

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE**



COMUNE DI TORINO



**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
Lotto Costruttivo 2: Bologna - Politecnico**

PROGETTO DEFINITIVO		 INFRATRASPORTI S.r.l.												
DIRETTORE PROGETTAZIONE Responsabile integrazione discipline specialistiche	IL PROGETTISTA													
Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 60385	Ing. F. Rizzo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 9337K	PROGETTO STRUTTURALE – POZZI E MANUFATTI DI LINEA POZZO DI INTERTRATTA MOLE/GIARDINI REALI RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE												
		ELABORATO								REV.		SCALA	DATA	
BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi		MT	L2	T1	A2	D	STR	PMO	R	001	0	1	-	16/11/2023

AGGIORNAMENTI

Fg. 1 di 1

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	VISTO
0	EMISSIONE	18/01/22	LFA	PDM	FRI	RCR
1	EMISSIONE FINALE A SEGUITO DI VERIFICA PREVENTIVA	16/11/23	PDM	PDM	FRI	RCR
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1"> <tr> <td>LOTTO 2</td> <td>CARTELLA</td> <td>9.4.8</td> <td>1</td> <td>MTL2T1A2D</td> <td>STRPMOR001</td> </tr> </table>						LOTTO 2	CARTELLA	9.4.8	1	MTL2T1A2D	STRPMOR001	<p align="center">STAZIONE APPALTANTE</p> <p align="center">DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio</p> <p align="center">RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozzi</p>						
LOTTO 2	CARTELLA	9.4.8	1	MTL2T1A2D	STRPMOR001													

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

INDICE

1.	PREMESSA	5
2.	DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO	6
2.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	6
2.2	PROGRAMMI DI CALCOLO	7
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
3.1	CALCESTRUZZO PER MICROPALI/MICROPALI: C25/30	8
3.2	MAGRONE: C12/15	8
3.3	SOLETTA DI FONDO/STRUTTURE INTERNE: C30/37	8
3.4	ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO: B450C	9
3.5	ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA	9
3.6	COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE: MICROPALI	9
4.	DESCRIZIONE DELLE OPERE	11
5.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	14
5.1	CONTESTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO	14
5.2	PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO	16
6.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	17
6.1	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE	17
6.2	FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO	18
6.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	18
6.4	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	19
7.	CRITERI DI CALCOLO DELLE OPERE	21
7.1	CENNI NORMATIVI	21
7.2	MODELLAZIONE NUMERICA	23
7.3	CARICHI APPLICATI ALLE STRUTTURE	24
8.	CABINA TECNICA	26
8.1	ANALISI DEI CARICHI	26
8.2	MODELLO DI CALCOLO	27
8.3	SOLLECITAZIONI AGENTI PER UNITÀ DI LUNGHEZZA	37
8.4	VERIFICHE PILASTRATE C.A. (CONTROPARETI)	40

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

8.5	VERIFICHE TRAVATE C.A.	55
8.6	SINTESI DELLE SEZIONI ED ARMATURE ADOTTATE	65
8.7	VERIFICA A GALLEGGIAMENTO STRUTTURE INTERNE	66
9.	SEZIONE TRASVERSALE DEL POZZO	68
10.	SOLETTONE DI FONDO DEL POZZO	70
11.	RIVESTIMENTO DEFINITIVO DEL CUNICOLO DI COLLEGAMENTO DEL POZZO	76

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Key-plan della Linea 2 – tratta funzionale 1: Politecnico-Rebaudengo	5
Figura 2.	Sezione trasversale del pozzo di intertratta Mole/Giardini Reali (PMO)	11
Figura 3.	Quadro strutturale tratto dal progetto CARG (Fonte: Forno M.G., 2012)	14
Figura 4.	Schematizzazione metodo di Wood	25
Figura 5.	Carichi in condizione permanenti portati [kN/m]	28
Figura 6.	Carichi in condizione variabile Fsx [kN/m]	29
Figura 7.	Carichi in condizione variabile Fdx [kN/m]	30
Figura 8.	Carichi in condizione variabile F _{CV} [kN/m]	31
Figura 9.	Carichi in condizione Sisma [kN/m]	32
Figura 10.	Carichi in condizione E [kN/m]	33
Figura 11.	Carichi in condizione pesi (spinta idrica) [kN/m]	34
Figura 12.	Inviluppo Diagramma Momento flettente agente SLU [kNm]	37
Figura 13.	Inviluppo Sforzo normale agente SLU [kN]	38
Figura 14.	Inviluppo taglio agente [kN]	38
Figura 15.	Deformazioni massime registrate SLU [m]	39
Figura 16.	Schema statico della sezione trasversale del pozzo	68

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.	Parametri di resistenza e deformabilità per le unità geotecniche di riferimento	16
Tabella 2.	Sintesi dei parametri di pericolosità sismica di base	19
Tabella 3.	Sintesi delle azioni sismiche di progetto	20
Tabella 4.	Coefficienti parziali per le azioni	22
Tabella 5.	Coefficienti parziali per le resistenze dei materiali naturali	22
Tabella 6.	Coefficienti parziali per le verifiche di opere di materiali sciolti	23
Tabella 7.	Coefficienti amplificativi dei carichi secondo NTC 2018	23
Tabella 8.	Combinazioni di carico SLU	35
Tabella 9.	Combinazioni di carico SLE rara	36
Tabella 10.	Combinazioni di carico SLE frequente	36
Tabella 11.	Combinazioni di carico SLE quasi permanente	36

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Tabella 12. Sintesi delle sezioni geometriche ed armature adottate	65
Tabella 13. Coefficienti amplificativi dei carichi secondo NTC 2018	66
Tabella 14. Calcolo azione stabilizzante	67
Tabella 15. Verifica al galleggiamento e calcolo del SF	67
Tabella 16. Calcolo del carico agente	69
Tabella 17. Risultato della verifica condotta	69
Tabella 18. Sollecitazioni caratteristiche	70
Tabella 19. Momento flettente di calcolo	70
Tabella 20. Taglio di calcolo	71
Tabella 21. Verifiche allo SLE	71
Tabella 22. Verifiche a pressoflessione allo SLU	76
Tabella 23. Verifiche a taglio allo SLU	76
Tabella 24. Verifiche allo SLE	76



1. PREMESSA

La presente relazione si inserisce nell’ambito dell’affidamento dei servizi di ingegneria relativi alla Progettazione Definitiva della Tratta Politecnico-Rebaudengo della Linea 2 della Metropolitana, disciplinato dal Contratto tra la Città di Torino e la società Infratrasporti.TO s.r.l., ed ha per oggetto le fasi realizzative, le analisi strutturali e le verifiche relative alle opere definitive del pozzo di ventilazione Mole/Giardini reali “PMO” previsto alla PK 10+035.34.

Il tracciato urbano della Linea 2 della Metropolitana di Torino, si sviluppa per circa 14.50 km dal settore Nord/Est al settore Sud/Ovest della città di Torino e cioè dalla nuova stazione Rebaudengo del passante ferroviario, si inserisce nell’ex scalo ferroviario Vanchiglia, utilizzando la trincea tra le vie Gottardo e Sempione, percorre corso Regio Parco, attraversa il fiume Dora, i Giardini Reali, piazza castello, devia verso via Roma, interseca la linea 1 esistente nella stazione di Porta Nuova e, attraversando prima la stazione ferroviaria di Porta Nuova e successivamente corso Stati Uniti, devia su Corso Trento, percorre corso Duca degli Abruzzi per immettersi lungo corso Orbassano fino al cimitero parco (per maggiori dettagli si riporta nella figura seguente il key-plan della linea in questione).

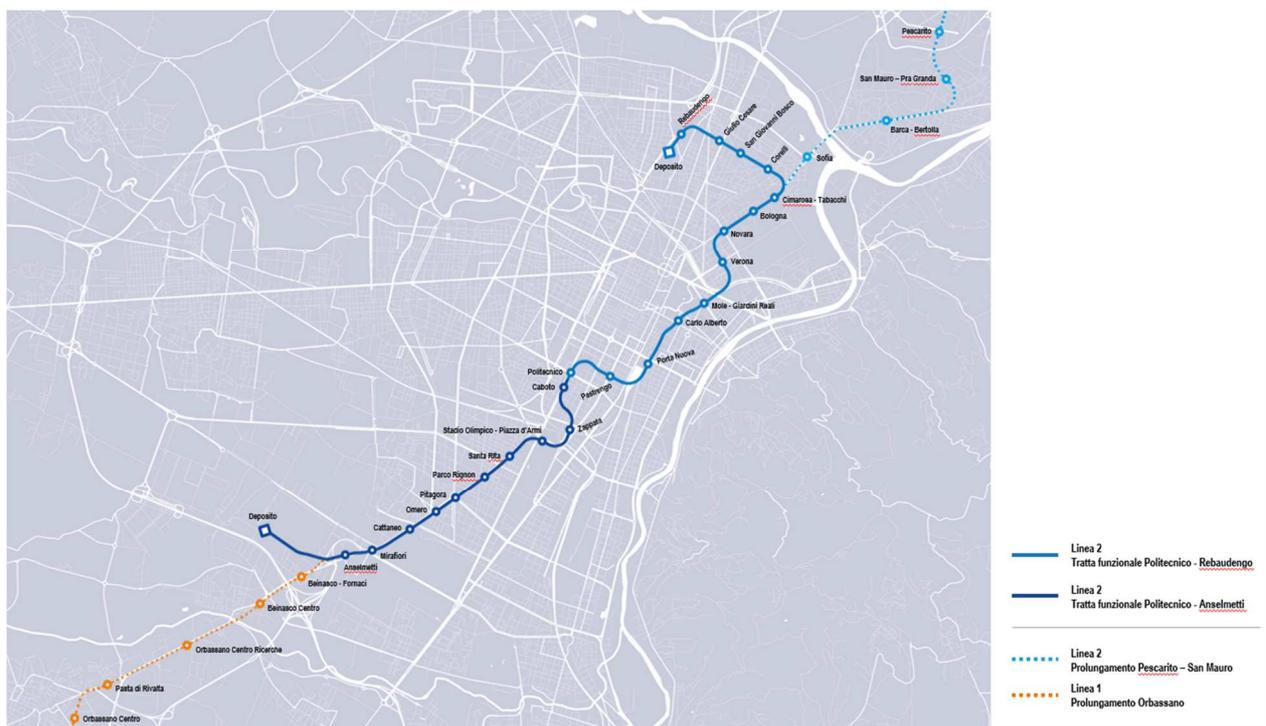


Figura 1. Key-plan della Linea 2 – tratta funzionale 1: Politecnico-Rebaudengo

La prima tratta funzionale della Linea 2 della Metropolitana di Torino, inclusa tra le stazioni Rebaudengo e Politecnico, si colloca interamente nel territorio comunale di Torino, presenta una lunghezza di circa 9,7 km, e, procedendo da nord verso sud, si sviluppa a partire dalla stazione di corrispondenza con la stazione F.S. Rebaudengo-Fossata, proseguendo poi lungo la ex trincea ferroviaria posta tra via Gottardo e via Sempione. Il tracciato, a partire dalla fermata Corelli passa lungo via Bologna, al fine di servire meglio gli insediamenti dell’area interessata esistenti e futuri con le fermate intermedie Cimarosa-Tabacchi, Bologna e Novara. Dopo la fermata Novara, il tracciato si allontana dall’asse di Via Bologna mediante una curva in direzione sud-est e si immette

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

sotto l'asse di Corso Verona fino alla Stazione Verona ubicata in Largo Verona. Dopo la fermata Verona, sotto attraversato il fiume Dora e Corso Regina Margherita, la linea entra nel centro storico della città con le fermate Mole/Giardini Reali e Carlo Alberto, portandosi poi in corrispondenza di via Lagrange, sino ad arrivare alla stazione Porta Nuova, posta lungo via Nizza, che sarà di corrispondenza sia con la linea F.S. che con la Linea 1 della metropolitana di Torino.

Dalla fermata Porta Nuova il tracciato prosegue lungo l'allineamento di via Pastrengo, per poi portarsi su corso Duca degli Abruzzi fino alla fermata Politecnico.

La tratta funzionale è costituita dalle seguenti opere:

- 13 stazioni sotterranee;
- 12 pozzi intertratta aventi funzione di ventilazione, uscita di emergenza ed accesso dei soccorsi
- La galleria di linea costituita da:
 - o Un tratto in galleria naturale realizzato con scavo tradizionale per una lunghezza di 135m circa, che va dal manufatto di retrostazione Rebaudengo alla Stazione Rebaudengo;
 - o Un tratto in galleria artificiale in Cut&Cover ad uno o due livelli, per una lunghezza complessiva di circa 3,0km che collega le stazioni Rebaudengo, Giulio Cesare, San Giovanni Bosco, Corelli, Cimarosa/Tabacchi, Bologna fino al manufatto in retrostazione Bologna che include anche il pozzo Novara;
 - o Un tratto in galleria naturale realizzato con scavo meccanizzato mediante una TBM (Tunnel Borin Machine) avente diametro di circa 10,00m, che scaverà la galleria di linea dal manufatto in retrostazione Bologna fino al tronchino in retrostazione Politecnico per una lunghezza complessiva di circa 5,6km;
- Un pozzo terminale di fine tratta funzionale per l'estrazione della TBM, posto all'estremità del tronchino in retrostazione Politecnico;
- Il manufatto in retrostazione Rebaudengo, avente la funzione di deposito-officina, per la manutenzione ordinaria programmata sui treni, oltre che il parcheggio di 7 treni in stalli predisposti e complessivamente di 10 treni a fine servizio;
- La predisposizione per la realizzazione del manufatto di bivio nella diramazione nord verso San Mauro Torinese.

Nella presente relazione saranno trattati i seguenti argomenti:

- documenti e normative di riferimento per la progettazione definitiva delle opere;
- descrizione delle opere e delle caratteristiche dei materiali impiegati per la realizzazione;
- descrizione del contesto geologico, idrogeologico e caratterizzazione geotecnica;
- caratterizzazione sismica dell'area di riferimento;
- criteri di calcolo delle opere, dimensionamento e verifica delle stesse.

2. DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

2.1 Normative di riferimento

La progettazione definitiva delle opere sarà condotta in accordo alle seguenti norme:

- [1] Legge n. 1086 del 05/11/1971: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

- [2] DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni” - NTC2018 - (GU n.42 del 20/02/2018).
- [3] Circolare esplicativa del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 21 gennaio 2019, n.7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni, di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018” (GU Serie Generale n.35 del 11-02-2019 - Suppl. Ordinario n. 5).
- [4] UNI EN 206:2016, “Calcestruzzo – Parte 1: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- [5] UNI 11104-2016, “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità – Specificazioni complementari per l’applicazione della EN 206”.
- [6] Stucchi M., et al., 2004 - Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale MPS04. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. (<https://doi.org/10.13127/sh/mps04/ag>).
- [7] Azioni sismiche - Spettri di risposta ver.1.03 (Software sperimentale disponibile dal sito del CSLPP, <http://cslp.mit.gov.it>).
- [8] Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo
- [9] Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica
- [10] Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

2.2 Programmi di calcolo

Per il dimensionamento delle paratie/micropali:

- Plaxis 2D Connect Edition V21 Update 1 – Bentley
- PresFle v5.33 - Concrete

Per le analisi di stabilità:

- Plaxis 2D Connect Edition V21 Update 1 – Bentley

Per il dimensionamento delle opera interne:

- Sismicad della Concrete S.r.l.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 Calcestruzzo per micropali/micropali: C25/30

Classe di esposizione:	XC2
Classe di consistenza:	S3
Dosaggio minimo cemento:	300Kg/m ³
Diametro massimo aggregati:	25mm
Resistenza caratteristica a compressione:	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 24.90 \text{ MPa}$
Resistenza media a compressione:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90 \text{ MPa}$
Modulo Elastico:	$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447.16 \text{ MPa}$
Resistenza di calcolo a compressione:	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 14.11 \text{ MPa}$
Resistenza a trazione media:	$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.55 \text{ MPa}$
Resistenza a trazione:	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.79 \text{ MPa}$
Resistenza a trazione di calcolo:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19 \text{ MPa}$

3.2 Magrone: C12/15

Classe di esposizione:	X0
------------------------	----

3.3 Soletta di fondo/strutture interne: C30/37

Classe di esposizione:	XC2
Classe di consistenza:	S3
Dosaggio minimo cemento:	300Kg/m ³
Diametro massimo aggregati:	25mm
Resistenza caratteristica a compressione:	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 30.71 \text{ MPa}$
Resistenza media a compressione:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 38.71 \text{ MPa}$
Modulo Elastico:	$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 33019.43 \text{ MPa}$
Resistenza di calcolo a compressione:	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 17.40 \text{ MPa}$
Resistenza a trazione media:	$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.94 \text{ MPa}$
Resistenza a trazione:	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.03 \text{ MPa}$

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Resistenza a trazione di calcolo: $f_{ctd} = f_{ctk}/\gamma_c = 1.35 \text{ MPa}$

3.4 Acciaio da cemento armato: B450C

Tensione di rottura caratteristica	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = f_{yk}/1.15 = 391.3 \text{ MPa}$
Allungamento caratteristico	$\geq 7.5\%$
Modulo elastico	$E_s = 210000 \text{ MPa}$

3.5 Acciaio da carpenteria metallica

Tubi:

Acciaio S355J0

Tensione di rottura caratteristica	$f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$

Profili e piastre:

Acciaio S355J0

Tensione di rottura caratteristica	$f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$

3.6 Copriferro minimo e copriferro nominale: Micropali

Al fine 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 viene calcolato secondo le prescrizioni dell'Eurocodice 2 (UNI EN 1992-1-1, §4.4.1): il copriferro nominale è definito come il copriferro minimo (c_{min}) più un margine di progetto per gli scostamenti ΔC_{dev} :

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$$

Il copriferro minimo (c_{min}) è pari a:

$$C_{min} = \max (C_{min,b}; C_{min,dur} + \Delta C_{dur,\gamma} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10 \text{ mm})$$

in cui:

- $C_{min,b}$ è il copriferro minimo dovuto al requisito di aderenza e vale 20 mm (diametro massimo delle barre isolate);
- $C_{min,dur}$ è il copriferro minimo dovuto alle condizioni ambientali (30 mm);

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

- $\Delta c_{dur,\gamma}$ riduzione del copriferro per margine di sicurezza (0 mm);
- $\Delta c_{dur,st}$ riduzione del copriferro per utilizzo di acciaio inossidabile (0 mm);
- $\Delta c_{dur,add}$ riduzione del copriferro per utilizzo di protezione aggiuntiva (0 mm).

Pertanto, si ha $c_{min} = 45$ mm. Nel caso in esame, sarà adottato un copriferro nominale pari a 50 mm per tutte le opere interne e 75 mm per i micropali.



4. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Il pozzo di ventilazione oggetto di studio della presente relazione tecnica e di calcolo, si sviluppa per una profondità circa 38 m. L'opera è composta da una cabina tecnica, un pozzo circolare avente diametro interno di 6.00 m e un tronchino di collegamento che collegherà la galleria di linea con il pozzo di ventilazione. Si riporta nella figura seguente un esempio grafico dell'opera oggetto di studio nella presente.

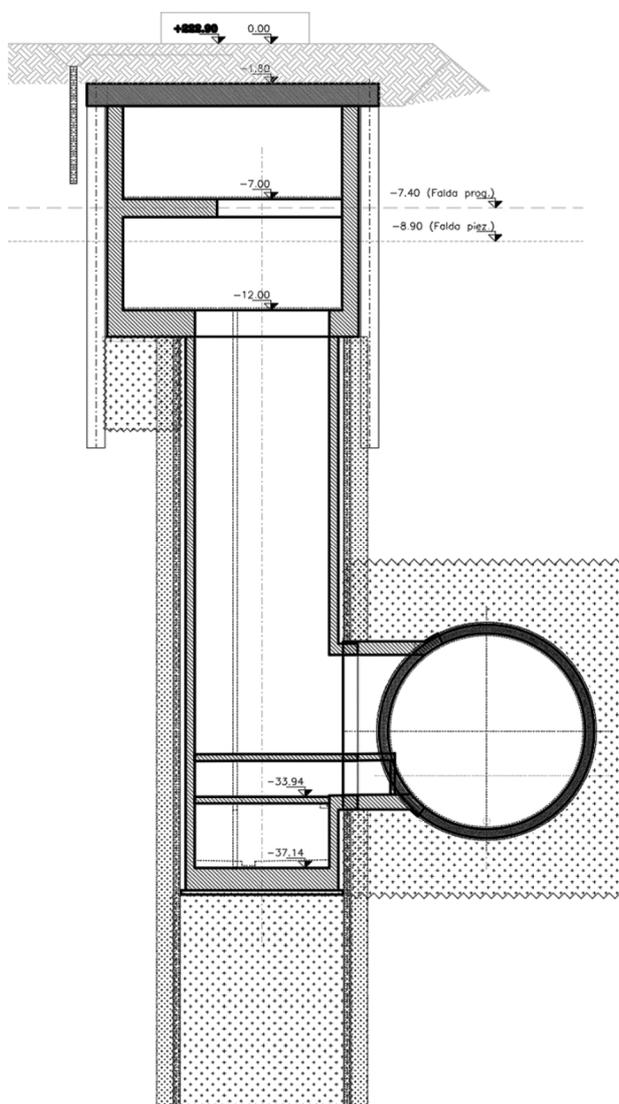


Figura 2. Sezione trasversale del pozzo di intertratta Mole/Giardini Reali (PMO)

La cabina tecnica verrà realizzata attraverso la tecnologia esecutiva di tipo bottom-up, caratterizzata da uno scavo sostenuto da diaframmi e puntelli in carpenteria metallica. In particolare, le fasi realizzative prevedono:

- deviazione della viabilità esistente, posizionamento recinzioni di cantiere e barriere acustiche;
- deviazioni pubblici servizi/sottoservizi;



- bonifica bellica superficiale e profonda;
- rimozione della pavimentazione e del terreno vegetale per uno spessore di circa 0.50 m;
- esecuzione della paratia di micropali a presidio della viabilità;
- realizzazione del cordolo di irrigidimento in testa ai micropali, in conglomerato cementizio armato;
- esecuzione di un prescavo per esecuzione dei consolidamenti e dei diaframmi;
- realizzazione consolidamenti (sub-verticali) in jet grouting per un volume che copra una distanza pari a 2,50 m dallo sviluppo esterno delle superfici di scavo della galleria TBM e del tronchino di raccordo;
- realizzazione cordoli guida;
- realizzazione diaframmi della cabina tecnica;
- realizzazione tampone di fondo in jet grouting cabina tecnica (Sp. 4,80 m);
- scavo per successivi ribassamenti ed instillazione di due ordini di puntoni fino a quota di fondo cabina tecnica (primo livello di puntoni costituito da tubi in acciaio $\varnothing 355.6 \times 8 \text{mm}$ e secondo livello di puntoni costituito da tubi in acciaio $\varnothing 273.8 \times 8 \text{mm}$). Dal fondo scotico lo scavo di sbancamento del terreno naturale sarà condotto con assistenza archeologica per una profondità di circa 2.00m secondo le indicazioni della soprintendenza archeologica della regione Piemonte. Lo scavo sarà inoltre eseguito con assistenza per l'individuazione di ordigni bellici fino alla profondità di circa 7.00m;
- realizzazione consolidamenti in jet grouting a tergo paratie pozzo verticale da fondo scavo cabina tecnica. Le colonne saranno immorsate per almeno 1 m nello strato delle argille;
- passaggio galleria TBM;
- realizzazione paratia di micropali $\varnothing 220/450 \text{mm}$ con perforazione con martello a fondo foro (tipo "Odex") armati con tubo metallico $\varnothing 193.7 \text{mm}$ $s_p = 8 \text{mm}$ in corrispondenza del pozzo verticale e a partire da quota fondo scavo cabina tecnica;
- realizzazioni cordolo testa micropali del pozzo verticale (dimensione cordolo $50 \times 50 \text{cm}$ - C30/37, incidenza armatura = 100 kg/m^3);
- dal fondo della cabina tecnica, posa del dispersore di terra e disposizione di riprese verticali laterali per successiva risalita dei cavi elettrici di messa a terra verticali, getto di calcestruzzo magro, posa in opera del manto di impermeabilizzazione con risvolti sulle pareti e realizzazione della soletta di fondo della cabina tecnica in calcestruzzo armato gettato in opera;
- scavo dell'area interna al pozzo, per successivi abbassamenti fino a quota imposta tronchino di collegamento scavo del pozzo, per ribassi successivi fino a quota fondo scavo e contestuale posa in opera centine HEB160 (passo di 2,40m, uno strato di calcestruzzo proiettato C25/30 spessore medio 15cm armato con rete metallica elettrosaldada $\varnothing 8$ maglia $20 \times 20 \text{cm}$);
- passaggio galleria TBM;
- taglio della porzione di micropali e centine in corrispondenza dell'innesto del collegamento con la galleria di linea;
- scavo del tronco di collegamento in galleria naturale con installazione di centine metalliche HEB160/1000, rete elettrosaldada e strato di cls proiettato fibrorinforzato;
- installazione del tubo di drenaggio sotto l'arco rovescio del tronchino di collegamento;
- inserimento di un telaio costituito da profili formati a freddo a sostegno dei conci a guida del taglio degli stessi per l'apertura del cunicolo di collegamento con la galleria di linea;
- modifica del telaio di contrasto dei conci in galleria con taglio di parte delle centine ed inserimento di un puntone in acciaio;
- taglio a diamante dei conci di galleria per l'apertura del cunicolo di collegamento con la galleria di linea;

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

- posa in opera del manto impermeabilizzante su tutto il perimetro di scavo del tronco di collegamento con la galleria di linea;
- esecuzione del rivestimento definitivo in c.a. del tronco di collegamento;
- ad avvenuta maturazione, rimozione del telaio di contrasto dei conci;
- scavo fino a quota fondo pozzo;
- posa del dispersore di terra e disposizione di riprese verticali laterali per successiva risalita dei cavi elettrici di messa a terra verticali, getto di calcestruzzo magro, posa in opera del manto di impermeabilizzazione con risvolti sulle pareti e realizzazione della soletta di fondo del pozzo in calcestruzzo armato gettato in opera;
- esecuzione delle opere in c.a. della vasca di aggotamento e della soletta di copertura;
- posa in opera del manto di impermeabilizzazione su tutto il perimetro di scavo del pozzo;
- esecuzione delle pareti di rivestimento definitivo del pozzo in c.a. e collegamento con la soletta di fondo della cabina tecnica precedentemente realizzata;
- rimozione dei puntoni provvisori del secondo livello e getto delle pareti di rivestimento e soletta intermedia della cabina tecnica;
- ad avvenuta maturazione della soletta intermedia, rimozione dei puntoni provvisori e getto delle pareti di rivestimento e soletta di copertura della cabina tecnica;
- demolizione cordoli testa micropali;
- posa muretto di sostegno del terreno al di sopra della soletta di copertura;
- posa in opera del sistema di impermeabilizzazione e dei relativi massetti di protezione all'estradosso della soletta;
- eventuale ripristino sottoservizi;
- rinterro fino alla quota di posa della pavimentazione prevista in progetto;
- posa in opera della pavimentazione prevista in progetto e degli arredi e ripristino viabilità'.

Le paratie della cabina tecnica sono costituite da diaframmi lunghi 15.40 m e spessi 80 cm.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

5.1 Contesto geologico e idrogeologico

L'area lungo la quale si realizzerà la linea 2 della Metropolitana di Torino si ubica nella cosiddetta "pianura piemontese settentrionale" delimitata a Nord-Ovest dalle Alpi e verso Sud-Est dai rilievi collinari della Collina di Torino e del Monferrato. Tale struttura è caratterizzata da una potente serie di età pliocenico superiore – olocenica formata dagli apporti successivi di due ampi conoidi fluvio-glaciali appartenenti al fiume Dora Riparia e torrente Stura di Lanzo. All'interno dei depositi fluvio-glaciali, si rinvengono termini litologici legati ai litotipi del bacino idrografico di alimentazione, per esempio serpentiniti e ultrabasiti del Massiccio Ultrabasico di Lanzo, gneiss e quarziti del Complesso del Dora Maira. I materiali di natura continentale sono sovrapposti ad una serie marina pliocenica composta da depositi sabbiosi, sabbioso-limosi fino a totalmente limosi. Ad ulteriore profondità si rinvengono formazioni marine di età terziaria di natura prevalentemente marnosa ed arenaceo-conglomeratica costituenti la Collina di Torino. Come si può osservare dalla figura sottostante, il fianco occidentale della Collina di Torino, con struttura anticlinale con asse circa NE-SW, si immerge al di sotto dei depositi quaternari della pianura.



Figura 3. Quadro strutturale tratto dal progetto CARG (Fonte: Forno M.G., 2012)

I terreni presenti in superficie appartengono quindi all'ambiente continentale e risalgono al periodo Pleistocenico (Era Quaternaria); tali depositi sono formati in prevalenza da materiali ghiaiosi, sabbiosi e limosi all'interno dei quali si rinvengono localmente ciottoli silicatici, silicei e calcarei. I ciottoli possono avere dimensioni molto variabili (fino a pluridecimetriche, in media di 10-30 cm), e generalmente sono composti da quarziti, gneiss, serpentiniti e metagabbri. A minori profondità si possono incontrare lenti limoso-argillose attribuibili al fiume Po. La caratteristica principale dei depositi pleistocenici di origine fluvio-glaciale è la presenza in forma discontinua e localizzata, di orizzonti e livelli con grado di cementazione (e/o addensamento) variabile. I livelli conglomeratici, dotati di maggior cementazione, sono caratteristici del sottosuolo di Torino e sono conosciuti con il nome di "puddinghe". I depositi fluvio-glaciali possono presentare caratteristiche notevolmente variabili in termini di resistenza e deformabilità geotecnica in funzione del grado di cementazione ma anche dal punto di vista granulometrico.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

A maggiori profondità, al di sotto dei depositi del Quaternario, si possono riscontrare i seguenti materiali geologici, dipendendo dalla zona della città in considerazione:

- depositi lacustri e fluviolacustri del Villafranchiano (Pleistocene inferiore-Pliocene superiore) che possono essere di due differenti tipologie:
 - materiale di ambiente lacustre-palustre, caratterizzati da una granulometria predominante fine e costituiti da alternanza di limi e argille;
 - materiali di ambiente fluviale, più grossolani e rappresentati da livelli sabbioso-ghiaiosi;
- la successione marina Pliocenica (composta da limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie grigio-azzurre con fossili);
- la successione marina Oligo-Miocenica della Collina di Torino (formata da marne, siltiti, arenarie e conglomerati marini).

In base agli studi idrogeologici realizzati nella città di Torino e considerando le esperienze previe di progetti simili, possono essere identificati due principali livelli idrogeologici:

- Complesso ghiaioso-sabbioso, sede dell'acquifero libero principale, è formato dai depositi grossolani del Quaternario (ciottoli, ghiaie, e sabbie in matrice sabbioso-limosa) con potenza tra i 30-40 m. In genere i depositi quaternari possono essere caratterizzati da una permeabilità maggiore a $1.0E-04$ m/s (permeabilità da media a alta) e localmente presentano un grado di permeabilità inferiore (permeabilità media, compresa tra $1.0E-06$ m/s e $1.0E-04$ m/s).
- Complesso argilloso-limoso-ghiaioso, sede di un acquifero profondo di tipo "multifalda" situato ad una profondità indicativa tra 40 e 200 m dal p.c. Questo acquifero è costituito da alternanze di depositi medio grossolani e fini appartenenti ai depositi fluviolacustri del Villafranchiano (con una permeabilità media, compresa tra $1.0E-06$ m/s e $1.0E-04$ m/s), chiusi al tetto da depositi argillosi (potenti fino a 20-30 m e con permeabilità medio-bassa, da $1.0E-08$ m/s a $1.0E-06$ m/s).

Si può concludere che i lavori della Linea 2 interferiranno esclusivamente con l'acquifero superficiale del complesso ghiaioso-sabbioso, con eccezione della tratta compresa tra le stazioni di Zappata e Caboto lungo la quale la soletta della galleria attraverserà i depositi del Villafranchiano. Con riferimento all'esperienza della Linea 1 della Metropolitana di Torino, la falda superficiale si colloca ad una profondità variabile tra i 14 m ed i 16 m dal piano campagna e l'oscillazione annuale può raggiungere un valore massimo di 2.0 m.



5.2 Parametri geotecnici di riferimento

Con riferimento alla relazione Geotecnica, sono state individuate 7 unità geotecniche, caratterizzate da un comportamento meccanico-deformativo simile.

Nella seguente tabella si riportano gli intervalli di valori proposti per i parametri di resistenza e deformabilità delle unità geotecniche interessate dalla realizzazione delle opere in sotterraneo della linea 2 della Metropolitana di Torino. Considerando la quantità di prove di laboratorio eseguite sino a questa fase, ed una volta verificato che i materiali attraversati sono principalmente gli stessi, si è usato come riferimento la caratterizzazione geo-meccanica utilizzata nel contesto del progetto esecutiva della linea 1 della Metropolitana di Torino esistente.

Tabella 1. Parametri di resistenza e deformabilità per le unità geotecniche di riferimento

Tabella 34. Sintesi dei parametri geotecnici che caratterizzano il terreno

Unità	Geologia	Peso di volume (γ)	Coesione c' (kPa)	Angolo resistenza ϕ'	Modulo (MPa)	Poisson (-)	Coeff. permeabilità (m/s)
1	UID	18÷19	0	29÷30	12÷16	0.30	$2 \cdot 10^{-5}$ a $8 \cdot 10^{-6}$
2	AFR-INS	18÷19	10÷15	36÷38	150÷170	0.30	$2 \cdot 10^{-5}$ a $8 \cdot 10^{-6}$
3	AFR-INS	19÷20	30÷50	38÷40	170÷200	0.30	$8 \cdot 10^{-6}$ a $5 \cdot 10^{-6}$
4	AFR-INS	19÷20	50÷100	38÷40	200÷260	0.30	$8 \cdot 10^{-6}$ a $5 \cdot 10^{-6}$
6	SFR	18÷20	15÷25	30÷32	90÷100	0.35	$5 \cdot 10^{-6}$
5	FAA	19÷21	35÷40	22-26	50÷80	0.35	$2 \div 6 \cdot 10^{-9}$
7	SAF	20÷21	25÷50	26÷28	100÷200	0.35	$2 \div 6 \cdot 10^{-9}$

NOTE:

- 1) Il valore del coefficiente di permeabilità nell'Unità 1 (UID) è assimilato a quello degli strati immediatamente inferiori, tenuto conto della sua elevata variabilità granulometrica,
- 2) Lo stesso parametro per l'Unità 2 (AFR e INS) va inteso come valore minimo e per direzione di flusso orizzontale; per direzione di flusso verticale è di circa un ordine di grandezza inferiore.
- 3) Il valore di k nell'Unità 6 (SFR) è stimato in base alla granulometria del terreno.
- 4) Il valore di k per le Unità 5 e 7 (FAA e SAF) si base sui risultati delle prove edometriche, con riferimento al terreno sovraconsolidato.

Per ulteriori dettagli e/o approfondimenti in merito alla caratterizzazione geotecnica dei materiali si rimanda all'elaborato specialistico.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La caratterizzazione sismica prevede:

- la definizione dell'accelerazione sismica di riferimento su substrato rigido di base;
- l'individuazione della classe di sottosuolo, per la valutazione dell'amplificazione stratigrafica;
- l'individuazione di un valore di riferimento per la magnitudo massima attesa.

6.1 Valutazione dell'azione sismica di base

La valutazione dell'azione sismica per il dimensionamento degli elementi delle infrastrutture, si basa sulla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale in cui la pericolosità è quantificata dall'accelerazione di picco (normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità), a_g/g , in condizioni ideali di sottosuolo rigido e superficie orizzontale, associata a diverse probabilità di superamento in 50 anni. I valori di a_g/g sono dati su una griglia di punti equi-spaziati di 10km. Sulla stessa griglia sono dati anche in valori dei parametri caratteristici dello spettro di risposta elastico su substrato rigido (Cfr. §3.2 "azione sismica" delle NTC 2018 che, per i valori di a_g , F_0 , T^*_C necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si rimanda agli allegati A e B delle NTC 2008), per le probabilità di superamento associate agli stati limite di verifica previsti dalla normativa di riferimento.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

La normativa delinea il processo di individuazione dell'azione sismica di progetto che prevede:

- la definizione della vita utile dell'opera, V_R , sulla base della correlazione tra vita nominale V_N e classe d'uso C_U : $V_R = V_N \times C_U$
- la stima del periodo di ritorno, T_R , sulla base delle probabilità di superamento, P_{VR} , associata agli stati limite di verifica, secondo la formula: $T_R = V_R / \ln(1 - P_{VR})$
- la stima dei valori dei parametri caratteristici dello spettro di risposta elastico su suolo rigido (parametri d'azione) in funzione di T_R .

I parametri d'azione sono:

- a_g/g , accelerazione massima normalizzata, su sito di riferimento rigido orizzontale;
- F_0 , moltiplicatore di a_g/g che quantifica l'amplificazione spettrale massima su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;
- T^*_C , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale su sito di riferimento rigido.
- Gli stati limite di verifica previsti dalla NTC2018 sono elencati di seguito, con le corrispondenti probabilità di superamento in 50 anni:
 - Stato limite ultimo di collasso, SLC, $P_{RV} = 5\%$;

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

- Stato limite ultimo di vulnerabilità, SLV, $P_{RV} = 10\%$;
- Stato limite di esercizio, di danno, SLD, $P_{RV} = 63\%$;
- Stato limite di esercizio, di operatività, SLO, $P_{RV} = 81\%$.

6.2 Fattore di amplificazione dello spettro di risposta elastico

In coerenza con le prescrizioni normative, l'accelerazione orizzontale massima in superficie, a_{max}/g , si ottiene moltiplicando l'accelerazione massima di base, a_g/g , per un fattore di amplificazione stratigrafica, S_S , ed uno di amplificazione topografica, S_T :

$$a_{max} /g = S_S \cdot S_T \cdot a_g/g$$

Il fattore di amplificazione stratigrafica dipende dalla classe di sottosuolo definita sulla base di indagini specifiche per la valutazione delle velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S , nel sottosuolo di sedime delle singole opere, e si calcola secondo la formulazione riportata nella normativa di riferimento (paragrafo 3.2.3.2.1, Tabella 3.2.IV), in funzione dei parametri spettrali F_0 ed a_g/g .

La classe di sottosuolo modifica anche il valore del periodo T_C di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione, attraverso il coefficiente C_C secondo la formulazione riportata in norma (paragrafo 3.2.3.2.1, Tabella 3.2.IV).

Nel caso specifico, l'andamento altimetrico dell'area attraversata dall'infrastruttura di progetto, prevalentemente pianeggiante, con rilievi di pendenza minore di 15° , giustifica l'assunzione di una categoria topografica T1, a cui corrisponde $S_T = 1$ (Tabella 3.2.III e Tabella 3.2.V).

6.3 Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S .

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

h_i = spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati;

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

6.4 Valutazione dell'azione sismica di progetto

Sulla base delle caratteristiche delle opere in progetto, sono stati scelti i seguenti parametri:

- **Vita nominale: 100 anni** (Tipo di costruzione di categoria 3 – grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica);
- **Classe d'uso: III** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significanti. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provoca situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso;
- **Coefficienti C_u : 1.5** (funzione della classe d'uso).

I parametri di pericolosità sismica di base sono stati elaborati a partire dalle coordinate del sito di riferimento. Con riferimento alle opere in oggetto:

- **Latitudine: 45.08081°**
- **Longitudine: 7.694603°**

Sulla base di tali parametri di ingresso si ottengono i seguenti valori di pericolosità sismica:

Tabella 2. Sintesi dei parametri di pericolosità sismica di base

Parametri stati limite	u.m.	SLD	SLV
Probabilità di superamento (P_{VR})	%	63	10
Tempo di ritorno (T_R)	anni	151	1424
Accelerazione orizzontale massima su suolo rigido (a_g)	g	0.039	0.068
Fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_0)	-	2.681	2.854
Tempo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T^*c)	s	0.232	0.290

La categoria di sottosuolo è stata definita in funzione dei materiali naturali interessati dalle opere in progetto; in particolare nel caso in esame si adotta la categoria di sottosuolo **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*).

Per quanto riguarda le condizioni topografiche è stata attribuita alle opere in oggetto la categoria T1 (*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$*).

Sulla base di quanto sopra esposto, i parametri sismici di progetto che saranno impiegate per le analisi delle opere in oggetto risultano:



Tabella 3. Sintesi delle azioni sismiche di progetto

Stato Limite	Coefficienti sismici	Depositi di paleofrana
SLD	Ss	1.200
	Cc	1.473
	St	1.000
	$a_{max} (g)$	0.046
SLV	Ss	1.200
	Cc	1.409
	St	1.000
	$a_{max} (g)$	0.080

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

7. CRITERI DI CALCOLO DELLE OPERE

In ottemperanza con la normativa vigente, i calcoli sono condotti con il metodo semi-probabilistico agli stati limite.

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) sono state effettuate nel rispetto dei criteri delle NTC2018.

In generale, le analisi degli stati limite di esercizio (SLE) sono utilizzate per ottenere informazioni circa gli spostamenti attesi sotto i carichi di esercizio e per verificarne l'ammissibilità nei confronti della funzionalità dell'opera.

Le analisi agli stati limite ultimi (SLU) sono impiegate per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali e per le verifiche geotecniche.

7.1 Cenni Normativi

I criteri per la verifica e il dimensionamento di seguito esposti si applicano a tutte le opere.

In accordo con quanto prescritto dalla Normativa vigente, per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la seguente condizione:

$$E_d < R_d$$

in cui E_d rappresenta il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, mentre R_d è il valore di progetto della resistenza. Per quanto concerne le azioni di progetto E_d , queste possono essere determinate applicando i coefficienti parziali sulle azioni caratteristiche, oppure, successivamente, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche.

Le azioni sull'opera di sostegno sono quelle dovute al peso proprio del terreno e del materiale di riempimento, ai sovraccarichi e all'acqua. In particolar modo, nella valutazione dei sovraccarichi a tergo di un'opera di sostegno, è necessario tenere in conto dell'eventuale presenza di costruzioni, di depositi di materiale, di veicoli in transito o di apparecchi di sollevamento.

I valori dei coefficienti parziali da assumersi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi sono riportati nella seguente tabella (Tab. 2.6.I delle NTC 2018):

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Tabella 4. Coefficienti parziali per le azioni

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Il valore di progetto della resistenza R_d può essere determinato in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, opportunamente ridotto in funzione del coefficiente parziale specificato nella Tab 6.2.II delle NTC2018.

Tabella 5. Coefficienti parziali per le resistenze dei materiali naturali

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Le analisi finalizzate al dimensionamento strutturale nelle quali si consideri l'interazione terreno – struttura si dovranno eseguire con i valori caratteristici dei parametri geotecnici, amplificando l'effetto delle azioni con i coefficienti parziali del gruppo A1, così come previsto al §6.2.4.2 della normativa vigente.

Per il calcolo e la verifica si devono considerare i seguenti stati limite ultimi, accertando che le resistenze superino le azioni agenti per ciascuno stato limite considerato:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
 - Collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
 - Collasso per carico limite verticale;
 - Sfilamento di uno o più ancoraggi;
 - Instabilità del fondo scavo;
 - Instabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno.
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - Raggiungimento della resistenza di uno o più sistemi di contrasto;
 - Raggiungimento della resistenza della struttura della paratia.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno deve essere effettuata secondo l'approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I. Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3).

Tabella 6. Coefficienti parziali per le verifiche di opere di materiali sciolti

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Nelle condizioni di esercizio, gli spostamenti dell'opera di sostegno e del terreno circostante devono essere valutati per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza e funzionalità di manufatti adiacenti, anche a seguito di modifiche indotte sul regime delle pressioni interstiziali.

Le verifiche a galleggiamento saranno condotte considerando opportuni coefficienti di sicurezza, di cui al paragrafo 6.2.4.2 delle NTC 2018:

Tabella 7. Coefficienti amplificativi dei carichi secondo NTC 2018

	Effetto	Coefficiente parziale	Sollevamento (UPL)
Carichi permanenti G1	Favorevole	YG1	0.9
	Sfavorevole		1.1
Carichi permanenti G2	Favorevole	YG2	0.8
	Sfavorevole		1.5
Azioni variabili Q	Favorevole	YQi	0.0
	Sfavorevole		1.5

7.2 Modellazione numerica

L'approccio avuto rispetto alla progettazione è stato differente a seconda dell'opera oggetto di studio.

Tale differenza è dettata dalla diversa geometria delle strutture definitive costituenti le opere interne. Nel caso specifico, le opere oggetto di dimensionamento sono:

- camera a una cella completamente interrata ⇒ scatolare chiuso;
- sezione trasversale del pozzo ⇒ schema statico: anello circolare chiuso;
- sezione trasversale policentrica del cunicolo di collegamento tra pozzo e galleria di linea.

La prima è stata schematizzata con modelli piani FEM; in particolare si è utilizzato il codice Sismicad (Finite Element Analysis System), in cui le strutture sono schematizzate con un modello chiuso costituito da elementi finiti monodimensionali (elementi beams) sui quali sono stati applicati staticamente i carichi agenti (sia verticali che orizzontali).

La seconda è stata dimensionata facendo riferimento alle formule classiche della "Scienza delle costruzioni", considerando un anello circolare di profondità unitaria soggetto a pressione radiale costante.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Infine, la terza, è stata dimensionata andando a verificare le sezioni dell'opera definitiva alle sollecitazioni registrate durante la analisi condotte dal punto di vista geotecnico e riportate nella specifica relazione. Le sollecitazioni fornite dalla modellazione geotecnica, considerate come caratteristiche, sono state amplificate del 50% per condurre le verifiche allo Stato Limite Ultimo in conformità con quanto previsto dalla normativa vigente.

7.3 Carichi applicati alle strutture

Al fine di massimizzare le azioni sollecitanti per la definizione dei carichi (permanenti, accidentali, ecc.) per le relative combinazioni (Stati Limite Ultimi, Stati limiti di Esercizio, Stati limiti di Danno, etc.) saranno prese in considerazione tutte le prescrizioni del citato DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni" (GU n.42 del 20/02/2018).

I software FEM più comuni consentono l'applicazione di forze e momenti concentrati o distribuiti esterni, per situazioni molto speciali. I carichi da considerare sono riepilogati di seguito.

- **Peso della struttura.** Il peso proprio della struttura è calcolato in base alla geometria degli elementi strutturali e al peso specifico assunto per i materiali (CLS) pari a:
 $\gamma_{cls}=25.0 \text{ kN/m}^3$
- **Spinte del suolo e ricoprimento della struttura definitiva.** La spinta del terreno viene solitamente calcolata dai software considerando la storia di carico dell'opera di sostegno, in diverse fasi di costruzione, considerando la pressione attiva (K_a) e la pressione passiva (K_p).
- **Spinta pressione idraulica in caso di presenza di falda.** Nella fase transitoria della costruzione i micropali saranno progettati al fine di sopportare la spinta del suolo e la spinta idraulica dovuta alla falda quando presente. A lungo termine, invece, si considereranno i micropali come strutture permanenti per la sola spinta del suolo. Per quanto riguarda la spinta idraulica, a favore di sicurezza, si considererà che i giunti fra un micropali e l'altro non saranno più in grado di "trattenere" l'acqua di falda che, quindi, andrà a esercitare la propria pressione per la sua interezza sulle fodere interne opportunamente impermeabilizzate.
 I livelli di breve termine (fase di costruzione) e lungo termine (fase di esercizio) sono così definiti:
 - Breve termine: livello indicato sul profilo + 1.5m (livello di falda considerato nella verifica a galleggiamento del tappo di fondo).
 - Lungo termine: livello di breve termine + 3.0m (livello di falda considerato nella verifica a sifonamento e a galleggiamento della stazione).
- **Sovraccarichi esterni per circolazione mezzi.** Fatte salve situazioni singolari dove il ricoprimento non ha uno spessore adeguato a ridistribuire i carichi stradali da normativa agenti sull'estradosso della soletta (per queste configurazioni rimangono valide le indicazioni definite dalle NTC2018), per simulare la presenza di circolazione di mezzi di cantiere (nella fase di costruzione) e traffico stradale (nella fase definitiva) a tergo delle opere di sostegno, sarà considerato un carico nastriforme di 20 kPa applicato uniformemente su tutto il solaio di copertura e come spinta dal solo lato di azione del sisma. Tale sovraccarico sarà considerato anche in fase di costruzione quale carico di cantiere e/o riapertura al traffico.



- **Carichi degli edifici posti a tergo delle opere di contenimento.** Per tenere in conto di questa situazione si considererà, quale scarico a quota fondazione dell’edificio, un carico di 10 kPa per ogni piano dell’edificio stesso.
- **Carichi sismici.** Per quello che riguarda l’applicazione della spinta sismica, si utilizzerà il metodo di Wood (1973). Tale metodo fornisce la sovraspinta sismica del terreno su una parete interrata.

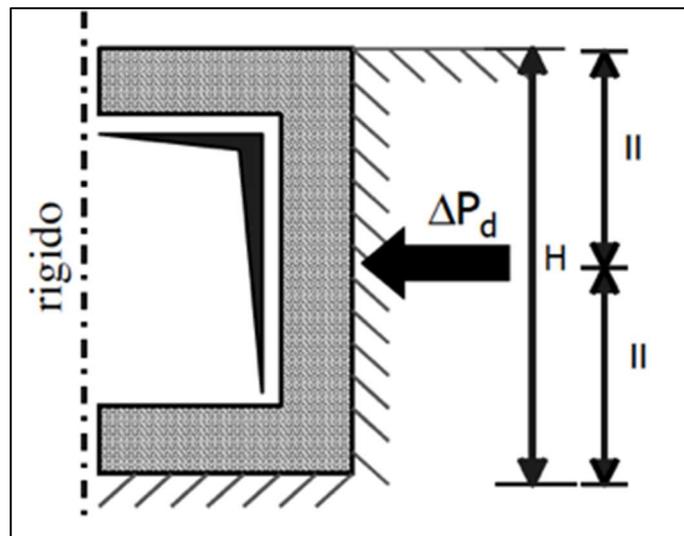


Figura 4. Schematizzazione metodo di Wood

Tale metodo è utilizzato nel caso di manufatti scatolari e l’incremento di spinta legato al sisma può essere stimato secondo la relazione:

$$\Delta P_d = \frac{a_g}{g} \cdot S \cdot \gamma \cdot H^2$$

In cui γ è il peso specifico del terreno supposto uniforme. Poiché tale risultante ha il punto di applicazione a metà dell’altezza H del muro, è possibile assumere una pressione uniforme di entità pari a:

$$\Delta p_d = \frac{a_g}{g} \cdot S \cdot \gamma \cdot H$$

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

8. CABINA TECNICA

8.1 Analisi dei carichi

della struttura definitiva si sono considerati agenti i seguenti carichi:

- peso proprio della struttura, da calcolare in base al peso per unità di volume del calcestruzzo armato, pari a $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$.
- carichi del terreno di ricoprimento della struttura definitiva:
 - o pressione verticale uniformemente distribuita, da calcolare con: $\gamma_{ter} = 19 \text{ kN/m}^3$;
 - o $\gamma_{pav} = 24 \text{ kN/m}^3$;

tenendo conto di 1,80 m di terreno e 0,30 m di pavimentazione stradale al di sopra della soletta di copertura;

- o spinta orizzontale, da calcolare considerando k_0 come coefficiente di spinta del terreno;
- o sovraccarico variabile indotto dal transito stradale agente in fase definitiva: pressione verticale, uniformemente distribuita, pari a $q_{v1} = 20 \text{ kN/m}^2$ sulla soletta di copertura;
- o spinta orizzontale dovuta al massimo tra il carico di transito stradale ($q_2 = 20 \text{ kN/m}^2$) ed il carico generato dal fabbricato in adiacenza ($q_2 = 10 \text{ kN/m}^2 \times n^{\circ}_{\text{piani}}$), uniformemente distribuita, pari a $q_{h2} = k_0 \cdot q_{v2r}$, sugli elementi verticali, agente da entrambe i lati della struttura.
- o sovraccarichi accidentali dovuti agli impianti e agente all'interno della cabina: 5 kN/m^2 .
- o sovraccarico fisso: $g_2 = 2,50 \text{ kN/m}^2$
- o sovraccarico dovuto al peso dei ventilatori pari a $10,00 \text{ kN/m}^2$

Nel calcolo della spinta laterale del terreno è stato applicato il coefficiente amplificativo previsto dalla combinazione A1-M1-R1 della Tab. 2.6.1. delle NTC 2018.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

8.2 Modello di calcolo

I dati di input utilizzati per la definizione del modello sono:

- la geometria;
- i vincoli;
- i carichi agenti (i carichi sono sempre per metro lineare nella direzione perpendicolare al piano di analisi).

Geometria

E' una struttura scatolare chiusa interrotta nella mezzeria da un solaio intermedio ed è formata dalla soletta di fondo, dalle pareti del rivestimento definitivo e dalla soletta di copertura.

Dimensioni:

- larghezza netta interna 9,60 m;
- altezza netta interna per ciascun piano 4,20 m;
- spessore solettone di fondo 1,20 m;
- spessore solettone di copertura 1,00 m;
- spessore solettone piano intermedio 0,80m;
- spessore piedritti 0,70 m.

Vincoli

L'elemento orizzontale inferiore è vincolato esternamente da molle, che simulano il terreno, in direzione verticale (vincoli di tipo *spring*) di rigidezza $k_{\text{sottofondo}}$ pari a 40000 kN/m³.

Carichi agenti

Per quanto riguarda i carichi a cui sono soggette le strutture si sono suddivisi in verticali (sulla soletta di copertura) ed orizzontali (sulle pareti), definendo le 6 seguenti condizioni di carico:

- 1) permanenti verticali (peso proprio, carico terreno e pavimentazione) $q_p = 1,80 \times 19 + 0,30 \times 24 = 41,40 \text{ kN/m}^2$
- 2) permanente verticale (G2) = 2,50 kN/m²
- 3) permanenti orizzontali (spinta trapezoidale dovuta al terreno, spinta dovuta al sovraccarico pavimentazione, con $k_0 = 0,412$)
 - valore in asse solettone di copertura: $(19 \times 2,30 + 0,3 \times 24) \times 0,412 = 50,90 \times 0,412 = 20,97 \text{ kN/m}^2$
 - valore in asse solettone di fondo: $(19 \times 12,60 + 0,3 \times 24) \times 0,412 = 246,60 \times 0,412 = 101,60 \text{ kN/m}^2$
- variabili stradali soletta (sovraccarico distribuito su soletta di copertura) $q_v = 20 \text{ kN/m}^2$
- spinta indotta dalla presenza di fabbricati su parete sinistra: $q_{sx} = 20 \times 0,412 = 8,24 \text{ kN/m}^2$
- spinta indotta dai carichi variabili stradali: $q_{dx} = 20 \times 0,412 = 8,24 \text{ kN/m}^2$
- variabili impianti:
 - solettone di fondo: 5 kN/m²
 - piano intermedio (carico dovuto alla possibile presenza dei ventilatori): 10 kN/m²
- 4) spinta idrostatica:



- sottospinta: $\gamma_w z = 10 \times 8,20 = 82\text{kN/m}^2$
- spinta triangolare laterale:
 1. valore inizio falda a lungo termine (quota -4,40m): $q = 0,00\text{kN/m}^2$
 2. valore in asse solettone di fondo: $q = 82\text{kN/m}^2$
- 5) spinta indotta da sisma:
 - $\Delta_p = (a_g/g) S Y H = 0,068 \times 1,2 \times 19,00 \times 11,30 = 17,52 \text{ kN/m}$

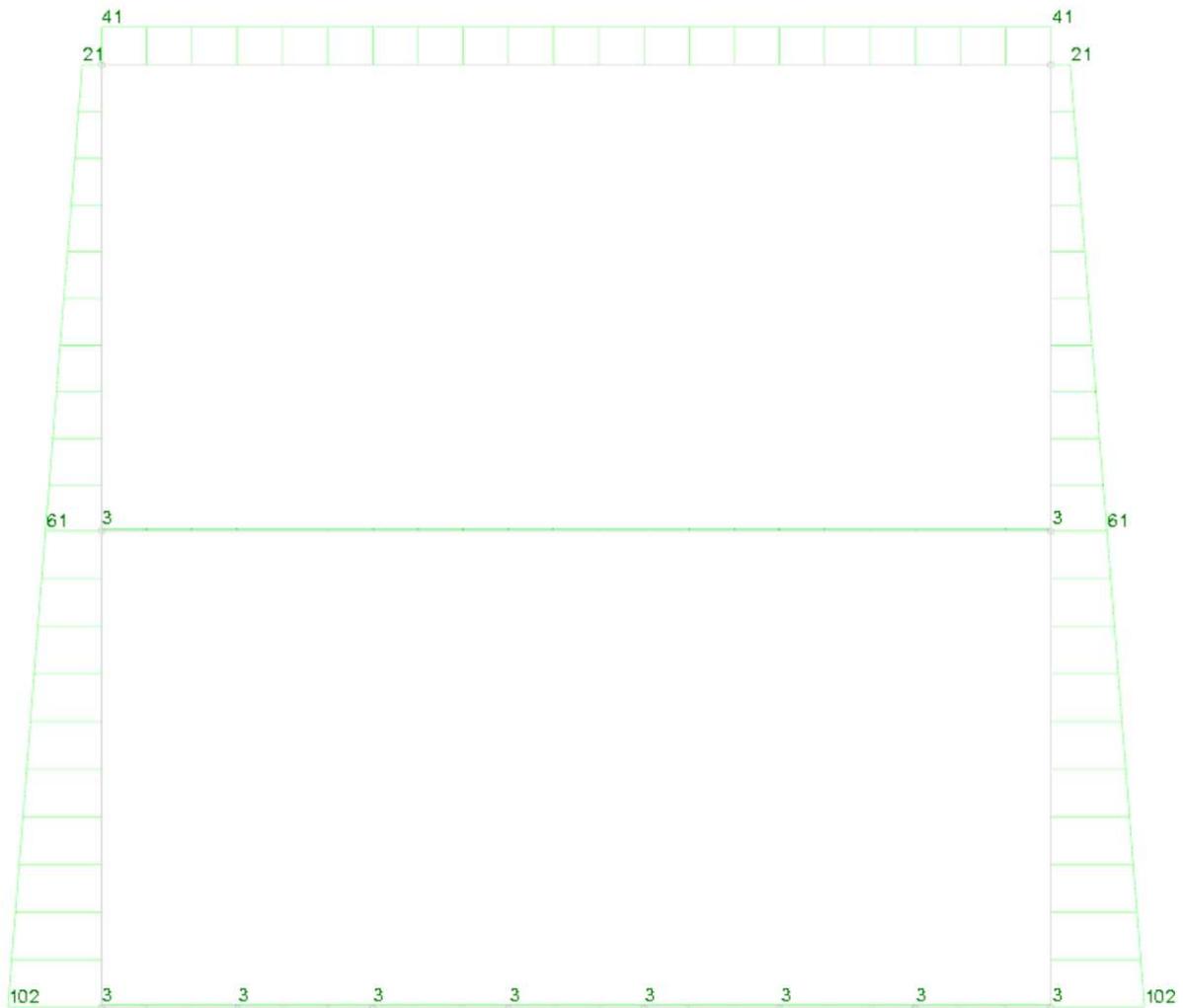


Figura 5. Carichi in condizione permanenti portati [kN/m]



Figura 6. Carichi in condizione variabile F_{sx} [kN/m]

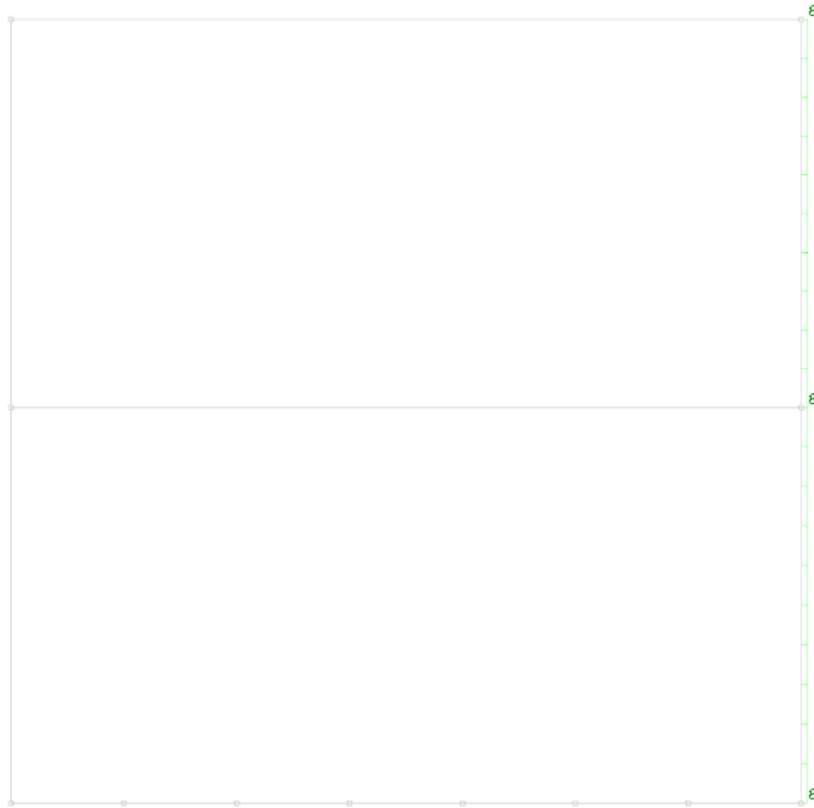


Figura 7. Carichi in condizione variabile Fdx [kN/m]



Figura 8. Carichi in condizione variabile F_{CV} [kN/m]



Figura 9. Carichi in condizione Sisma [kN/m]

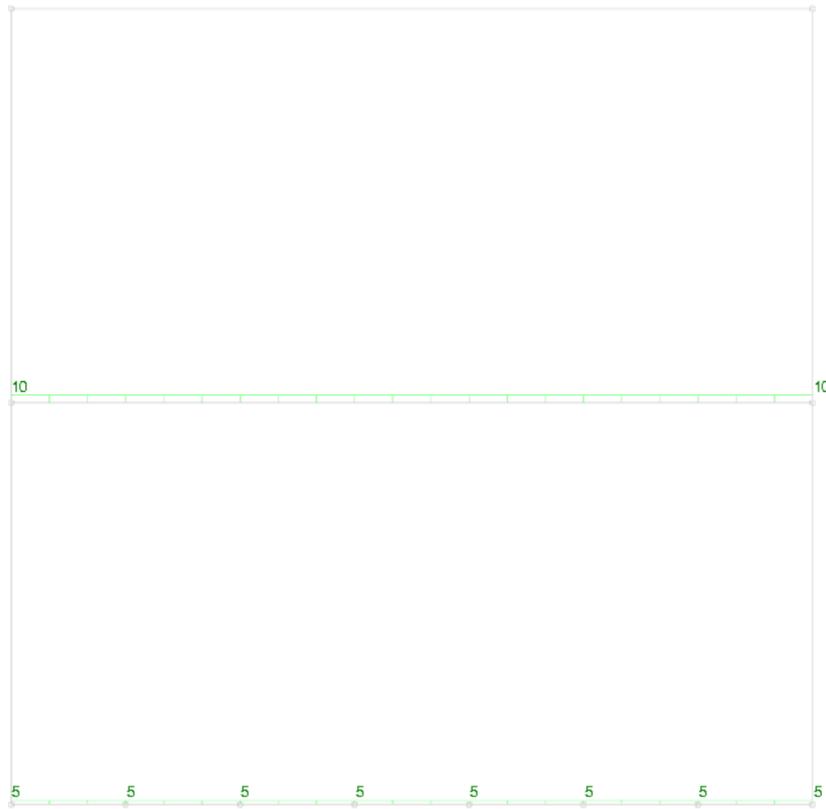


Figura 10. Carichi in condizione E [kN/m]

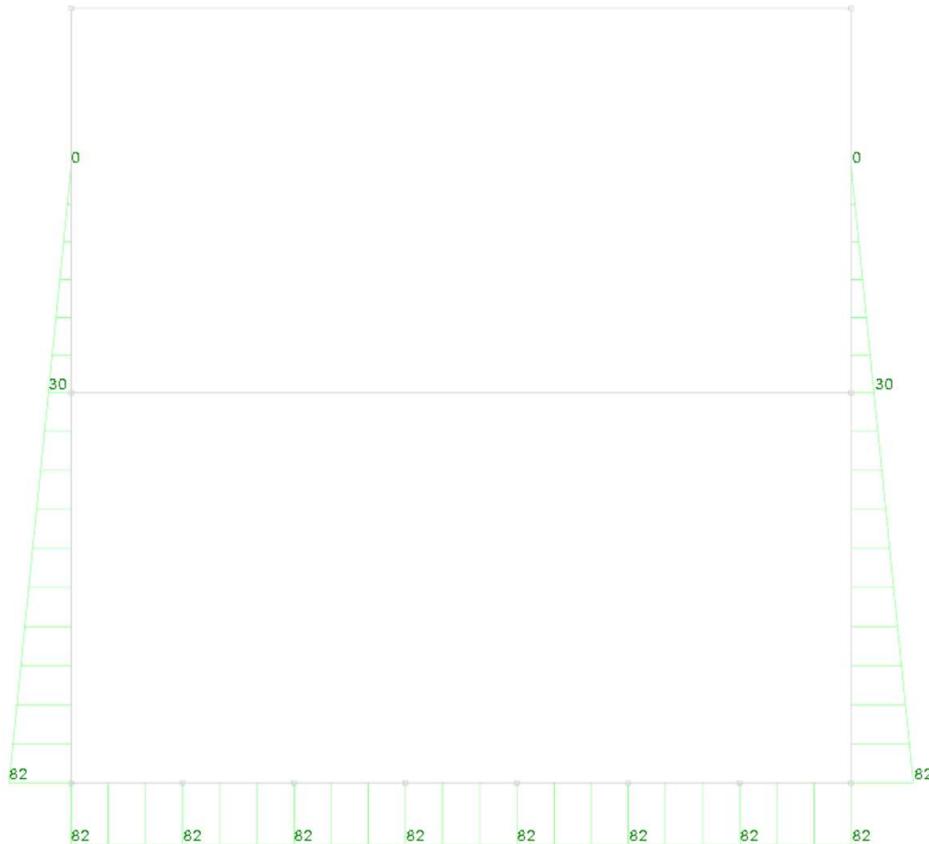


Figura 11. Carichi in condizione pesi (spinta idrica) [kN/m]

Con queste condizioni di carico si sono definite le seguenti combinazioni di carico:

Nome: E' il nome esteso che contraddistingue la condizione elementare di carico.

Nome breve: E' il nome compatto della condizione elementare di carico, che viene utilizzato altrove nella relazione.

Pesi: Pesi strutturali

Port.: Permanenti portati

Variabile Fsx: Variabile Fsx

Variabile E (CV): Variabile E (CV)

Variabile Fdx: Variabile Fdx

Variabile F(CV): Variabile F(CV)

Sisma: Sisma

Tutte le combinazioni di carico vengono raggruppate per famiglia di appartenenza. Le celle di una riga contengono i coefficienti moltiplicatori della i-esima combinazione, dove il valore della prima cella è da intendersi come moltiplicatore associato alla prima condizione elementare, la seconda cella si riferisce alla seconda condizione elementare e così via.

Famiglia SLU



Il nome compatto della famiglia è SLU.

Tabella 8. Combinazioni di carico SLU

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile Fsx	Variabile (CV)	Variabile Fdx	Variabile F(CV)	Sisma
1	SLU 1	1	0.8	0	1.5	0	1.5	0
2	SLU 2	1	0.8	0	1.5	1.05	1.5	0
3	SLU 3	1	0.8	0	1.5	1.5	1.05	0
4	SLU 4	1	0.8	0	1.5	0	1.05	0
5	SLU 5	1	0.8	0	1.5	1.05	1.05	0
6	SLU 6	1	0.8	1.05	1.5	0	1.5	0
7	SLU 7	1	0.8	1.05	1.5	0	1.05	0
8	SLU 8	1	0.8	1.5	1.5	0	1.05	0
9	SLU 9	1	1.5	0	1.5	0	1.5	0
10	SLU 10	1	1.5	0	1.5	1.05	1.5	0
11	SLU 11	1	1.5	0	1.5	1.5	1.05	0
12	SLU 12	1	1.5	0	1.5	0	1.05	0
13	SLU 13	1	1.5	0	1.5	1.05	1.05	0
14	SLU 14	1	1.5	1.05	1.5	0	1.5	0
15	SLU 15	1	1.5	1.05	1.5	0	1.05	0
16	SLU 16	1	1.5	1.5	1.5	0	1.05	0
17	SLU 17	1.3	0.8	0	1.5	0	1.5	0
18	SLU 18	1.3	0.8	0	1.5	1.05	1.5	0
19	SLU 19	1.3	0.8	0	1.5	1.5	1.05	0
20	SLU 20	1.3	0.8	0	1.5	0	1.05	0
21	SLU 21	1.3	0.8	0	1.5	1.05	1.05	0
22	SLU 22	1.3	0.8	1.05	1.5	0	1.5	0
23	SLU 23	1.3	0.8	1.05	1.5	0	1.05	0
24	SLU 24	1.3	0.8	1.5	1.5	0	1.05	0
25	SLU 25	1.3	1.5	0	1.5	0	1.5	0
26	SLU 26	1.3	1.5	0	1.5	1.05	1.5	0
27	SLU 27	1.3	1.5	0	1.5	1.5	1.05	0
28	SLU 28	1.3	1.5	0	1.5	0	1.05	0
29	SLU 29	1.3	1.5	0	1.5	1.05	1.05	0
30	SLU 30	1.3	1.5	1.05	1.5	0	1.5	0
31	SLU 31	1.3	1.5	1.05	1.5	0	1.05	0
32	SLU 32	1.3	1.5	1.5	1.5	0	1.05	0
Sisma	SLU Sisma	1	1	0.7	1	0.7	0.7	1

Famiglia SLE rara

Il nome compatto della famiglia è SLE RA.



Tabella 9. Combinazioni di carico SLE rara

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile Fsx	Variabile (CV)	E Variabile Fdx	Variabile F(CV)	Sisma
1	SLE RA 1	1	1	0	1	0	1	0
2	SLE RA 2	1	1	0	1	0.7	1	0
3	SLE RA 3	1	1	0	1	1	0.7	0
4	SLE RA 4	1	1	0	1	0	0.7	0
5	SLE RA 5	1	1	0	1	0.7	0.7	0
6	SLE RA 6	1	1	0.7	1	0	1	0
7	SLE RA 7	1	1	0.7	1	0	0.7	0
8	SLE RA 8	1	1	1	1	0	0.7	0

Famiglia SLE frequente

Il nome compatto della famiglia è SLE FR.

Tabella 10. Combinazioni di carico SLE frequente

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile Fsx	Variabile (CV)	E Variabile Fdx	Variabile F(CV)	Sisma
1	SLE FR 1	1	1	0	0.8	0	0.5	0
2	SLE FR 2	1	1	0	0.8	0.6	0.5	0
3	SLE FR 3	1	1	0	0.8	0.7	0.3	0
4	SLE FR 4	1	1	0	0.9	0	0.3	0
5	SLE FR 5	1	1	0	0.9	0.6	0.3	0
6	SLE FR 6	1	1	0.6	0.8	0	0.5	0
7	SLE FR 7	1	1	0.6	0.9	0	0.3	0
8	SLE FR 8	1	1	0.7	0.8	0	0.3	0

Famiglia SLE quasi permanente

Il nome compatto della famiglia è SLE QP.

Tabella 11. Combinazioni di carico SLE quasi permanente

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile Fsx	Variabile (CV)	E Variabile Fdx	Variabile F(CV)	Sisma
1	SLE QP 1	1	1	0	0.8	0	0.3	0
2	SLE QP 2	1	1	0	0.8	0.6	0.3	0
3	SLE QP 3	1	1	0.6	0.8	0	0.3	0

Nota: le combinazioni di carico sono state determinate facendo riferimento ai coefficienti amplificativi previsto dalla combinazione A1-M1-R1 della Tab. 2.6.1. delle NTC 2018.



8.3 Sollecitazioni agenti per unità di lunghezza

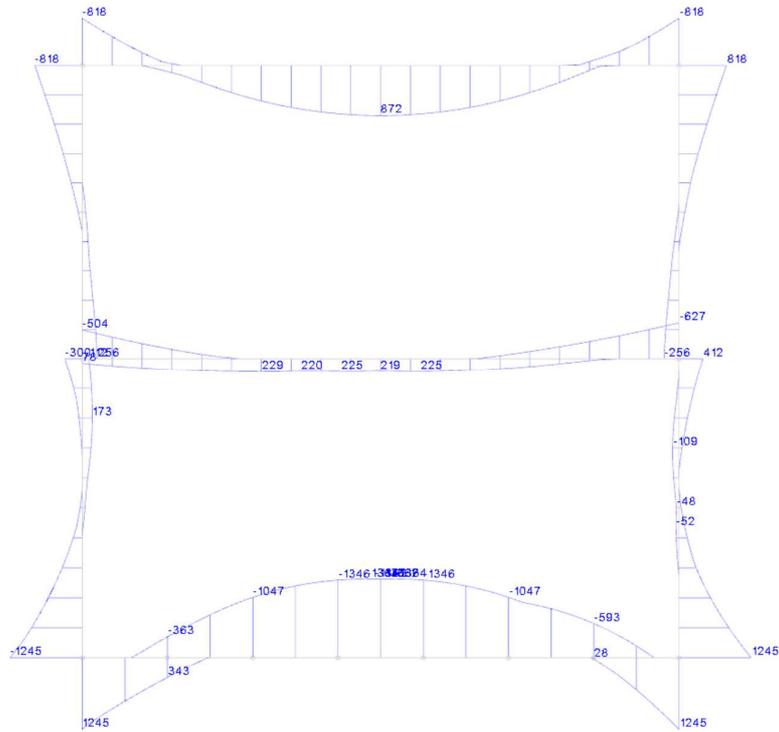


Figura 12. Involuppo Diagramma Momento flettente agente SLU [kNm]

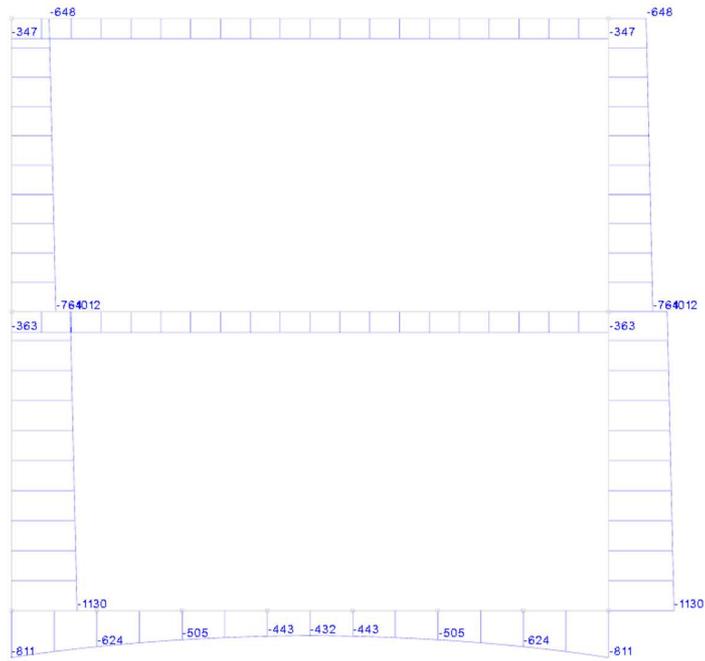


Figura 13. Inviluppo Sforzo normale agente SLU [kN]

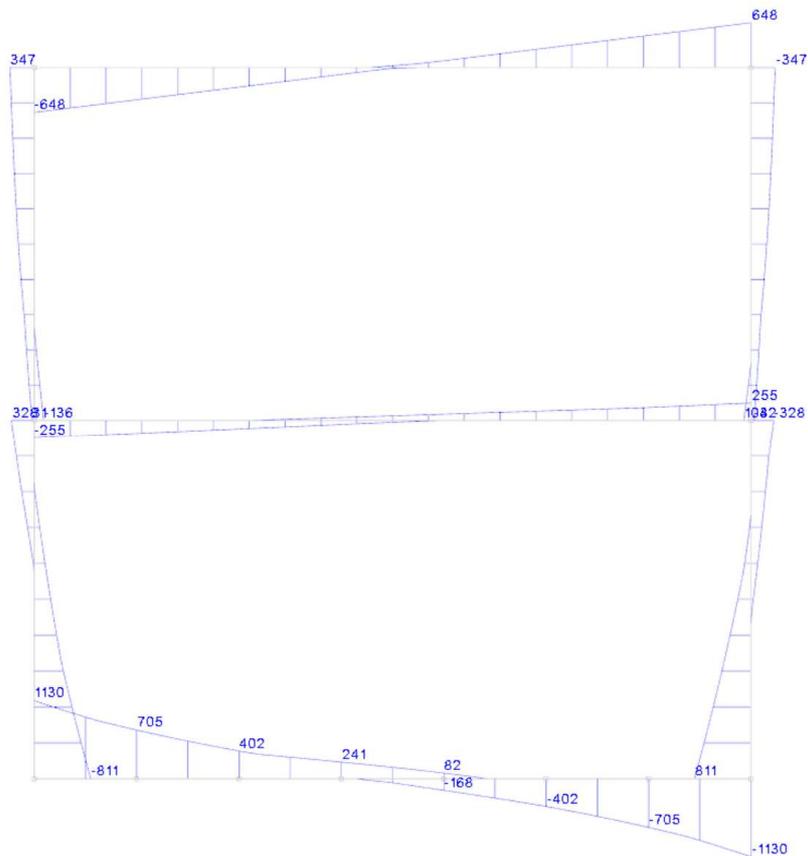


Figura 14. Inviluppo taglio agente [kN]

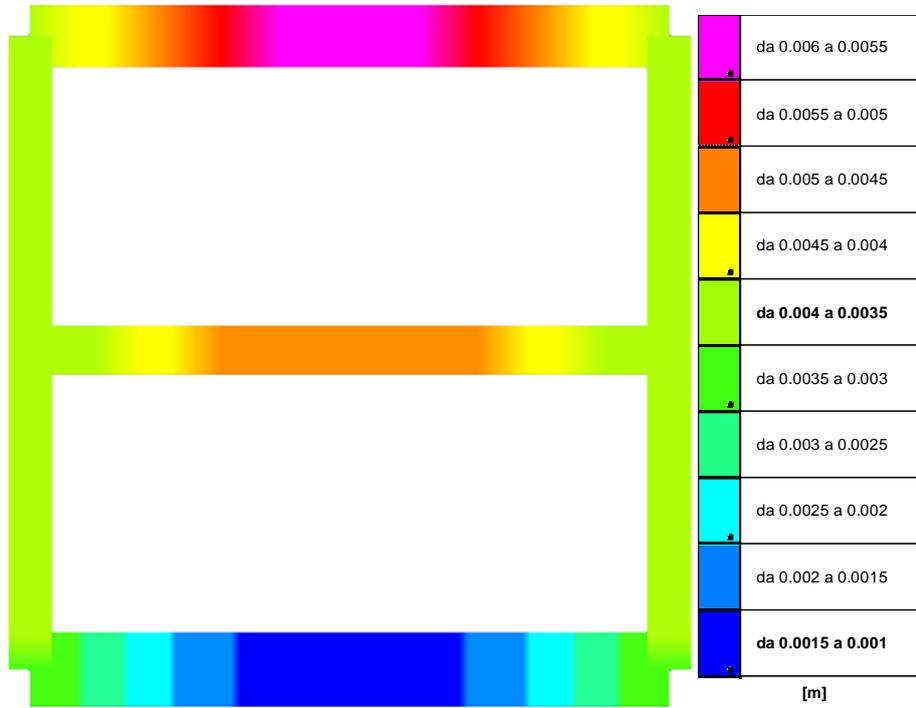


Figura 15. Deformazioni massime registrate SLU [m]

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

8.4 Verifiche pilastrate C.A. (CONTROPARETI)

Le unità di misura elencate nel capitolo sono in [m, kN] ove non espressamente specificato.

Q.inf.: quota inferiore. [m]

Q.sup.: quota superiore. [m]

Sezione: sezione impiegata.

Esistente: campata esistente.

Secondaria: campata secondaria.

Dissipativa: campata dissipativa.

Interna a parete: campata adiacente ad una parete in c.a.

Sovraresistenza: aliquota di sovraresistenza da assicurare in verifica.

Materiale CLS: materiale calcestruzzo impiegato.

Materiale Acciaio: materiale/i acciaio impiegato/i.

FC: fattore di confidenza riferito al materiale CLS.

Staffatura: descrizione della staffatura del campo considerato.

quota: quota di riferimento. [m]

sommatoriaBiQuadro: sommatoriaBiquadro.

α_n : coefficiente di efficienza longitudinale.

α_s : coefficiente di efficienza trasversale.

b_x : dimensione del nucleo confinato in direzione x. [m]

b_y : dimensione del nucleo confinato in direzione y. [m]

D0: dimensione del nucleo confinato circolare. [m]

σ_l : pressione di confinamento trasversale. [kN/m²]

α : coefficiente di efficienza.

σ_2 : pressione efficace di confinamento. [kN/m²]

$f_{ck,c}$: resistenza caratteristica confinata del cls. [kN/m²]

$\epsilon_{2,c}$: deformazione elastica confinata del cls.

$\epsilon_{cu2,c}$: deformazione ultima confinata del cls.

Posizione: posizione della barra.

X: ascissa relativa della barra rispetto al baricentro della sezione. [m]

Y: ordinata relativa della barra rispetto al baricentro della sezione. [m]

Diametro: diametro nominale della barra. [m]

Area: area nominale della barra. [m²]

Q.inf.: quota inferiore della barra. [m]

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Q.sup.: quota superiore della barra. [m]

Materiale: materiale della barra.

Quota: quota della sezione. [m]

As: area complessiva delle armature verticali. [m²]

%: percentuale di acciaio.

At: area delle armature verticali destinata alla verifica di torsione. [m²]

Pos.: posizioni barre longitudinali presenti nella sezione.

Mx: momento Mx. [kN*m]

My: momento My. [kN*m]

N: sforzo normale. [kN]

MRdx: momento resistente in direzione X. [kN*m]

MRdy: momento resistente in direzione Y. [kN*m]

Comb.: combinazione peggiore.

Coeff.s.: coefficiente di sicurezza minimo.

Verifica: stato di verifica.

Staffe: staffatura presente nella sezione.

Direzione X: dati della verifica a taglio in direzione X.

V: taglio di verifica per la direzione considerata. [kN]

N: sforzo normale per la verifica nella direzione considerata. [kN]

Comb.: combinazione per la verifica nella direzione considerata.

VRd: resistenza a taglio del calcestruzzo non staffato per la verifica nella direzione considerata. [kN]

VRsd: resistenza a taglio delle staffe per la verifica nella direzione considerata. [kN]

VRcd: resistenza a taglio delle bielle compresse per la verifica nella direzione considerata. [kN]

Cot: cotangente delle bielle compresse per la verifica nella direzione considerata.

c.s.: coefficiente di sicurezza per la verifica nella direzione considerata.

Direzione Y: dati della verifica a taglio in direzione Y.

$\sigma_{c,max}$: tensione massima sul calcestruzzo. [kN/m²]

$\sigma_{f,max}$: tensione massima sull'acciaio. [kN/m²]

$M_{x,sr}$: momento Mx di fessurazione. [kN*m]

$M_{y,sr}$: momento My di fessurazione. [kN*m]

$N_{,sr}$: sforzo normale di fessurazione. [kN]

σ_s : tensione massima sull'acciaio in condizioni fessurate. [kN/m²]

$A_{c,eff}$: area di calcestruzzo efficace. [m²]



ρ, eff : rapporto geometrico di area d'acciaio efficace.

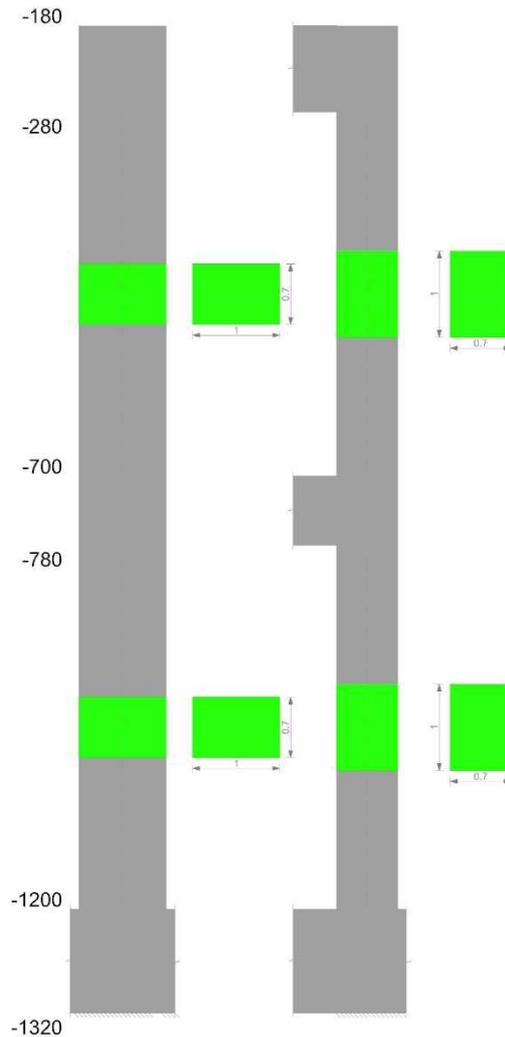
S_m : distanza media fra le fessure. [m]

W_k : apertura delle fessure. [m]

Fessurata: presenza di fessurazione.

Pilastrate (-328; -245)-(-702; -245)

Geometria



Dati della pilastrata-tipo

Viene data una rappresentazione tabellare delle caratteristiche principali della sequenza di pilastri valida per tutte le pilastrate considerate.

Campate costituenti la pilastrata

Q.inf.	Q.sup.	Sezione	Esistente	Secondaria	Dissipativa	Interna a parete	Sovraresistenza	Materiale CLS	Materiale Acciaio	FC
-12	-7.8	R 100x70	No	No	No	No		C30/37	B450C	
-7	-2.8	R 100x70	No	No	No	No		C30/37	B450C	

Dati relativi al confinamento di sezioni secondo D.M. 17-01-18 NTC §4.1.2.1.2.1

Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione
di calcolo strutture

01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Staffatura	quota	sommatoriaBiQuadro	α, n	α, s	b, x	b, y	D0	σ, l	α	$\sigma, 2$	fck,c	$\epsilon c_{2,c}$	$\epsilon c_{u,2,c}$
Staffa $\phi 14/30$ 2X 3Y (-1320/-1200)	-12.6	12930.102	0.58493	0.61806	0.886	0.586		785	0.36152	284	32129	-0.002	-0.0035
Staffa $\phi 14/25$ 2X 3Y (-1200/-1100)	-12	12930.102	0.58493	0.6757	0.886	0.586		942	0.39524	372	32571	-0.00225	-0.00592
Staffa $\phi 14/27.5$ 2X 3Y (-1100/-880)	-10.8	12930.102	0.58493	0.64658	0.886	0.586		856	0.37821	324	32329	-0.00222	-0.00561
Staffa $\phi 14/25$ 2X 3Y (-880/-780)	-8.7	12930.102	0.58493	0.6757	0.886	0.586		942	0.39524	372	32571	-0.00225	-0.00592
Staffa $\phi 14/26.7$ 2X 3Y (-780/-700)	-7.4	12930.102	0.58493	0.65622	0.886	0.586		883	0.38384	339	32405	-0.002	-0.0035
Staffa $\phi 14/25$ 2X 3Y (-700/-600)	-7	12930.102	0.58493	0.6757	0.886	0.586		942	0.39524	372	32571	-0.00225	-0.00592
Staffa $\phi 14/27.5$ 2X 3Y (-600/-380)	-5.8	12930.102	0.58493	0.64658	0.886	0.586		856	0.37821	324	32329	-0.00222	-0.00561
Staffa $\phi 14/25$ 2X 3Y (-380/-280)	-3.7	12930.102	0.58493	0.6757	0.886	0.586		942	0.39524	372	32571	-0.00225	-0.00592
Staffa $\phi 14/25$ 2X 3Y (-280/-180)	-2.3	12930.102	0.58493	0.6757	0.886	0.586		942	0.39524	372	32571	-0.002	-0.0035

Disposizione delle armature longitudinali

Posizione	X	Y	Diametro	Area	Q.inf.	Q.sup.	Sezione	Materiale
p.1	-0.4193	-0.2693	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	0.4193	-0.2693	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	0.4193	0.2693	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	-0.4193	0.2693	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	-0.3391	-0.274	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	-0.2422	-0.274	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	-0.1453	-0.274	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	-0.0484	-0.274	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	0.0484	-0.274	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	0.1453	-0.274	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	0.2422	-0.274	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	0.3391	-0.274	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	-0.3391	0.274	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	-0.2422	0.274	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	-0.1453	0.274	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	-0.0484	0.274	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	0.0484	0.274	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	0.1453	0.274	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	0.2422	0.274	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.1	0.3391	0.274	0.024	0.0004524	-12.6	-12	R 100x70	B450C
p.2	-0.4193	-0.2693	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	0.4193	-0.2693	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	0.4193	0.2693	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	-0.4193	0.2693	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	-0.3391	-0.274	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	-0.2422	-0.274	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	-0.1453	-0.274	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	-0.0484	-0.274	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	0.0484	-0.274	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	0.1453	-0.274	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	0.2422	-0.274	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	0.3391	-0.274	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	-0.3391	0.274	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	-0.2422	0.274	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C

Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione
di calcolo strutture

01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Posizione	X	Y	Diametro	Area	Q.inf.	Q.sup.	Sezione	Materiale
p.2	-0.1453	0.274	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	-0.0484	0.274	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	0.0484	0.274	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	0.1453	0.274	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	0.2422	0.274	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.2	0.3391	0.274	0.024	0.0004524	-12	-7	R 100x70	B450C
p.3	-0.4193	-0.2693	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	0.4193	-0.2693	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	0.4193	0.2693	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	-0.4193	0.2693	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	-0.3391	-0.274	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	-0.2422	-0.274	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	-0.1453	-0.274	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	-0.0484	-0.274	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	0.0484	-0.274	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	0.1453	-0.274	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	0.2422	-0.274	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	0.3391	-0.274	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	-0.3391	0.274	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	-0.2422	0.274	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	-0.1453	0.274	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	-0.0484	0.274	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	0.0484	0.274	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	0.1453	0.274	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	0.2422	0.274	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C
p.3	0.3391	0.274	0.024	0.0004524	-7	-2.589	R 100x70	B450C

Pilastrata (-328; -245)*Verifica a pressoflessione in SLU*

Quota	As	%	At	Pos.	Mx	My	N	MRdx	MRdy	Comb.	Coeff.s.	Verifica
-12	0.009048	2.6	0	1,2	825.4988	17.054	-655.92	1219.0682	25.1847	SLU Sisma	1.477	Si
-11.7	0.009048	2.6	0	1,2	659.4761	16.9197	-650.76	1285.9638	32.9931	SLU Sisma	1.95	Si
-11.4	0.009048	2.6	0	1,2	507.3996	16.7832	-645.51	1384.1919	45.7849	SLU Sisma	2.728	Si
-11.1	0.009048	1.3	0	2	372.0769	-16.6467	-640.26	1516.473	-67.8471	SLU Sisma	4.076	Si
-10.8	0.009048	1.3	0	2	253.4911	-16.5102	-635.01	1634.2873	-106.4435	SLU Sisma	6.447	Si
-10.5	0.009048	1.3	0	2	107.5709	-26.9153	-1035.2	950.1612	-237.7393	SLU 30	8.833	Si
-10.2	0.009048	1.3	0	2	27.9598	27.9598	-1075.38	289.8936	289.8936	SLU 26	10.368	Si
-9.9	0.009048	1.3	0	2	-37.7523	27.7824	-1068.55	-393.9238	289.8936	SLU 26	10.434	Si
-9.6	0.009048	1.3	0	2	-70.9191	-26.3829	-1014.73	-712.0494	-264.8923	SLU 30	10.04	Si
-9.3	0.009048	1.3	0	2	-94.2891	-26.2055	-1007.9	-883.6981	-245.6032	SLU 30	9.372	Si
-9	0.009048	1.3	0	2	-101.1849	-26.028	-1001.08	-932.5022	-239.8694	SLU 30	9.216	Si
-8.7	0.009048	1.3	0	2	-92.2422	-25.8506	-994.25	-884.583	-247.9013	SLU 30	9.59	Si
-8.4	0.009048	1.3	0	2	-173.0694	-15.4182	-593.01	-1616.6869	-144.0259	SLU Sisma	9.341	Si
-8.1	0.009048	1.3	0	2	104.3549	25.7744	-991.32	965.2677	238.4099	SLU 27	9.25	Si
-7.8	0.009048	1.3	0	2	178.877	25.6	-984.61	1338.3728	191.541	SLU 27	7.482	Si
-7	0.009048	2.6	0	2,3	-236.3111	15.4491	-605.85	-1642.9997	107.4129	SLU 18	6.953	Si

Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione
di calcolo strutture

01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Quota	As	%	At	Pos.	Mx	My	N	MRdx	MRdy	Comb.	Coeff.s.	Verifica
-6.7	0.009048	2.6	0	2,3	-209.1806	19.0838	-748.38	-1601.8145	146.1352	SLU 26	7.658	Si
-6.4	0.009048	2.6	0	2,3	-186.2717	18.9097	-741.56	-1549.3786	157.2881	SLU 26	8.318	Si
-6.1	0.009048	1.3	0	3	-159.0793	-18.3995	-721.55	-1470.6349	-170.0968	SLU 30	9.245	Si
-5.8	0.009048	1.3	0	3	-127.0099	-18.2254	-714.72	-1312.0315	-188.2713	SLU 30	10.33	Si
-5.5	0.009048	1.3	0	3	-96.8383	-16.7974	-658.72	-1182.2053	-205.0632	SLU 32	12.208	Si
-5.2	0.009048	1.3	0	3	-54.1875	-16.6234	-651.9	-811.6704	-249.0004	SLU 32	14.979	Si
-4.9	0.009048	1.3	0	3	58.2107	18.0395	-707.43	805.6542	249.6728	SLU 26	13.84	Si
-4.6	0.009048	1.3	0	3	127.3039	17.8674	-700.68	1327.2377	186.2806	SLU 26	10.426	Si
-4.3	0.009048	1.3	0	3	203.7052	17.6915	-693.78	1609.4831	139.781	SLU 26	7.901	Si
-4	0.009048	1.3	0	3	284.2464	17.5174	-686.96	1629.4695	100.4203	SLU 26	5.733	Si
-3.7	0.009048	1.3	0	3	369.363	17.3434	-680.13	1545.2138	72.5553	SLU 26	4.183	Si
-3.4	0.009048	1.3	0	3	458.748	17.1693	-673.31	1445.4607	54.0986	SLU 26	3.151	Si
-3.1	0.009048	1.3	0	3	552.095	16.9953	-666.48	1361.692	41.9174	SLU 26	2.466	Si
-2.8	0.009048	1.3	0	3	647.5044	16.8242	-659.77	1297.8011	33.7209	SLU 26	2.004	Si

Verifica a taglio in famiglia SLU

Quota	Staffe	Direzione X							Direzione Y							Verifica		
		V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd		Cot	c.s.
-12	2X/3Y ø14/25	0	-814.03	SLU 1	300.87	934.97	1570.18	2.5	1000	-651.83	-1012.79	SLU 32	348.92	922.16	1590.85	2.5	1.41	Si
-11.7	2X/3Y ø14/25	0	-808.87	SLU 1	300.12	934.97	1569.41	2.5	1000	-577.28	-1006.08	SLU 32	347.95	922.16	1589.84	2.5	1.6	Si
-11.4	2X/3Y ø14/25	0	-803.62	SLU 1	299.35	934.97	1568.61	2.5	1000	-503.64	-999.26	SLU 32	346.96	922.16	1588.82	2.5	1.83	Si
-11.1	2X/3Y ø14/25	0	-798.37	SLU 1	298.58	934.97	1567.82	2.5	1000	-432.24	-992.43	SLU 32	345.97	922.16	1587.79	2.5	2.13	Si
-10.8	2X/3Y ø14/27.5	0	-793.12	SLU 1	297.14	849.97	1556.27	2.5	1000	-370.19	-635.01	SLU Sisma	293.34	838.33	1523.43	2.5	2.26	Si
-10.5	2X/3Y ø14/27.5	0	-787.87	SLU 1	296.37	849.97	1555.47	2.5	1000	-318.57	-629.76	SLU Sisma	292.58	838.33	1522.64	2.5	2.63	Si
-10.2	2X/3Y ø14/27.5	0	-782.62	SLU 1	295.61	849.97	1554.68	2.5	1000	-268.53	-624.51	SLU Sisma	291.82	838.33	1521.85	2.5	3.12	Si
-9.9	2X/3Y ø14/27.5	0	-777.37	SLU 1	294.84	849.97	1553.89	2.5	1000	-220.07	-619.26	SLU Sisma	291.06	838.33	1521.07	2.5	3.81	Si
-9.6	2X/3Y ø14/27.5	0	-772.12	SLU 1	294.07	849.97	1553.1	2.5	1000	-173.25	-614.01	SLU Sisma	290.29	838.33	1520.28	2.5	4.84	Si
-9.3	2X/3Y ø14/27.5	0	-766.87	SLU 1	293.31	849.97	1552.3	2.5	1000	-128.06	-608.76	SLU Sisma	289.53	838.33	1519.49	2.5	6.55	Si
-9	2X/3Y ø14/27.5	0	-761.62	SLU 1	292.54	849.97	1551.51	2.5	1000	88.1	-907.1	SLU 11	332.83	838.33	1564.28	2.5	9.52	Si
-8.7	2X/3Y ø14/25	0	-756.37	SLU 1	292.45	934.97	1561.48	2.5	1000	137.76	-1004.97	SLU 27	347.79	922.16	1589.67	2.5	6.69	Si
-8.4	2X/3Y ø14/25	0	-751.12	SLU 1	291.69	934.97	1560.68	2.5	1000	185.46	-998.15	SLU 27	346.8	922.16	1588.65	2.5	4.97	Si
-8.1	2X/3Y ø14/25	0	-745.87	SLU 1	290.92	934.97	1559.89	2.5	1000	230.85	-991.32	SLU 27	345.81	922.16	1587.63	2.5	3.99	Si
-7.8	2X/3Y ø14/25	0	-740.71	SLU 1	290.17	934.97	1559.11	2.5	1000	273.32	-984.61	SLU 27	344.83	922.16	1586.62	2.5	3.37	Si
-7	2X/3Y ø14/25	0	-535.98	SLU 1	260.28	934.97	1528.19	2.5	1000	-91.66	-469.52	SLU Sisma	270.07	922.16	1509.28	2.5	10.06	Si
-6.7	2X/3Y ø14/25	0	-530.82	SLU 1	259.52	934.97	1527.41	2.5	1000	87.58	-599.14	SLU 18	288.89	922.16	1528.74	2.5	10.53	Si
-6.4	2X/3Y ø14/25	0	-525.57	SLU 1	258.76	934.97	1526.62	2.5	1000	109	-592.31	SLU 18	287.9	922.16	1527.72	2.5	8.46	Si
-6.1	2X/3Y ø14/25	0	-520.32	SLU 1	257.99	934.97	1525.83	2.5	1000	128.66	-585.49	SLU 18	286.91	922.16	1526.69	2.5	7.17	Si
-5.8	2X/3Y ø14/27.5	0	-515.07	SLU 1	256.55	849.97	1514.27	2.5	1000	151.8	-727.91	SLU 26	306.82	838.33	1537.38	2.5	5.52	Si
-5.5	2X/3Y ø14/27.5	0	-509.82	SLU 1	255.78	849.97	1513.48	2.5	1000	177.89	-721.08	SLU 26	305.83	838.33	1536.35	2.5	4.71	Si
-5.2	2X/3Y ø14/27.5	0	-504.57	SLU 1	255.01	849.97	1512.69	2.5	1000	201.77	-714.26	SLU 26	304.84	838.33	1535.33	2.5	4.15	Si
-4.9	2X/3Y ø14/27.5	0	-499.32	SLU 1	254.25	849.97	1511.9	2.5	1000	223.46	-707.43	SLU 26	303.85	838.33	1534.3	2.5	3.75	Si
-4.6	2X/3Y ø14/27.5	0	-494.12	SLU 1	253.49	849.97	1511.11	2.5	1000	242.75	-700.68	SLU 26	302.87	838.33	1533.29	2.5	3.45	Si
-4.3	2X/3Y ø14/27.5	0	-488.82	SLU 1	252.72	849.97	1510.31	2.5	1000	260.23	-693.78	SLU 26	301.87	838.33	1532.26	2.5	3.22	Si
-4	2X/3Y ø14/27.5	0	-483.57	SLU 1	251.95	849.97	1509.52	2.5	1000	276.18	-686.96	SLU 26	300.88	838.33	1531.23	2.5	3.04	Si
-3.7	2X/3Y ø14/25	0	-478.32	SLU 1	251.86	934.97	1519.48	2.5	1000	291.08	-680.13	SLU 26	300.64	922.16	1540.9	2.5	3.17	Si
-3.4	2X/3Y ø14/25	0	-473.07	SLU 1	251.09	934.97	1518.69	2.5	1000	304.93	-673.31	SLU 26	299.65	922.16	1539.88	2.5	3.02	Si

Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione
di calcolo strutture

01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

		Direzione X								Direzione Y								Verifica
Quota	Staffe	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	
-3.1	2X/3Y ø14/25	0	-467.82	SLU 1	250.33	934.97	1517.9	2.5	1000	317.73	-666.48	SLU 26	298.66	922.16	1538.85	2.5	2.9	Si
-2.8	2X/3Y ø14/25	0	-462.66	SLU 1	249.57	934.97	1517.12	2.5	1000	329.29	-659.77	SLU 26	297.69	922.16	1537.85	2.5	2.8	Si

Verifica delle tensioni in combinazioni rara

Quota	Mx	My	N	Comb.	σc,max	Mx	My	N	Comb.	σf,max	Verifica
-12	570.0802	0	-728.72	SLE RA 8	-8524	570.0802	0	-728.72	SLE RA 8	175538	Si
-11.7	440.0668	0	-761.17	SLE RA 6	-6989	442.5648	0	-723.55	SLE RA 8	122861	Si
-11.4	327.533	0	-755.92	SLE RA 6	-5523	328.3267	0	-718.3	SLE RA 8	76690	Si
-11.1	230.1717	0	-750.67	SLE RA 6	-4173	230.1717	0	-750.67	SLE RA 6	-56150	Si
-10.8	147.9186	0	-745.42	SLE RA 6	-2933	147.9186	0	-745.42	SLE RA 6	-38659	Si
-10.5	79.5876	0	-740.17	SLE RA 6	-2117	79.5876	0	-740.17	SLE RA 6	-27816	Si
-10.2	24.7208	0	-734.92	SLE RA 6	-1449	24.7208	0	-734.92	SLE RA 6	-19157	Si
-9.9	-29.0011	0	-736.82	SLE RA 3	-1504	-29.0011	0	-736.82	SLE RA 3	-19863	Si
-9.6	-46.0129	0	-724.42	SLE RA 6	-1690	-46.0129	0	-724.42	SLE RA 6	-22243	Si
-9.3	-67.3707	0	-681.55	SLE RA 8	-1880	-62.4841	0	-719.17	SLE RA 6	-24696	Si
-9	-67.3942	0	-713.92	SLE RA 6	-1931	-67.3942	0	-713.92	SLE RA 6	-25349	Si
-8.7	-61.2011	0	-708.67	SLE RA 6	-1841	-61.2011	0	-708.67	SLE RA 6	-24538	Si
-8.4	-44.3628	0	-703.42	SLE RA 6	-1632	-44.3628	0	-703.42	SLE RA 6	-21780	Si
-8.1	71.8454	0	-705.32	SLE RA 3	-1963	71.8454	0	-705.32	SLE RA 3	-26140	Si
-7.8	123.1783	0	-700.15	SLE RA 3	-2561	123.1783	0	-700.15	SLE RA 3	-34131	Si
-7	-161.0814	0	-531.52	SLE RA 2	-2750	-161.0814	0	-531.52	SLE RA 2	-36456	Si
-6.7	-151.3797	0	-526.36	SLE RA 2	-2629	-151.3797	0	-526.36	SLE RA 2	-34803	Si
-6.4	-134.5797	0	-521.11	SLE RA 2	-2423	-134.5797	0	-521.11	SLE RA 2	-32026	Si
-6.1	-114.6792	0	-507.06	SLE RA 6	-2167	-114.6792	0	-507.06	SLE RA 6	-28579	Si
-5.8	-91.3219	0	-501.81	SLE RA 6	-1890	-91.3219	0	-501.81	SLE RA 6	-24535	Si
-5.5	-69.0647	0	-463.78	SLE RA 8	-1564	-69.0647	0	-463.78	SLE RA 8	-20272	Si
-5.2	-38.3578	0	-458.53	SLE RA 8	-1185	-38.3578	0	-458.53	SLE RA 8	-15415	Si
-4.9	38.9428	0	-494.86	SLE RA 2	-1249	38.9428	0	-494.86	SLE RA 2	-16272	Si
-4.6	87.4077	0	-489.66	SLE RA 2	-1825	87.4077	0	-489.66	SLE RA 2	-23667	Si
-4.3	140.8233	0	-484.36	SLE RA 2	-2453	140.8233	0	-484.36	SLE RA 2	-31893	Si
-4	196.9753	0	-479.11	SLE RA 2	-3451	196.9753	0	-479.11	SLE RA 2	-44751	Si
-3.7	256.1775	0	-473.86	SLE RA 2	-4249	256.1775	0	-473.86	SLE RA 2	66462	Si
-3.4	318.2254	0	-468.61	SLE RA 2	-5077	318.2254	0	-468.61	SLE RA 2	92449	Si
-3.1	382.9145	0	-463.36	SLE RA 2	-5909	382.9145	0	-463.36	SLE RA 2	119960	Si
-2.8	448.9377	0	-458.19	SLE RA 2	-6732	448.9377	0	-458.19	SLE RA 2	148162	Si

Tensione limite del calcestruzzo 18426 kN/m²Tensione limite dell'acciaio 315000 kN/m²

Coefficiente di omogeneizzazione impiegato 15

Verifica delle tensioni sul calcestruzzo in combinazioni quasi permanenti

Quota	Mx	My	N	Comb.	σc,max	Verifica
-12	507.7804	0	-686.17	SLE QP 3	-7735	Si
-11.7	388.5056	0	-681.01	SLE QP 3	-6243	Si
-11.4	282.3583	0	-675.76	SLE QP 3	-4827	Si
-11.1	191.3091	0	-670.51	SLE QP 3	-3311	Si



Quota	Mx	My	N	Comb.	oc,max	Verifica
-10.8	115.2914	0	-665.26	SLE QP 3	-2426	Si
-10.5	53.1229	0	-660.01	SLE QP 3	-1676	Si
-10.2	-11.6477	0	-681.61	SLE QP 2	-1207	Si
-9.9	-35.9885	0	-676.36	SLE QP 2	-1495	Si
-9.6	-54.4312	0	-644.26	SLE QP 3	-1667	Si
-9.3	-65.0371	0	-639.01	SLE QP 3	-1787	Si
-9	-64.1549	0	-633.76	SLE QP 3	-1768	Si
-8.7	-52.2425	0	-628.51	SLE QP 3	-1610	Si
-8.4	-29.758	0	-623.26	SLE QP 3	-1332	Si
-8.1	58.5065	0	-644.86	SLE QP 2	-1711	Si
-7.8	108.7985	0	-639.7	SLE QP 2	-2300	Si
-7	-125.7278	0	-458.79	SLE QP 2	-2224	Si
-6.7	-123.4595	0	-453.63	SLE QP 2	-2189	Si
-6.4	-114.2189	0	-448.38	SLE QP 2	-2072	Si
-6.1	-101.3631	0	-435.59	SLE QP 3	-1900	Si
-5.8	-84.6644	0	-430.34	SLE QP 3	-1700	Si
-5.5	-61.987	0	-425.09	SLE QP 3	-1419	Si
-5.2	-33.7963	0	-419.84	SLE QP 3	-1070	Si
-4.9	21.5066	0	-422.13	SLE QP 2	-924	Si
-4.6	62.4934	0	-416.93	SLE QP 2	-1413	Si
-4.3	108.2684	0	-411.63	SLE QP 2	-1954	Si
-4	156.861	0	-406.38	SLE QP 2	-2524	Si
-3.7	208.5038	0	-401.13	SLE QP 2	-3505	Si
-3.4	262.9922	0	-395.88	SLE QP 2	-4249	Si
-3.1	320.122	0	-390.63	SLE QP 2	-5002	Si
-2.8	378.7118	0	-385.46	SLE QP 2	-5754	Si

Tensione limite del calcestruzzo 13820 kN/m²

Coefficiente di omogeneizzazione impiegato 15

Verifica di apertura delle fessure nella famiglia di combinazioni frequente

Quota	Mx	My	N	Comb.	Mx,sr	My,sr	N,sr	os	Ac,eff	p,eff	Sm	Wk	Fessurata	Verifica
-12	520.7765	0	-706.77	SLE FR 6	304.6065	0	0	156163	0.04416	0.1024	0.0636	0.000035	Si	Si
-11.7	400.0546	0	-701.61	SLE FR 6	324.9846	0	0	106663	0.04416	0.1024	0.0727	0.000023	Si	Si
-11.4	292.4356	0	-696.36										No	Si
-11.1	199.9146	0	-691.11										No	Si
-10.8	122.4252	0	-685.86										No	Si
-10.5	47.7413	0	-694.04										No	Si
-10.2	3.5336	0	-688.78										No	Si
-9.9	-28.1792	0	-683.54										No	Si
-9.6	-47.4342	0	-678.28										No	Si
-9.3	-54.8145	0	-673.04										No	Si
-9	-51.1449	0	-667.78										No	Si
-8.7	-36.8833	0	-662.54										No	Si
-8.4	-12.4879	0	-657.29										No	Si
-8.1	22.0842	0	-652.03										No	Si
-7.8	114.8172	0	-641.94										No	Si

Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione
di calcolo strutture

01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Quota	Mx	My	N	Comb.	Mx,sr	My,sr	N,sr	os	Ac,eff	p,eff	Sm	Wk	Fessurata	Verifica
-7	-133.3215	0	-479.39										No	Si
-6.7	-127.2317	0	-453.63										No	Si
-6.4	-117.4406	0	-444.61										No	Si
-6.1	-104.4637	0	-435.59										No	Si
-5.8	-87.4292	0	-430.34										No	Si
-5.5	-64.4161	0	-425.09										No	Si
-5.2	-18.3537	0	-444.21										No	Si
-4.9	19.241	0	-438.96										No	Si
-4.6	69.9749	0	-437.53										No	Si
-4.3	117.6611	0	-432.23										No	Si
-4	168.1446	0	-426.98										No	Si
-3.7	221.6783	0	-421.73										No	Si
-3.4	278.0577	0	-416.48										No	Si
-3.1	337.0784	0	-411.23	SLE FR 2	298.1411	0	0	105060	0.04416	0.1024	0.0636	0.000019	Si	Si
-2.8	397.5275	0	-406.06	SLE FR 2	289.2565	0	0	130825	0.04416	0.1024	0.0636	0.000027	Si	Si

Valore limite di controllo 0,300 mm

Coefficiente di viscosità $F_i = 1.7$

Coefficiente di omogeneizzazione impiegato 15

Verifica di apertura delle fessure nella famiglia di combinazioni quasi permanente

Quota	Mx	My	N	Comb.	Mx,sr	My,sr	N,sr	os	Ac,eff	p,eff	Sm	Wk	Fessurata	Verifica
-12	507.7804	0	-686.17	SLE QP 3	304.3258	0	0	152519	0.04416	0.1024	0.0636	0.000034	Si	Si
-11.7	388.5056	0	-681.01	SLE QP 3	324.9359	0	0	103612	0.04416	0.1024	0.0727	0.000022	Si	Si
-11.4	282.3583	0	-675.76										No	Si
-11.1	191.3091	0	-670.51										No	Si
-10.8	115.2914	0	-665.26										No	Si
-10.5	42.0792	0	-673.44										No	Si
-10.2	-0.6568	0	-668.18										No	Si
-9.9	-30.8979	0	-662.94										No	Si
-9.6	-48.6812	0	-657.68										No	Si
-9.3	-54.5897	0	-652.44										No	Si
-9	-49.4484	0	-647.18										No	Si
-8.7	-33.7151	0	-641.94										No	Si
-8.4	-7.8479	0	-636.69										No	Si
-8.1	28.1959	0	-631.43										No	Si
-7.8	108.7985	0	-639.7										No	Si
-7	-125.7278	0	-458.79										No	Si
-6.7	-123.4595	0	-453.63										No	Si
-6.4	-114.0041	0	-444.61										No	Si
-6.1	-101.3631	0	-435.59										No	Si
-5.8	-84.6644	0	-430.34										No	Si
-5.5	-61.987	0	-425.09										No	Si
-5.2	-22.0738	0	-423.61										No	Si
-4.9	13.63	0	-418.36										No	Si
-4.6	62.4934	0	-416.93										No	Si



Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione
di calcolo strutture

01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Quota	Mx	My	N	Comb.	Mx,sr	My,sr	N,sr	os	Ac,eff	p,eff	Sm	Wk	Fessurata	Verifica
-4.3	108.2684	0	-411.63										No	Si
-4	156.861	0	-406.38										No	Si
-3.7	208.5038	0	-401.13										No	Si
-3.4	262.9922	0	-395.88										No	Si
-3.1	320.122	0	-390.63	SLE QP 2	298.1536	0	0	99768	0.04416	0.1024	0.0636	0.000018	Si	Si
-2.8	378.7118	0	-385.46	SLE QP 2	289.0983	0	0	124756	0.04416	0.1024	0.0636	0.000025	Si	Si

Valore limite di controllo 0,300 mm

Coefficiente di viscosità $F_i = 1.7$

Coefficiente di omogeneizzazione impiegato 15

Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione
di calcolo strutture

01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Pilastrata (702; -245)*Verifica a pressoflessione in SLU*

Quota	As	%	At	Pos.	Mx	My	N	MRdx	MRdy	Comb.	Coeff.s.	Verifica
-12	0.009048	2.6	0	1,2	-804.3644	-26.3326	-1012.79	-1379.5976	-45.1641	SLU 27	1.715	Si
-11.7	0.009048	2.6	0	1,2	-623.2516	-26.1581	-1006.08	-1487.8559	-62.4458	SLU 27	2.387	Si
-11.4	0.009048	2.6	0	1,2	-460.9448	-25.9806	-999.26	-1605.7782	-90.5079	SLU 27	3.484	Si
-11.1	0.009048	1.3	0	2	-321.4977	-27.2701	-1048.85	-1631.6787	-138.4026	SLU 26	5.075	Si
-10.8	0.009048	1.3	0	2	-204.6589	-27.0927	-1042.03	-1379.8925	-182.6699	SLU 26	6.742	Si
-10.5	0.009048	1.3	0	2	-107.5709	-26.9153	-1035.2	-950.1612	-237.7393	SLU 26	8.833	Si
-10.2	0.009048	1.3	0	2	-27.9598	27.9598	-1075.38	-289.8936	289.8936	SLU 30	10.368	Si
-9.9	0.009048	1.3	0	2	37.7523	27.7824	-1068.55	393.9238	289.8936	SLU 30	10.434	Si
-9.6	0.009048	1.3	0	2	70.9191	-26.3829	-1014.73	712.0494	-264.8923	SLU 26	10.04	Si
-9.3	0.009048	1.3	0	2	94.2891	-26.2055	-1007.9	883.6981	-245.6032	SLU 26	9.372	Si
-9	0.009048	1.3	0	2	101.1849	-26.028	-1001.08	932.5022	-239.8694	SLU 26	9.216	Si
-8.7	0.009048	1.3	0	2	92.2422	-25.8506	-994.25	884.583	-247.9013	SLU 26	9.59	Si
-8.4	0.009048	1.3	0	2	-155.2212	20.3674	-783.36	-1398.1279	183.4556	SLU Sisma	9.007	Si
-8.1	0.009048	1.3	0	2	-223.1239	20.2309	-778.11	-1610.2641	146.0043	SLU Sisma	7.217	Si
-7.8	0.009048	1.3	0	2	-297.9125	20.0967	-772.95	-1644.2524	110.9184	SLU Sisma	5.519	Si
-7	0.009048	2.6	0	2,3	236.3111	15.4491	-605.85	1642.9997	107.4129	SLU 22	6.953	Si
-6.7	0.009048	2.6	0	2,3	209.1806	19.0838	-748.38	1601.8145	146.1352	SLU 30	7.658	Si
-6.4	0.009048	2.6	0	2,3	186.2717	18.9097	-741.56	1549.3786	157.2881	SLU 30	8.318	Si
-6.1	0.009048	1.3	0	3	159.0793	-18.3995	-721.55	1470.6349	-170.0968	SLU 26	9.245	Si
-5.8	0.009048	1.3	0	3	127.0099	-18.2254	-714.72	1312.0315	-188.2713	SLU 26	10.33	Si
-5.5	0.009048	1.3	0	3	96.8383	-16.7974	-658.72	1182.2053	-205.0632	SLU 27	12.208	Si
-5.2	0.009048	1.3	0	3	54.1875	-16.6234	-651.9	811.6704	-249.0004	SLU 27	14.979	Si
-4.9	0.009048	1.3	0	3	-58.2107	18.0395	-707.43	-805.6542	249.6728	SLU 30	13.84	Si
-4.6	0.009048	1.3	0	3	-127.3039	-17.8674	-700.68	-1327.2377	-186.2806	SLU 30	10.426	Si
-4.3	0.009048	1.3	0	3	-208.3708	12.1319	-475.76	-1615.8313	94.0779	SLU Sisma	7.755	Si
-4	0.009048	1.3	0	3	-270.0852	11.998	-470.51	-1520.0433	67.525	SLU Sisma	5.628	Si
-3.7	0.009048	1.3	0	3	-369.363	-17.3434	-680.13	-1545.2138	-72.5553	SLU 30	4.183	Si
-3.4	0.009048	1.3	0	3	-458.748	-17.1693	-673.31	-1445.4607	-54.0986	SLU 30	3.151	Si
-3.1	0.009048	1.3	0	3	-552.095	-16.9953	-666.48	-1361.692	-41.9174	SLU 30	2.466	Si
-2.8	0.009048	1.3	0	3	-647.5044	-16.8242	-659.77	-1297.8011	-33.7209	SLU 30	2.004	Si

Verifica a taglio in famiglia SLU

Quota	Staffe	Direzione X							Direzione Y							Verifica		
		V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd		Cot	c.s.
-12	2X/3Y ø14/25	0	-814.03	SLU 1	300.87	934.97	1570.18	2.5	1000	651.83	-1012.79	SLU 27	348.92	922.16	1590.85	2.5	1.41	Si
-11.7	2X/3Y ø14/25	0	-808.87	SLU 1	300.12	934.97	1569.41	2.5	1000	577.28	-1006.08	SLU 27	347.95	922.16	1589.84	2.5	1.6	Si
-11.4	2X/3Y ø14/25	0	-803.62	SLU 1	299.35	934.97	1568.61	2.5	1000	503.64	-999.26	SLU 27	346.96	922.16	1588.82	2.5	1.83	Si
-11.1	2X/3Y ø14/25	0	-798.37	SLU 1	298.58	934.97	1567.82	2.5	1000	432.24	-992.43	SLU 27	345.97	922.16	1587.79	2.5	2.13	Si
-10.8	2X/3Y ø14/27.5	0	-793.12	SLU 1	297.14	849.97	1556.27	2.5	1000	363.14	-985.61	SLU 27	344.23	838.33	1576.07	2.5	2.31	Si
-10.5	2X/3Y ø14/27.5	0	-787.87	SLU 1	296.37	849.97	1555.47	2.5	1000	296.23	-978.78	SLU 27	343.23	838.33	1575.05	2.5	2.83	Si
-10.2	2X/3Y ø14/27.5	0	-782.62	SLU 1	295.61	849.97	1554.68	2.5	1000	231.51	-971.96	SLU 27	342.24	838.33	1574.02	2.5	3.62	Si
-9.9	2X/3Y ø14/27.5	0	-777.37	SLU 1	294.84	849.97	1553.89	2.5	1000	168.99	-965.13	SLU 27	341.25	838.33	1573	2.5	4.96	Si
-9.6	2X/3Y ø14/27.5	0	-772.12	SLU 1	294.07	849.97	1553.1	2.5	1000	108.74	-958.31	SLU 27	340.26	838.33	1571.97	2.5	7.71	Si
-9.3	2X/3Y ø14/27.5	0	-766.87	SLU 1	293.31	849.97	1552.3	2.5	1000	-117.22	-799.11	SLU Sisma	317.16	838.33	1548.07	2.5	7.15	Si

Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione
di calcolo strutture

01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Quota	Staffe	Direzione X							Direzione Y							Verifica		
		V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd		Cot	c.s.
-9	2X/3Y ø14/27.5	0	-761.62	SLU 1	292.54	849.97	1551.51	2.5	1000	-150.32	-793.86	SLU Sisma	316.4	838.33	1547.28	2.5	5.58	Si
-8.7	2X/3Y ø14/25	0	-756.37	SLU 1	292.45	934.97	1561.48	2.5	1000	-181.84	-788.61	SLU Sisma	316.39	922.16	1557.19	2.5	5.07	Si
-8.4	2X/3Y ø14/25	0	-751.12	SLU 1	291.69	934.97	1560.68	2.5	1000	-211.78	-783.36	SLU Sisma	315.62	922.16	1556.4	2.5	4.35	Si
-8.1	2X/3Y ø14/25	0	-745.87	SLU 1	290.92	934.97	1559.89	2.5	1000	-240.05	-778.11	SLU Sisma	314.86	922.16	1555.61	2.5	3.84	Si
-7.8	2X/3Y ø14/25	0	-740.71	SLU 1	290.17	934.97	1559.11	2.5	1000	-273.32	-984.61	SLU 32	344.83	922.16	1586.62	2.5	3.37	Si
-7	2X/3Y ø14/25	0	-535.98	SLU 1	260.28	934.97	1528.19	2.5	1000	-72.86	-522.92	SLU Sisma	277.83	922.16	1517.3	2.5	12.66	Si
-6.7	2X/3Y ø14/25	0	-530.82	SLU 1	259.52	934.97	1527.41	2.5	1000	-93.3	-517.76	SLU Sisma	277.08	922.16	1516.52	2.5	9.88	Si
-6.4	2X/3Y ø14/25	0	-525.57	SLU 1	258.76	934.97	1526.62	2.5	1000	-112.51	-512.51	SLU Sisma	276.31	922.16	1515.74	2.5	8.2	Si
-6.1	2X/3Y ø14/25	0	-520.32	SLU 1	257.99	934.97	1525.83	2.5	1000	-130.09	-507.26	SLU Sisma	275.55	922.16	1514.95	2.5	7.09	Si
-5.8	2X/3Y ø14/27.5	0	-515.07	SLU 1	256.55	849.97	1514.27	2.5	1000	-151.8	-727.91	SLU 30	306.82	838.33	1537.38	2.5	5.52	Si
-5.5	2X/3Y ø14/27.5	0	-509.82	SLU 1	255.78	849.97	1513.48	2.5	1000	-177.89	-721.08	SLU 30	305.83	838.33	1536.35	2.5	4.71	Si
-5.2	2X/3Y ø14/27.5	0	-504.57	SLU 1	255.01	849.97	1512.69	2.5	1000	-201.77	-714.26	SLU 30	304.84	838.33	1535.33	2.5	4.15	Si
-4.9	2X/3Y ø14/27.5	0	-499.32	SLU 1	254.25	849.97	1511.9	2.5	1000	-223.46	-707.43	SLU 30	303.85	838.33	1534.3	2.5	3.75	Si
-4.6	2X/3Y ø14/27.5	0	-494.12	SLU 1	253.49	849.97	1511.11	2.5	1000	-242.75	-700.68	SLU 30	302.87	838.33	1533.29	2.5	3.45	Si
-4.3	2X/3Y ø14/27.5	0	-488.82	SLU 1	252.72	849.97	1510.31	2.5	1000	-260.23	-693.78	SLU 30	301.87	838.33	1532.26	2.5	3.22	Si
-4	2X/3Y ø14/27.5	0	-483.57	SLU 1	251.95	849.97	1509.52	2.5	1000	-276.18	-686.96	SLU 30	300.88	838.33	1531.23	2.5	3.04	Si
-3.7	2X/3Y ø14/25	0	-478.32	SLU 1	251.86	934.97	1519.48	2.5	1000	-291.08	-680.13	SLU 30	300.64	922.16	1540.9	2.5	3.17	Si
-3.4	2X/3Y ø14/25	0	-473.07	SLU 1	251.09	934.97	1518.69	2.5	1000	-304.93	-673.31	SLU 30	299.65	922.16	1539.88	2.5	3.02	Si
-3.1	2X/3Y ø14/25	0	-467.82	SLU 1	250.33	934.97	1517.9	2.5	1000	-317.73	-666.48	SLU 30	298.66	922.16	1538.85	2.5	2.9	Si
-2.8	2X/3Y ø14/25	0	-462.66	SLU 1	249.57	934.97	1517.12	2.5	1000	-329.29	-659.77	SLU 30	297.69	922.16	1537.85	2.5	2.8	Si

Verifica delle tensioni in combinazioni rara

Quota	Mx	My	N	Comb.	σc,max	Mx	My	N	Comb.	σf,max	Verifica
-12	-570.0802	0	-728.72	SLE RA 3	-8524	-570.0802	0	-728.72	SLE RA 3	175538	Si
-11.7	-440.0668	0	-761.17	SLE RA 2	-6989	-442.5648	0	-723.55	SLE RA 3	122861	Si
-11.4	-327.533	0	-755.92	SLE RA 2	-5523	-328.3267	0	-718.3	SLE RA 3	76690	Si
-11.1	-230.1717	0	-750.67	SLE RA 2	-4173	-230.1717	0	-750.67	SLE RA 2	-56150	Si
-10.8	-147.9186	0	-745.42	SLE RA 2	-2933	-147.9186	0	-745.42	SLE RA 2	-38659	Si
-10.5	-79.5876	0	-740.17	SLE RA 2	-2117	-79.5876	0	-740.17	SLE RA 2	-27816	Si
-10.2	-24.7208	0	-734.92	SLE RA 2	-1449	-24.7208	0	-734.92	SLE RA 2	-19157	Si
-9.9	29.0011	0	-736.82	SLE RA 8	-1504	29.0011	0	-736.82	SLE RA 8	-19863	Si
-9.6	46.0129	0	-724.42	SLE RA 2	-1690	46.0129	0	-724.42	SLE RA 2	-22243	Si
-9.3	67.3707	0	-681.55	SLE RA 3	-1880	62.4841	0	-719.17	SLE RA 2	-24696	Si
-9	67.3942	0	-713.92	SLE RA 2	-1931	67.3942	0	-713.92	SLE RA 2	-25349	Si
-8.7	61.2011	0	-708.67	SLE RA 2	-1841	61.2011	0	-708.67	SLE RA 2	-24538	Si
-8.4	44.3628	0	-703.42	SLE RA 2	-1632	44.3628	0	-703.42	SLE RA 2	-21780	Si
-8.1	-71.8454	0	-705.32	SLE RA 8	-1963	-71.8454	0	-705.32	SLE RA 8	-26140	Si
-7.8	-123.1783	0	-700.15	SLE RA 8	-2561	-123.1783	0	-700.15	SLE RA 8	-34131	Si
-7	161.0814	0	-531.52	SLE RA 6	-2750	161.0814	0	-531.52	SLE RA 6	-36456	Si
-6.7	151.3797	0	-526.36	SLE RA 6	-2629	151.3797	0	-526.36	SLE RA 6	-34803	Si
-6.4	134.5797	0	-521.11	SLE RA 6	-2423	134.5797	0	-521.11	SLE RA 6	-32026	Si
-6.1	114.6792	0	-507.06	SLE RA 2	-2167	114.6792	0	-507.06	SLE RA 2	-28579	Si
-5.8	91.3219	0	-501.81	SLE RA 2	-1890	91.3219	0	-501.81	SLE RA 2	-24535	Si
-5.5	69.0647	0	-463.78	SLE RA 3	-1564	69.0647	0	-463.78	SLE RA 3	-20272	Si

Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione
di calcolo strutture

01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Quota	Mx	My	N	Comb.	σc,max	Mx	My	N	Comb.	σf,max	Verifica
-5.2	38.3578	0	-458.53	SLE RA 3	-1185	38.3578	0	-458.53	SLE RA 3	-15415	Si
-4.9	-38.9428	0	-494.86	SLE RA 6	-1249	-38.9428	0	-494.86	SLE RA 6	-16272	Si
-4.6	-87.4077	0	-489.66	SLE RA 6	-1825	-87.4077	0	-489.66	SLE RA 6	-23667	Si
-4.3	-140.8233	0	-484.36	SLE RA 6	-2453	-140.8233	0	-484.36	SLE RA 6	-31893	Si
-4	-196.9753	0	-479.11	SLE RA 6	-3451	-196.9753	0	-479.11	SLE RA 6	-44751	Si
-3.7	-256.1775	0	-473.86	SLE RA 6	-4249	-256.1775	0	-473.86	SLE RA 6	66462	Si
-3.4	-318.2254	0	-468.61	SLE RA 6	-5077	-318.2254	0	-468.61	SLE RA 6	92449	Si
-3.1	-382.9145	0	-463.36	SLE RA 6	-5909	-382.9145	0	-463.36	SLE RA 6	119960	Si
-2.8	-448.9377	0	-458.19	SLE RA 6	-6732	-448.9377	0	-458.19	SLE RA 6	148162	Si

Tensione limite del calcestruzzo 18426 kN/m²Tensione limite dell'acciaio 315000 kN/m²

Coefficiente di omogeneizzazione impiegato 15

Verifica delle tensioni sul calcestruzzo in combinazioni quasi permanenti

Quota	Mx	My	N	Comb.	σc,max	Verifica
-12	-507.7804	0	-686.17	SLE QP 2	-7735	Si
-11.7	-388.5056	0	-681.01	SLE QP 2	-6243	Si
-11.4	-282.3583	0	-675.76	SLE QP 2	-4827	Si
-11.1	-191.3091	0	-670.51	SLE QP 2	-3311	Si
-10.8	-115.2914	0	-665.26	SLE QP 2	-2426	Si
-10.5	-53.1229	0	-660.01	SLE QP 2	-1676	Si
-10.2	11.6477	0	-681.61	SLE QP 3	-1207	Si
-9.9	35.9885	0	-676.36	SLE QP 3	-1495	Si
-9.6	54.4312	0	-644.26	SLE QP 2	-1667	Si
-9.3	65.0371	0	-639.01	SLE QP 2	-1787	Si
-9	64.1549	0	-633.76	SLE QP 2	-1768	Si
-8.7	52.2425	0	-628.51	SLE QP 2	-1610	Si
-8.4	29.758	0	-623.26	SLE QP 2	-1332	Si
-8.1	-58.5065	0	-644.86	SLE QP 3	-1711	Si
-7.8	-108.7985	0	-639.7	SLE QP 3	-2300	Si
-7	125.7278	0	-458.79	SLE QP 3	-2224	Si
-6.7	123.4595	0	-453.63	SLE QP 3	-2189	Si
-6.4	114.2189	0	-448.38	SLE QP 3	-2072	Si
-6.1	101.3631	0	-435.59	SLE QP 2	-1900	Si
-5.8	84.6644	0	-430.34	SLE QP 2	-1700	Si
-5.5	61.987	0	-425.09	SLE QP 2	-1419	Si
-5.2	33.7963	0	-419.84	SLE QP 2	-1070	Si
-4.9	-21.5066	0	-422.13	SLE QP 3	-924	Si
-4.6	-62.4934	0	-416.93	SLE QP 3	-1413	Si
-4.3	-108.2684	0	-411.63	SLE QP 3	-1954	Si
-4	-156.861	0	-406.38	SLE QP 3	-2524	Si
-3.7	-208.5038	0	-401.13	SLE QP 3	-3505	Si
-3.4	-262.9922	0	-395.88	SLE QP 3	-4249	Si
-3.1	-320.122	0	-390.63	SLE QP 3	-5002	Si
-2.8	-378.7118	0	-385.46	SLE QP 3	-5754	Si

Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione
di calcolo strutture

01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Tensione limite del calcestruzzo 13820 kN/m²

Coefficiente di omogeneizzazione impiegato 15

Verifica di apertura delle fessure nella famiglia di combinazioni frequente

Quota	Mx	My	N	Comb.	Mx,sr	My,sr	N,sr	σs	Ac,eff	ρ,eff	Sm	Wk	Fessurata	Verifica
-12	-520.7765	0	-706.77	SLE FR 2	-304.6065	0	0	156163	0.04416	0.1024	0.0636	0.000035	Si	Si
-11.7	-400.0546	0	-701.61	SLE FR 2	-324.9846	0	0	106663	0.04416	0.1024	0.0727	0.000023	Si	Si
-11.4	-292.4356	0	-696.36										No	Si
-11.1	-199.9146	0	-691.11										No	Si
-10.8	-122.4252	0	-685.86										No	Si
-10.5	-47.7413	0	-694.04										No	Si
-10.2	-3.5336	0	-688.78										No	Si
-9.9	28.1792	0	-683.54										No	Si
-9.6	47.4342	0	-678.28										No	Si
-9.3	54.8145	0	-673.04										No	Si
-9	51.1449	0	-667.78										No	Si
-8.7	36.8833	0	-662.54										No	Si
-8.4	12.4879	0	-657.29										No	Si
-8.1	-22.0842	0	-652.03										No	Si
-7.8	-114.8172	0	-641.94										No	Si
-7	133.3215	0	-479.39										No	Si
-6.7	127.2317	0	-453.63										No	Si
-6.4	117.4406	0	-444.61										No	Si
-6.1	104.4637	0	-435.59										No	Si
-5.8	87.4292	0	-430.34										No	Si
-5.5	64.4161	0	-425.09										No	Si
-5.2	18.3537	0	-444.21										No	Si
-4.9	-19.241	0	-438.96										No	Si
-4.6	-69.9749	0	-437.53										No	Si
-4.3	-117.6611	0	-432.23										No	Si
-4	-168.1446	0	-426.98										No	Si
-3.7	-221.6783	0	-421.73										No	Si
-3.4	-278.0577	0	-416.48										No	Si
-3.1	-337.0784	0	-411.23	SLE FR 6	-298.1411	0	0	105060	0.04416	0.1024	0.0636	0.000019	Si	Si
-2.8	-397.5275	0	-406.06	SLE FR 6	-289.2565	0	0	130825	0.04416	0.1024	0.0636	0.000027	Si	Si

Valore limite di controllo 0,300 mm

Coefficiente di viscosità $F_i = 1.7$

Coefficiente di omogeneizzazione impiegato 15

Verifica di apertura delle fessure nella famiglia di combinazioni quasi permanente

Quota	Mx	My	N	Comb.	Mx,sr	My,sr	N,sr	σs	Ac,eff	ρ,eff	Sm	Wk	Fessurata	Verifica
-12	-507.7804	0	-686.17	SLE QP 2	-304.3258	0	0	152519	0.04416	0.1024	0.0636	0.000034	Si	Si
-11.7	-388.5056	0	-681.01	SLE QP 2	-324.9359	0	0	103612	0.04416	0.1024	0.0727	0.000022	Si	Si
-11.4	-282.3583	0	-675.76										No	Si
-11.1	-191.3091	0	-670.51										No	Si
-10.8	-115.2914	0	-665.26										No	Si

Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione
di calcolo strutture

01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Quota	Mx	My	N	Comb.	Mx,sr	My,sr	N,sr	os	Ac,eff	p,eff	Sm	Wk	Fessurata	Verifica
-10.5	-42.0792	0	-673.44										No	Si
-10.2	0.6568	0	-668.18										No	Si
-9.9	30.8979	0	-662.94										No	Si
-9.6	48.6812	0	-657.68										No	Si
-9.3	54.5897	0	-652.44										No	Si
-9	49.4484	0	-647.18										No	Si
-8.7	33.7151	0	-641.94										No	Si
-8.4	7.8479	0	-636.69										No	Si
-8.1	-28.1959	0	-631.43										No	Si
-7.8	-108.7985	0	-639.7										No	Si
-7	125.7278	0	-458.79										No	Si
-6.7	123.4595	0	-453.63										No	Si
-6.4	114.0041	0	-444.61										No	Si
-6.1	101.3631	0	-435.59										No	Si
-5.8	84.6644	0	-430.34										No	Si
-5.5	61.987	0	-425.09										No	Si
-5.2	22.0738	0	-423.61										No	Si
-4.9	-13.63	0	-418.36										No	Si
-4.6	-62.4934	0	-416.93										No	Si
-4.3	-108.2684	0	-411.63										No	Si
-4	-156.861	0	-406.38										No	Si
-3.7	-208.5038	0	-401.13										No	Si
-3.4	-262.9922	0	-395.88										No	Si
-3.1	-320.122	0	-390.63	SLE QP 3	-298.1536	0	0	99768	0.04416	0.1024	0.0636	0.000018	Si	Si
-2.8	-378.7118	0	-385.46	SLE QP 3	-289.0983	0	0	124756	0.04416	0.1024	0.0636	0.000025	Si	Si

Valore limite di controllo 0,300 mm

Coefficiente di viscosità $F_i = 1.7$

Coefficiente di omogeneizzazione impiegato 15

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

8.5 Verifiche travate C.A.

Le unità di misura elencate nel capitolo sono in [m, kN, deg] ove non espressamente specificato.

***N°:** indice progressivo della sezione.*

***Descrizione:** descrizione della sezione.*

***Tipo:** tipo di sezione.*

***Base:** base della sezione. [m]*

***Altezza:** altezza della sezione. [m]*

***Copriferro sup.:** distanza del bordo della staffa dalla superficie superiore del getto. [m]*

***Copriferro inf.:** distanza del bordo della staffa dalla superficie inferiore del getto. [m]*

***Copriferro lat.:** distanza del bordo della staffa dalle superfici laterali del getto. [m]*

***x:** distanza da asse appoggio sinistro. [m]*

***A sup.:** area efficace di armatura longitudinale superiore. [m²]*

***C.b. sup.:** distanza dal bordo del baricentro dell'armatura longitudinale superiore. [m]*

***A inf.:** area efficace di armatura longitudinale inferiore. [m²]*

***C.b. inf.:** distanza dal bordo del baricentro dell'armatura longitudinale inferiore. [m]*

***M+ela:** momento flettente desunto dal solutore che tende le fibre inferiori. [kN*m]*

***Comb.:** combinazione.*

***M+des:** momento flettente di progetto che tende le fibre inferiori. [kN*m]*

***M+ult:** momento ultimo per trazione delle fibre inferiori. [kN*m]*

***x/d:** rapporto tra posizione asse neutro e altezza utile.*

***coeff:** coefficiente di sicurezza.*

***M-ela:** momento flettente desunto dal solutore che tende le fibre superiori. [kN*m]*

***M-des:** momento flettente di progetto che tende le fibre superiori. [kN*m]*

***M-ult:** momento ultimo per trazione delle fibre superiori. [kN*m]*

***Verifica:** stato di verifica.*

***A st:** area di staffe per unità di lunghezza. [m²]*

***A sl:** area di armatura longitudinale tesa per valutazione resistenza taglio in assenza di armature a taglio. [m²]*

***A sag:** area equivalente di barre piegate per unità di lunghezza. [m²]*

***Vela:** taglio elastico. [kN]*

***Vdes:** taglio di progetto. [kN]*

***Vrd:** resistenza a taglio della sezione senza armature. [kN]*

***Vrcd:** sforzo di taglio che produce il cedimento delle bielle. [kN]*

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Vrsd: resistenza a taglio per la presenza delle armature. [kN]

Vult: taglio ultimo. [kN]

cotg θ : cotg dell'angolo di inclinazione dei puntoni in calcestruzzo.

Rara: famiglia di combinazione di verifica.

Mela: momento elastico. [kN*m]

Mdes: momento di progetto. [kN*m]

σc : tensione di compressione nel calcestruzzo. [kN/m²]

$\sigma c \text{ lim.}$: tensione limite di compressione nel calcestruzzo. [kN/m²]

σf : tensione di trazione nell'acciaio. [kN/m²]

$\sigma f \text{ lim.}$: tensione limite di trazione nell'acciaio. [kN/m²]

Elastica+: massima freccia a sezione interamente reagente di solo calcestruzzo. [m]

Elastica-: minima freccia a sezione interamente reagente di solo calcestruzzo. [m]

Fess.+: massima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata. [m]

Fess.-: minima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata. [m]

Quasi permanente: famiglia di combinazione di verifica.

$\sigma \text{ FRP}$: tensione di trazione nell'FRP. [kN/m²]

$\sigma \text{ FRP lim.}$: tensione limite di trazione nell'FRP. [kN/m²]

Fess. viscosa+: massima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata a viscosità esaurita. [m]

Fess. viscosa-: minima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata a viscosità esaurita. [m]

l/f: rapporto luce su freccia in combinazione quasi permanente.

Frequente: famiglia di combinazione di verifica.

Bordo: bordo interessato dalla fessura.

Rara: famiglia di combinazione per verifica inferiore.

Dmax: distanza massima tra le fessure. [m]

Esm: dilatazione media delle barre di armatura.

Wd: valore di calcolo di apertura delle fessure. [m]

Comb: combinazione.

Frequente: famiglia di combinazione per verifica inferiore.

Quasi permanente: famiglia di combinazione per verifica inferiore.

Size X: misura dell'impronta al suolo lungo X. [m]

Size Y: misura dell'impronta al suolo lungo Y. [m]

Sis.: indicazione combinazione sismica.

Cnd: indicazione condizione di carico (BT breve termine o LT lungo termine).

Fx: componente orizzontale del carico lungo x. [kN]

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Fy: componente orizzontale del carico lungo y. [kN]

Fz: componente verticale del carico. [kN]

IncX: inclinazione del carico lungo x. [deg]

IncY: inclinazione del carico lungo y. [deg]

Phi: angolo di attrito di progetto. [deg]

Ad: adesione di progetto. [kN/m²]

RPI: resistenza passiva laterale unitaria di progetto. [kN/m]

yR: coefficiente parziale sulla resistenza di progetto.

Rd: resistenza di progetto. [kN]

Ed: azione di progetto. [kN]

Rd/Ed: coefficiente di sicurezza allo scorrimento.

Aste: numero delle aste del tratto in verifica.

Size X: misura dell'impronta al suolo lungo la direzione X locale. [m]

Size Y: misura dell'impronta al suolo lungo la direzione Y locale. [m]

Type: indicazione del tipo di combinazione statica o sismica.

Cond: indicazione della condizione di carico (BT breve termine o LT lungo termine).

Rd/Ed: coefficiente di sicurezza alla capacità portante.

Mx: momento risultante agente attorno x. [kN*m]

My: momento risultante agente attorno y. [kN*m]

Inc.x: inclinazione del carico lungo x. [deg]

Inc.y: inclinazione del carico lungo y. [deg]

Ecc.x: eccentricità del carico lungo x. [m]

Ecc.y: eccentricità del carico lungo y. [m]

B': larghezza efficace. [m]

L': lunghezza efficace. [m]

qd: sovraccarico di progetto. [kN/m²]

ys: peso specifico di progetto del suolo. [kN/m³]

Fi: angolo di attrito di progetto. [deg]

Coes: coesione di progetto. [kN/m²]

Amax: accelerazione normalizzata max al suolo.

N:

Nq: fattore di capacità portante per il termine di sovraccarico.

Nc: fattore di capacità portante per il termine coesivo.

Ng: fattore di capacità portante per il termine attritivo.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

S:

Sq: *fattore correttivo di capacità portante per forma (shape), per il termine di sovraccarico.*

Sc: *fattore correttivo di capacità portante per forma (shape), per il termine coesivo.*

Sg: *fattore correttivo di capacità portante per forma (shape), per il termine attritivo.*

D:

Dq: *fattore correttivo di capacità portante per approfondimento (deep), per il termine di sovraccarico.*

Dc: *fattore correttivo di capacità portante per approfondimento (deep), per il termine coesivo.*

Dg: *fattore correttivo di capacità portante per approfondimento (deep), per il termine attritivo.*

I:

Iq: *fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del carico, per il termine di sovraccarico.*

Ic: *fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del carico, per il termine coesivo.*

Ig: *fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del carico, per il termine attritivo.*

B:

Bq: *fattore correttivo di capacità portante per inclinazione della base, per il termine di sovraccarico.*

Bc: *fattore correttivo di capacità portante per inclinazione della base, per il termine coesivo.*

Bg: *fattore correttivo di capacità portante per inclinazione della base, per il termine attritivo.*

G:

Gq: *fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del pendio, per il termine di sovraccarico.*

Gc: *fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del pendio, per il termine coesivo.*

Gg: *fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del pendio, per il termine attritivo.*

P:

Pq: *fattore correttivo di capacità portante per punzonamento, per il termine di sovraccarico.*

Pc: *fattore correttivo di capacità portante per punzonamento, per il termine coesivo.*

Pg: *fattore correttivo di capacità portante per punzonamento, per il termine attritivo.*

E:

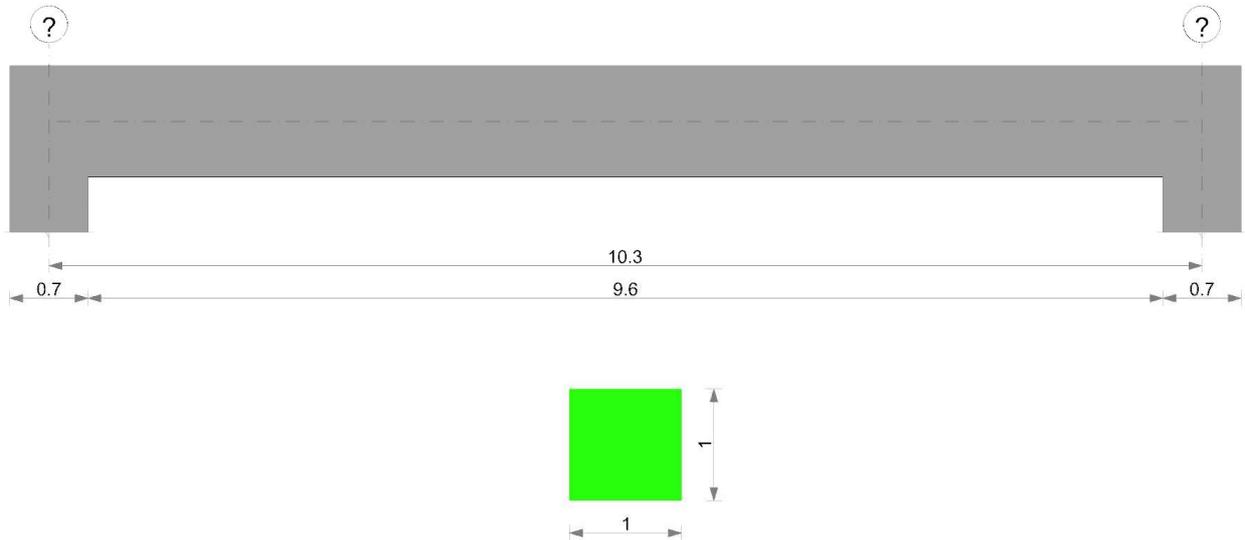
Eq: *fattore correttivo di capacità portante per sisma (earthquake), per il termine di sovraccarico.*

Ec: *fattore correttivo di capacità portante per sisma (earthquake), per il termine coesivo.*

Eg: *fattore correttivo di capacità portante per sisma (earthquake), per il termine attritivo.*



Trave a "Solettone di copertura" (-328; -245)-(702; -245)
Geometria



Caratteristiche dei materiali
Acciaio: B450C Fyk 450000

Calcestruzzo: C30/37 Rck 37000

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Base	Altezza	Copriferro sup.	Copriferro inf.	Copriferro lat.
1	R 100x100	Rettangolare	1	1	0.05	0.05	0.05

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione



Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

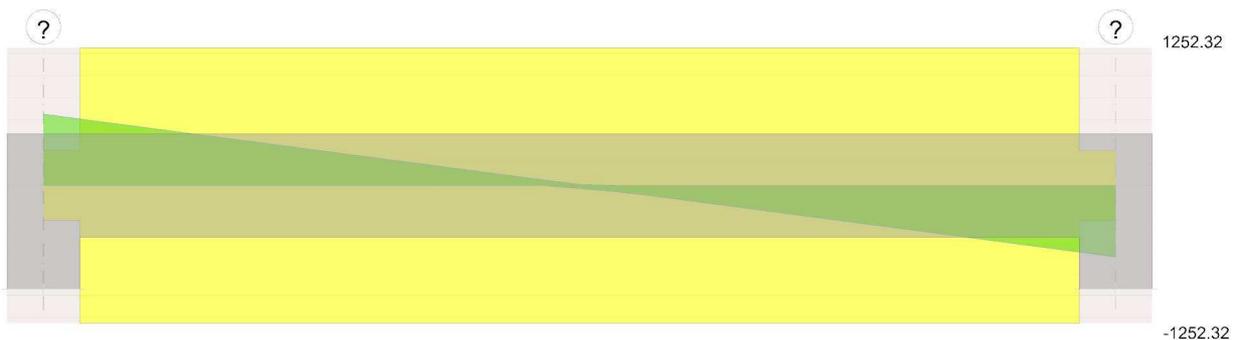
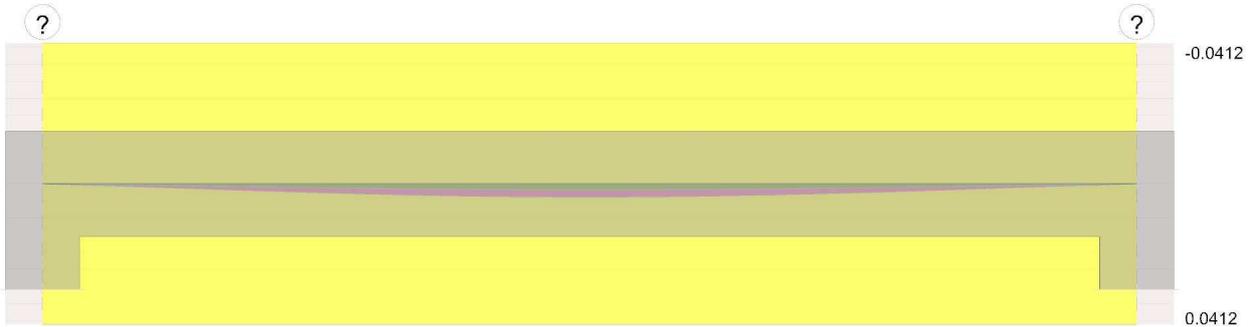


Diagramma verifica stato limite esercizio quasi permanente freccia

Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione
di calcolo strutture

01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

*Verifiche a flessione in famiglia SLU*

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	Comb.	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	Comb.	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.002262	0.076	0.002262	0.076							-818.2419	SLU 26	-704.9322	-797.70	0.077	1.13	Si
0.35	0.002262	0.076	0.002262	0.076	-246.1146	SLU Sisma	83.7332	797.7046	0.077	9.53	-599.1145	SLU 26	-599.1145	-797.70	0.077	1.33	Si
5.15	0.002262	0.076	0.004524	0.076	872.4377	SLU 25	872.4377	1551.2897	0.108	1.78							Si
9.95	0.002262	0.076	0.002262	0.076	-324.1159	SLU 3	18.0035	797.7046	0.077	44.31	-599.1145	SLU 30	-599.1145	-797.70	0.077	1.33	Si
10.3	0.002262	0.076	0.002262	0.076							-818.2419	SLU 30	-704.9322	-797.70	0.077	1.13	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Comb.	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	coeff	Verifica
0	0	0.002262	0	648.28	SLU 26	648.28	318.27	2495.13	0	318.27	2.5	0.49	Si
0.35	0.0000154	0.002262	0	604.67	SLU 26	604.67	318.27	2495.13	1252.32	1252.32	2.5	2.07	Si
5.15	0.0000154	0.004524	0	9.42	SLU 19	9.42	400.99	2495.13	1252.32	1252.32	2.5	132.97	Si
5.15	0.0000154	0.004524	0	-26.7	SLU Sisma	-26.7	-400.99	-2495.13	-1252.32	-1252.32	2.5	46.9	Si
9.95	0.0000154	0.002262	0	-604.67	SLU 30	-604.67	-318.27	-2495.13	-1252.32	-1252.32	2.5	2.07	Si
10.3	0	0.002262	0	-648.28	SLU 30	-648.28	-318.27	-2495.13	0	-318.27	2.5	0.49	Si

Verifiche delle tensioni in esercizio

x	Rara								Quasi permanente						Verifica
	Mela	Comb.	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Comb.	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.	
0	-566.9001	2	-488.3599	2556	18426	38340	315000	-483.9492	2	-418.1206	2188	13820			Si
0.35	-415.0147	2	-415.0147	2172	18426	32582	315000	-356.6454	2	-356.6454	1867	13820			Si
5.15	604.4238	1	604.4238	3057	18426	43519	315000	498.067	1	498.067	2519	13820			Si
9.95	-415.0147	6	-415.0147	2172	18426	32582	315000	-356.6454	3	-356.6454	1867	13820			Si
10.3	-566.9001	6	-488.3599	2556	18426	38340	315000	-483.9492	3	-418.1206	2188	13820			Si

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

Verifica di deformabilità

x	Rara				Frequente				Quasi permanente						Verifica	
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. viscosa+	Comb.	Fess. viscosa-	Comb.		l/f
0.35	0.00017	0.00014	0.00014	0.00012	0.00015	0.00013	0.00012	0.00011	0.00014	0.00013	0.0003	3	0.00028	3	9999	Si
5.15	0.00207	0.00189	0.00182	0.00166	0.00181	0.00168	0.00159	0.00147	0.0017	0.00169	0.00384	1	0.00381	1	2683	Si
9.95	0.00017	0.00014	0.00014	0.00012	0.00015	0.00013	0.00012	0.00011	0.00014	0.00013	0.0003	2	0.00028	2	9999	Si



Trave a "Solettone intermedio" (-328; -245)-(702; -245)

Geometria



Caratteristiche dei materiali

Acciaio: B450C Fyk 450000

Calcestruzzo: C30/37 Rck 37000

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Base	Altezza	Copriferro sup.	Copriferro inf.	Copriferro lat.
1	R 100x80	Rettangolare	1	0.8	0.05	0.05	0.05

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

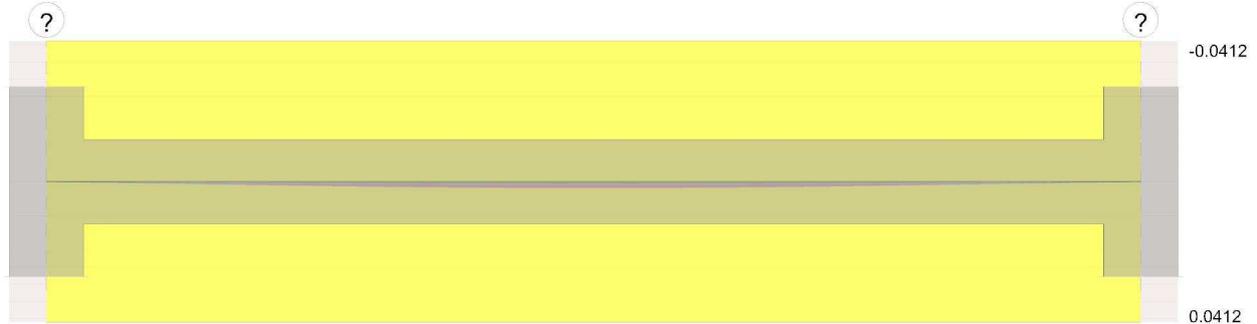


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio





Diagramma verifica stato limite esercizio quasi permanente freccia



Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	Comb.	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	Comb.	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.003167	0.076	0.003167	0.076	78.217	SLU Sisma	78.217	852.0251	0.111	10.89	-504.3295	SLU 27	-459.8219	-852.02	0.111	1.85	Si
0.35	0.003167	0.076	0.003167	0.076	110.8049	SLU Sisma	170.8934	852.0251	0.111	4.99	-418.0049	SLU 27	-418.0049	-852.02	0.111	2.04	Si
5.15	0.003167	0.076	0.003167	0.076	218.6224	SLU 19	225.0706	852.0251	0.111	3.79							Si
9.95	0.003167	0.076	0.003167	0.076							-546.5572	SLU Sisma	-546.5572	-852.02	0.111	1.56	Si
10.3	0.003167	0.076	0.003167	0.076							-627.0777	SLU Sisma	-585.8404	-852.02	0.111	1.45	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Comb.	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	coeff	Verifica
0	0	0.003167	0	254.62	SLU 27	254.62	315.07	1955.06	0	315.07	2.5	1.24	Si
0.35	0.0000154	0.003167	0	238.95	SLU 27	238.95	315.07	1955.06	981.25	981.25	2.5	4.11	Si
5.15	0.0000154	0.003167	0	24.15	SLU 19	24.15	315.07	1955.06	981.25	981.25	2.5	40.63	Si
5.15	0.0000154	0.003167	0	-68.48	SLU Sisma	-68.48	-315.07	-1955.06	-981.25	-981.25	2.5	14.33	Si
9.95	0.0000154	0.003167	0	-238.95	SLU 32	-238.95	-315.07	-1955.06	-981.25	-981.25	2.5	4.11	Si
10.3	0	0.003167	0	-254.62	SLU 32	-254.62	-315.07	-1955.06	0	-315.07	2.5	1.24	Si

Verifiche delle tensioni in esercizio

x	Rara								Quasi permanente								Verifica
	Mela	Comb.	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Comb.	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.			
0	-357.4056	3	-325.3335	2472	18426	37082	315000	-308.4531	2	-279.3084	2122	13820			Si		
0.35	-295.2156	3	-295.2156	2243	18426	33649	315000	-251.9976	2	-251.9976	1915	13820			Si		
5.15	156.5135	3	160.1265	1217	18426	18252	315000	145.7721	2	147.2916	1119	13820			Si		
9.95	-295.2156	8	-295.2156	2243	18426	33649	315000	-251.9976	3	-251.9976	1915	13820			Si		
10.3	-357.4056	8	-325.3335	2472	18426	37082	315000	-308.4531	3	-279.3084	2122	13820			Si		

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

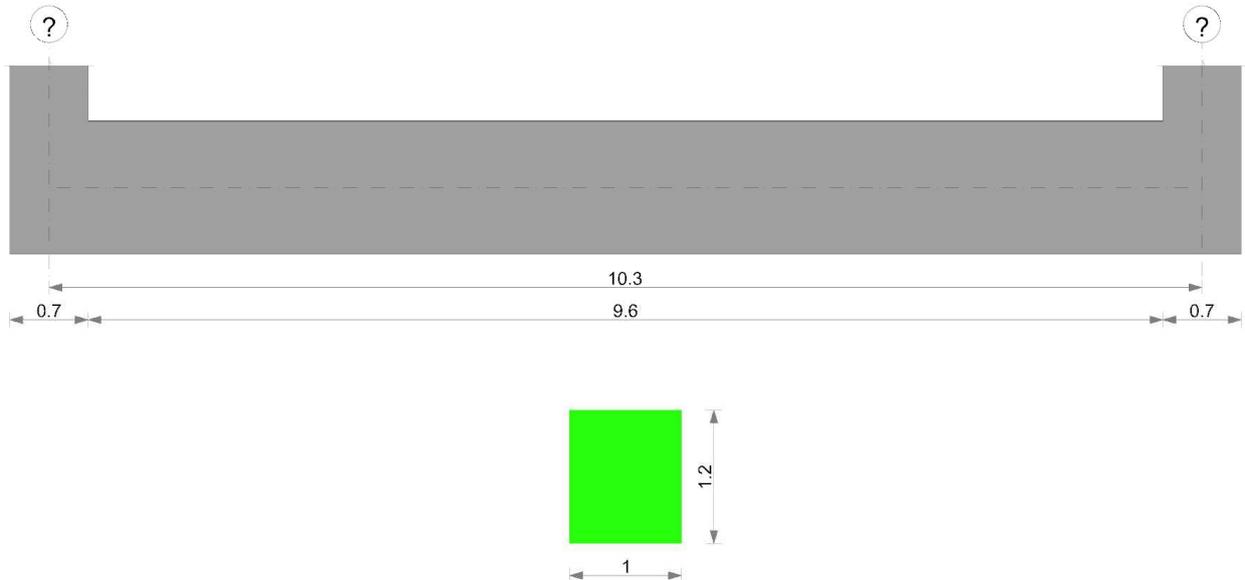
Verifica di deformabilità

x	Rara				Frequente				Quasi permanente						Verifica	
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. viscosa+	Comb.	Fess. viscosa-	Comb.		l/f
0.35	0.00007	0.00001	0.00005	0	0.00005	0.00001	0.00004	0	0.00005	0.00002	0.0001	3	0.00001	3	9999	Si
5.15	0.00084	0.00083	0.00072	0.00072	0.00081	0.00077	0.0007	0.00066	0.00078	0.00078	0.00171	2	0.00171	2	6035	Si
5.49	0.00085	0.00081	0.00073	0.0007	0.00082	0.00075	0.00071	0.00065	0.00078	0.00076	0.00172	2	0.00167	2	6000	Si
9.95	0.00007	0.00001	0.00005	0	0.00005	0.00001	0.00004	0	0.00005	0.00002	0.0001	2	0.00001	2	9999	Si



Trave di fondazione a "Solettone di fondo" (-328; -245)-(702; -245)

Geometria



Caratteristiche dei materiali

Acciaio: B450C Fyk 450000

Calcestruzzo: C30/37 Rck 37000

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Base	Altezza	Copriferro sup.	Copriferro inf.	Copriferro lat.
1	R 100x120	Rettangolare	1	1.2	0.05	0.05	0.05

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

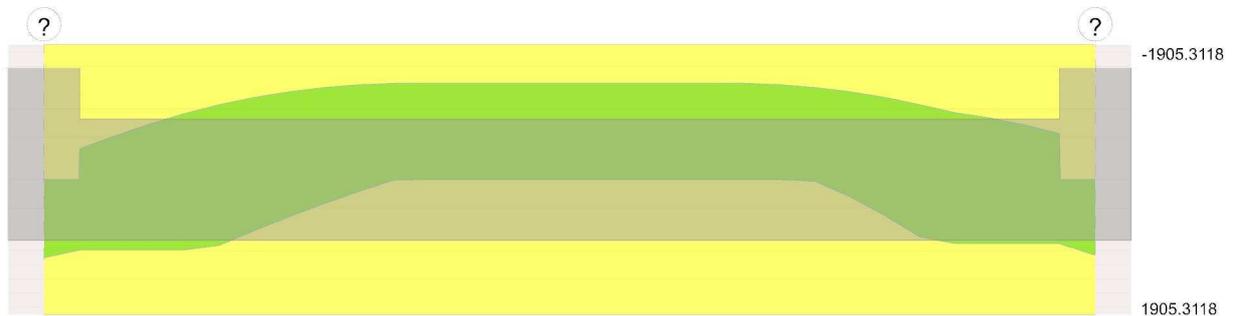
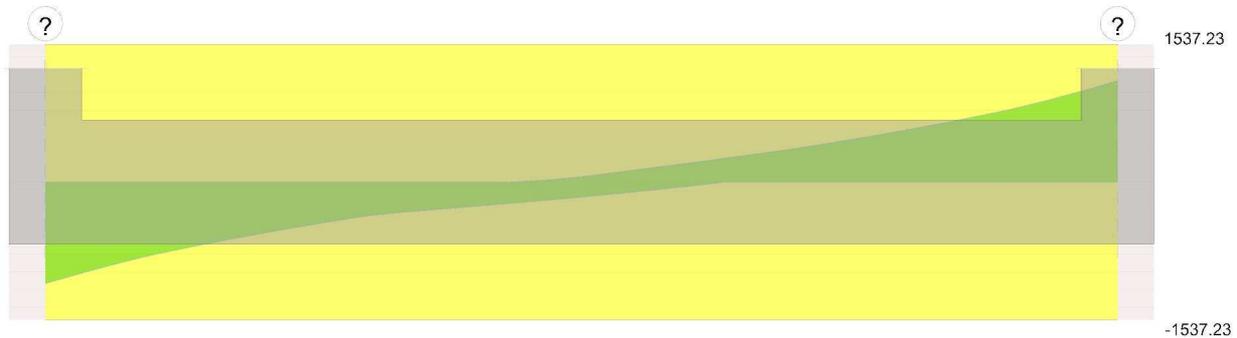


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

*Verifiche a flessione in famiglia SLU*

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	Comb.	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	Comb.	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.004524	0.076	0.004524	0.076	1245.2234	SLU 32	1102.4098	1905.3118	0.08	1.73							Si
0.35	0.004524	0.076	0.004524	0.076	991.5774	SLU Sisma	991.5774	1905.3118	0.08	1.92	332.9951	SLU 3	-436.1504	-1905.31	0.08	4.37	Si
3.78	0.004524	0.076	0.004524	0.076							-1263.8127	SLU 26	-1363.2301	-1905.31	0.08	1.4	Si
5.15	0.004524	0.076	0.004524	0.076							-1363.2086	SLU 25	-1363.2301	-1905.31	0.08	1.4	Si
9.95	0.004524	0.076	0.004524	0.076	901.3152	SLU 27	901.3152	1905.3118	0.08	2.11	60.7109	SLU Sisma	-649.4469	-1905.31	0.08	2.93	Si
10.3	0.004524	0.076	0.004524	0.076	1245.2234	SLU 27	1065.6952	1905.3118	0.08	1.79							Si

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Comb.	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	coeff	Verifica
0	0.0000155	0.004524	0	-1129.98	SLU 26	-1129.98	-443.41	-3035.21	-1537.23	-1537.23	2.5	1.36	Si
0.35	0.0000155	0.004524	0	-1014.16	SLU 26	-1014.16	-443.41	-3035.21	-1537.23	-1537.23	2.5	1.52	Si
5.15	0.0000155	0.004524	0	58.39	SLU 27	58.39	443.41	3035.21	1537.23	1537.23	2.5	26.33	Si
5.15	0.0000155	0.004524	0	-165.54	SLU Sisma	-165.54	-443.41	-3035.21	-1537.23	-1537.23	2.5	9.29	Si
9.95	0.0000155	0.004524	0	1014.16	SLU 30	1014.16	443.41	3035.21	1537.23	1537.23	2.5	1.52	Si
10.3	0.0000155	0.004524	0	1129.98	SLU 30	1129.98	443.41	3035.21	1537.23	1537.23	2.5	1.36	Si

Verifiche delle tensioni in esercizio

x	Rara								Quasi permanente								Verifica
	Mela	Comb.	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Comb.	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.			
0	880.6285	8	751.3239	2487	18426	37304	315000	800.5439	3	678.6866	2247	13820			Si		
0.35	633.0697	8	633.0697	2096	18426	31433	315000	567.6043	3	567.6043	1879	13820			Si		
5.15	-980.0998	1	-980.0998	4865	18426	209805	315000	-861.8635	1	-861.8635	4278	13820			Si		
9.95	633.0853	3	633.0853	2096	18426	31433	315000	567.6206	2	567.6206	1879	13820			Si		
10.3	880.6285	3	751.3396	2487	18426	37305	315000	800.5439	2	678.703	2247	13820			Si		

Verifica di apertura delle fessure

x	Bordo	Rara				Frequente				Quasi permanente				Verifica
		Dmax	Esm	Wd	Comb	Dmax	Esm	Wd	Comb	Dmax	Esm	Wd	Comb	
4.12	superiore	0.389	0.00061	0.000238	1	0.389	0.0006	0.000233	1	0.389	0.00057	0.000222	1	Si
5.15	superiore	0.389	0.00061	0.000238	1	0.389	0.0006	0.000233	1	0.389	0.00057	0.000222	1	Si



8.6 Sintesi delle sezioni ed armature adottate

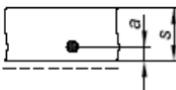
Tabella 12. Sintesi delle sezioni geometriche ed armature adottate

Elemento/Sezione		B [m]	H [m]	Af [-]	A'f [-]	Spilli [kNm]	ρ (As/Ac) [-]
Soletta copertura	campata	1,00	1,00	1 ϕ 24/10	1 ϕ 24/20	1 ϕ 14/30/40	0,007
	incastro	1,00	1,00	1 ϕ 24/20	1 ϕ 24/20	1 ϕ 14/30/40	0,005
Soletta intermedia	campata	1,00	0,80	1 ϕ 24/15	1 ϕ 24/15	1 ϕ 14/30/40	0,008
	incastro	1,00	0,80	1 ϕ 24/15	1 ϕ 24/15	1 ϕ 14/30/40	0,008
Soletta di fondo	campata	1,00	1,20	1 ϕ 24/10	1 ϕ 24/10	1 ϕ 14/30/40	0,008
	incastro	1,00	1,20	1 ϕ 24/10	1 ϕ 24/10	1 ϕ 14/30/40	0,008
Parete	incastro	1,00	0,70	1 ϕ 24/10	1 ϕ 24/10	1 ϕ 14/30/40	0,013

Verifiche di resistenza al fuoco

Si valuta la resistenza al fuoco della struttura in c.a. secondo le direttive contenute nel documento *UNI 9502:2001* e per l'esattezza si esegue la verifica della capacità portante con i metodi semplificati riportati in Appendice A ed in particolare il punto A.1 "Verifica con il sistema tabellare".

Se si verifica che la distanza a per tutte le armature dimensionate con il calcolo a freddo sia uguale o maggiore di quella riportata nel prospetto A.1, ciò è condizione sufficiente a garantire la capacità portante dell'elemento costruttivo, sempre che si possa escludere una minor capacità per riduzione di resistenza del conglomerato cementizio invece che dell'acciaio.

Acciaio	Tempo di esposizione t (min)	Fuoco su un lato 
Per acciaio ordinario (tipo 1)	30	2,00
	60	2,00
	90	2,72
	120	3,40
	180	4,50
	240	5,44

Si ipotizza la presenza del fuoco all'interno della struttura scatolare. Essendo il ricoprimento delle armature principali $c = 4,80$ cm e l'armatura adottata un $\phi 24$, si ha una distanza di calcolo comunque maggiore di 3,40 cm (REI 120) come riportato nel prospetto sopra citato.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

8.7 Verifica a galleggiamento strutture interne

Per la verifica al galleggiamento delle strutture in c.a. sottofalda, saranno considerate le seguenti configurazioni:

- Falda registrata in fase di monitoraggio
- Falda di progetto
- Falda a lungo termine (LT)

In entrambe le configurazioni, le verifiche saranno eseguite confrontando il valore di progetto della forza destabilizzante con la sommatoria di tutte le azioni permanenti stabilizzanti:

$$Vdst, d \leq Gstb; d + Rd$$

L'azione sfavorevole destabilizzante è la pressione dell'acqua sotto la piastra di fondazione e sotto la base dei micropali.

Le azioni permanenti, favorevoli alla stabilizzazione, sono il peso proprio delle strutture e il parziale ritombamento sulla soletta di copertura;

Viceversa, il peso proprio delle apparecchiature all'interno del pozzo (come ad esempio trasformatori, ventilatori, ecc.) non verrà preso in considerazione nella verifica a galleggiamento.

L'effetto complessivo di questi elementi sarà valutato considerando opportuni coefficienti di sicurezza, di cui al paragrafo 6.2.4.2 delle NTC 2018:

Tabella 13. Coefficienti amplificativi dei carichi secondo NTC 2018

	Effetto	Coefficiente parziale	Sollevamento (UPL)
Carichi permanenti G1	Favorevole	YG1	0.9
	Sfavorevole		1.1
Carichi permanenti G2	Favorevole	YG2	0.8
	Sfavorevole		1.5
Azioni variabili Q	Favorevole	YQi	0.0
	Sfavorevole		1.5



Tabella 14. Calcolo azione stabilizzante

POZZO MOLE / GIARDINI REALI						
	B	L	h	γ	C	F _{Sd}
	m	m	m	kN/m ³	-	KN
Solettone di fondo	11,00	1,00	1,20	25,00	0,90	297,00
Magrone	11,00	1,00	0,15	25,00	0,90	37,13
Finiture -2	9,60	1,00	1,00	2,50	0,80	19,20
Impalcato -1	11,00	1,00	0,80	25,00	0,90	198,00
Finiture -1	9,60	1,00	1,00	2,50	0,80	19,20
Copertura	11,00	1,00	1,00	25,00	0,90	247,50
Ricoprimento	11,00	1,00	1,80	18,00	0,80	285,12
Pareti 70	1,00	8,40	0,70	25,00	0,90	132,30
						1235,45

Tabella 15. Verifica al galleggiamento e calcolo del SF

	A	Z _{falda}	h _{falda}	γ	C	F _{Sd}	SF
	m	m	m	kN/m ³	-	KN	-
Falda attuale	11,00	9,30	4,05	10,00	1,10	490,05	2,52
Falda progetto	11,00	7,80	5,55	10,00	1,10	671,55	1,84
Falda LT	11,00	4,80	8,55	10,00	1,10	1034,55	1,19



9. SEZIONE TRASVERSALE DEL POZZO

L'elemento strutturale pozzo è stato dimensionato come tubo circolare sottoposto a una pressione radiale esterna uniformemente distribuita, secondo lo schema statico riportato in figura.

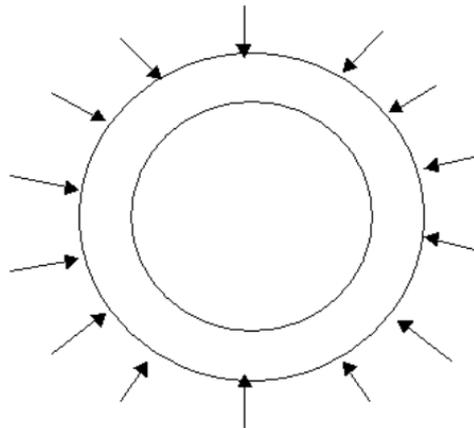


Figura 16. Schema statico della sezione trasversale del pozzo

Il pozzo è pertanto sottoposto ad una sollecitazione di compressione semplice ricavabile per mezzo della formula di Mariotte:

$$N_{sk} = q \cdot \frac{d}{2}$$

Essendo:

- q spinta orizzontale del terreno calcolata a fondo pozzo d diametro del pozzo;
- d diametro del pozzo, espresso come sotto riportato (640cm);
- $q = k_0 \sigma'_v + q_{var} + h_w + \gamma_w$
- k_0 coefficiente di spinta a riposo;
- σ'_v tensione efficace a quota fondo pozzo;
- h_w battente idraulico;
- γ_w peso specifico dell'acqua;
- q_{var} massimo tra il carico variabile stradale ed il carico generato dal fabbricato presente in superficie;

**Tabella 16. Calcolo del carico agente**

<i>Calcolo della spinta orizzontale del terreno calcolata a fondo pozzo e del conseguente N_{Ek}</i>									
k_0	h_z	Y_{sat}	σ'_v	q_{var}	h_w	Y_w	q	d	N_{Ek}
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[m]	[kN]
0,412	27,21	19	516,99	24,72	11,71	10	271	6,8	923

Per le verifiche allo Stato Limite Ultimo le sollecitazioni caratteristiche sono state opportunamente moltiplicate per il coefficiente amplificativo 1,5 in conformità con quanto previsto dalla normativa vigente.

Tabella 17. Risultato della verifica condotta

Pozzo	q	Sezione resistente: geometria ed armature adottate					Verifica e calcolo FS			
		B	H	A _f	A' _f	c	N_{Ed}	N_{Rd}	FS	ρ
[-]	[kN/m ²]	[cm]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[kN]	[kN]	[-]	[-]
PCB	271,4297	100	40	5 Φ 16	5 Φ 16	6	1384	7135	5,15	0,005



10. SOLETTONE DI FONDO DEL POZZO

I solettoni vengono calcolati con lo schema di appoggio e carico uniformemente distribuito dovuto al battente d'acqua.

Applicando le formule del Bares, le sollecitazioni di momento e taglio valgono rispettivamente:

$$M_{sk} = q \frac{a^2}{16} (3 + \mu)(1 - \rho^2)$$

$$V_{sk} = 0,5 q a \rho$$

Essendo:

- $\rho = \frac{r}{a}$
- $\mu = 0,25$

indicando con r l'ascissa considerata lungo la direzione del raggio e a il raggio del pozzo (320 cm). La verifica è stata condotta sia a lungo termine sia a breve termine, considerando i corrispondenti battenti d'acqua.

Verifica a breve termine: - profondità di falda -7,80m;

Verifica in esercizio: - profondità di falda -4,80m; - quota intradosso fondazione -36,15m;

Tabella 18. Sollecitazioni caratteristiche

Calcolo sollecitazioni caratteristiche							
	r	a	μ	ρ	q	M_{sk}	V_{sk}
	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
a breve termine	3,40	3,40	0,25	1,00	87	0	148
	0,00	3,40	0,25	0,00	87	205	0
In esercizio	3,40	3,40	0,25	1,00	117	0	199
	0,00	3,40	0,25	0,00	117	275	0

Per le verifiche allo Stato Limite Ultimo le sollecitazioni caratteristiche sono state opportunamente moltiplicate per il coefficiente amplificativo 1,5 in conformità con quanto previsto dalla normativa vigente.

(*) $\gamma = 1,5$

Tabella 19. Momento flettente di calcolo

Verifica	M_{sd} [kNm] (*)	B [m]	H [m]	A_f	A'_f	M_{Rd} [kNm]	FS [-]	ρ (As/Ac) [-]



Breve termine	307	1,00	1,00	1Φ24/10	1Φ24/10	1552	5,05	0,009
In esercizio	412	1,00	1,00	1Φ24/10	1Φ24/10	1552	3,77	0,009

(*) $\gamma = 1,5$

Tabella 20. Taglio di calcolo

Verifica	V_{sd} [kN] (*)	B [m]	H [m]	Spilli	V_{rCd} [kN]	V_{rds} [kN]	V_{rdc} [kN]	FS [-]
Breve termine	222	1,00	1,00	1Φ14/40/40	402	822	2511	3,70
In esercizio	298	1,00	1,00	1Φ14/40/40	402	822	2511	2,78

(**) $\gamma = 1,00$

Tabella 21. Verifiche allo SLE

Verifica	M_{sk} [kNm] (**)	N_{sk} [kN] (**)	σ_s [MPa]	σ_c [MPa]	x [mm]	w [mm]
Breve termine	205	0	53,39	-1,35	257	Non fessurata
Lungo termine	275	0	71,62	-1,82	257	Non fessurata

I valori massimi di confronto sono:

$$\sigma_c = 0,45 f_{ck} = 0,45 \times 30 = 13,50 \text{ MPa}$$

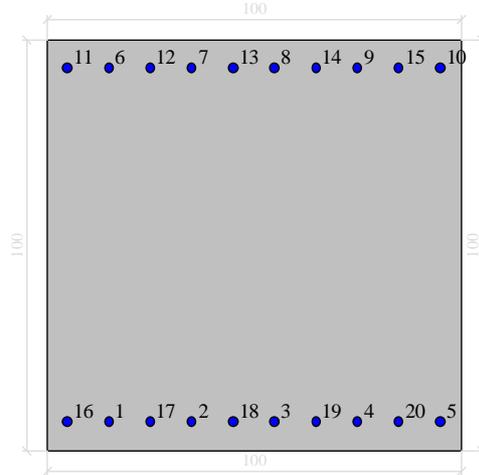
$$\sigma_s = 0,70 f_{yk} = 0,70 \times 430 = 301 \text{ MPa}$$

$$w_{max} = 0,30 \text{ mm}$$

Le verifiche risultano tutte soddisfatte.



Dati di input



Dati generali

Unità di misura daN, cm

Primo limite deformativo del cls -.002

Secondo limite deformativo del cls -.0035

Limite deformativo dell'acciaio .01

Molt. gamma c in compressione semplice 1.25

Materiali per i poligoni

n°	tipo	Nome	Dati
1	Lineare	Lineare Ec = 140000	Ec=140000
2	Par.Rett.	Rck 370 SLU	fcd=-174 ec1=-0.002 ec2=-0.0035

Materiali per le armature

n°	tipo	Nome	Dati
1	Lineare	Lineare Es = 2100000	Es=2100000
2	Lin.Rett.	B450C (SLU)	Es=2100000 fyd=3913.04

Conglomerati di cls

Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione
di calcolo strutture

01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Poligono 1 (pieno)

fctd 0 daN/cm^qEc 140000 daN/cm^q

Materiale : Lineare Ec = 140000

deformazione iniziale impressa:

Tetha X = 0

Tetha Y = 0

Epsilon(0,0)= 0

n°	X(cm)	Y(cm)
1	-50.	-50.
2	-50.	50.
3	50.	50.
4	50.	-50.

Armature

n°	Ø(mm)	X(cm)	Y(cm)	Eps.iniz.	pol.	tipo
1	24.	-35.	-43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
2	24.	-15.	-43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
3	24.	5.	-43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
4	24.	25.	-43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
5	24.	45.	-43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
6	24.	-35.	43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
7	24.	-15.	43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
8	24.	5.	43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
9	24.	25.	43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
10	24.	45.	43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
11	24.	-45.	43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
12	24.	-25.	43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
13	24.	-5.	43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
14	24.	15.	43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
15	24.	35.	43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
16	24.	-45.	-43.	0.	1	Lineare Es = 2100000

Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione
di calcolo strutture

01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

17	24.	-25.	-43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
18	24.	-5.	-43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
19	24.	15.	-43.	0.	1	Lineare Es = 2100000
20	24.	35.	-43.	0.	1	Lineare Es = 2100000

Valutazione delle tensioni

Unità di misura daN, cm

Verifica n° 1*Sollecitazioni riferite al baricentro*

Mx(daN* cm)	My(daN* cm)	N(daN)	sc,max(daN/c mq)	sc,min(daN/c mq)	sf,max(daN/c mq)	sf,min(daN/c mq)	sp,max(daN/ cmq)	sp,min(daN/c mq)
2050000	0	0	0.0	-13.6	533.9	-148.2	0.0	0.0

Deformazioni riferite al sistema globale

DEps(0,0)	DTethaX	DTethaY	Ec min	Ec max	Ef max
9,183017E-05	3,777226E-06	8,224521E-23	-9,70311E-05	2,80691E-04	2,54251E-04

Hutile (d)=93,

X asse n.=25,68845896 cm

X/d =0,276219989

scarto di convergenza = 1,84E-08 % con 6 iterazioni

Caratt. geom. ideali (rif. baric. ideale):

Mod. Elast. di omog. = 140000 daN/cm²

Xgi(cm)	Ygi(cm)	Aid(cm ²)	Jxid(cm ⁴)	Jyid(cm ⁴)	Jxyid(cm ⁴)	Jnid(cm ⁴)
0.	-24.31	3926.013923	3.876617E+06	3.260369E+06	3.009866E-12	3.876617E+06

Deformazioni singoli poligoni

Poligono 1:

TethaX,in.	TethaY,in.	Eps,in.	TethaX,fin.	TethaY,fin.	Eps,fin.
0.000000E00	0.000000E00	0.000000E00	3.777226E-06	8.224521E-23	9.183017E-05

Eq.asse n.: $X*(-8,224521E-23) + Y*(3,777226E-06) + (9,183017E-05) = 0$

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Verifica n° 2

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm ²)	sc,min(daN/cm ²)	sf,max(daN/cm ²)	sf,min(daN/cm ²)	sp,max(daN/cm ²)	sp,min(daN/cm ²)
2750000	0	0	0.0	-18.2	716.2	-198.9	0.0	0.0

Deformazioni riferite al sistema globale

DEps(0,0)	DTethaX	DTethaY	Ec min	Ec max	Ef max
1,231868E-04	5,067010E-06	-7,901920E-23	-1,30164E-04	3,76537E-04	3,41068E-04

Hutile (d)=93,

X asse n.=25,68845896 cm

X/d =0,276219989

scarto di convergenza = 1,84E-08 % con 6 iterazioni

Caratt. geom. ideali (rif. baric. ideale):

Mod. Elast. di omog. = 140000 daN/cm²

Xgi(cm)	Ygi(cm)	Aid(cm ²)	Jxid(cm ⁴)	Jyid(cm ⁴)	Jxyid(cm ⁴)	Jnd(cm ⁴)
0.	-24.31	3926.013923	3.876617E+06	3.260369E+06	-6.997367E-11	3.876617E+06

Deformazioni singoli poligoni

Poligono 1:

TethaX,in.	TethaY,in.	Eps,in.	TethaX,fin.	TethaY,fin.	Eps,fin.
0.000000E00	0.000000E00	0.000000E00	5.067010E-06	-7.901920E-23	1.231868E-04

Eq.asse n.: $X*(7,901920E-23) + Y*(5,067010E-06) + (1,231868E-04) = 0$

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
2750000	0	0	15	0	0	0	0.0000E00	20.6	0.8	0.5	1	0.5
2050000	0	0	15	0	0	0	0.0000E00	20.6	0.8	0.5	1	0.5



11. RIVESTIMENTO DEFINITIVO DEL CUNICOLO DI COLLEGAMENTO DEL POZZO

Per le verifiche delle sezioni degli elementi costituenti il rivestimento definitivo del cunicolo di collegamento del pozzo si fa riferimento alle sollecitazioni riportate nello specifico elaborato (quale MTL2T1A2D-STRPMOR003) amplificate degli opportuni coefficienti sicurezza a seconda della verifica oggetto di studio.

Per le verifiche allo Stato Limite Ultimo le sollecitazioni caratteristiche sono state opportunamente moltiplicate per il coefficiente amplificativo 1,5 in conformità con quanto previsto dalla normativa vigente.

(*) $\gamma = 1,5$

Tabella 22. Verifiche a pressoflessione allo SLU

Elemento/Sezione [-]	M _{sd} [kNm]	N _{sd} [kN]	B [m]	H [m]	A _f	A' _f	ρ (A _s /A _c) [-]	M _{Rd} [kNm]	FS [-]
Arco rovescio	-315,45	-1058,85	1,00	0,65	1Φ20/20	1Φ20/20	0,005	1102,29	3,49
Piedritto	-292,05	-953,40	1,00	0,50	1Φ20/20	1Φ20/20	0,006	638,52	2,18
Calotta	-241,35	-1029,30	1,00	0,50	1Φ20/20	1Φ20/20	0,006	740,57	3,07

(*) $\gamma = 1,5$

Tabella 23. Verifiche a taglio allo SLU

Elemento/Sezione [-]	V _{sd} [kN] (*)	B [m]	H [m]	Spilli	V _{rd} [kN]	V _{rds} [kN]	V _{rdc} [kN]	FS [-]
Arco rovescio	106,25	1,00	0,65	1Φ16/20/20	225,72	1749,21	1825,32	16,67
Piedritto	-597,15	1,00	0,50	1Φ14/20/20	327,15	1325,84	1348,15	2,22
Calotta	200,70	1,00	0,50	1Φ14/20/20	337,39	1325,84	1358,74	6,67

(**) $\gamma = 1,00$

Tabella 24. Verifiche allo SLE

Elemento/Sezione [-]	M _{sk} [kNm] (**)	N _{sk} [kN] (**)	σ_s [MPa]	σ_c [MPa]	x [mm]	w [mm]
Arco rovescio	-210,30	-705,90	67,53	-4,79	30,05	Non fessurata
Piedritto	-194,70	-635,60	127,60	-7,00	20,31	0,13
Calotta	-160,90	-682,20	72,87	-5,68	24,27	Non fessurata

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

I valori massimi di confronto sono:

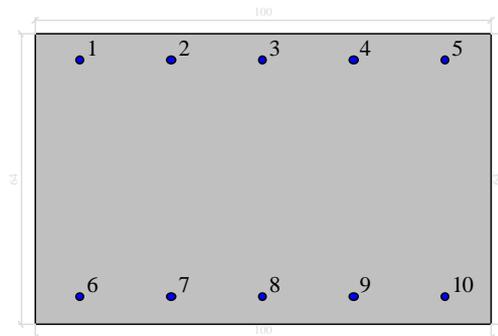
$$\sigma_c = 0,45 f_{ck} = 0,45 \times 30 = 13,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 0,70 f_{yk} = 0,70 \times 430 = 301 \text{ MPa}$$

$$w_{max} = 0,30 \text{ mm}$$

Le verifiche risultano tutte soddisfatte.

Dati di input e verifiche all'esercizio Arco Rovescio



Dati generali

Unità di misura daN, cm

Primo limite deformativo del cls -.002

Secondo limite deformativo del cls -.0035

Limite deformativo dell'acciaio .01

Molt. gamma c in compressione semplice 1.25

Materiali per i poligoni

n°	tipo	Nome	Dati
1	Lineare	Lineare Ec = 140000	Ec=140000
2	Par.Rett.	Rck 370 SLU	fcd=-174 ec1=-0.002 ec2=-0.0035

Materiali per le armature

n°	tipo	Nome	Dati
1	Lineare	Lineare Es = 2100000	Es=2100000

Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione
di calcolo strutture

01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

2	Lin.Rett.	B450C (SLU)	Es=2100000 fyd=3913.04
---	-----------	-------------	------------------------

Conglomerati di cls

Poligono 1 (pieno)

fctd 0 daN/cm²Ec 140000 daN/cm²

Materiale : Lineare Ec = 140000

deformazione iniziale impressa:

Tetha X = 0

Tetha Y = 0

Epsilon(0,0)= 0

n°	X(cm)	Y(cm)
1	-50.	-32.
2	-50.	32.
3	50.	32.
4	50.	-32.

Armature

n°	Ø(mm)	X(cm)	Y(cm)	Eps.iniz.	pol.	tipo
1	20.	-40.	26.276254	0.	1	Lineare Es = 2100000
2	20.	-20.	26.276254	0.	1	Lineare Es = 2100000
3	20.	0.	26.276254	0.	1	Lineare Es = 2100000
4	20.	20.	26.276254	0.	1	Lineare Es = 2100000
5	20.	40.	26.276254	0.	1	Lineare Es = 2100000
6	20.	-40.	-26.28	0.	1	Lineare Es = 2100000
7	20.	-20.	-26.28	0.	1	Lineare Es = 2100000
8	20.	0.	-26.28	0.	1	Lineare Es = 2100000
9	20.	20.	-26.28	0.	1	Lineare Es = 2100000
10	20.	40.	-26.28	0.	1	Lineare Es = 2100000

Valutazione delle tensioni nella famiglia Combinazioni

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm ²)	sf,max(daN/cm ²)	sp,min(daN/cm ²)	sp,max(daN/cm ²)
-------	------------	------------	--------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

1	5710000	0	0	-133.4	6777.9	0.0	0.0
---	---------	---	---	--------	--------	-----	-----

Valutazione delle tensioni nella combinazione peggiore

Tensione massima del cls

Sc,min -133.38

Famiglia di combinazioni: Combinazioni

combinazione:

Mx 5710000

My 0

N 0

Tensione massima dei profili

Sp,min 0

Sp,max 0

Famiglia di combinazioni: Combinazioni

combinazione:

Mx 5710000

My 0

N 0

Tensione massima delle armature

Sf,max 6777.88

Famiglia di combinazioni: Combinazioni

combinazione:

Mx 5710000

My 0

N 0

Valutazione delle tensioni

Unità di misura daN, cm

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Verifica n° 1

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx(daN*c/m)	My(daN*c/m)	N(daN)	sc,max(daN/c/mq)	sc,min(daN/c/mq)	sf,max(daN/c/mq)	sf,min(daN/c/mq)	sp,max(daN/c/mq)	sp,min(daN/c/mq)
2103000	0	-70590	0.0	-47.9	675.4	-582.3	0.0	0.0

Deformazioni riferite al sistema globale

DEps(0,0)	DTethaX	DTethaY	Ec min	Ec max	Ef max
2,217705E-05	1,139577E-05	-6,809580E-23	-3,42488E-04	3,86842E-04	3,21615E-04

Hutile (d)=58,276254

X asse n.=30,05392291 cm

X/d =0,515714734

scarto di convergenza = 6,28E-08 % con 6 iterazioni

Caratt. geom. ideali (rif. baric. ideale):

Mod. Elast. di omog. = 140000 daN/cm²

Xgi(cm)	Ygi(cm)	Aid(cm ²)	Jxid(cm ⁴)	Jyid(cm ⁴)	Jxyid(cm ⁴)	Jnd(cm ⁴)
0.	-14.67	3476.631189	6.689542E+05	2.881485E+06	-5.437738E-12	6.689542E+05

Deformazioni singoli poligoni

Poligono 1:

TethaX,in.	TethaY,in.	Eps,in.	TethaX,fin.	TethaY,fin.	Eps,fin.
0.000000E00	0.000000E00	0.000000E00	1.139577E-05	-6.809580E-23	2.217705E-05

Eq.asse n.: $X*(6,809580E-23) + Y*(1,139577E-05) + (2,217705E-05) = 0$

Verifiche a fessurazione

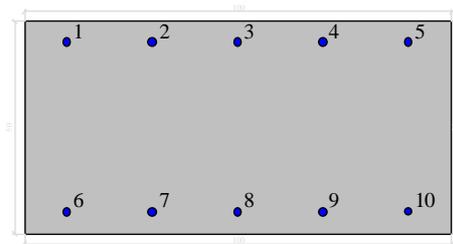
Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
2103000	0	-70590	15	0	0	0	0.0000E00	20.6	0.8	0.5	1	0.5



Dati di input e verifiche all'esercizio piedritti e calotta



Dati generali

Unità di misura daN, cm

Primo limite deformativo del cls -.002

Secondo limite deformativo del cls -.0035

Limite deformativo dell'acciaio .01

Molt. gamma c in compressione semplice 1.25

Materiali per i poligoni

n°	tipo	Nome	Dati
1	Lineare	Lineare Ec = 140000	Ec=140000
2	Par.Rett.	Rck 370 SLU	fcd=-174 ec1=-0.002 ec2=-0.0035

Materiali per le armature

n°	tipo	Nome	Dati
1	Lineare	Lineare Es = 2100000	Es=2100000
2	Lin.Rett.	B450C (SLU)	Es=2100000 fyd=3913.04

Conglomerati di cls

Poligono 1 (pieno)

fctd 0 daN/cm²

Ec 140000 daN/cm²

Materiale : Lineare Ec = 140000

Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione
di calcolo strutture

01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

deformazione iniziale impressa:

Tetha X = 0

Tetha Y = 0

Epsilon(0,0)= 0

n°	X(cm)	Y(cm)
1	-50.	-25.
2	-50.	25.
3	50.	25.
4	50.	-25.

Armature

n°	Ø(mm)	X(cm)	Y(cm)	Eps.iniz.	pol.	tipo
1	20.	-40.	20.	0.	1	Lineare Es = 2100000
2	20.	-20.	20.	0.	1	Lineare Es = 2100000
3	20.	0.	20.	0.	1	Lineare Es = 2100000
4	20.	20.	20.	0.	1	Lineare Es = 2100000
5	20.	40.	20.	0.	1	Lineare Es = 2100000
6	20.	-40.	-20.	0.	1	Lineare Es = 2100000
7	20.	-20.	-20.	0.	1	Lineare Es = 2100000
8	20.	0.	-20.	0.	1	Lineare Es = 2100000
9	20.	20.	-20.	0.	1	Lineare Es = 2100000
10	20.	40.	-19.997939	0.	1	Lineare Es = 2100000

Valutazione delle tensioni

Unità di misura daN, cm

Verifica n° 1

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx(daN*c m)	My(daN*c m)	N(da N)	sc,max(daN/c mq)	sc,min(daN/c mq)	sf,max(daN/c mq)	sf,min(daN/c mq)	sp,max(daN/c mq)	sp,min(daN/c mq)
1947000	0	- 63560	0.0	-70.1	1276.4	-792.2	0.0	0.0

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Deformazioni riferite al sistema globale

DEps(0,0)	DTethaX	DTethaY	Ec min	Ec max	Ef max
1,152842E-04	2,462574E-05	4,621519E-11	-5,00362E-04	7,30930E-04	6,07801E-04

Hutile (d)=45,000169

X asse n.=20,31864376 cm

X/d =0,451523722

scarto di convergenza = 6,79E-08 % con 6 iterazioni

Caratt. geom. ideali (rif. baric. ideale):

Mod. Elast. di omog. = 140000 daN/cm^q

Xgi(cm)	Ygi(cm)	Aid(cm ^q)	Jxid(cm ⁴)	Jyid(cm ⁴)	Jxyid(cm ⁴)	Jnd(cm ⁴)
0.	-12.05	2503.09389	3.426466E+05	2.070204E+06	5.037027E+00	3.426466E+05

Deformazioni singoli poligoni

Poligono 1:

TethaX,in.	TethaY,in.	Eps,in.	TethaX,fin.	TethaY,fin.	Eps,fin.
0.000000E00	0.000000E00	0.000000E00	2,462574E-05	4,621519E-11	1,152842E-04

Eq.asse n.: $X*(-4,621519E-11) + Y*(2,462574E-05) + (1,152842E-04) = 0$

Verifica n° 2

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx(daN*c m)	My(daN*c m)	N(da N)	sc,max(daN/c mq)	sc,min(daN/c mq)	sf,max(daN/c mq)	sf,min(daN/c mq)	sp,max(daN/c mq)	sp,min(daN/c mq)
1609000	0	-68220	0.0	-56.9	728.8	-677.5	0.0	0.0

Deformazioni riferite al sistema globale

DEps(0,0)	DTethaX	DTethaY	Ec min	Ec max	Ef max
1,221876E-05	1,674068E-05	2,710571E-11	-4,06300E-04	4,30737E-04	3,47033E-04

Hutile (d)=45,000146

X asse n.=24,27019663 cm

X/d =0,539335956

scarto di convergenza = 5,65E-09 % con 6 iterazioni

Caratt. geom. ideali (rif. baric. ideale):

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2: Bologna-Politecnico
Pozzo di intertratta Mole/Giardini reali – Relazione di calcolo strutture	01_MTL2T1A2DSTRPMOR001-0-1

Mod. Elast. di omog. = 140000 daN/cm^q

Xgi(cm)	Ygi(cm)	Aid(cm ^q)	Jxid(cm ⁴)	Jyid(cm ⁴)	Jxyid(cm ⁴)	Jnd(cm ⁴)
0.	-10.77	2898.250465	3.729393E+05	2.399501E+06	5.240287E+00	3.729393E+05

Deformazioni singoli poligoni

Poligono 1:

TethaX,in.	TethaY,in.	Eps,in.	TethaX,fin.	TethaY,fin.	Eps,fin.
0.000000E00	0.000000E00	0.000000E00	1.674068E-05	2.710571E-11	1.221876E-05

Eq.asse n.: $X*(-2,710571E-11) + Y*(1,674068E-05) + (1,221876E-05) = 0$

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
1947000	0	-63560	15	0.1277	0.1277	350	3.6468E-04	20.6	0.8	0.5	1	0.5
1609000	0	-68220	15	0	0	0	0.0000E00	20.6	0.8	0.5	1	0.5