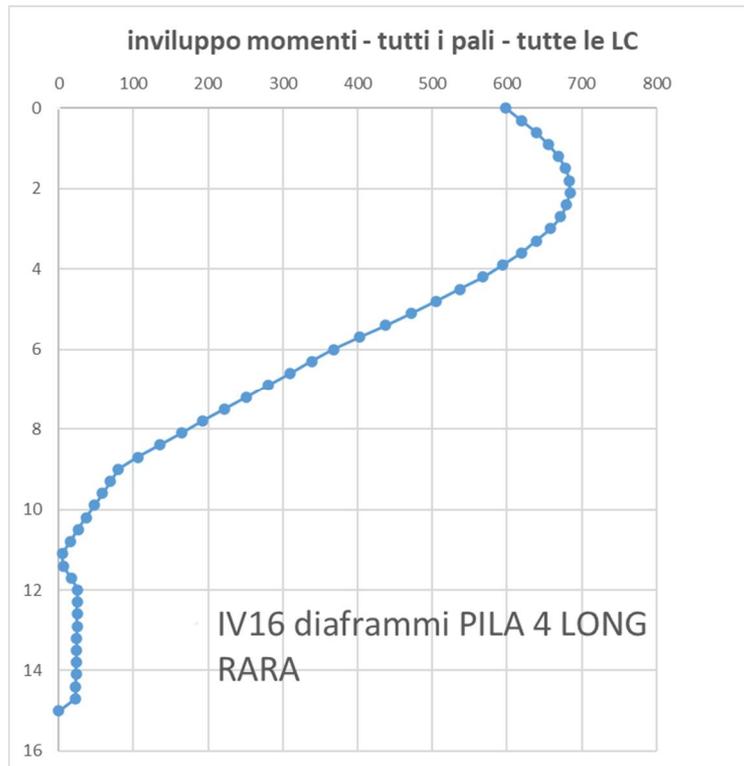
Rev.  
A

Foglio  
93 di 146

- Taglio SLU



- Momento SLE RARA



Doc. N.

Progetto  
INOR

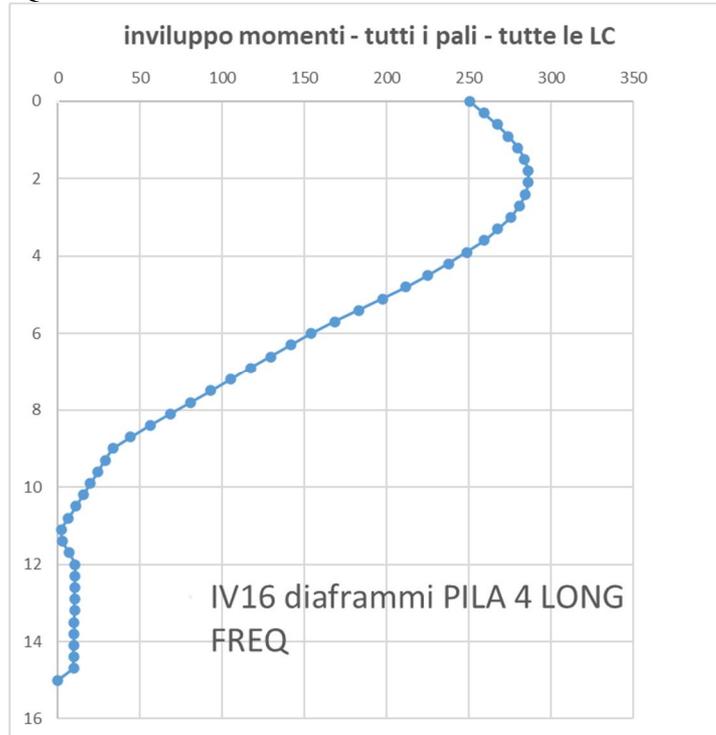
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

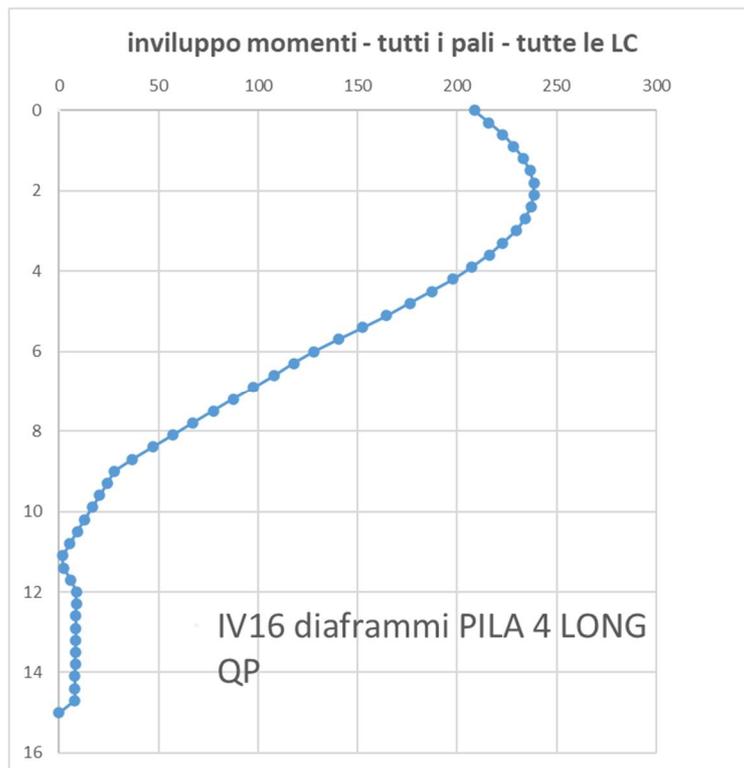
Rev.  
A

Foglio  
94 di 146

- Momento SLE FREQ



- Momento SLE QP



10.2.3.3 Sintesi sollecitazioni

Si riporta una tabella riassuntiva con le sollecitazioni utilizzate nelle verifiche. A favore di sicurezza si eseguono le verifiche considerando l'involuppo del momento massimo longitudinale con l'involuppo del momento massimo trasversale alla stessa quota per gli SLU, mentre per gli SLE si prendono gli involuppi senza considerare la loro reale profondità.

	Profondità [m]			
SLU /SLV	-	$N_{max}$	10019	kN
	3.9	$M_{long} max$	5797	kNm
		$M_{trav} associato a M_{long} max$	4216	kNm
	10.0	$M_{long} associato a M_{trav} max$	3127	kNm
		$M_{trav} max$	4535	kNm
	-	$T_{long}$	702	kN
-	$T_{trav}$	1059	kN	
SLE RARA	2.1	$M_{long} max$	684	kNm
	4.5	$M_{trav} max$	2917	kNm
SLE FREQ	2.1	$M_{long} max$	286	kNm
	1.2	$M_{trav} max$	858	kNm
SLE QP	2.1	$M_{long} max$	239	kNm

**11 ANALISI DELLA PILA 5****11.1 Dati di input****11.1.1 Geometria della pila**

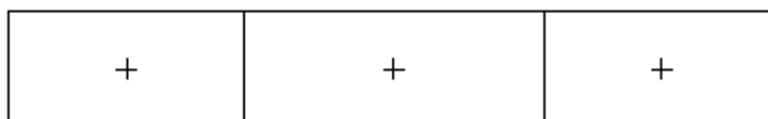
Si riportano nella tabella che segue le caratteristiche geometriche di elevazione della pila.

## DATI RELATIVI ALL'ELEVAZIONE

Altezza fusto	5.90 m
Altezza baggioli	0.30 m
Area della sezione del fusto	9.35 m <sup>2</sup>
Area della sezione del baggiolo	3.30 m <sup>2</sup>
Numero di baggioli	2.00

Si riassume in tabella la disposizione planimetrica dei baricentri dei diaframmi e nella figura che segue si rappresenta schematicamente la geometria dei diaframmi.

n° diaframma	x(m)	y(m)
1	0	2,85
2	0	0
3	0	-2,85



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
97 di 146

### 11.1.2 Azioni trasmesse dall'impalcato

Le azioni calcolate nella Relazione di calcolo apparecchi di appoggio e trasmesse alla pila in esame sono riportate nella tabella che segue.

	CONDIZIONE ELEMENTARE		N(kN)	Mt(kNm)	Tl(kN)	Tt(kN)	Afferenza (m)
<b>CARICHI ELEMENTARI STATICI</b>	Peso permanente	g	9746,00	-	-	-	-
	Cedimento (max compressione)	$\epsilon_4$	94,00	-	-	-	-
	Cedimento (max trazione)	$\epsilon_4$	-100,00	-	-	-	-
	Carichi accidentali	$q_1$	-	-	-	-	66,00
	Frenatura	$q_3$	-	-	150,00	-	-
	Azione centrifuga	$q_4$	-	-	-	-	-
	Vento su impalcato	$q_5$	-	3446,00	-	781,00	-
	Azione termica	$q_7$	-	-	621,00	-	-
<b>CARICHI ELEMENTARI SISMICI</b>	E 1 (massimo sisma longitudinale)	$q_6$	-	886,20	787,00	280,50	-
	E 2 (massimo sisma trasversale)	$q_6$	-	2954,00	236,10	935,00	-
	E 3 (massimo sisma verticale)	$q_6$	3090,00	-	-	-	-

### 11.1.3 Azioni accidentali da traffico veicolare

Si calcolano le azioni da traffico veicolare non considerate nella Relazione di calcolo apparecchi che possono risultare dimensionanti nella verifica degli elementi della pila.

Le colonne dei carichi mobili vengono disposte, a partire da quella di entità massima, in adiacenza al cordolo numero 2, definito come il cordolo di larghezza minore. Il numero di colonne di carico prese in considerazione è quello che determina le condizioni più sfavorevoli per la fondazione. Nello specifico, verranno analizzate diverse configurazioni di colonne a partire dal numero massimo possibile sulla sezione trasversale fino alla singola colonna, in modo da valutare sia le massime azioni in compressione sia quelle in trazione.

Nelle seguenti tabelle vengono riportate le reazioni delle varie colonne di carico con le rispettive eccentricità (l'eccentricità è calcolata rispetto al baricentro della sezione trasversale della soletta, intesa come somma della larghezza della carreggiata e dei due cordoli) sia per la massima compressione (ottenuta tramite due colonne di carico e la folla agente sul cordolo) sia per la massima trazione (una colonna di carico e la folla agente sul cordolo).

Disposizione delle colonne di carico per la massima compressione:

Reazione 1° colonna di carico	2382.00 kN
Eccentricità 1° colonna di carico	2.75 m
Reazione 2° colonna di carico	895.00 kN
Eccentricità 2° colonna di carico	-0.25 m
Reazione folla su cordolo 2	305.25 kN
Eccentricità folla su cordolo 2	5.18 m

Disposizione delle colonne di carico per la massima trazione:

Reazione 1° colonna di carico	2382.00 kN
Eccentricità 1° colonna di carico	2.75 m
Reazione folla su cordolo 2	305.25 kN
Eccentricità folla su cordolo 2	5.18 m

**11.1.4 Azioni relative alla pila**

Si riportano di seguito le azioni trasmesse dalla pila.

**Azioni relative all'elevazione**

Peso proprio fusto	kN	1379.13
Peso proprio pulvino+baggioli	kN	49.50
<hr/>		
Peso proprio totale elevazione	kN	1428.63

**Azione del vento**

Superficie pila investita del vento spirante in direzione trasversale	m <sup>2</sup>	7.08
Spinta relativa	kN	17.70
applicata a quota da base fusto	m	2.95

**Urto veicolo in svio**

Azione urto longitudinale	kN	1000.00
Azione urto trasversale	kN	500.00
applicata a quota da base fusto	m	2.10

**Azione sismica pila**

Azione sisma longitudinale	kN	953.51
Azione sisma trasversale	kN	953.51
applicata a quota da base fusto	m	3.05
Azione sisma verticale positiva	kN	212.74
Azione sisma verticale negativa	kN	-212.74

## 11.2 Risultati dell'analisi

### 11.2.1 Azioni elementari a base fusto

Vengono di seguito riportate le azioni elementari (sforzo normale, momento flettente nel piano longitudinale, momento flettente nel piano trasversale, taglio longitudinale e taglio trasversale) che si hanno in tutte le condizioni di carico previste dalla normativa al piede del fusto della pila.

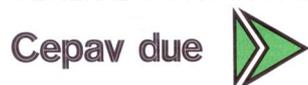
CONDIZIONE ELEMENTARE		N (kN)	MI (kNm)	Mt (kNm)	TI (kN)	Tt (kN)
<b>PILA</b>						
Peso proprio elevazione pila	g	1428.63	-	-	-	-
Vento su pila	q5	-	-	52.22	-	17.70
Urto di veicoli in svio	q9	-	2100.00	1050.00	1000.00	500.00
Azioni sismiche long. Pila	q6l	-	2910.31	-	953.51	-
Azioni sismiche trasv. pila	q6t	-	-	2910.31	-	953.51
Azioni sismiche vert. Pos. Pila	q6v	212.74	-	-	-	-
Azioni sismiche vert. Neg. Pila	q6v	-212.74	-	-	-	-
<b>IMPALCATO</b>						
Peso permanente	g	9746.00	-	0.00	-	-
Traffico (Max compressione)	q1	3582.25	-	7906.42	-	-
Traffico (max trazione)	q1	2687.25	-	8130.17	-	-
Vento su impalcato	q5	-	-	8288.20	-	781.00
Azione centrifuga	q4	-	-	0.00	-	0.00
Cedimento (Compressione)	ε4	94.00	-	0.00	-	-
Cedimento (Trazione)	ε4	-100.00	-	-	-	-
Azione termica	ε3	-	3850.20	-	621.00	-
Frenatura	q3	-	930.00	-	150.00	-
Ritiro	ε2	-	0.00	-	0.00	-
Azione di attrito	q7	-	0.00	-	0.00	-
Azione sismica orizzontale longitudinale	q6l	-	4879.40	2625.30	787.00	280.50
Azione sismica orizzontale trasversale	q6t	-	1463.82	8751.00	236.10	935.00
Azione sismica verticale pos.	q6v	3090.00	-	-	-	-
Azione sismica verticale neg.	q6v	-3090.00	-	-	-	-

### 11.2.2 Combinazioni di carico a base fusto

Vengono di seguito riportate le sollecitazioni (sforzo normale, momento flettente nel piano longitudinale, momento flettente nel piano trasversale, taglio longitudinale e taglio trasversale) in tutte le combinazioni di carico previste dalla normativa: agli Stati Limite di Esercizio, agli Stati Limite Ultimi e in combinazione sismica.

Combinazione di carico	$N$ (kN)	$Ml$ (kNm)	$Mt$ (kNm)	$Tl$ (kN)	$Tt$ (kN)
SLU 1a	13795.47	2772.14	20742.42	447.12	1198.05
SLU 1b	18806.77	2772.14	20515.87	447.12	1198.05
SLU 2a	14702.41	2772.14	18482.10	447.12	718.83
SLU 2b	20015.78	2772.14	18180.04	447.12	718.83
SLU 3a	13795.47	4027.64	15738.17	649.62	718.83
SLU 3b	18806.77	4027.64	15511.62	649.62	718.83
SLU 4a	13795.47	2772.14	15738.17	447.12	718.83
SLU 4b	18806.77	2772.14	15511.62	447.12	718.83
SLU 5a	13775.47	4620.24	15738.17	745.20	718.83
SLU 5b	18825.57	4620.24	15511.62	745.20	718.83
SLE RARA 1a	13955.31	2310.12	14270.23	372.60	798.70
SLE RARA 1b	13090.06	2310.12	14438.04	372.60	798.70
SLE RARA 2a	14850.88	2310.12	12910.67	372.60	479.22
SLE RARA 2b	13761.88	2310.12	13134.42	372.60	479.22
SLE RARA 3a	13955.31	3240.12	10934.06	522.60	479.22
SLE RARA 3b	13090.06	3240.12	11101.88	522.60	479.22
SLE RARA 4a	13955.31	2310.12	10934.06	372.60	479.22
SLE RARA 4b	13090.06	2310.12	11101.88	372.60	479.22
SLE RARA 5a	13955.31	3850.20	10934.06	621.00	479.22
SLE RARA 5b	13090.06	3850.20	11101.88	621.00	479.22
SLE FREQ 1a	13955.31	1925.10	5929.81	310.50	0.00
SLE FREQ 1b	13761.31	1925.10	5929.81	310.50	0.00
SLE FREQ 1c	13284.06	1925.10	6097.63	310.50	0.00
SLE FREQ 1d	13090.06	1925.10	6097.63	310.50	0.00
SLE FREQ 2a	11268.63	2310.12	0.00	372.60	0.00
SLE FREQ 2b	11074.63	2310.12	0.00	372.60	0.00
SLE QP 1	11268.63	1925.10	0.00	310.50	0.00
SLE QP 2	11074.63	1925.10	0.00	310.50	0.00
SLV 1a	12259.45	9714.81	3498.39	2051.01	566.55
SLV 1b	12065.45	9714.81	3498.39	2051.01	566.55
SLV 1c	10277.80	9714.81	3498.39	2051.01	566.55
SLV 1d	10083.80	9714.81	3498.39	2051.01	566.55
SLV 2a	12259.45	4262.01	11661.31	832.65	1888.51

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
102 di 146

SLV 2b	12065.45	4262.01	11661.31	832.65	1888.51
SLV 2c	10277.80	4262.01	11661.31	832.65	1888.51
SLV 2d	10083.80	4262.01	11661.31	832.65	1888.51
SLV 3a	14571.36	7677.59	3498.39	1383.55	566.55
SLV 3b	14377.36	7677.59	3498.39	1383.55	566.55
SLV 3c	7965.89	7677.59	3498.39	1383.55	566.55
SLV 3d	7771.89	7677.59	3498.39	1383.55	566.55
SLV 4a	14571.36	4262.01	9624.09	832.65	1221.05
SLV 4b	14377.36	4262.01	9624.09	832.65	1221.05
SLV 4c	7965.89	4262.01	9624.09	832.65	1221.05
SLV 4d	7771.89	4262.01	9624.09	832.65	1221.05
E 1	11268.63	3410.02	1484.92	1017.61	707.11
E 2	11074.63	3410.02	1484.92	1017.61	707.11
E 3	11268.63	2667.56	742.46	664.05	353.55
E 4	11074.63	2667.56	742.46	664.05	353.55

### 11.2.3 Sollecitazioni sui diaframmi

Nel seguente paragrafo si riportano le sollecitazioni sui diaframmi che vengono studiati prima in direzione trasversale, in cui sono agenti lo sforzo normale, il taglio e il momento trasversali, poi in direzione longitudinale, in cui sono agenti il taglio e il momento longitudinali. Verranno inoltre presi in considerazione sia il caso in cui il fattore di gruppo verticale sia pari ad  $\alpha_v = 1$  sia il caso in cui sia uguale a  $\alpha_v = 1/(n^\circ \text{ diaf})^{0.5}$ . Nelle verifiche verrà poi considerata la condizione più gravosa.

#### 11.2.3.1 Direzione trasversale

$$\alpha_v = 1$$

Azioni assiale a testa diaframma (kN)			
Comb.	Diaframma		
	1	2	3
SLU 1a	-7683	-4598	-1514
SLU 1b	-9325	-6269	-3213
SLU 2a	-7520	-4901	-2281
SLU 2b	-9253	-6672	-4091
SLU 3a	-6868	-4598	-2329
SLU 3b	-8510	-6269	-4028
SLU 4a	-6868	-4598	-2329
SLU 4b	-8510	-6269	-4028
SLU 5a	-6862	-4592	-2322
SLU 5b	-8516	-6275	-4034
SLV 1a	-4925	-4086	-3248
SLV 1b	-4861	-4022	-3183
SLV 1c	-4265	-3426	-2587
SLV 1d	-4200	-3361	-2522
SLV 2a	-6883	-4086	-1290
SLV 2b	-6818	-4022	-1226
SLV 2c	-6222	-3426	-630
SLV 2d	-6157	-3361	-565
SLV 3a	-5696	-4857	-4018
SLV 3b	-5631	-4792	-3954
SLV 3c	-3494	-2655	-1816
SLV 3d	-3429	-2591	-1752
SLV 4a	-6957	-4857	-2757
SLV 4b	-6893	-4792	-2692
SLV 4c	-4756	-2655	-555
SLV 4d	-4691	-2591	-490
E 1	-4207	-3756	-3305
E 2	-4142	-3692	-3241
E 3	-3982	-3756	-3531
E 4	-3917	-3692	-3466

$$\alpha_v = 0.577$$

Azioni assiale a testa diaframma (kN)			
Comb.	Diaframma	Diaframma	Diaframma
	1	2	3
SLU 1a	-7167	-4598	-2030
SLU 1b	-8813	-6269	-3725
SLU 2a	-7082	-4901	-2720
SLU 2b	-8821	-6672	-4523
SLU 3a	-6488	-4598	-2709
SLU 3b	-8135	-6269	-4403
SLU 4a	-6488	-4598	-2709
SLU 4b	-8135	-6269	-4403
SLU 5a	-6482	-4592	-2702
SLU 5b	-8141	-6275	-4409
SLV 1a	-4818	-4086	-3355
SLV 1b	-4753	-4022	-3290
SLV 1c	-4157	-3426	-2694
SLV 1d	-4093	-3361	-2630
SLV 2a	-6525	-4086	-1648
SLV 2b	-6460	-4022	-1584
SLV 2c	-5864	-3426	-988
SLV 2d	-5799	-3361	-923
SLV 3a	-5589	-4857	-4126
SLV 3b	-5524	-4792	-4061
SLV 3c	-3387	-2655	-1924
SLV 3d	-3322	-2591	-1859
SLV 4a	-6689	-4857	-3026
SLV 4b	-6624	-4792	-2961
SLV 4c	-4487	-2655	-824
SLV 4d	-4422	-2591	-759
E 1	-4132	-3756	-3381
E 2	-4067	-3692	-3316
E 3	-3944	-3756	-3569
E 4	-3879	-3692	-3504
SLE RARA 1a	-6411	-4652	-2893
SLE RARA 1b	-6140	-4363	-2587
SLE RARA 2a	-6467	-4950	-3434
SLE RARA 2b	-6127	-4587	-3047
SLE RARA 3a	-5959	-4652	-3345
SLE RARA 3b	-5688	-4363	-3039
SLE RARA 4a	-5959	-4652	-3345
SLE RARA 4b	-5688	-4363	-3039
SLE RARA 5a	-5959	-4652	-3345
SLE RARA 5b	-5688	-4363	-3039
SLE FREQ 1a	-5280	-4652	-4023
SLE FREQ 1b	-5216	-4587	-3958
SLE FREQ 1c	-5074	-4428	-3782
SLE FREQ 1d	-5010	-4363	-3717
SLE FREQ 2a	-3756	-3756	-3756
SLE FREQ 2b	-3692	-3692	-3692
SLE QP 1	-3756	-3756	-3756
SLE QP 2	-3692	-3692	-3692

**TAGLIO a testa diaframma (kN)**

Comb.	Diaframma	Diaframma	Diaframma
	1	2	3
SLU 1a	555	322	322
SLU 1b	554	322	322
SLU 2a	341	189	189
SLU 2b	341	189	189
SLU 3a	337	191	191
SLU 3b	337	191	191
SLU 4a	337	191	191
SLU 4b	337	191	191
SLU 5a	337	191	191
SLU 5b	337	191	191
SLV 1a	251	158	158
SLV 1b	251	158	158
SLV 1c	251	158	158
SLV 1d	251	158	158
SLV 2a	836	526	526
SLV 2b	836	526	526
SLV 2c	836	526	526
SLV 2d	836	526	526
SLV 3a	251	158	158
SLV 3b	251	158	158
SLV 3c	251	158	158
SLV 3d	251	158	158
SLV 4a	542	339	339
SLV 4b	542	339	339
SLV 4c	542	339	339
SLV 4d	542	339	339
E 1	312	197	197
E 2	312	197	197
E 3	156	99	99
E 4	156	99	99

**MOMENTO a testa diaframma (kN)**

Comb.	Diaframma	Diaframma	Diaframma
	1	2	3
SLU 1a	1878	2113	2113
SLU 1b	1847	2084	2084
SLU 2a	1960	2046	2046
SLU 2b	1918	2007	2007
SLU 3a	1581	1692	1692
SLU 3b	1550	1663	1663
SLU 4a	1581	1692	1692
SLU 4b	1550	1663	1663
SLU 5a	1581	1692	1692
SLU 5b	1550	1663	1663
SLV 1a	416	127	127
SLV 1b	416	127	127
SLV 1c	416	127	127
SLV 1d	416	127	127
SLV 2a	1388	424	424
SLV 2b	1388	424	424
SLV 2c	1388	424	424
SLV 2d	1388	424	424
SLV 3a	416	127	127
SLV 3b	416	127	127

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

Rev.  
A

Foglio  
106 di 146

SLV 3c	416	127	127
SLV 3d	416	127	127
SLV 4a	679	68	68
SLV 4b	679	68	68
SLV 4c	679	68	68
SLV 4d	679	68	68
E 1	376	139	139
E 2	376	139	139
E 3	188	70	70
E 4	188	70	70

Si riporta anche l'involuppo dell'andamento del momento e del taglio lungo lo sviluppo del diaframma per le varie combinazioni di carico e per i vari diaframmi, da cui si ricavano le sollecitazioni utilizzate nelle verifiche.

Doc. N.

Progetto  
INOR

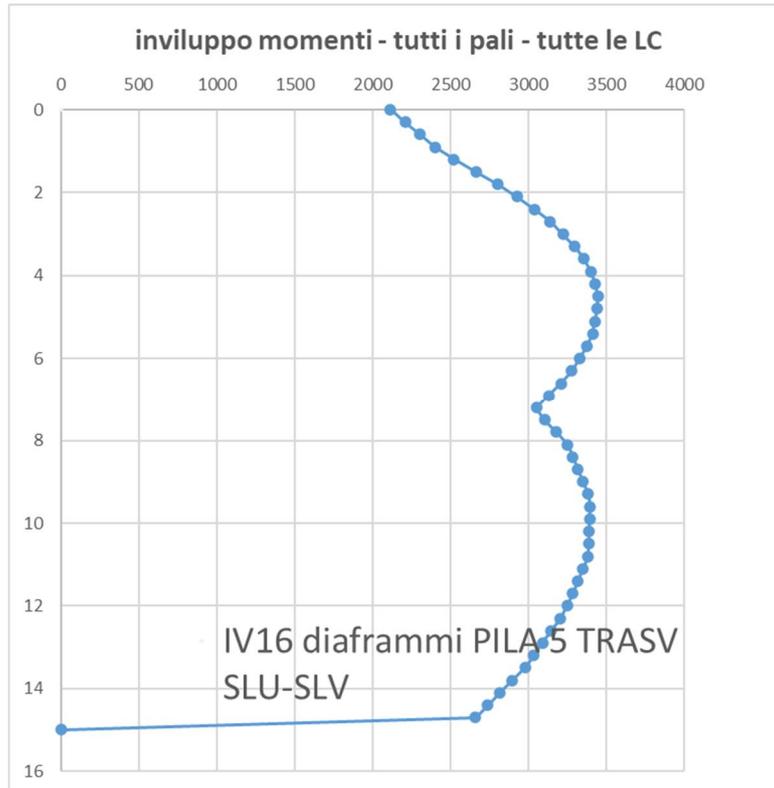
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

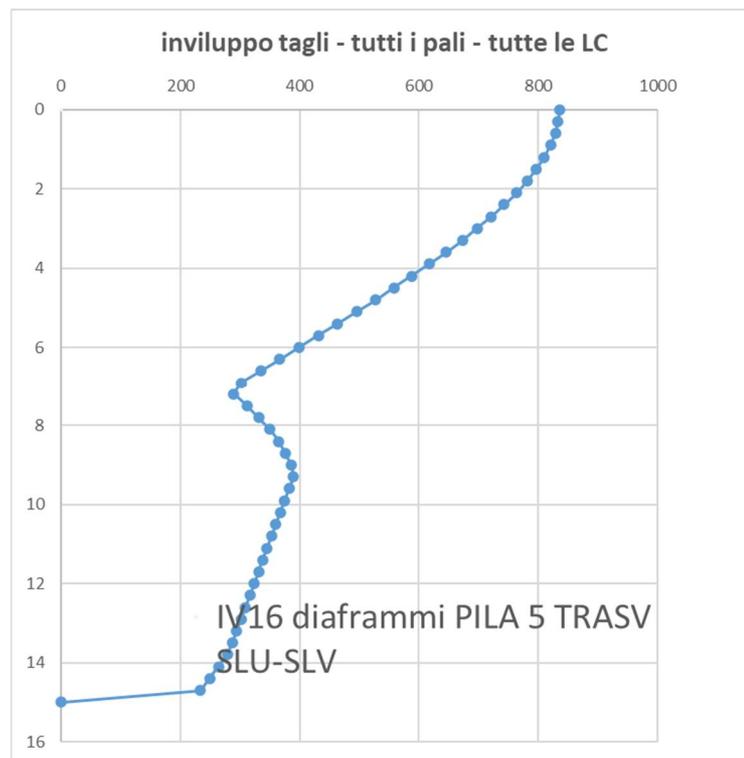
Rev.  
A

Foglio  
107 di 146

- Momento SLU



- Taglio SLU



Doc. N.

Progetto  
INOR

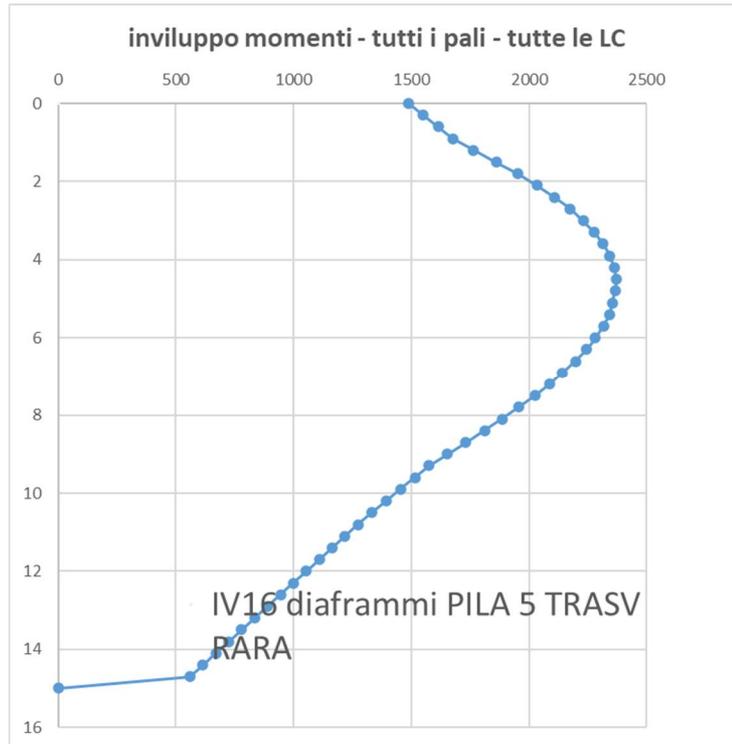
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

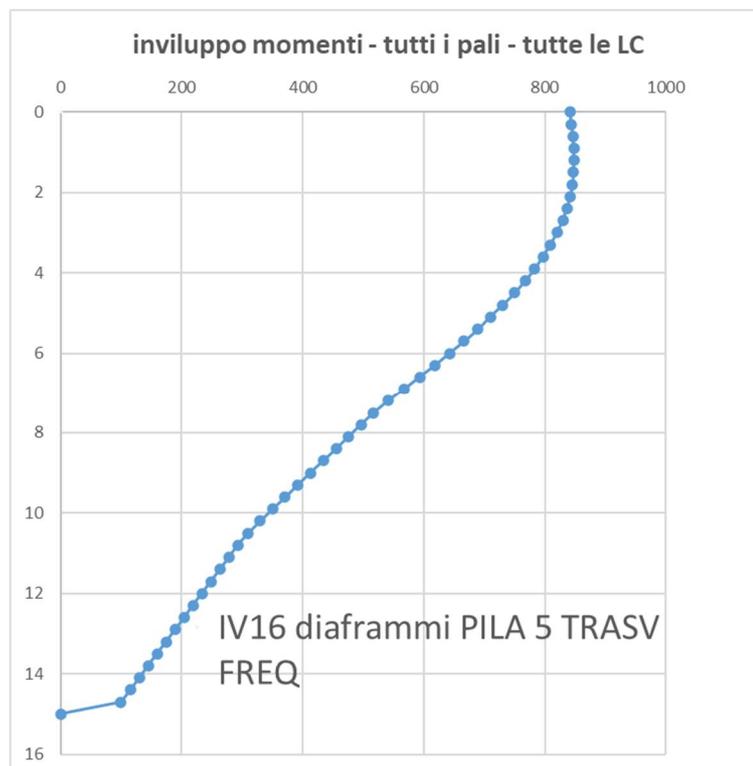
Rev.  
A

Foglio  
108 di 146

- Momento SLE RARA



- Momento SLE FREQ



11.2.3.2 Direzione longitudinale

<b>TAGLIO a testa diaframma (kN)</b>			
Comb.	Diaframma	Diaframma	Diaframma
	1	2	3
SLU 1a	149	149	149
SLU 1b	149	149	149
SLU 2a	149	149	149
SLU 2b	149	149	149
SLU 3a	217	217	217
SLU 3b	217	217	217
SLU 4a	149	149	149
SLU 4b	149	149	149
SLU 5a	248	248	248
SLU 5b	248	248	248
SLV 1a	684	684	684
SLV 1b	684	684	684
SLV 1c	684	684	684
SLV 1d	684	684	684
SLV 2a	278	278	278
SLV 2b	278	278	278
SLV 2c	278	278	278
SLV 2d	278	278	278
SLV 3a	461	461	461
SLV 3b	461	461	461
SLV 3c	461	461	461
SLV 3d	461	461	461
SLV 4a	278	278	278
SLV 4b	278	278	278
SLV 4c	278	278	278
SLV 4d	278	278	278
E 1	339	339	339
E 2	339	339	339
E 3	221	221	221
E 4	221	221	221

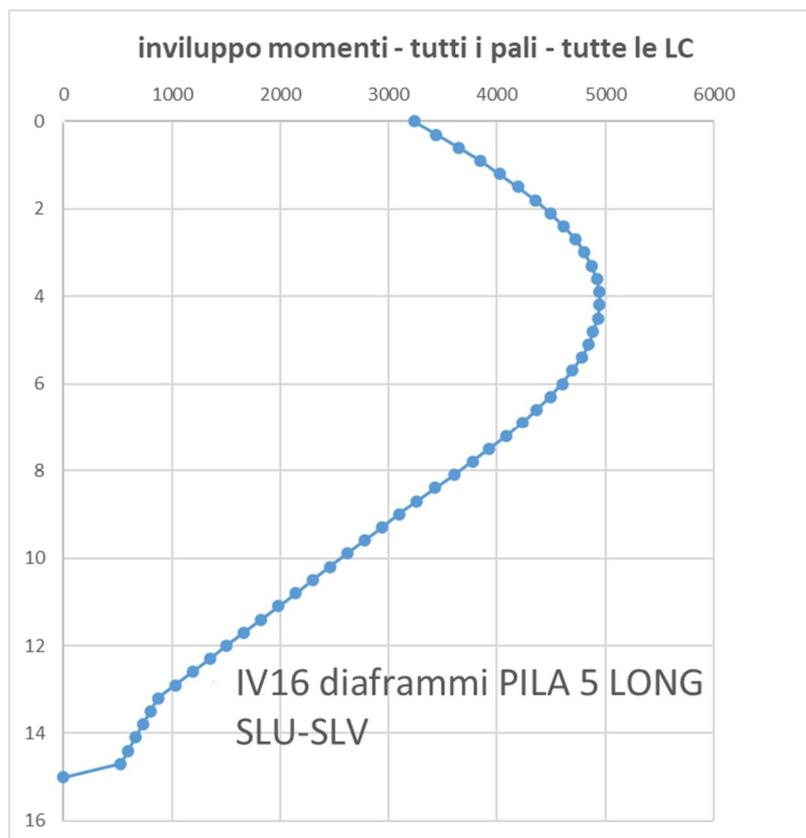
<b>MOMENTO a testa diaframma (kN)</b>			
Comb.	Diaframma	Diaframma	Diaframma
	1	2	3
SLU 1a	924	924	924
SLU 1b	924	924	924
SLU 2a	924	924	924
SLU 2b	924	924	924
SLU 3a	1343	1343	1343
SLU 3b	1343	1343	1343
SLU 4a	924	924	924
SLU 4b	924	924	924
SLU 5a	1540	1540	1540
SLU 5b	1540	1540	1540
SLV 1a	3238	3238	3238
SLV 1b	3238	3238	3238
SLV 1c	3238	3238	3238
SLV 1d	3238	3238	3238
SLV 2a	1421	1421	1421
SLV 2b	1421	1421	1421

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
110 di 146

SLV 2c	1421	1421	1421
SLV 2d	1421	1421	1421
SLV 3a	2559	2559	2559
SLV 3b	2559	2559	2559
SLV 3c	2559	2559	2559
SLV 3d	2559	2559	2559
SLV 4a	1421	1421	1421
SLV 4b	1421	1421	1421
SLV 4c	1421	1421	1421
SLV 4d	1421	1421	1421
E 1	1137	1137	1137
E 2	1137	1137	1137
E 3	889	889	889
E 4	889	889	889

- Momento SLU



Doc. N.

Progetto  
INOR

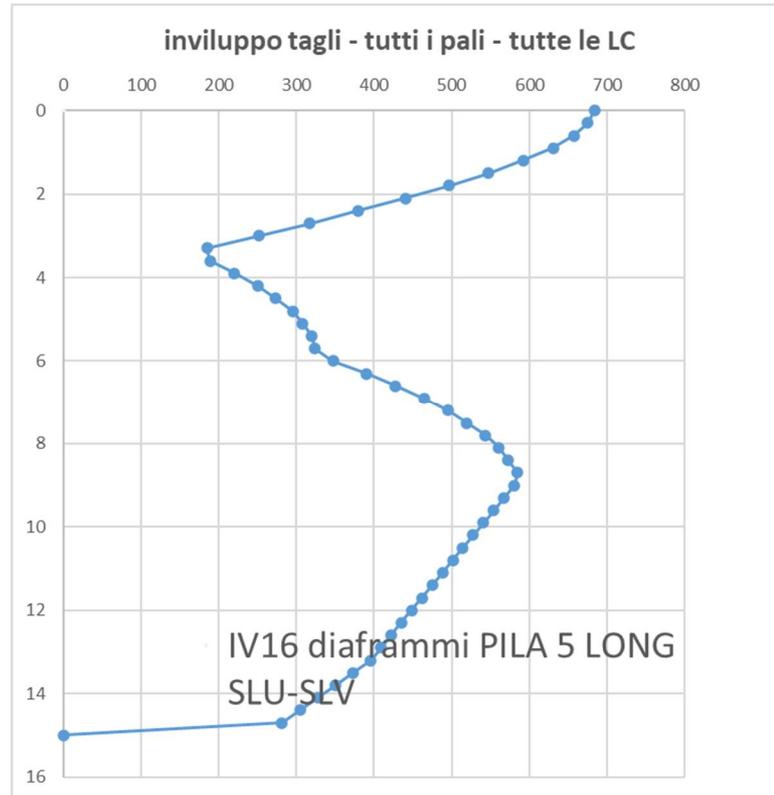
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

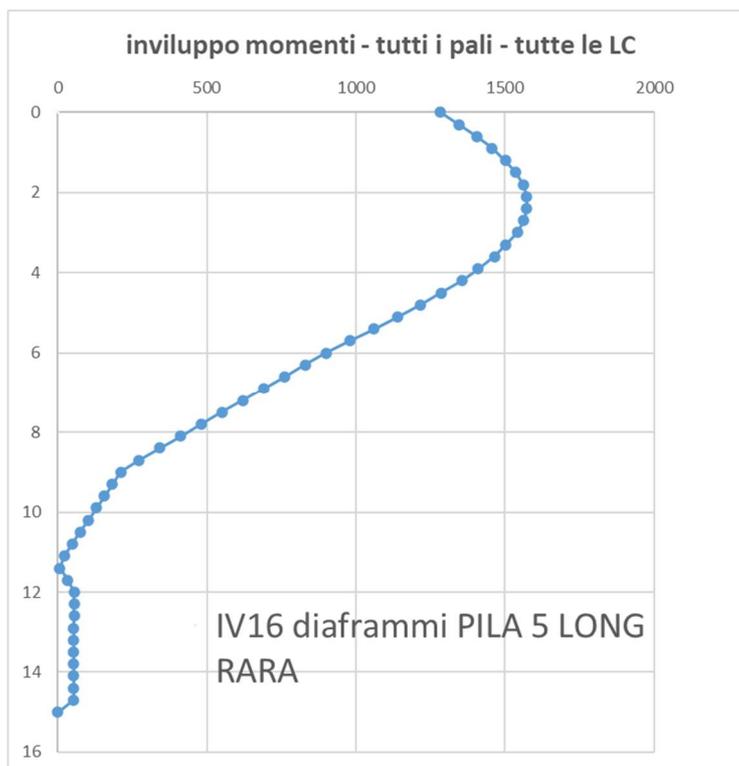
Rev.  
A

Foglio  
111 di 146

- Taglio SLU



- Momento SLE RARA



Doc. N.

Progetto  
INOR

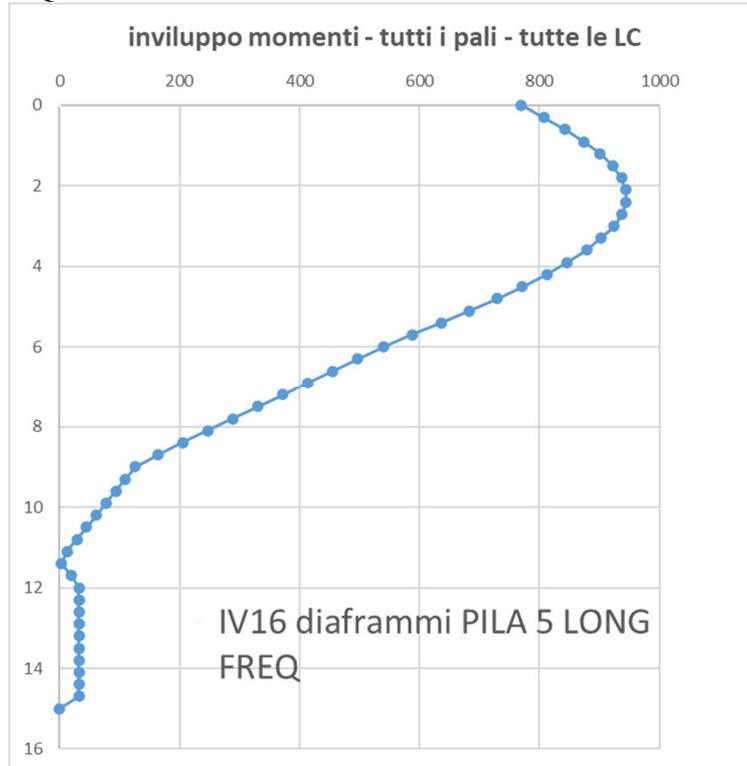
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

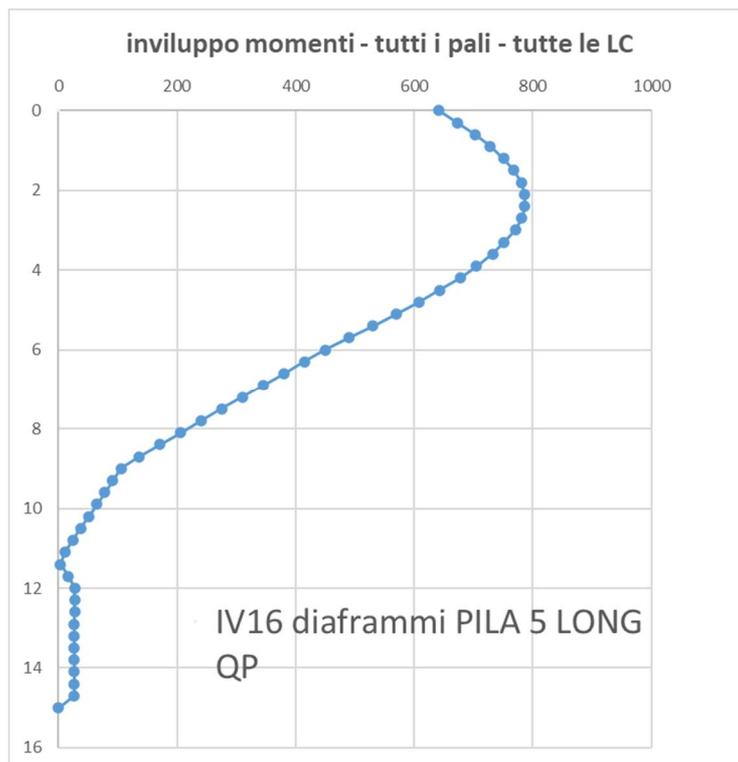
Rev.  
A

Foglio  
112 di 146

- Momento SLE FREQ



- Momento SLE QP



11.2.3.3 Sintesi sollecitazioni

Si riporta una tabella riassuntiva con le sollecitazioni utilizzate nelle verifiche. A favore di sicurezza si eseguono le verifiche considerando l'involuppo del momento massimo longitudinale con l'involuppo del momento massimo trasversale alla stessa quota per gli SLU, mentre per gli SLE si prendono gli involuppi senza considerare la loro reale profondità.

	Profondità [m]			
SLU /SLV	-	$N_{max}$	9325	kN
	3.9	$M_{long} max$	4946	kNm
		$M_{trav} associato a M_{long} max$	3397	kNm
	4.5	$M_{long} associato a M_{trav} max$	4933	kNm
		$M_{trav} max$	3445	kNm
	-	$T_{long}$	684	kN
-	$T_{trav}$	836	kN	
SLE RARA	2.1	$M_{long} max$	1573	kNm
	4.5	$M_{trav} max$	2371	kNm
SLE FREQ	2.4	$M_{long} max$	944	kNm
	1.2	$M_{trav} max$	848	kNm
SLE QP	2.4	$M_{long} max$	787	kNm

## 12 VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche degli elementi strutturali verranno eseguite a partire dalle sollecitazioni ricavate nei paragrafi precedenti.

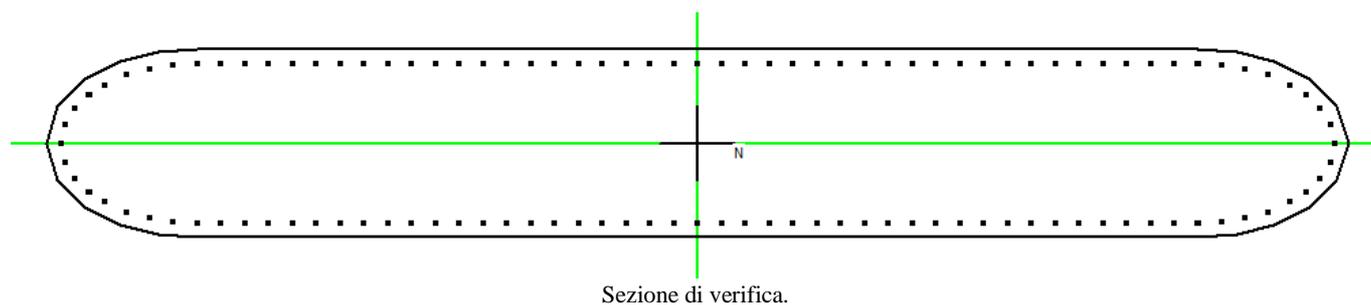
Per ciascun elemento strutturale, a parità di armatura, verranno eseguite le sole verifiche relative alle pile più sollecitate, considerate valide, a favore di sicurezza, anche per le pile rimanenti.

### 12.1 Verifiche del fusto pila 1,2,3,4 e 5

Le verifiche di seguito riportate sono eseguite applicando le combinazioni di sollecitazione più gravose per ciascun stato limite, tra quelle calcolate per la pila 1, 2, 3, 4 e 5. Le verifiche si ritengono valide, a favore di sicurezza, per tutti i fusti, aventi identiche caratteristiche geometriche e armature.

#### 12.1.1 Caratteristiche della sezione

La base della pila ha sezione rettangolare con i tratti estremi a forma ellittica e prevede le seguenti caratteristiche geometriche e la seguente armatura verticale ed orizzontale:



Larghezza direzione longitudinale (cm)	120.00
Larghezza direzione trasversale (cm)	820.00
Armatura 1° strato verticale tratto rettangolare (cm <sup>2</sup> )	86Ø26 456.66
Copriferro baricentrico armatura dalla parete esterna (cm)	9.20
Armatura 1° strato verticale tratto ellittico (cm <sup>2</sup> )	30Ø26 159.30
Copriferro baricentrico armatura dalla parete esterna (cm)	9.20
<b>Totale armatura (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>615.96 &gt; 0.003A<sub>c</sub> = 0.003* 93500 = 280.5</b>
Armatura orizzontale in direzione longitudinale (cm <sup>2</sup> )	Staffe Ø14/20 a due braccia + 23 Spille Ø10/20 3.07 + 18.06
Armatura orizzontale in direzione trasversale (cm <sup>2</sup> )	Staffe Ø14/20 a due braccia 3.07

### 12.1.2 Verifiche di resistenza allo S.L.U.

#### 12.1.2.1 Pressoflessione

Le verifiche a pressoflessione del fusto vengono eseguite tramite il confronto dei valori di N, M sollecitanti con i domini di resistenza della sezione. Di seguito si riportano le verifiche per le diverse combinazioni di carico precedentemente descritte. Si utilizza, a favore di sicurezza, il minimo N ricavato in precedenza.

Titolo :

N° Vertici  Zoom

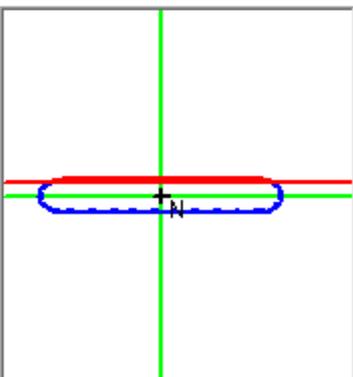
N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	-315	60
2	315	60
3	339.5457	57.96268
4	363.3445	51.64992
5	385.2219	40.41061
6	402.6368	23.16084

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	5.31	329.9713	49.99574
2	5.31	344.7651	47.56543
3	5.31	359.1559	43.37179
4	5.31	372.8201	37.21836
5	5.31	383.0519	30.58067
6	5.31	391.8896	22.19164

Tipo Sezione

- Rettan.re    Trapezi  
 a T    Circolare  
 Rettangoli    Coord.



Sollecitazioni

S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN

M<sub>xEd</sub>  kNm

M<sub>yEd</sub>  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

Materiali

B450C   C35/45

$\epsilon_{su}$   ‰    $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm<sup>2</sup>    $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm<sup>2</sup>    $f_{cd}$   ‰  
 $E_s/E_c$      $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰    $\sigma_{c,adm}$   ‰  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm<sup>2</sup>    $\tau_{co}$   ‰  
 $\tau_{c1}$   ‰

$M_{xRd}$   kN m  
 $M_{yRd}$   kN m  
 $\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
 $d$   cm  
 $x$      $x/d$    
 $\delta$

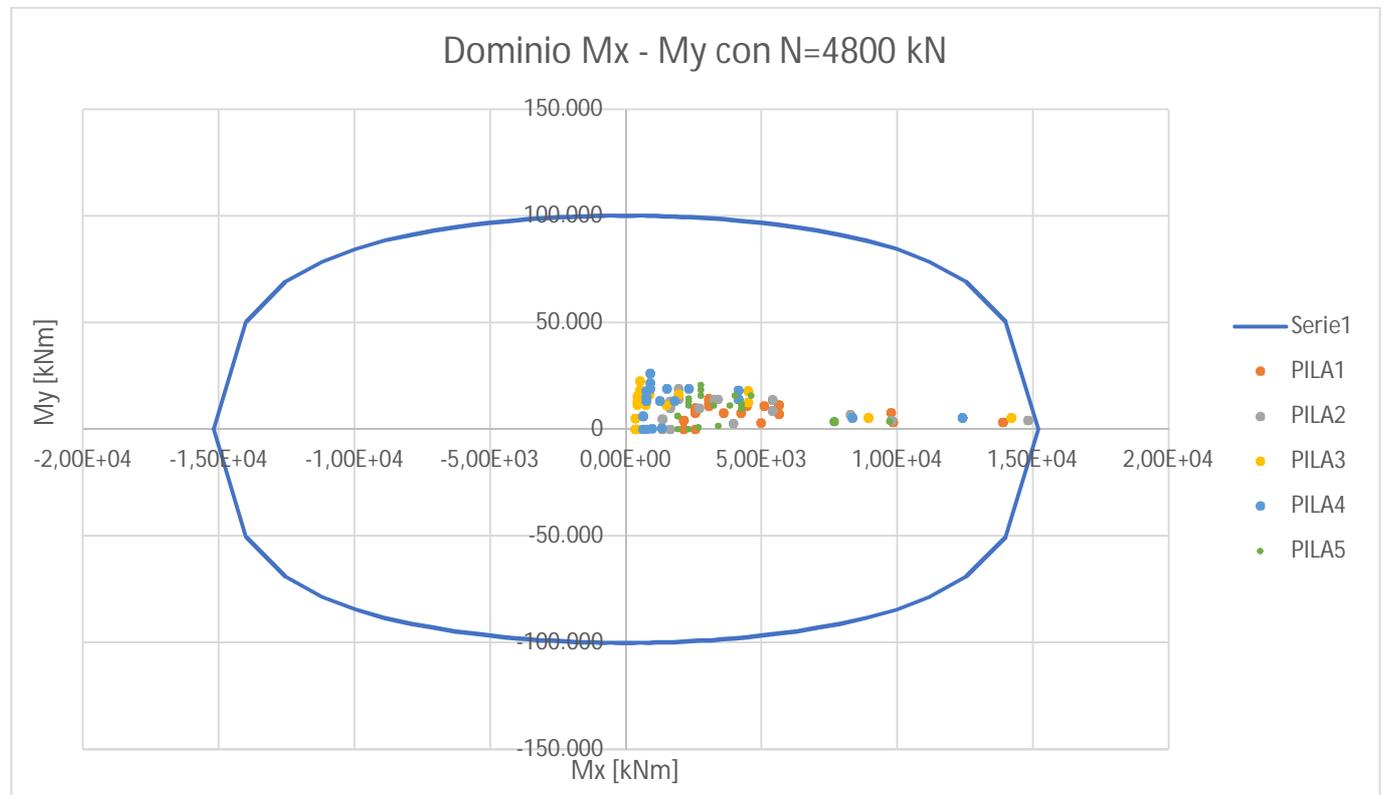
N° rett.

Calcola MRd   Dominio Mx-My

angolo asse neutro  $\theta^\circ$

Precompresso

Nella figura seguente si riporta il dominio di rottura della sezione:



La verifica si ritiene soddisfatta essendo il momento sollecitante interno al dominio di rottura per tutte le combinazioni sopracitate.

Doc. N.

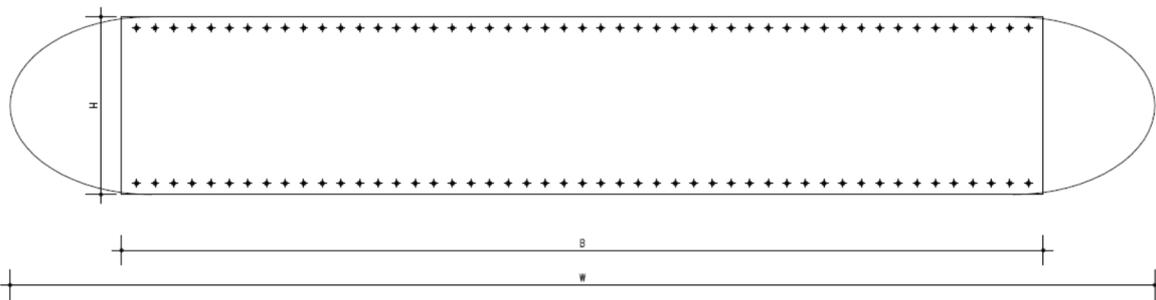
Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
117 di 14612.1.2.2 Taglio

Verifica a taglio in direzione longitudinale

Caratteristiche geometriche della sezione di verifica

Si considera una sezione rettangolare contenuta all'interno della sezione reale del fusto e si considerano, a favore di sicurezza, le sole armature disposte all'interno della sezione fittizia ottenuta.

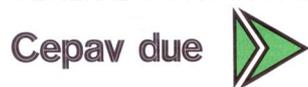
Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche della sezione di verifica e le armature considerate nella verifica:



Sezione di verifica.

Larghezza direzione longitudinale $H$ (cm)	120.00
Larghezza direzione trasversale $B$ (cm)	640.00
Armatura tesa 1° strato verticale ( $cm^2$ )	43Ø26
	228.00
Copriferro baricentrico armatura dalla parete esterna (cm)	9.20
Armatura orizzontale in direzione longitudinale ( $cm^2$ )	Staffe Ø14/20 a due braccia + 23 Spille Ø20/10
	3.07 + 18.06

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
118 di 146

A favore di sicurezza si esegue la verifica con lo sforzo normale  $N=0$  e considerando solamente gli spilli come staffe.

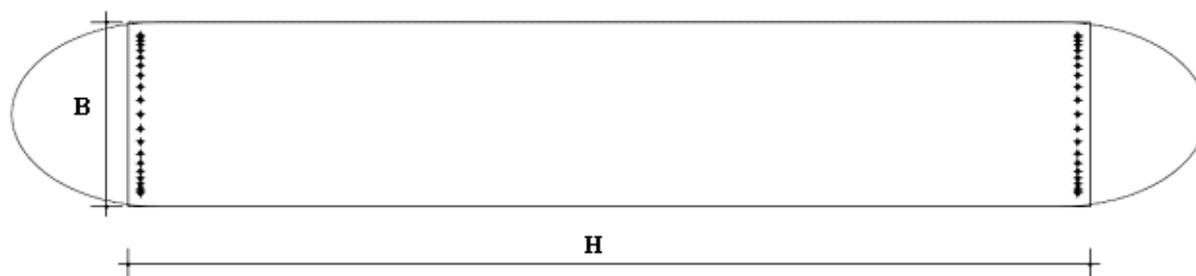
$V_{sdu}$	2285	kN
$N_{sdu}$	0	kN
$R_{ck}$	45	$N/mm^2$
$f_{ck}$	35	$N/mm^2$
$\gamma_c$	1.50	
$f_{yk}$	450	$N/mm^2$
$b_w$	640	cm
$d$	111	cm
$A_{sl}$	228	$cm^2$
$c$	9.20	cm
$\alpha$	90	gradi
$\alpha$	1.57	rad
$\theta$	21.80	gradi
$ctg\theta$	2.50	
$\theta_{imposto}$	21.80	gradi
$A_{sw}$	18.06	$cm^2$
passo	20	cm
$f_{cd}$	18.13	$N/mm^2$
$f_{yd}$	391.30	$N/mm^2$
$\sigma_{cp}$	0.00	$N/mm^2$
<i>Verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
$V_{Rd}$	2637	kN
<i>Verifica con armatura resistente a taglio</i>		
$V_{Rcd}$	19952	kN
$V_{Rsd}$	8810	kN
$V_{Rd}$	8810	kN

La verifica risulta quindi soddisfatta essendo il taglio sollecitante  $V_{sdu} < V_{Rd}$ .

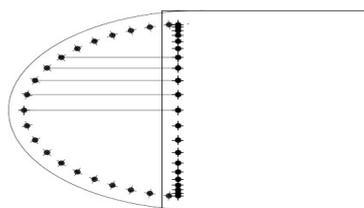
*Verifica a taglio in direzione trasversale*

Caratteristiche geometriche della sezione di verifica

Per la verifica a taglio lungo la direzione trasversale la verifica viene condotta considerando a favore di sicurezza una sezione rettangolare nella quale l'armatura è ottenuta dalla proiezione dell'armatura posta nel tratto ellittico lungo il tratto rettilineo della sezione rettangolare oggetto di verifica:



Sezione di verifica.



Proiezione armatura considerata.

Larghezza direzione longitudinale $H$ (cm)	640.00
Larghezza direzione trasversale $B$ (cm)	120.00
Armatura tesa 1° strato verticale (cm <sup>2</sup> )	15Ø26
	79.65
Copriferro baricentrico armatura dalla parete esterna (cm)	8.00
Armatura orizzontale in direzione trasversale (cm <sup>2</sup> )	Staffe a due braccia Ø14/20
	3.08

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
120 di 146Verifica a taglioA favore di sicurezza si esegue la verifica con lo sforzo normale  $N=0$ .

$V_{sdu}$	2386	kN
$N_{sdu}$	0	kN
$R_{ck}$	45	$N/mm^2$
$f_{ck}$	35	$N/mm^2$
$\gamma_c$	1.50	
$f_{yk}$	450	$N/mm^2$
$b_w$	120	cm
$d$	640	cm
$A_{sl}$	79.65	$cm^2$
$c$	9.20	cm
$\alpha$	90	gradi
$\alpha$	1.57	rad
$\theta$	21.80	gradi
$ctg\theta$	2.50	
$\theta_{imposto}$	21.80	gradi
$A_{sw}$	3.08	$cm^2$
passo	20	cm
$f_{cd}$	18.13	$N/mm^2$
$f_{yd}$	391.30	$N/mm^2$
$\sigma_{cp}$	0.00	$N/mm^2$
<i>Verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
$V_{Rd}$	1941	kN
<i>Verifica con armatura resistente a taglio</i>		
$V_{Rcd}$	21609	kN
$V_{Rsd}$	8678	kN
$V_{Rd}$	8678	kN

La verifica risulta quindi soddisfatta essendo il taglio sollecitante  $V_{sdu} < V_{Rd}$ .

### 12.1.3 Verifiche tensionali allo S.L.E.

Si esegue la verifica tensionale con la condizione di carico più gravosa in combinazione rara.  
Le tensioni di compressione nel calcestruzzo e di trazione nell'acciaio risultano:

**Titolo :**

**N° Vertici**  **Zoom** **N° barre**  **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	-315	60	1	5.31	329.9713	49.99574
2	315	60	2	5.31	344.7651	47.56543
3	339.5457	57.96268	3	5.31	359.1559	43.37179
4	363.3445	51.64992	4	5.31	372.8201	37.21838
5	385.2219	40.41061	5	5.31	383.0519	30.58067
6	402.6368	23.16084	6	5.31	391.8896	22.19164

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

**Sollecitazioni**  
 S.L.U.  Metodo n

**N<sub>Ed</sub>**   kN  
**M<sub>xEd</sub>**   kNm  
**M<sub>yEd</sub>**

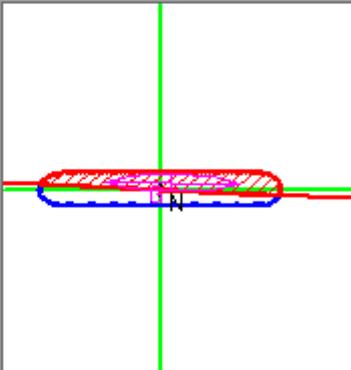
**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm]

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

**Materiali**  
   
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$    
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$    
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$    
 $\tau_{c1}$

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 $\delta$

**Verifica**  
 N° iterazioni:   
 Precompresso



Poiché i valori di  $f_c$  e  $f_s$  rispettano i limiti prescritti, le verifiche sono soddisfatte. Essendo la verifica soddisfatta in condizione rara (con le limitazioni della condizione quasi permanente), la condizione “Quasi permanente” risulta automaticamente soddisfatta in quanto presenta carichi inferiori.

### 12.1.4 Verifiche a fessurazione

Le verifiche a fessurazione vengono condotte per le combinazioni di carico in combinazione frequente.

**Titolo :**

**N° Vertici**  **Zoom** **N° barre**  **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm <sup>2</sup> ]	x [cm]	y [cm]
1	-315	60	1	5.31	329.9713	49.99574
2	315	60	2	5.31	344.7651	47.56543
3	339.5457	57.96268	3	5.31	359.1559	43.37179
4	363.3445	51.64992	4	5.31	372.8201	37.21836
5	385.2219	40.41061	5	5.31	383.0519	30.58067
6	402.6368	23.16084	6	5.31	391.8896	22.19164

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

**Sollecitazioni**  
 S.L.U.  Metodo n

**N** Ed   kN  
**M** xEd   kNm  
**M** yEd

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

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

**Materiali**  
   
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$   ‰  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   ‰  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{c0}$   ‰  
 $\tau_{c1}$   ‰

$\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 $\delta$

**Verifica**  
 N° iterazioni:

Precompresso

Poiché la trazione sul calcestruzzo è inferiore ai limiti prescritti da normativa, la verifica di formazione delle fessure risulta soddisfatta.

Si esegue comunque la verifica a fessurazione anche mediante “calcolo diretto” ai sensi del D.M. 14.01.2008:

Caratteristiche dei materiali			
Classe cls	$f_{ck} =$	35	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico acciaio	$E_s =$	210000	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico del calcestruzzo	$E_{cm0} =$	34077	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} =$	3.21	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di omogeneizzazione	$n0 =$	15	
Caratteristiche della sezione			
Altezza	H =	120	cm

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
123 di 146

Larghezza	$B =$	640	cm
Momento di fessurazione	$M_{fess}$	4931	kNm
Copriferro baricentrico acciaio teso	$cb =$	9.20	cm
Area acciaio teso	$A_s =$	220.00	cm <sup>2</sup>
Ricoprimento barre esterne tese	$c =$	5.0	cm
Diametro massimo barre tese	$F =$	2.6	cm
Diametro medio equivalente	$F_m =$	2.60	cm
<b>Sezione fessurata: apertura fessure</b>			
Tensione media barre	$s_{sm} =$	10.40	N/mm <sup>2</sup>
Asse neutro	$x =$	82.71	cm
Altezza utile	$d =$	110.80	cm
Deformazione media barre	$e_1 =$	6.57E-05	
<b>Distanza media fra due fessure successive</b>			
Coefficiente $k_2$	$k_2 =$	0.50	
Coefficiente $k_3$	$k_3 =$	3.400	
Larghezza efficace	$b_{eff} =$	640.0	cm
Altezza efficace	$h_{c,eff} =$	12.4	cm
Area efficace	$A_{ceff} =$	7955.2	cm <sup>2</sup>
Area armature poste in $A_{ceff}$	$A_s =$	220.00	cm <sup>2</sup>
Distanza massima fra due fessure	$D_{smax} =$	32.98	cm
Coefficiente $k_t$	$k_t =$	0.4	
Coefficiente $k_1$	$k_1 =$	0.8	
Coefficiente $k_4$	$k_4 =$	0.425	
<b>Deformazione unitaria media</b>	$e_{sm} =$	2.97E-05	
<b>Ampiezza fessura</b>	$w_k =$	<b>0.010</b>	<b>mm</b>

Essendo soddisfatta la verifica in combinazione frequente con le limitazioni della quasi permanente ( $w < 0.2\text{mm}$ ), in combinazione Quasi Permanente la verifica è automaticamente soddisfatta.

## 12.2 Verifiche ritegni

Nel presente paragrafo si verificano i ritegni sismici.

L'azione sollecitante presa in considerazione deriva dalle massime sollecitazioni che sono in grado trasmettere gli appoggi allo SLC.

Nel caso in esame gli isolatori presentano una rigidezza di 6.04kN/mm e uno spostamento massimo che si assume cautelativamente pari a 150mm. Si ottiene pertanto una forza su ogni appoggio pari a:

$$F_{Ed} = K\delta = 6.04\text{kN/mm} * 150\text{mm} = 906\text{kN}.$$

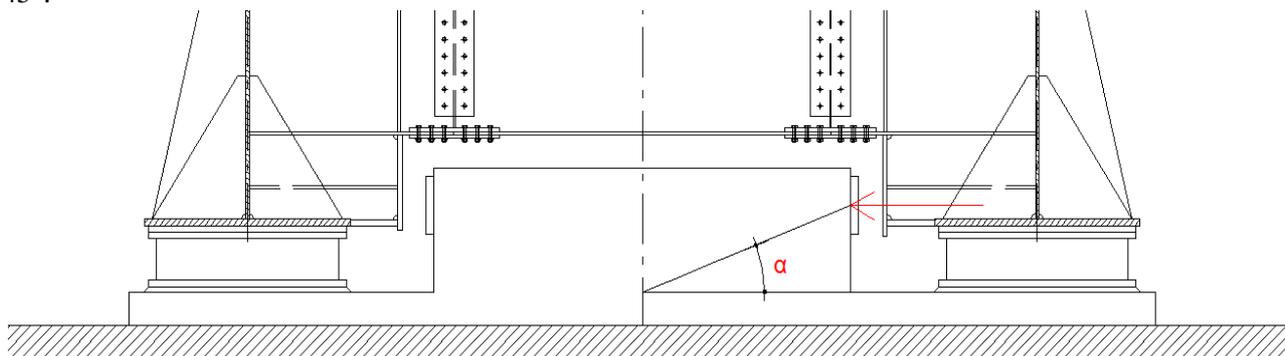
Essendo presenti due isolatori su ciascuna pila la forza risulta pari a:

$$F_{Ed} = 906\text{kN} * 2 = 1812\text{ kN}.$$

Tali valori sono quelli utilizzati nelle verifiche.

### 12.2.1 Verifica sul calcestruzzo ritegni trasversali

La verifica è eseguita avvalendosi del metodo tirante-puntone. Si assume che il carico generi la formazione di una biella compressa di inclinazione pari ad  $\alpha$  che dipende dalla geometria del ritegno. A favore di sicurezza si adotta  $\alpha=45^\circ$ .



La trazione che nasce nelle armature può quindi essere calcolata mediante considerazioni geometriche, come nel seguito riportato:

$$T_{Ed} = F_{Ed} * \tan \alpha = 1812\text{kN} * \tan(45^\circ) = 1812\text{ kN}$$

A favore di sicurezza si considera un'armatura costituita solamente da 10 $\phi$ 26:  $A_s = 5310\text{mm}^2$

La trazione resistente vale pertanto:

$$T_{Rd} = A_s * f_{yd} = 5310\text{ mm}^2 * 391\text{ MPa} = 2076\text{ kN}$$

Si ottiene:

$$T_{Ed}/T_{Rd} = 1812\text{kN} / 2076\text{kN} = 0.87 < 1 \text{ verificato}$$

## 12.2.2 Verifica sull' acciaio ritegni trasversali

### 12.2.2.1 Verifica ad instabilità

Si esegue la verifica degli irrigidenti posti in corrispondenza della trave e del traverso come descritto nel seguito. In accordo con l'EC 1993-1-5 paragrafo 9.1 si considera una sezione resistente come indicato in figura:

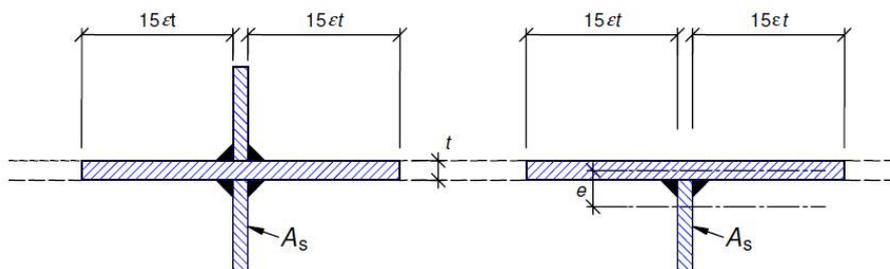


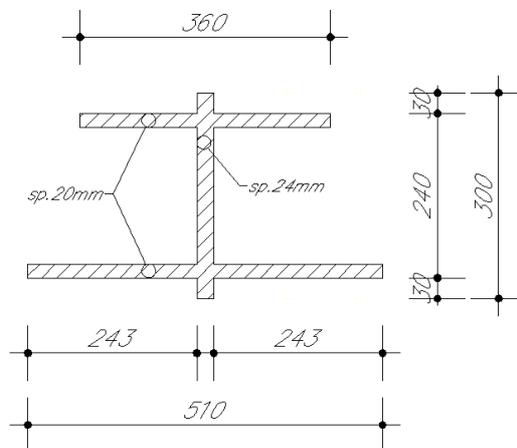
Figure 9.1: Effective cross-section of stiffener

Essendo un acciaio S355 si ricava  $\alpha = 0.81$ . Lo spessore degli elementi in gioco è pari a 20mm e 24mm.

Si ricava pertanto:

$$15t = 15 * 0.81 * 20\text{mm} = 243\text{mm}$$

Si riporta la sezione considerata nelle verifiche dove come altezza si è considerato 30cm, ovvero l'altezza del neoprene a contatto con l'acciaio:



Si esegue la verifica ad instabilità considerando la sezione doppiamente appoggiata di lunghezza 1m come indicato nella figura sottostante:

Doc. N.

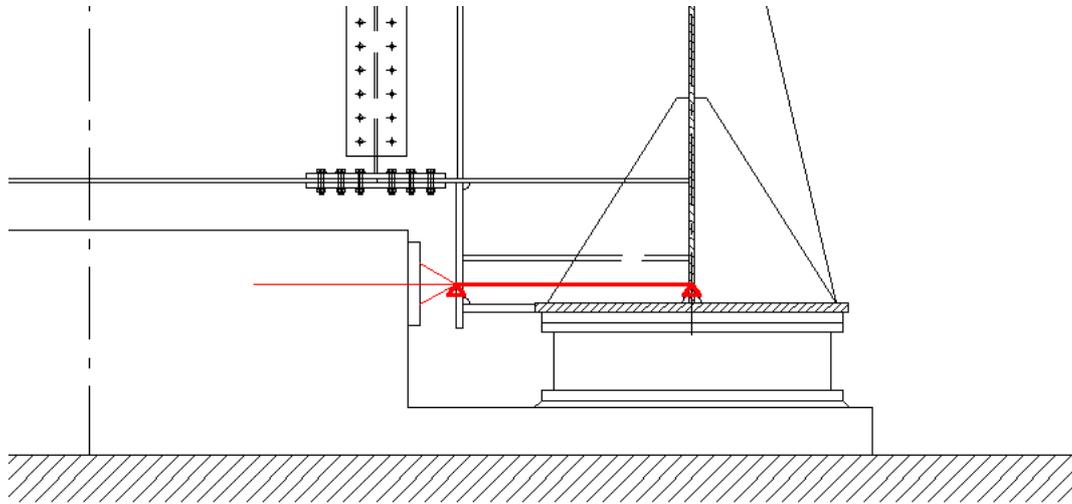
Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

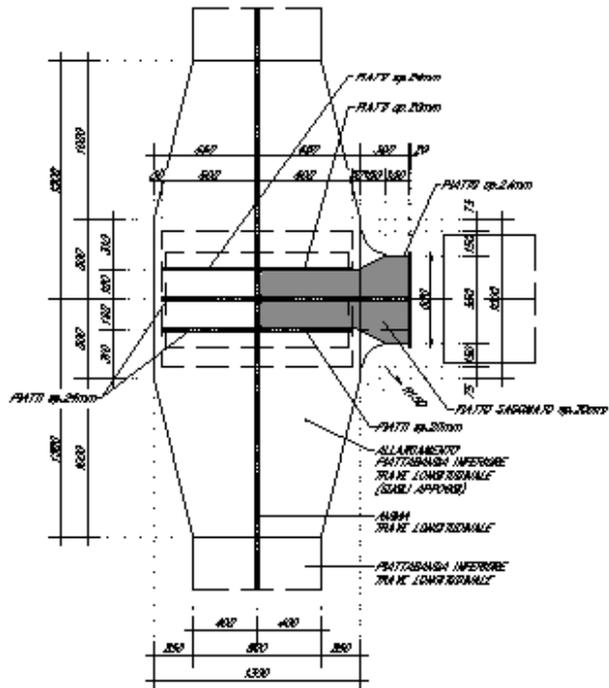
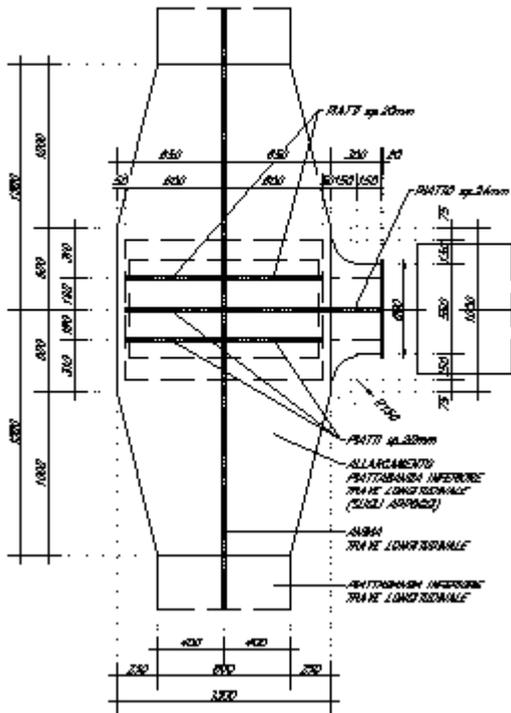
Rev.  
A

Foglio  
126 di 146



SEZIONE 3 1:20

SEZIONE 2 1:20





Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
127 di 146

Sollecitazione e caratteristiche della sezione	$N_{Ed}$	N	1.812E+06
	$f_{yk}$	MPa	355
	A	mm <sup>2</sup>	2.364E+04
	$\gamma_{M1}$	mm	1.05

Dati per calcolo di $N_{cr}$	E	MPa	2.100E+05
	J	mm <sup>4</sup>	2.489E+08
	L	mm	1000
	$\beta$	num	1.00
	modo	n-esimo	1

Ncr	$L_0$	m	1000
	$N_{cr}$	N	5.158E+08

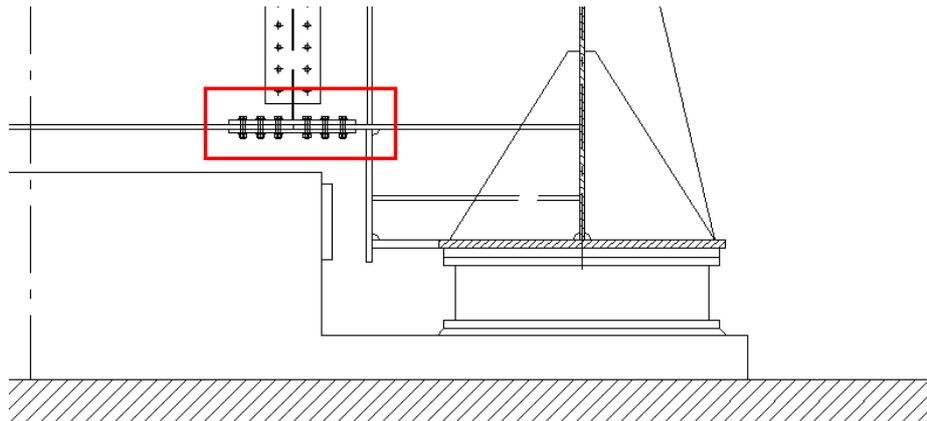
$\alpha$	$\alpha$	0.49
----------	----------	------

Verifica a instabilità flessione torsionale	$\lambda$	num	0.13
	$\phi$	num	0.49
	$\chi$	num	1.00
	$N_{b,Rd}$	Nmm	7.993E+06
	c.u.	num	0.23
	<b>verifica</b>	<b>num</b>	<b>OK</b>

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

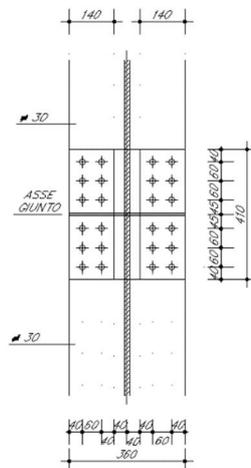
### 12.2.2.2 Verifica della bullonatura

In questo paragrafo si verifica la bullonatura della piattabanda inferiore del traverso considerando l'azione sollecitante di un appoggio pari a 906kN.



PIATTABANDA INFERIORE

c.g.sup. 2 # 140x110x20  
 c.g.inf. 1 # 380x410x20  
 bull. 12+12 M20



Sono presenti 12 bulloni M20 con 2 piani di taglio.

Su un bullone e su un singolo piano di taglio agisce pertanto un'azione pari a  $F_{Ed} = 906\text{kN} / 12 \text{ bull} / 2 \text{ piani} = 38 \text{ kN}$ .

La resistenza del singolo bullone è pari a:

$$F_{v,Rd} = 0.6 * f_{tbk} * A_{res} / \gamma_{M2} = 0.6 * 800 \text{ MPa} * 245\text{mm}^2 / 1.25 = 94 \text{ kN}.$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 12.2.3 Verifica sul calcestruzzo ritegni longitudinali

La verifica per i ritegni longitudinali è automaticamente soddisfatta in quanto presenta le stesse sollecitazioni del ritegno trasversale (considerando un meccanismo tirante-puntone) ed è armato con 12 $\phi$ 26 (il ritegno trasversale con 10 $\phi$ 26).

### 12.3 Verifiche baggioli

La verifica dei baggioli viene effettuata considerando l'elemento sollecitato con le azioni provenienti dai dispositivi di appoggio in condizione sismica, in quanto dimensionante.

Si tratta di una struttura tozza, nella quale, come è noto, si formano flussi di tensione di compressione nel calcestruzzo e flussi di tensioni di trazione nelle barre di armatura.

Il dimensionamento delle armature viene effettuato nell'ipotesi che il baggiolo si comporti come un corpo rigido, la cui rottura avviene con formazione di una superficie di scorrimento orizzontale tra baggiolo ed estradosso pila. Si ipotizza quindi che il meccanismo resistente del baggiolo sia costituito da bielle di calcestruzzo inclinate a 45° diffuse sulla superficie di scorrimento baggiolo-estradosso pila. Si procede quindi al dimensionamento delle armature verticali che, conseguentemente alla formazione del meccanismo descritto, devono assorbire una azione pari al carico orizzontale trasmesso dall'appoggio.

L'azione trasmessa dalle zanche di ancoraggio dell'apparecchio di appoggio viene riportata al nucleo del corpo rigido mediante predisposizione di apposita armatura di appensione, costituita da staffe orizzontali, disposte in maniera opportuna a seconda della direzione di trasmissione dell'azione.

Nelle verifiche che si riportano in seguito si trascura, in maniera conservativa, l'azione verticale trasmessa dall'apparecchio di appoggio.

Le azioni sollecitate utilizzate nelle verifiche sono le medesime riportate nelle verifiche dei ritegni.

#### 12.3.1 Verifica dell'armatura verticale

A favore di sicurezza, la verifica viene eseguita trascurando l'effetto stabilizzante prodotto del carico assiale trasmesso dal dispositivo. Il dimensionamento delle armature verticali, conseguentemente alla formazione del meccanismo descritto sopra, viene effettuato ipotizzando che tali armature debbano assorbire una azione di trazione pari al carico orizzontale trasmesso dall'appoggio.

Si considera un'armatura costituita da n° 12  $\phi 16$  a due bracci per un'area totale pari a  $A_s = 48.24 \text{ cm}^2$ .

Lo sforzo resistente supportato dall'armatura vale:

$$F_{RD} = A_s \cdot f_{yd} = 4824 \text{ mm}^2 \cdot 391 \text{ MPa} = 1886 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} / F_{RD} = 906 \text{ kN} / 1886 \text{ kN} = 0.48 < 1 \text{ Verificato}$$

## 12.4 Verifiche diaframmi di fondazione

### 12.4.1 Caratteristiche della sezione

Larghezza direzione longitudinale (cm)	120.00
Larghezza direzione trasversale (cm)	250.00
Armatura verticale	61Ø26
Copriferro baricentrico armatura dalla parete esterna (cm)	11.00
Armatura orizzontale in direzione longitudinale (cm <sup>2</sup> )	Staffe Ø12/20 a 6 braccia
	6.78
Armatura orizzontale in direzione trasversale (cm <sup>2</sup> )	Staffe Ø12/20 a due braccia
	2.26

### 12.4.2 Verifiche agli S.L.U.

#### 12.4.2.1 Pressoflessione

A favore di sicurezza si svolgono le verifiche considerando il diaframma più sollecitato (con l'involuppo dei momenti massimi alla stessa quota tra tutti i diaframmi e tutte le combinazioni) associato allo sforzo normale N del diaframma meno sollecitato assialmente nella stessa combinazione.

I massimi momenti sollecitanti sono ricavati nei paragrafi precedenti "sollecitazioni sui diaframmi".

**Titolo :**

N° Vertici  Zoom N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	-125	60
2	125	60
3	125	-60
4	-125	-60
5	-125	60

N°	As [cm <sup>2</sup> ]	x [cm]	y [cm]
1	5.31	25.5	-49
2	5.31	40.5	-49
3	5.31	70.5	-49
4	5.31	85.5	-49
5	5.31	85.5	49
6	5.31	70.5	49

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  0 kN  
M<sub>xEd</sub>  0 kNm  
M<sub>yEd</sub>  0

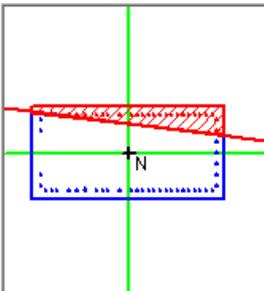
**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
ε<sub>su</sub>  % ε<sub>c2</sub>  %  
f<sub>yd</sub>  N/mm<sup>2</sup> ε<sub>cu</sub>  %  
E<sub>s</sub>  N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub>  %  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
ε<sub>syd</sub>  % σ<sub>c,adm</sub>   
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub>   
τ<sub>c1</sub>

M<sub>xRd</sub>  kN m  
M<sub>yRd</sub>  kN m  
σ<sub>c</sub>  N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s</sub>  N/mm<sup>2</sup>  
ε<sub>c</sub>  %  
ε<sub>s</sub>  %  
d  cm  
x  x/d   
δ

**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.

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ°

Precompresso

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

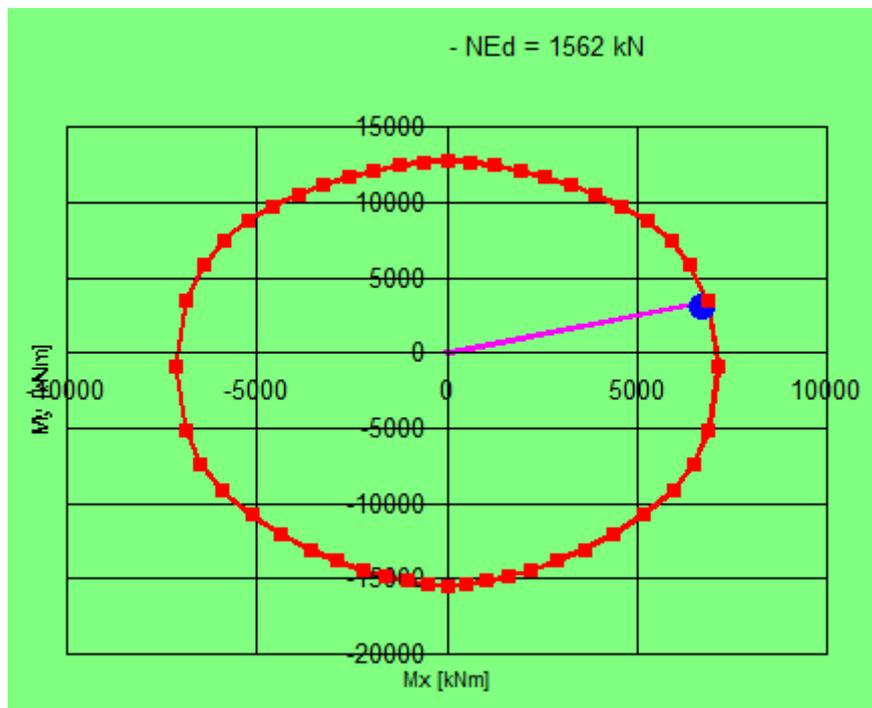
Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001

Rev.  
A

Foglio  
131 di 146



La verifica risulta soddisfatta.

12.4.2.2 Taglio

Si svolgono le verifiche considerando il diaframma più sollecitato sia in direzione longitudinale sia in direzione trasversale. I massimi tagli sollecitanti sono ricavati dai grafici riportati nei paragrafi “Sollecitazioni sui diaframmi” raffiguranti lo sviluppo verticale del taglio nel diaframma.

Longitudinale

Si considerano staffe  $\phi 12$  a 6 bracci.

$V_{sdu}$	790	kN
$N_{sdu}$	0	kN
$R_{ck}$	30	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	25	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.50	
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$b_w$	250	cm
$d$	109	cm
$A_{sl}$	79.65	cm <sup>2</sup>
$c$	11.00	cm
$\alpha$	90	gradi
$\alpha$	1.57	rad
$\theta$	21.80	gradi
$ctg\theta$	2.50	
$\theta_{imposto}$	21.80	gradi
$A_{sw}$	6.78	cm <sup>2</sup>
passo	20	cm
$f_{cd}$	14.17	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$	391.30	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{cp}$	0.00	N/mm <sup>2</sup>
<i>Verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
$V_{Rd}$	906	kN
<i>Verifica con armatura resistente a taglio</i>		
$V_{Rcd}$	5990	kN
$V_{Rsd}$	3254	kN
$V_{Rd}$	3254	kN

La verifica è soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
133 di 146TrasversaleSi considerano staffe  $\phi 12$  a 2 bracci.

$V_{sdu}$	1059	kN
$N_{sdu}$	0	kN
$R_{ck}$	30	$N/mm^2$
$f_{ck}$	25	$N/mm^2$
$\gamma_c$	1.50	
$f_{yk}$	450	$N/mm^2$
$b_w$	120	cm
$d$	239	cm
$A_{sl}$	31.86	$cm^2$
$c$	11.00	cm
$\alpha$	90	gradi
$\alpha$	1.57	rad
$\theta$	21.80	gradi
$ctg\theta$	2.50	
$\theta_{imposto}$	21.80	gradi
$A_{sw}$	2.26	$cm^2$
passo	20	cm
$f_{cd}$	14.17	$N/mm^2$
$f_{yd}$	391.30	$N/mm^2$
$\sigma_{cp}$	0.00	$N/mm^2$
<i>Verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
$V_{Rd}$	735	kN
<i>Verifica con armatura resistente a taglio</i>		
$V_{Rcd}$	6304	kN
$V_{Rsd}$	2378	kN
$V_{Rd}$	2378	kN

La verifica è soddisfatta.

### 12.4.3 Verifiche tensionali agli S.L.E.

Le verifiche tensionali vengono condotte per le combinazioni di carico in combinazione rara. A favore di sicurezza si considera il diaframma più sollecitato (combinando l'involuppo di momento longitudinale e trasversale anche se si trovano a quote differenti) con il minimo valore di compressione tra i tre diaframmi.

I massimi momenti sollecitanti sono ricavati dai grafici riportati nei paragrafi "Sollecitazioni sui diaframmi" raffiguranti lo sviluppo verticale del momento nel diaframma.

Titolo :

N° Vertici

5

Zoom

N° barre

61

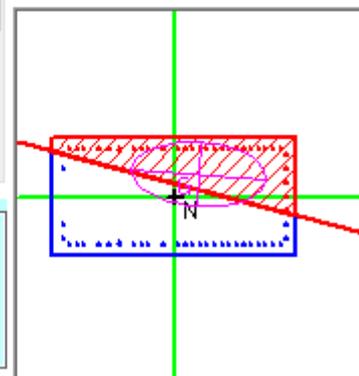
Zoom

Tipo Sezione

- Rettan.re     Trapezi  
 a T             Circolare  
 Rettangoli     Coord.

N°	x [cm]	y [cm]
1	-125	60
2	125	60
3	125	-60
4	-125	-60
5	-125	60

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	5.31	25.5	-49
2	5.31	40.5	-49
3	5.31	70.5	-49
4	5.31	85.5	-49
5	5.31	85.5	49
6	5.31	70.5	49



Sollecitazioni

S.L.U.

Metodo n

N <sub>Ed</sub>	1562	1877	kN
M <sub>xEd</sub>	6696	1617	kNm
M <sub>yEd</sub>	3085	1612	

P.to applicazione N

- Centro     Baricentro cls  
 Coord.[cm]

xN

yN

Metodo di calcolo

- S.L.U.+     S.L.U.-  
 Metodo n

Materiali

B450C

C25/30

$\epsilon_{su}$	67.5	%	$\epsilon_{c2}$	2	%
$f_{yd}$	391.3	N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$	3.5	
$E_s$	200,000	N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$	14.17	
$E_s/E_c$	15		$f_{cc}/f_{cd}$	0.8	?
$\epsilon_{syd}$	1.957	%	$\sigma_{c,adm}$	9.75	
$\sigma_{s,adm}$	255	N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$	0.6	
			$\tau_{c1}$	1.829	

$\sigma_c$  -5.584 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_s$  95.76 N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_s$  0.4788 ‰

d 165.5 cm

x 77.21    x/d 0.4666

$\delta$  1

Verifica

N° iterazioni: 4

Precompresso

I limiti tensionali sono rispettati e pertanto la verifica risulta soddisfatta.

Essendo i carichi delle combinazioni frequente e quasi permanenti inferiori a quelli della combinazione rara impiegati, le verifiche risultano implicitamente soddisfatte.

### 12.4.4 Verifiche di fessurazione agli S.L.E.

Le verifiche a fessurazione vengono condotte per le combinazioni di carico in combinazione frequente. A favore di sicurezza si considera il diaframma più sollecitato (combinando l'involuppo di momento longitudinale e trasversale anche se si trovano a quote differenti) con il minimo valore di compressione tra i tre diaframmi. I massimi momenti sollecitanti sono ricavati dai grafici riportati nei paragrafi "Sollecitazioni sui diaframmi" raffiguranti lo sviluppo verticale del momento nel diaframma.

**Titolo :**

**N\* Vertici**  **Zoom** **N\* barre**  **Zoom**

N*	x [cm]	y [cm]
1	-125	60
2	125	60
3	125	-60
4	-125	-60
5	-125	60

N*	As [cm <sup>2</sup> ]	x [cm]	y [cm]
1	5.31	25.5	-49
2	5.31	40.5	-49
3	5.31	70.5	-49
4	5.31	85.5	-49
5	5.31	85.5	49
6	5.31	70.5	49

**Tipo Sezione**

Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**

S.L.U.  Metodo n

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="1562"/>	<input type="text" value="2361"/> kN
M <sub>xEd</sub>	<input type="text" value="6696"/>	<input type="text" value="970"/> kNm
M <sub>yEd</sub>	<input type="text" value="3085"/>	<input type="text" value="571"/>

**P.to applicazione N**

Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm]  xN  yN

**Metodo di calcolo**

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

**Materiali**

<b>B450C</b>	<b>C25/30</b>
$\epsilon_{su}$ <input type="text" value="67.5"/> ‰	$\epsilon_{c2}$ <input type="text" value="2"/> ‰
$f_{yd}$ <input type="text" value="391.3"/> N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$ <input type="text" value="3.5"/> ‰
$E_s$ <input type="text" value="200.000"/> N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$ <input type="text" value="14.17"/>
$E_s/E_c$ <input type="text" value="15"/>	$f_{cc}/f_{cd}$ <input type="text" value="0.8"/> ?
$\epsilon_{syd}$ <input type="text" value="1.957"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$ <input type="text" value="9.75"/>
$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="255"/> N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$ <input type="text" value="0.6"/>
	$\tau_{c1}$ <input type="text" value="1.829"/>

$\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 $\delta$

**Verifica**

N\* iterazioni:

Precompresso

Poiché la tensione sull'acciaio rispetta i minimi da normativa per eseguire la verifica a fessurazione in forma tabellare, la verifica di formazione delle fessure risulta soddisfatta.

Essendo soddisfatta la verifica in combinazione frequente, in combinazione Quasi Permanente la verifica è automaticamente soddisfatta.

Si esegue comunque la verifica a fessurazione anche mediante "calcolo diretto" ai sensi del D.M. 14.01.2008:

Caratteristiche dei materiali			
Classe cls	$f_{ck} =$	25	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico acciaio	$E_s =$	210000	N/mm <sup>2</sup>

Modulo elastico del calcestruzzo	$E_{cm0} =$	31476	$N/mm^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} =$	2.56	$N/mm^2$
Coefficiente di omogeneizzazione	$n_0 =$	15	
<b>Caratteristiche della sezione</b>			
Altezza	$H =$	120	cm
Larghezza	$B =$	250	cm
Momento di fessurazione	$M_{fess}$	1539	kNm
Copriferro baricentrico acciaio teso	$cb =$	11.00	cm
Area acciaio teso	$A_s =$	132.75	$cm^2$
Ricoprimento barre esterne tese	$c =$	9.7	cm
Diametro massimo barre tese	$F =$	2.6	cm
Diametro medio equivalente	$F_m =$	2.60	cm
<b>Sezione fessurata: apertura fessure</b>			
Tensione media barre	$s_{sm} =$	19.09	$N/mm^2$
Asse neutro	$x =$	9.64	cm
Altezza utile	$d =$	109.00	cm
Deformazione media barre	$e_1 =$	1.01E-04	
<b>Distanza media fra due fessure successive</b>			
Coefficiente $k_2$	$k_2 =$	0.50	
Coefficiente $k_3$	$k_3 =$	3.400	
Larghezza efficace	$b_{eff} =$	250.0	cm
Altezza efficace	$h_{c,eff} =$	27.5	cm
Area efficace	$A_{ceff} =$	6875.0	$cm^2$
Area armature poste in $A_{ceff}$	$A_s =$	132.75	$cm^2$
Distanza massima fra due fessure	$D_{smax} =$	55.87	cm
Coefficiente $k_t$	$k_t =$	0.4	
Coefficiente $k_1$	$k_1 =$	0.8	
Coefficiente $k_4$	$k_4 =$	0.425	
<b>Deformazione unitaria media</b>	$e_{sm} =$	5.45E-05	
<b>Ampiezza fessura</b>	$w_k =$	<b>0.030</b>	<b>mm</b>

Essendo soddisfatta la verifica in combinazione frequente con le limitazioni della quasi permanente ( $w < 0.2mm$ ), in combinazione Quasi Permanente la verifica è automaticamente soddisfatta.

## 12.5 Verifica di portanza verticale dei diaframmi

Le sollecitazioni assiali di progetto atte alla verifica geotecnica di portanza verticale sono riportate nel paragrafo "Sollecitazioni sui diaframmi".

In accordo con le NTC08 le verifiche vengono svolte considerando l'approccio 2: (A1+M1+R3).

Si riportano le massime sollecitazioni di compressione e le relative resistenze per diaframmi.

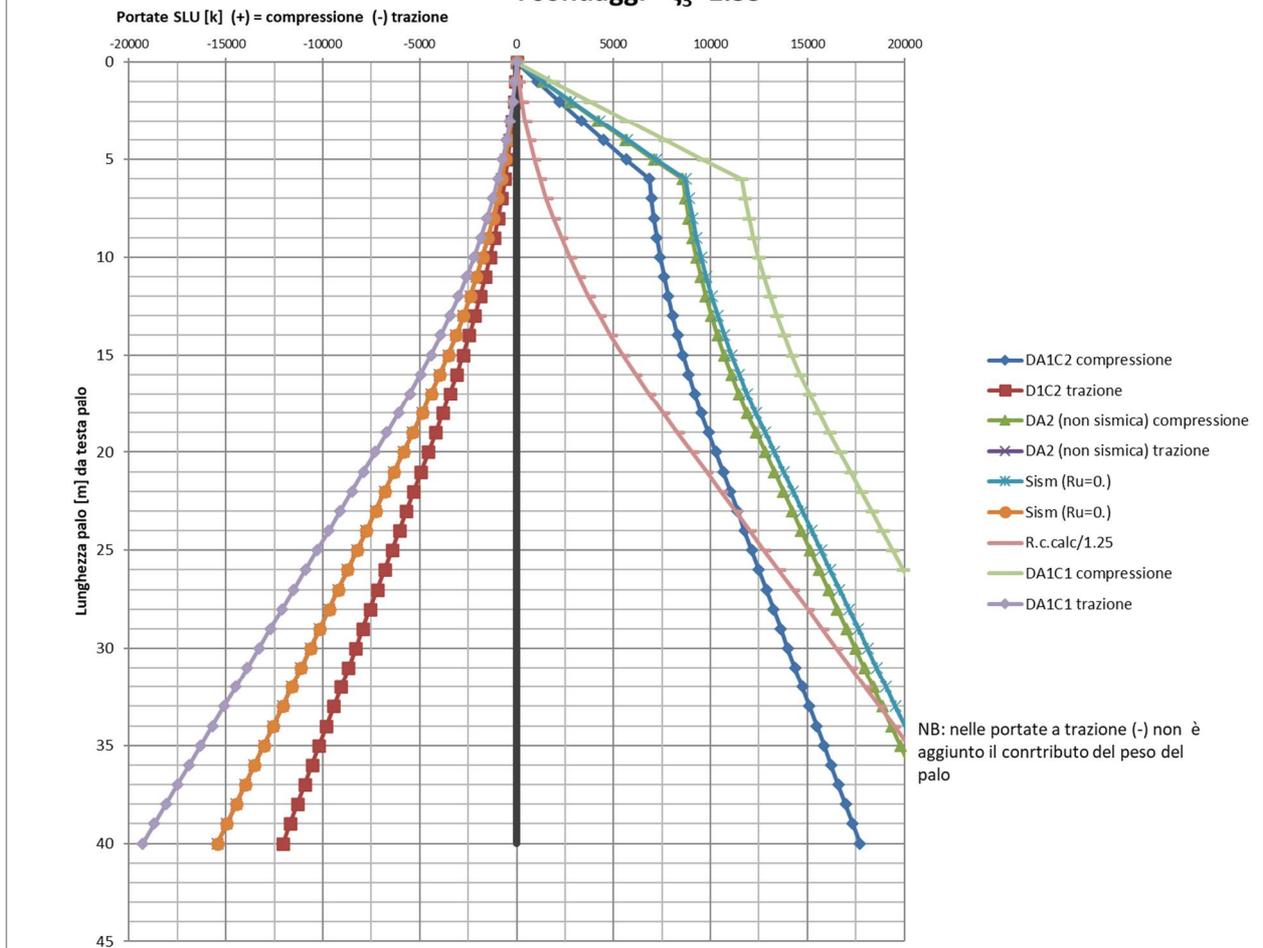
Lo sforzo normale massimo di compressione risulta, per il diaframma più sollecitato:

	<b>Nmax (SLU)</b> <b>[kN]</b>	<b>Nmax (SLV)</b> <b>[kN]</b>	<b>L diaframma</b> <b>[m]</b>	<b>NRd (SLU)</b> <b>[kN]</b>	<b>NRd (SLV)</b> <b>[kN]</b>
PILA 1	-6247	-5388	15.00	-10700	-11080
PILA 2	-7606	-6335	15.00	-10700	-11080
PILA 3	-8255	-7167	15.00	-10700	-11080
PILA 4	-10019	-8073	15.00	-10700	-11080
PILA 5	-9325	-6883	15.00	-10700	-11080

Di seguito si riportano in via tabulare e grafica i diagrammi di portanza del diaframma singolo terminale forniti dal Progettista Geotecnico per l'opera in oggetto (i segni sono invertiti rispetto a quelli usati in precedenza). Si evidenziano i valori di resistenza secondo l'approccio 2 (sia in fase sismica che agli SLU) utilizzati nelle verifiche.

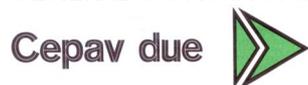
**IV16 diaframma continuo sp 1.20 m x B=2.50 m - DIAFRAMMA TERMINALE**  
falda 20 m da p.c.  
testa palo a 2.5 m da p.c.  
4 sondaggi-  $\xi_3=1.55$

PE -2020



d	DA1 C1		DA1 C2		DA2 (non sismica)		SISMICA (Ru=0.)		R.c.calc/1.25
	Compressione	Trazione	Compressione	Trazione	Compressione	Trazione	Compressione	Trazione	
0	4	0	3	0	4	0	3	0	0
1	1865	-87	1092	-55	1369	-70	1393	-70	108
2	3756	-204	2201	-128	2759	-163	2808	-163	253
3	5676	-351	3331	-219	4175	-281	4250	-281	435
4	7626	-527	4481	-329	5617	-421	5717	-421	653
5	9605	-733	5651	-458	7085	-586	7209	-586	908
6	11610	-968	6842	-605	8578	-774	8728	-774	1200
7	11780	-1233	6953	-771	8711	-986	8886	-986	1529
8	11980	-1527	7084	-955	8870	-1222	9071	-1222	1894
9	12210	-1852	7235	-1157	9055	-1481	9280	-1481	2296
10	12460	-2205	7407	-1378	9265	-1764	9516	-1764	2735

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
139 di 146

11	12750	-2589	7600	-1618	9501	-2071	9778	-2071	3210
12	13070	-3002	7813	-1876	9763	-2401	10060	-2401	3722
13	13410	-3444	8046	-2153	10050	-2756	10380	-2756	4271
14	13790	-3917	8300	-2448	10360	-3133	10720	-3133	4857
15	14190	-4419	8574	-2762	10700	-3535	11080	-3535	5479
16	14620	-4950	8868	-3094	11070	-3960	11470	-3960	6138
17	15090	-5511	9183	-3444	11460	-4409	11890	-4409	6834
18	15600	-6101	9530	-3813	11890	-4881	12340	-4881	7565
19	16140	-6701	9902	-4188	12360	-5361	12820	-5361	8309
20	16680	-7301	10270	-4563	12820	-5841	13300	-5841	9053
21	17230	-7901	10650	-4938	13290	-6321	13780	-6321	9798
22	17770	-8501	11020	-5313	13750	-6801	14260	-6801	10540
23	18310	-9101	11390	-5688	14220	-7281	14740	-7281	11290
24	18860	-9701	11760	-6063	14680	-7761	15220	-7761	12030
25	19400	-10300	12130	-6438	15150	-8241	15700	-8241	12770
26	19940	-10900	12500	-6813	15610	-8721	16180	-8721	13520
27	20490	-11500	12880	-7188	16080	-9201	16660	-9201	14260
28	21030	-12100	13250	-7563	16540	-9681	17140	-9681	15010
29	21570	-12700	13620	-7938	17010	-10160	17620	-10160	15750
30	22120	-13300	13990	-8313	17470	-10640	18100	-10640	16490
31	22660	-13900	14360	-8688	17940	-11120	18580	-11120	17240
32	23200	-14500	14740	-9063	18400	-11600	19060	-11600	17980
33	23750	-15100	15110	-9438	18870	-12080	19540	-12080	18730
34	24290	-15700	15480	-9813	19330	-12560	20020	-12560	19470
35	24830	-16300	15850	-10190	19800	-13040	20500	-13040	20210
36	25380	-16900	16220	-10560	20260	-13520	20970	-13520	20960
37	25920	-17500	16590	-10940	20730	-14000	21450	-14000	21700
38	26460	-18100	16970	-11310	21190	-14480	21930	-14480	22450
39	27010	-18700	17340	-11690	21660	-14960	22410	-14960	23190
40	27550	-19300	17710	-12060	22120	-15440	22890	-15440	23930

Per i diaframmi intermedi:

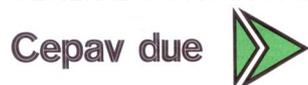
	<b>Nmax (SLU)</b> <b>[kN]</b>	<b>Nmax (SLV)</b> <b>[kN]</b>	<b>L diaframma</b> <b>[m]</b>	<b>NRd (SLU)</b> <b>[kN]</b>	<b>NRd (SLV)</b> <b>[kN]</b>
PILA 1	-4438	-3172	15.00	-11910	-12390
PILA 2	-5158	-3772	15.00	-11910	-12390
PILA 3	-5282	-3903	15.00	-11910	-12390
PILA 4	-6607	-4912	15.00	-11910	-12390
PILA 5	-6672	-4857	15.00	-11910	-12390

Si adottano quindi diaframmi di lunghezza pari a 15m.

Di seguito si riportano in via tabulare e grafica i diagrammi di portanza del diaframma singolo intermedio forniti dal Progettista Geotecnico per l'opera in oggetto (i segni sono invertiti rispetto a quelli usati in precedenza). Si evidenziano i valori di resistenza secondo l'approccio 2 (sia in fase sismica che agli SLU) utilizzati nelle verifiche.

<b>d</b>	<b>DA1 C1</b>		<b>DA1 C2</b>		<b>DA2 (non sismica)</b>		<b>SISMICA (Ru=0)</b>		<b>R.c.calc/1.25</b>
	<b>Compressione</b>	<b>Trazione</b>	<b>Compressione</b>	<b>Trazione</b>	<b>Compressione</b>	<b>Trazione</b>	<b>Compressione</b>	<b>Trazione</b>	
0	5	0	4	0	5	0	4	0	0
1	2177	-90	1272	-56	1593	-72	1624	-72	112
2	4380	-211	2561	-132	3208	-169	3272	-169	261
3	6613	-362	3871	-226	4850	-290	4945	-290	449
4	8877	-544	5202	-340	6518	-435	6646	-435	674
5	11170	-756	6554	-473	8213	-605	8372	-605	938
6	13500	-999	7927	-624	9934	-799	10130	-799	1239
7	13650	-1273	8024	-795	10050	-1018	10270	-1018	1578
8	13820	-1577	8141	-985	10190	-1261	10440	-1261	1955
9	14040	-1911	8280	-1195	10350	-1529	10640	-1529	2370
10	14280	-2277	8440	-1423	10550	-1821	10870	-1821	2823
11	14550	-2672	8620	-1670	10770	-2138	11120	-2138	3314
12	14850	-3099	8822	-1937	11010	-2479	11400	-2479	3842
13	15180	-3556	9045	-2222	11290	-2844	11700	-2844	4409
14	15540	-4043	9289	-2527	11590	-3234	12040	-3234	5013
15	15940	-4561	9554	-2851	11910	-3649	12390	-3649	5656
16	16360	-5110	9841	-3194	12260	-4088	12780	-4088	6336
17	16820	-5689	10150	-3556	12640	-4551	13190	-4551	7054
18	17320	-6298	10490	-3936	13070	-5038	13640	-5038	7809
19	17870	-6917	10860	-4323	13540	-5534	14130	-5534	8577
20	18420	-7536	11240	-4710	14000	-6029	14610	-6029	9345
21	18960	-8156	11610	-5098	14470	-6525	15100	-6525	10110
22	19510	-8775	11980	-5484	14930	-7020	15580	-7020	10880
23	20060	-9394	12360	-5872	15400	-7516	16070	-7516	11650
24	20600	-10010	12730	-6259	15860	-8011	16550	-8011	12420
25	21150	-10630	13100	-6646	16330	-8506	17040	-8506	13180

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



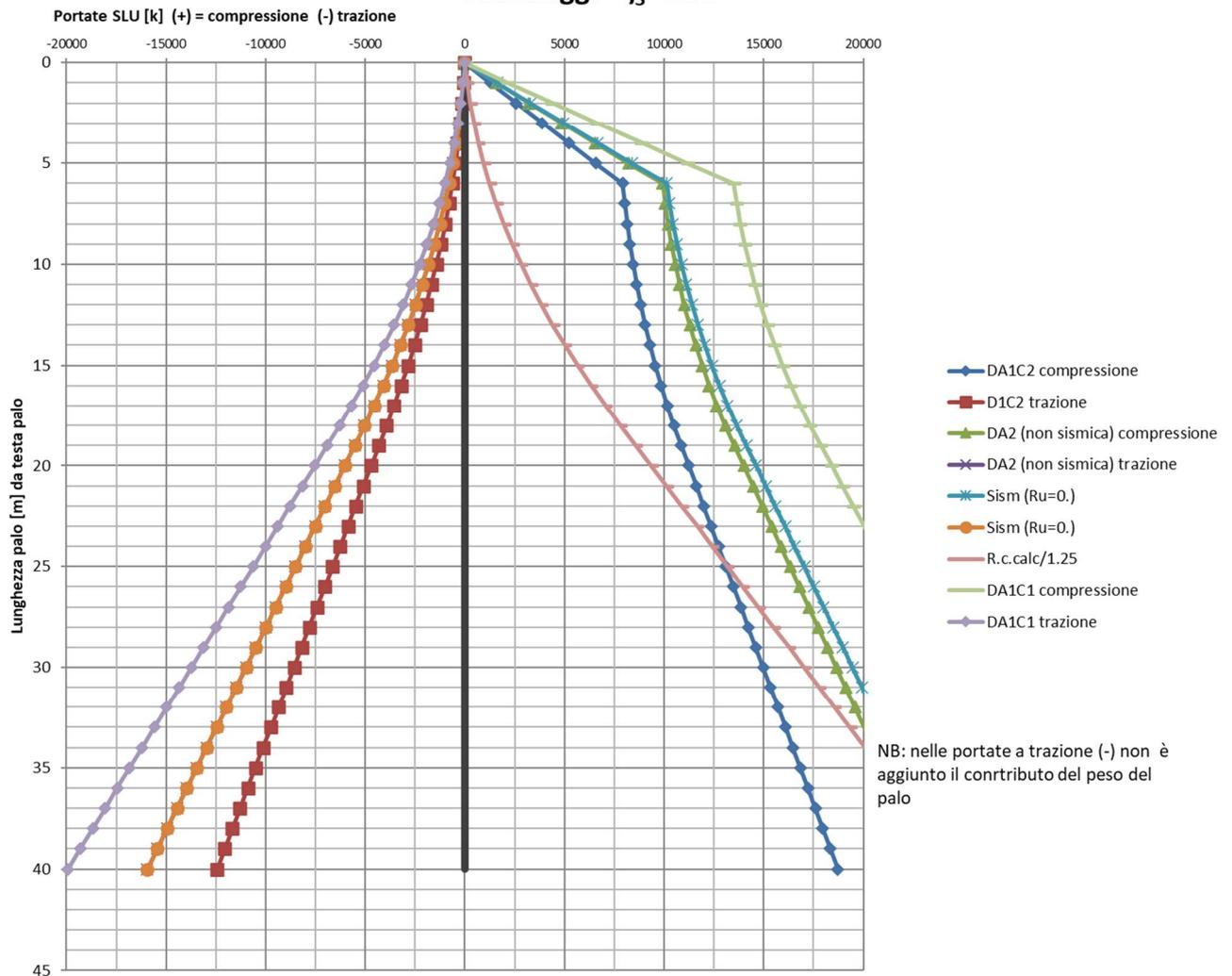
Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL IV 16A 4 001Rev.  
AFoglio  
141 di 146

26	21700	-11250	13480	-7033	16800	-9002	17520	-9002	13950
27	22240	-11870	13850	-7420	17260	-9498	18010	-9498	14720
28	22790	-12490	14220	-7807	17730	-9993	18490	-9993	15490
29	23340	-13110	14600	-8194	18190	-10490	18980	-10490	16260
30	23880	-13730	14970	-8581	18660	-10980	19460	-10980	17030
31	24430	-14350	15340	-8968	19130	-11480	19950	-11480	17790
32	24980	-14970	15720	-9355	19590	-11970	20430	-11970	18560
33	25520	-15590	16090	-9743	20060	-12470	20920	-12470	19330
34	26070	-16210	16460	-10130	20520	-12970	21400	-12970	20100
35	26620	-16830	16840	-10520	20990	-13460	21880	-13460	20870
36	27160	-17450	17210	-10900	21460	-13960	22370	-13960	21630
37	27710	-18070	17590	-11290	21920	-14450	22850	-14450	22400
38	28260	-18680	17960	-11680	22390	-14950	23340	-14950	23170
39	28800	-19300	18330	-12060	22850	-15440	23820	-15440	23940
40	29350	-19920	18710	-12450	23320	-15940	24310	-15940	24700

**IV16 diaframma continuo sp 1.20 m x B=3.2m - DIAFRAMMA INTERMEDIO**  
falda 20 m da p.c.  
testa palo a 2.5 m da p.c.  
4 sondaggi-  $\xi_3=1.55$

PE 2020



**12.6 Verifica di portanza orizzontale dei diaframmi**

Dalle analisi statiche e sismiche i massimi sforzi di taglio agenti sulla palificata risultano:

**PILA 1**

Combinazione di carico	N (kN)	MI (kNm)	Mt (kNm)	TI (kN)	Tt (kN)
SLV 1d	6427.27	13890.02	3394.69	2275.54	556.06
SLV 2d	6427.27	5652.97	11315.62	853.46	1853.54

**PILA 2**

Combinazione di carico	N (kN)	MI (kNm)	Mt (kNm)	TI (kN)	Tt (kN)
SLV 1d	7469.78	14822.51	4144.22	2285.05	616.96
SLV 2d	7469.78	5393.96	13814.06	783.16	2056.55

**PILA 3**

Combinazione di carico	N (kN)	MI (kNm)	Mt (kNm)	TI (kN)	Tt (kN)
SLV 1d	7561.54	14193.64	5332.53	2206.25	714.53
SLV 2d	7561.54	4511.04	17775.09	687.43	2381.75

**PILA 4**

Combinazione di carico	N (kN)	MI (kNm)	Mt (kNm)	TI (kN)	Tt (kN)
SLV 1d	9738.17	12402.32	5442.61	2104.54	715.66
SLV 2d	9738.17	4159.18	18142.02	681.76	2385.54

**PILA 5**

Combinazione di carico	N (kN)	MI (kNm)	Mt (kNm)	TI (kN)	Tt (kN)
SLV 1d	10083.80	9714.81	3498.39	2051.01	566.55
SLV 2d	10083.80	4262.01	11661.31	832.65	1888.51

L'armatura dei diaframmi è costituita da 61 $\phi$ 26 a cui corrisponde un momento plastico di 2752 kNm/m.

**12.6.1 Direzione longitudinale**

Si riporta di seguito la verifica di portanza orizzontale dei diaframmi in direzione longitudinale, eseguita sulla base dei dati forniti dal Progettista Geotecnico, per l'opera in oggetto:

$\varnothing_k$	38 °	$\gamma_\theta$	1
$\delta$	19 °		
$\gamma$	20 kN/m <sup>3</sup>	$M_p$	2752 kN·m/M
$\xi_3$	1.5	$\gamma_R$	1.3
$\varnothing_d$	38 °		
$K_{PE}$	7.232	$K_{AE}$	0.237883
$K_{p,calc}$	4.663 = $K_p/\xi_3$		
$x$	4.46 m	<b>(profondità cerniera plastica)</b>	
<b>H</b>	<b>926.13 kN/m</b>		

<b><math>R_d</math></b>	<b>= 926 / 1.3 =</b>	<b>712 kN/m</b>
-------------------------	----------------------	-----------------

<b><math>R_d</math></b>	<b>5842 kN</b>
-------------------------	----------------

Essendo  $T_{Rd} = 5842 \text{ kN} > T_{Ed,trasv} = 2285 \text{ kN}$  la verifica risulta soddisfatta.

L'armatura in grado di garantire il momento resistente sufficiente a soddisfare la verifica è presente per tutto lo sviluppo del diaframma.

**12.6.2 Direzione trasversale**

Si riporta di seguito la verifica di portanza orizzontale dei diaframmi in direzione trasversale, eseguita sulla base dei dati forniti dal Progettista Geotecnico per l'opera in oggetto:

L	15	m
$\varnothing_k$	38	°
$\xi_3$	1.5	
$\gamma$	20	kN/m <sup>3</sup>
$\gamma_T$	1.3	
d	1.2	m
$k_p$	4.20	
$H_u$	17462	kN

Essendo  $H_{u,Rd} = 17462 \text{ kN} > T_{Ed,trasv} = 2386 \text{ kN}$  la verifica risulta soddisfatta.

### 13 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

Si riporta, come richiesto dal DM 14/01/2008 al paragrafo 10.2, un giudizio di accettabilità dei risultati, condotto attraverso una verifica manuale dei calcoli numerici svolti. In realtà il calcolo condotto per le pile non ha richiesto l'ausilio di codici software, se non per alcune limitate valutazioni. Sono stati infatti utilizzati dei fogli di calcoli elettronici, in cui sono state implementate le formulazioni "manuali", allo scopo di rendere più agevole l'esecuzione di tutte le valutazioni numeriche e quindi molto più controllati rispetto analoghe valutazioni svolte tramite software e quindi meno controllabili. Ad ogni modo verranno nel seguito rifatte a tale scopo alcune calcolazioni, relativamente ai casi di carico più significativi (pesi e traffico) in termini di azioni verticali agenti e quindi maggiormente incidenti sulle verifiche finali rispetto ai restanti.

Per prima cosa si ricorda che il valore di carico distribuito valido per il cv in oggetto è pari a 150 kN/m.

I carichi da traffico vengono disposti invece come spiegato nel paragrafo "Azioni accidentali da traffico veicolare", ovvero al fine di massimizzare l'azione di compressione negli appoggi, oppure al fine di massimizzare l'azione flettente/verticale di compressione nelle pile.

La lunghezza di afferenza è stata valutata manualmente secondo uno schema semplificato di incastro-appoggio per la prima ed ultima campata, quindi assegnando una maggiore aliquota di carico alla pila rispetto alla spalla, mentre di incastro-incastro per tutte le campate intermedie, quindi assegnando a ciascuna pila metà del carico.

Le caratteristiche geometriche del cv sono:

	<b>L campata</b> [m]
<b>SpA</b>	30.00
<b>P1</b>	35.00
<b>P2</b>	45.00
<b>P3</b>	45.00
<b>P4</b>	70.00
<b>P5</b>	40.00
<b>SpB</b>	

Si riporta di seguito il calcolo svolto manualmente e confrontato con i risultati esposti nei paragrafi precedenti, relativamente all'azione dei pesi verticali:

		VALORE CALCOLO MANUALE			VALORE CALCOLO DA MODELLO			Errore				
		Pesi	q	=	Pesi	q	=					
<b>Luci</b>												
L1	30.00											
Afferenza pila P1	36.25 -->	Pesi P1	)	N =	5437.50	kN	Pesi P1	)	N =	5190.00	kN	1.05
L2	35.00											
Afferenza pila P2	40.00 -->	Pesi P2	)	N =	6000.00	kN	Pesi P2	)	N =	6194.00	kN	0.97
L3	45.00											
Afferenza pila P3	45.00 -->	Pesi P3	)	N =	6750.00	kN	Pesi P3	)	N =	6298.00	kN	1.07
L4	45.00											
Afferenza pila P4	57.50 -->	Pesi P4	)	N =	8625.00	kN	Pesi P4	)	N =	8952.00	kN	0.96
L5	70.00											
Afferenza pila P5	60.00 -->	Pesi P5	)	N =	9000.00	kN	Pesi P5	)	N =	9746.00	kN	0.92
L6	40.00											

Si riporta invece di seguito per il carico da traffico considerato per massimizzare sia la compressione che la trazione nella pila. La compressione è ottenuta tramite due corsie di carico più la folla su un cordolo. La trazione è invece ottenuta tramite una corsia e la folla su un cordolo.

Si applicano i seguenti carichi:

	Carico [kN/m <sup>2</sup> ]	larghezza [m]	q <sub>lin</sub> [kN/m]	Tandem [kN]
FOLLA	2.5	1.85	4.625	-
1° CORSIA	9	3	27	600
2° CORSIA	2.5	3	7.5	400

COMPRESSIONE	2 corsie + folla	39.125	1000
TRAZIONE	1 corsia + folla	31.625	600

Il controllo manuale rispetto ai numeri estratti dalle tabelle esposte in precedenza nella relazione conduce a:

		VALORE CALCOLO MANUALE			VALORE CALCOLO DA MODELLO			Errore	VALORE CALCOLO DA MANUALE			VALORE CALCOLO DA MODELLO			Errore								
		MASSIMA COMPRESSIONE			MASSIMA COMPRESSIONE				MASSIMA TRAZIONE			MASSIMA TRAZIONE											
		Tandem	)	F =	Tandem	)	F =		Tandem	)	F =	Tandem	)	F =									
<b>Luci</b>																							
L1	30.00																						
Afferenza pila P1	36.25 -->	Traff. P1	)	N =	2418.28	kN	Traff. P1	)	N =	2565.00	kN	0.94	Traff. P1	)	N =	1746.41	kN	Traff. P1	)	N =	1865.00	kN	0.94
L2	35.00																						
Afferenza pila P2	40.00 -->	Traff. P2	)	N =	2565.00	kN	Traff. P2	)	N =	2917.13	kN	0.88	Traff. P2	)	N =	1865.00	kN	Traff. P2	)	N =	2149.63	kN	0.87
L3	45.00																						
Afferenza pila P3	45.00 -->	Traff. P3	)	N =	2760.63	kN	Traff. P3	)	N =	3034.50	kN	0.91	Traff. P3	)	N =	2023.13	kN	Traff. P3	)	N =	2244.50	kN	0.90
L4	45.00																						
Afferenza pila P4	57.50 -->	Traff. P4	)	N =	3249.69	kN	Traff. P4	)	N =	3621.38	kN	0.90	Traff. P4	)	N =	2418.44	kN	Traff. P4	)	N =	2718.88	kN	0.89
L5	70.00																						
Afferenza pila P5	60.00 -->	Traff. P5	)	N =	3347.50	kN	Traff. P5	)	N =	3582.25	kN	0.93	Traff. P5	)	N =	2497.50	kN	Traff. P5	)	N =	2687.25	kN	0.93
L6	40.00																						

Gli errori riscontrati sono essenzialmente dovuti all'errore nella valutazione dell'afferenza per carichi verticali distribuiti applicati sull'impalcato. Tramite una valutazione più accurata, ad esempio attraverso un modello agli elementi finiti, è possibile cogliere la configurazione di carico più corretta per il calcolo dell'azione gravante sulle varie pile. Inoltre nel caso di massima trazione o flessione trasversale nella palificata è stata prevista nel calcolo manuale la presenza di almeno due colonne di carico, mentre può risultare più sfavorevole il caso di un'unica colonna di massima eccentricità, che conduce ad un carico verticale globale inferiore.