

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 1- RADDOPPIO RIPALTA – LESINA

IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”  
Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio

L'Appaltatore	CONPAT S.c.a.r.l. Il Direttore Tecnico	I progettisti (il Direttore della progettazione)
data	firma (ing. Gianguido Babini)	data

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I 0 7	0 1	E	Z Z	C L	I N 0 2 0 0	0 0 2	C	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	PRIMA EMISSIONE	PUGLIESE	Agosto 2021	DESSI'	Agosto 2021	BELLIZZI	Agosto 2021	
B	Aggiornamento per RdV	M.Pugliese	Aprile 2022	E.Jr. Dessi	Aprile 2022	S. Bellizzi	Aprile 2022	
C	Aggiornamento per RdV n.	M.Pugliese	Giugno 2022	E.Jr. Dessi	Giugno 2022	S. Bellizzi	Giugno 2022	
								n. Elab.

Mandataria  Mandanti   	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>LINEA PESCARA – BARI</b>					
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	<b>COMMESSA</b> LI07	<b>LOTTO</b> 01	<b>CODIFICA</b> E ZZ CL	<b>DOCUMENTO</b> IN 0200 002	<b>REV.</b> C	<b>FOGLIO</b> 2 di 38

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO .....	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
4	GEOMETRIA DELLE STRUTTURE .....	5
5	MATERIALI .....	5
6	ANALISI DEI CARICHI .....	7
6.1.1	Platea di varo e muro reggispinta .....	7
6.1.2	Cordoli in c.a. per travi di appoggio .....	7
7	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	8
8	VERIFICHE STRUTTURALI – CRITERI GENERALI .....	11
8.1	VERIFICA SLE .....	11
8.2	VERIFICA SLU .....	11
8.2.1	Pressoflessione .....	11
8.2.2	Taglio .....	12
8.2.2.1	Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio .....	12
8.2.2.2	Elementi con armature trasversali resistenti a taglio .....	12
9	ANALISI E VERIFICA DELLE STRUTTURE .....	14
9.1	MODELLO DI CALCOLO E MODELLI DI VERIFICA ADOTTATI .....	14
9.2	MONOLITE A SINGOLA CANNA – TRASPARENZA OLIVELLA 2 .....	22
9.3	VERIFICA DEL MURO REGGISPINTA ED ARMATURE DI FRETTAGGIO – MONOLITE A SINGOLA CANNA .....	24
9.4	VERIFICA DELLA PLATEA DI VARO ED ARMATURE DI FRETTAGGIO DELLO SCATOLARE – MONOLITE A SINGOLA CANNA .....	27
9.5	CORDOLI IN C.A. PER SOSTEGNO PROVVISORIO .....	29
9.5.1	Modello di calcolo per la portanza di fondazioni superficiali .....	29
9.5.2	Calcolo della portanza della fondazione superficiale .....	31
9.5.3	Verifica dei cordoli in c.a. ....	32
9.5.3.1	Sollecitazioni cordolo .....	33
9.5.3.2	Verifiche strutturali .....	34
9.5.3.3	Verifiche geotecniche .....	37
9.6	FRONTI DI SCAVO PROVVISORIO .....	38

Mandataria 	Mandanti   	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisoria e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 3 di 38

## 1 PREMESSA

Il presente documento è emesso nell’ambito della redazione degli elaborati tecnici riguardanti la “Progettazione Esecutiva del Raddoppio della Linea Ferroviaria Pescara-Bari nel tratto Termoli-Lesina”, in relazione agli interventi di potenziamento delle infrastrutture nazionali previste dalla legge n. 443/2001.

Lungo il progetto sono previsti numerosi fornic di trasparenza idraulica in corrispondenza del rilevato ferroviario, sia in prossimità del fosso “Olivella 2” e del fiume Fortore. Tali tombini sono necessari per garantire la sicurezza del corpo ferroviario assicurando un miglioramento dell’interferenza delle opere ferroviarie esistenti e di progetto con il normale deflusso delle acque nei tratti di linea in cui le simulazioni idrauliche hanno evidenziato maggiori criticità. Per informazioni più dettagliate si rimanda agli elaborati idraulici specifici.

Le opere di trasparenza al fosso “Olivella 2” sono costituite da un gruppo di n.8 scatolari monoconnessi di dimensioni interne 3.00x2.00m da realizzarsi mediante infissione a spinta nel rilevato ferroviario esistente. Si riporta di seguito l’elenco dei manufatti suddivisi per WBS relativo ai tombini di trasparenza in esame.

Codice manufatto	progr. Km	Dimensioni esterne			Tipologia Ponte provvisorio	Camminamento laterale	Luce ponte provvisorio [m]	Tipologia di appoggio			
		B [m]	H [m]	L [m]				Travi su cordolo	Travi di manovra, di controvento	Pali in legno	Micropali in acciaio
IN02	0+303,60	3,80	2,90	22,60	Standard	SI	5,67	X			
IN03	0+318,60	3,80	2,90	22,60	Standard	SI	5,67	X			
IN04	0+333,60	3,80	2,90	22,60	Standard	SI	5,67	X			
IN05	0+348,60	3,80	2,90	22,60	Standard	SI	5,67	X			
IN06	0+363,60	3,80	2,90	22,60	Standard	SI	5,67	X			
IN07	0+378,60	3,80	2,90	22,60	Standard	SI	5,67	X			
IN08	0+393,60	3,80	2,90	22,60	Standard	SI	5,67	X			
IN09	0+411,60	3,80	2,90	22,60	Standard	SI	5,67	X			

Tutti i tombini a singola canna presentano una soletta di fondazione di altezza H=50.0cm, piedritti laterali di spessore Sp=40.0cm e soletta superiore di altezza H=40.0cm, con l’asse longitudinale dei tombini pressoché ortogonale all’asse di tracciamento della linea ferroviaria.

Per la realizzazione dell’opera a spinta si prevede l’impiego di un ponte provvisorio in acciaio tipo “Essen Standard” o equivalente, avente lunghezza massima L=12.50m ma con luce netta del ponte provvisorio pari ad L\*=567cm. Il ponte

Mandataria 	Mandanti   	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>LINEA PESCARA – BARI</b>					
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio		COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 4 di 38

provvisorio poggia su due cordoli in conglomerato cementizio armato avente dimensione 60x40cm su cui si appoggiano le travi di appoggio HEB400 e le travi di vincolo laterale HEB200. Il ponte provvisorio sarà utilizzato con fase unica di spinta del monolite sotto la linea in esercizio. Per eseguire la fase di spinta si prevede la realizzazione di una platea di varo in c.a.o. di altezza H=30.0cm poggiate su opportuno strato di magrone, di un rilevato in terra provvisorio e di un muro reggispianta del tipo controterra.

Nei paragrafi seguenti si procederà pertanto, dopo una breve descrizione delle opere in progetto, all'esposizione di tutti i criteri generali e ipotesi alla base dei dimensionamenti effettuati, e quindi a seguire i risultati di tutte le verifiche strutturali e geotecniche eseguite.

## 2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Nel caso specifico si prevede l'impiego di un Ponte "ESSEN" del tipo standard, poggiate su sostegno provvisori realizzati con cordoli in c.a., per i quali si rimanda agli specifici elaborati prodotti dal fornitore. Oggetto della presente sono le sole opere provvisionali necessarie per effettuare le operazioni di infissione del monolite al disotto del rilevato ferroviario, costituite nello specifico da una platea di varo in c.a. ed un muro reggispianta retrostante, eventualmente dotato di rilevato in terra provvisorio ed eventuali blocchi di ancoraggio in c.a. e dei cordoli di appoggio del ponte provvisorio.

## 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

- [N.1]. Legge n.1086 del 05/11/1974 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- [N.2]. D.M. del 14/01/2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- [N.3]. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- [N.4]. UNI EN 206:2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- [N.5]. UNI 11104:2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206;
- [N.6]. Regolamento della Commissione Europea N.1299/2014 del 18 novembre 2014 - Specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.
- [N.7]. Eurocodice 1 EN 1991-2: 2003/AC:2010 - Eurocode 1: Actions on structures - Part 2: Traffic loads on bridges;
- [N.8]. RFI DTC SI PS MA IFS 001 B - Manuale di Progettazione delle Opere Civili del 22/12/2017;
- [N.9]. RFI DTC INC PO SP IFS 001 A - Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario;
- [N.10]. RFI DTC SICS SP IFS 001 B - Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili del 22/12/2017;

Mandataria 	Mandanti   	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisoria e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 5 di 38

[N.11]. D.P.R. n.753 del 11/07/1980 e ss.mm.ii. – Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell’esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto.

#### 4 GEOMETRIA DELLE STRUTTURE

Per il monolite a singola canna avremo:

- Platea di varo in c.a. con dimensioni:  
Base B=4.92m  
Lunghezza L=29.05m  
Altezza della platea H=0.30m
- Muro reggispinta in c.a. di dimensioni  
Base B=1.00m  
Altezza H=3.000m  
Lunghezza L=0.54m (andatore) + 4.92m (tratto sulla platea di varo) + 0.54m (andatore) = 6.0m

Oltre la dimensione del muro reggispinta, saranno posizionati blocchi in c.a. per il contenimento della scarpa laterale del rilevato provvisorio. Sul rilevato provvisorio (per le cui geometrie si rimanda alle rispettive tavole grafiche) saranno posizionati blocchi di zavorra costituiti da blocchi in cls di dimensioni 1.0x1.0x1.0m (2.5ton) per una fila.

Per maggiori dettagli si rimanda alle tavole grafiche relative.

#### 5 MATERIALI

Per le opere in c.a. si adotta:

##### *Calcestruzzo (per platea di varo e muri reggispinta)*

Classe di resistenza			<b>C30/37</b>
Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck}$	=	37 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck}$	=	31 N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica a compressione	$f_{cm}$	=	39 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico medio	$E_{cm}$	=	33.019 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	=	2,94 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm}$	=	3,53 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	=	<b>1,50</b>
Coefficiente che tiene conto degli effetti di lungo termine	$\alpha_{cc}$	=	<b>0,85</b>
Resistenza di progetto a compressione	$f_{cd}$	=	17,4 N/mm <sup>2</sup>

##### *Barre di armatura*

Tipologia			<b>B450C</b>
Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yk}$	=	<b>450</b> N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	=	<b>1,15</b>

Mandataria 	Mandanti   	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 6 di 38

Resistenza di progetto a snervamento  $f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico longitudinale  $E_s = 210.000 \text{ N/mm}^2$

**Calcestruzzo (per cordoli di travi guida)**

Classe di resistenza

C25/30

Resistenza caratteristica cubica a compressione  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione  $f_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$

Valore medio della resistenza cilindrica a compressione  $f_{cm} = 32,90 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico medio  $E_{cm} = 31.447 \text{ N/mm}^2$

Resistenza media a trazione semplice  $f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2$

Resistenza media a trazione per flessione  $f_{ctfm} = 3,07 \text{ N/mm}^2$

Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo  $\gamma_c = 1,50$

Coefficiente che tiene conto degli effetti di lungo termine  $\alpha_{cc} = 0,85$

Resistenza di progetto a compressione  $f_{cd} = 14,11 \text{ N/mm}^2$

**Barre di armatura**

Tipologia

B450C

Resistenza caratteristica a snervamento  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio  $\gamma_s = 1,15$

Resistenza di progetto a snervamento  $f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico longitudinale  $E_s = 210.000 \text{ N/mm}^2$

Mandataria 	Mandanti   	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>LINEA PESCARA – BARI</b>					
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisoria e fondazioni ponte provvisorio		COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 7 di 38

## 6 ANALISI DEI CARICHI

Per il sistema di sostegno provvisorio la soluzione di progetto prevede l'impiego di un Ponte essen o equivalente, dotato di camminamenti laterali per passaggio pedonale, in opera per sostegno di un singolo binario. Il sistema prevede l'impiego di travi di manovra HEB400, poggiati su cordoli in calcestruzzo 60x30cm, controventate lateralmente da travi in acciaio HEB200 (travi di vincolo). Sul monolite da varare saranno fissate le slitte di manovra o travi slitte, costituite da un UPN140 con piatto inferiore, collegato al monolite mediante tasselli M16 e travi guida HEB240. La luce complessiva del sostegno è pari a 1200cm, con luce libera (misurata in asse alle travi di manovra HEB400) pari a 567cm. Nel caso specifico non si prevede l'impiego di pali in legno per il sostegno e/o il contrasto provvisorio.

### 6.1.1 Platea di varo e muro reggispinta

Il monolite sarà costruito in un cantiere a lato del rilevato ferroviario e poi infisso mediante operazioni di spinta. Il monolite poggia su una platea di varo precedentemente realizzata e dimensionata per poter sopportare le sollecitazioni derivanti dal peso e dallo scorrimento del manufatto sulla stessa. La platea di varo è collegata al muro reggispinta, necessario a garantire l'esplicazione di una azione di contrasto ai martinetti durante le fasi di spinta. Ai fini del dimensionamento e progetto della platea risulta fondamentale valutare l'entità della spinta di infissione del monolite. Generalmente la spinta massima che dovrà essere esercitata dai martinetti sarà quella che si verifica al momento della spinta finale, ovvero quando lo scatolare risulti infisso nel rilevato e ormai fuori dalla platea di varo. La spinta massima che dovrà essere esercitata dai martinetti in questa fase si ottiene come contributo di termini:

- 1) Peso dello scatolare in c.a.
- 2) Attrito laterale dovuto allo scorrimento tra pareti laterali dello scatolare ed il terreno (In questo caso si considera solo il contributo attritivo al suolo).

La platea di varo in fase di spinta sarà soggetta prevalentemente a trazione in direzione longitudinale, quindi l'armatura sarà dimensionata in funzione del valore di trazione massimo. Relativamente alle armature da predisporre nella sezione di attacco della platea di varo al muro reggispinta, particolare attenzione è posta al disegno delle sagome, in quanto eventuali cedimenti o distorsioni derivanti dalla platea di varo possono indurre perdita di perpendicolarità al muro retrostante ovvero innalzamenti della platea di varo, con conseguente disallineamento dei martinetti in fase di spinta, provocando problemi all'infissione del manufatto. La capacità del gruppo di spinta (martinetti e contrasti) viene dimensionata in modo tale che solo il 60% del gruppo, lavori al massimo durante la fase di spinta. La spinta necessaria dipende pertanto dalla natura del terreno da attraversare, dalla profondità dello scavo e dalla lunghezza dello scatolare. Per la determinazione del peso dello scatolare, dell'attrito laterale e le relative verifiche, si rimanda al relativo paragrafo della presente.

### 6.1.2 Cordoli in c.a. per travi di appoggio

Circa i cordoli in c.a. di sostegno delle travi di manovra, gli stessi vengono progettati secondo gli scarichi forniti dalla Essen s.p.a. relativamente al sostegno provvisorio tipo “*essen standard*”.

Nel caso specifico la trave di manovra poggia direttamente su di un cordolo in c.a. di dimensioni 60x30 cm e lunghezza  $L=4.00$  m e trasmette un'azione complessiva verticale pari ad  $R_{vert} = 814.98$  KN. Le azioni orizzontali di fatto non sono presenti in quanto le slitte di supporto scaricano direttamente sul rilevato tramite il binario.

Mandataria <b>VIA</b> INGEGNERIA	Mandanti <b>HYpro HUB</b> <b>VIOTOP</b> <b>mei</b> Infrastructures Engineering s.r.l.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 8 di 38

## 7 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Le caratteristiche geotecniche del volume di terreno che interagisce con l’opera sono state desunte tenendo conto di quanto risultante nel Profilo Geotecnico dell’opera, tenendo conto della Caratterizzazione dei Litotipi riportata nella Relazione e geotecnica Generale. A tal riguardo, si riporta per chiarezza, uno stralcio del Profilo Geotecnico riferito all’area interessata dalla realizzazione dell’opere oggetto di dimensionamento nell’ambito del presente documento:

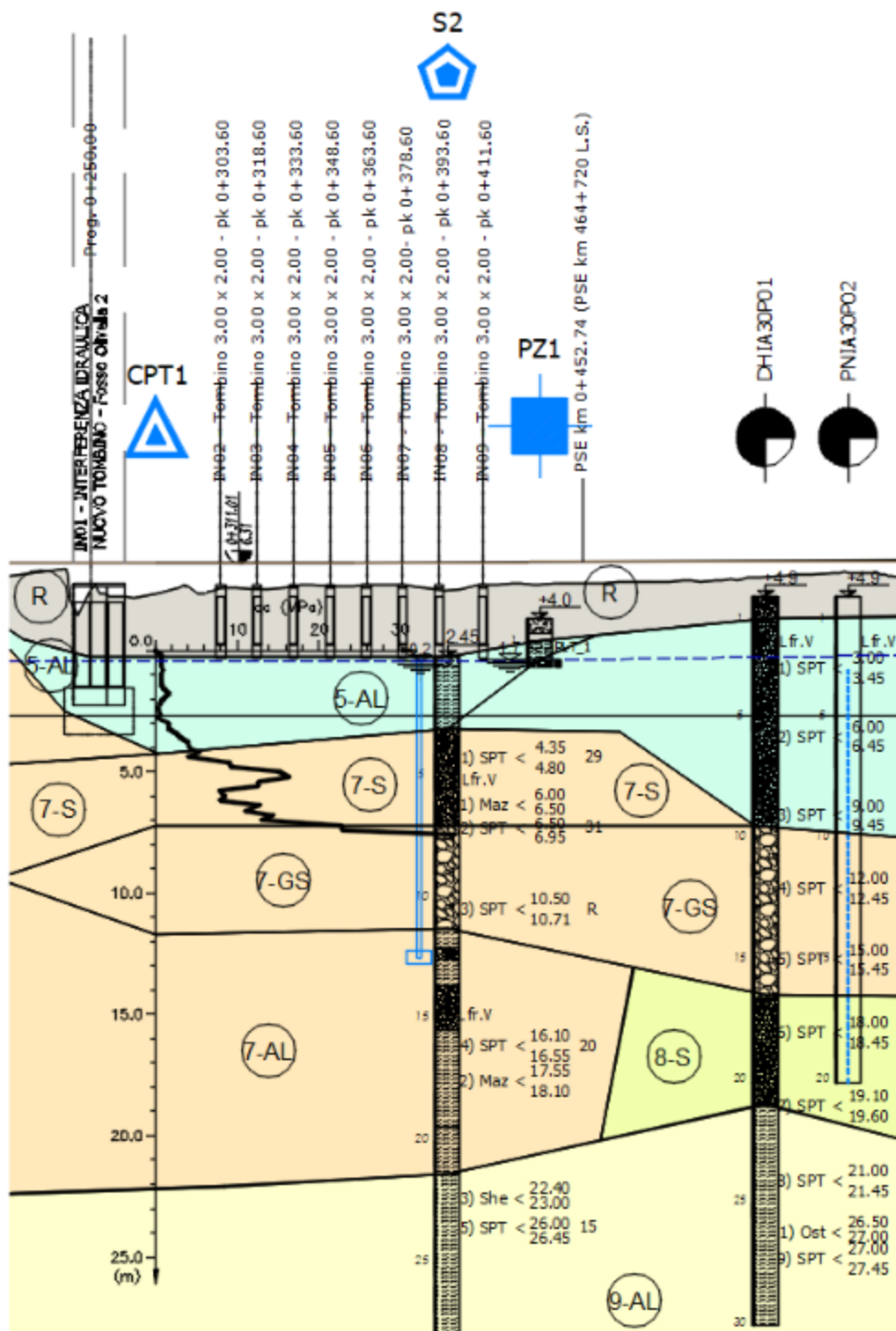


Figura 1. Stralcio del profilo geotecnico



Mandataria 	Mandanti   	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 9 di 38

Dall'esame di quanto riportato nello stralcio grafico riportato in precedenza, emerge che il volume di terreno direttamente interagente con il monolite, è individuato dai seguenti litotipi:

- Litotipo R – dal piano di campagna esistente (0.00m) a circa la quota di imposta delle soletta di fondazione del monolite
- Litotipo 5AL – spessore variabile da 3.00m a 5.00m, posto tutto al disotto della quota di imposta delle suola di base del monolite

Di seguito si riportano i parametri fisico-meccanici per il litotipo in esame, in accordo a quanto indicato a riguardo nella Relazione Geotecnica Generale:

#### **Terreno di riporto - Unità R (Limo sabbioso con resti vegetali fortemente rimaneggiato)**

$\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 20^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 0 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate

#### **Depositi alluvionali recenti - Unità 5AL (Argille limose e limi argillosi)**

$\gamma = 18.5 \div 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 15 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 23 \div 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 40 \div 150 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$V_s = 150 \div 250 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 45 \div 125 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 90 \div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

In merito al terreno di cui è costituito il riporto ferroviario, si riportano le seguenti caratteristiche desunte dal manuale di progettazione delle opere civili " RFI DTC SI PS MA IFS 001 B ".

$\gamma_{\text{nat}} = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 38^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$\nu = 0.20$	coefficiente di Poisson
$E_o = 300 \div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Riguardo il livello di falda, dal profilo geotecnico locale si evince che la superficie piezometrica è posizionata a circa 1.65m di profondità dalla quota di imposta (nel massimo livello di escursione), per cui è necessario far riferimento alla presenza di falda sia in fase di analisi e verifica, sia per le fasi provvisionali di scavo e realizzazione delle opere provvisionali.

Nello specifico, per le verifiche di natura geotecnica si assumono i seguenti parametri fisico-meccanici:

Mandataria 	Mandanti   	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 10 di 38

- q.ta [0.00; -2.45m]      $\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$       $\varphi' = 20^\circ$       $c' = 0 \text{ kPa}$
- q.ta [-2.45; indefinito]      $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$       $\varphi' = 24^\circ$       $c' = 10 \text{ kPa}$

Per il calcolo delle spinta a tergo dei muri reggispinta, si adotta un modello di terreno secondo Caquot e Kérisel, in cui la superficie potenziale di scorrimento del terreno è assimilabile ad un arco di spirale logaritmica e non più ad una superficie piana. Sulla scorta di tale modellazione, si riporta di seguito i coefficienti, definiti dagli autori, relativi ai coefficienti di spinta attiva ( $K_A$ ) e passiva ( $K_P$ ) in funzione dell'angolo di resistenza al taglio e del rapporto con l'attrito a tergo del muro (assunto nel caso specifico pari ad 1).

*Tabella 13.5 - Soluzione di Caquot e Kérisel: Coefficienti di spinta  $K_A$  (prima riga) e  $K_P$  (seconda riga) al variare dell'angolo di resistenza al taglio  $\phi'$  e del rapporto  $|\delta/\phi'|$  per terrapieno orizzontale ( $\beta = 0^\circ$ ) e parete verticale ( $\lambda = 0^\circ$ )*

$\phi'$	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°
$\left  \frac{\delta}{\phi'} \right  = 1$	0,81	0,65	0,53	0,44	0,37	0,31	0,26	0,22	0,19	0,16
	1,26	1,66	2,20	3,04	4,26	6,56	10,7	18,2	35,0	75,0
$\left  \frac{\delta}{\phi'} \right  = \frac{2}{3}$	0,81	0,66	0,54	0,44	0,36	0,30	0,25	0,20	0,16	0,13
	1,24	1,59	2,06	2,72	3,61	5,25	8,00	12,8	21,0	41,0
$\left  \frac{\delta}{\phi'} \right  = \frac{1}{3}$	0,82	0,67	0,56	0,45	0,37	0,30	0,25	0,20	0,16	0,13
	1,22	1,52	1,89	2,38	3,03	4,02	5,55	8,10	12,0	19,0
$\left  \frac{\delta}{\phi'} \right  = 0$	0,84	0,70	0,59	0,49	0,41	0,33	0,27	0,22	0,17	0,13
	1,19	1,42	1,70	2,04	2,46	3,00	3,70	4,60	5,80	7,50

Mandataria 	Mandanti  	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>LINEA PESCARA – BARI</b>				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 11 di 38

## 8 VERIFICHE STRUTTURALI – CRITERI GENERALI

### 8.1 Verifica SLE

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio, il tasso di lavoro nei materiali e l'ampiezza delle fessure attesa, secondo quanto di seguito specificato. Trattandosi di opere provvisionali, in accordo con quanto riportato al par. 2.2.3 “Verifiche” delle NTC2008 avremo che *“Le verifiche di sicurezza delle opere devono essere contenute nei documenti di progetto, con riferimento alle prescritte caratteristiche meccaniche dei materiali e alla caratterizzazione geotecnica del terreno, dedotta in base a specifiche indagini. La struttura deve essere verificata nelle fasi intermedie, tenuto conto del processo costruttivo; le verifiche per queste situazioni transitorie sono generalmente condotte nei confronti dei soli stati limite ultimi”*. Trattandosi di manufatti per opere provvisionali, tali verifiche agli stati limite di esercizio possono essere omesse per il calcolo delle platee di varo, dei muri reggispinta e dei plinti provvisori su micropali. A vantaggio di sicurezza tali verifiche vengono condotte per le paratie laterali, fermo restando che in fase di calcolo dei monoliti sono state assunte nelle diverse combinazioni di carico le spinte derivanti dalla spinta laterale del rilevato ferroviario.

### 8.2 Verifica SLU

#### 8.2.1 Pressoflessione

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione, viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.1.2.4 delle NTC08, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali.

La verifica delle sezioni viene eseguita secondo il metodo degli stati limite basato sulle seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Calcestruzzo non resistente a trazione;
- Perfetta aderenza acciaio-calcestruzzo.

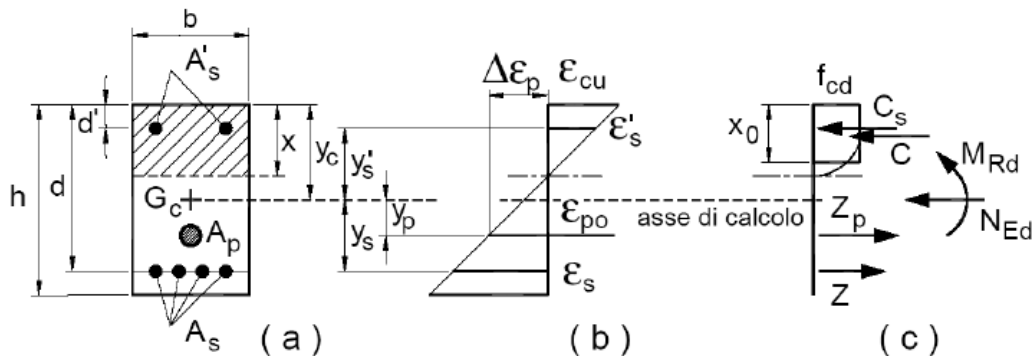


Figura 2. Schema per la valutazione della capacità resistente di una sezione presso-inflessa.

Mandataria 	Mandanti   	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 12 di 38

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove

- $M_{Rd}$  è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$ ;
- $N_{Ed}$  è il valore di calcolo della compressione assiale (sforzo normale) dell'azione;
- $M_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione

## 8.2.2 Taglio

### 8.2.2.1 Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  della membratura a sezione rettangolare priva di specifiche armature trasversali risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot f_{ck}^{1/2} \cdot k^{3/2}$$

e dove

- $d$  è l'altezza utile della sezione in [mm];
- $\rho_l = A_{sl}/(b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );
- $\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 \cdot f_{cd}$ );
- $b_w$  è la larghezza minima della sezione in [mm]

### 8.2.2.2 Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio  $V_{Rd}$  è pari al minimo tra la resistenza di calcolo a “taglio trazione”  $V_{Rsd}$  e la resistenza di calcolo a “taglio compressione”  $V_{Rcd}$ .

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot \theta^2)$$

essendo  $\theta$  l'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento che deve soddisfare le seguenti limitazioni:

$$1 \leq \cot \theta \leq 2,5$$

e dove si è posto:

$A_{sw}$  area dell'armatura trasversale;

Mandataria 	Mandanti   	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>LINEA PESCARA – BARI</b>				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 13 di 38

$s$  interasse tra due armature trasversali consecutive;

$\alpha$  angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento;

$f'_{cd}$  resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo ( $f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$ );

$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo pari a	1	per membrature non compresse
		$1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
		1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} < 0,5 f_{cd}$
		$2,5 \cdot (1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} \leq \sigma_{cp} < f_{cd}$

Mandataria 	Mandanti  	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>LINEA PESCARA – BARI</b>				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 14 di 38

## 9 ANALISI E VERIFICA DELLE STRUTTURE

### 9.1 Modello di calcolo e modelli di verifica adottati

L'intervento prevede la realizzazione del monolite all'interno dell'area di cantiere, in una zona a ridosso del rilevato ferroviario, di modo che lo stesso, tramite operazione di spinta, possa essere infisso al disotto del binario. Il sistema provvisorio si compone di una platea di varo, su cui viene realizzato il manufatto, ed un muro reggispinga, che ha la funzione di bilanciare le azioni necessarie per l'avanzamento a spinta, fungendo da efficace contrasto contro terra. Ai fini del dimensionamento dei diversi elementi in primo luogo occorre determinare il peso del manufatto che dovrà essere movimentato, in quanto dal peso complessivo dello stesso e dalle forze di attrito laterale, dovute allo scorrimento tra le pareti laterali dello scatolare ed il terreno, si determina la massima azione di spinta per i quali tali elementi dovranno essere dimensionati ed il sistema bilanciato. Le verifiche riportate di seguito, condotte in forma tabellare, derivano dall'applicazione dei metodi e modelli della Scienza delle Costruzioni e della Meccanica dei terreni.

Preliminarmente si determina il peso del manufatto, assumendo un peso specifico  $\gamma_{cls} = 25.0 \text{ kN/mc}$ , riportando le informazioni circa la geometria dello stesso, indicate genericamente all'interno delle presenti immagini:

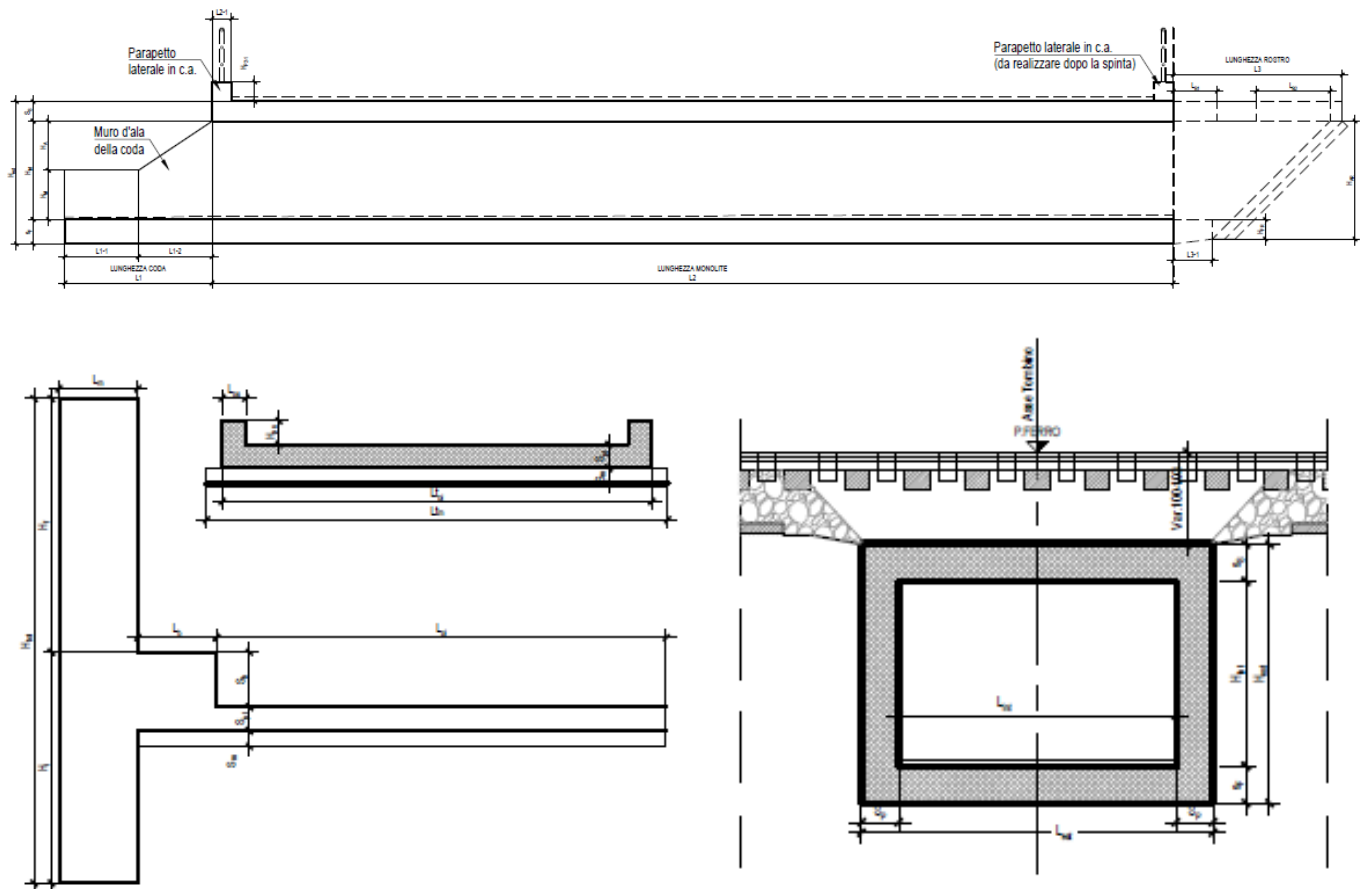


Figura 3. Geometria tipologica del monolite, della platea di varo e del muro reggispinga

Mandataria <b>VIA</b> INGEGNERIA	Mandanti <b>HYpro HUB</b> <b>VIOTOP</b> <b>met</b> Infrastructures Engineering s.r.l.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 15 di 38

Geometria Monolite		Calcolo Peso Monolite																													
		Ycls	[KN/m <sup>3</sup> ] 25																												
		<table border="1"> <tr><td colspan="2">CODA</td><td>Area</td><td>Volume</td></tr> <tr><td colspan="2">Piedritti</td><td>[m<sup>2</sup>]</td><td>[m<sup>3</sup>]</td></tr> <tr><td colspan="2"></td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> <tr><td colspan="2">Soletta Fondazione</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> <tr><td colspan="2">TOT.</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> <tr><td colspan="2">Peso</td><td colspan="2">[KN] 0,00</td></tr> </table>		CODA		Area	Volume	Piedritti		[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]			0,00	0,00	Soletta Fondazione		0,00	0,00	TOT.		0,00	0,00	Peso		[KN] 0,00					
CODA		Area	Volume																												
Piedritti		[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]																												
		0,00	0,00																												
Soletta Fondazione		0,00	0,00																												
TOT.		0,00	0,00																												
Peso		[KN] 0,00																													
essen	tipo	<table border="1"> <tr><td colspan="2">CORPO</td><td>Area</td><td>Volume</td></tr> <tr><td colspan="2">Piedritti</td><td>[m<sup>2</sup>]</td><td>[m<sup>3</sup>]</td></tr> <tr><td colspan="2"></td><td>132,30</td><td>79,38</td></tr> <tr><td colspan="2">Soletta Superiore</td><td>97,20</td><td>56,70</td></tr> <tr><td colspan="2">Soletta Fondazione</td><td>97,20</td><td>56,70</td></tr> <tr><td colspan="2">TOT.</td><td>326,70</td><td>192,78</td></tr> <tr><td colspan="2">Peso</td><td colspan="2">[KN] 4819,50</td></tr> </table>		CORPO		Area	Volume	Piedritti		[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]			132,30	79,38	Soletta Superiore		97,20	56,70	Soletta Fondazione		97,20	56,70	TOT.		326,70	192,78	Peso		[KN] 4819,50	
CORPO		Area	Volume																												
Piedritti		[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]																												
		132,30	79,38																												
Soletta Superiore		97,20	56,70																												
Soletta Fondazione		97,20	56,70																												
TOT.		326,70	192,78																												
Peso		[KN] 4819,50																													
		<table border="1"> <tr><td colspan="2">CORPO</td><td>Area</td><td>Volume</td></tr> <tr><td colspan="2">Piedritti</td><td>[m<sup>2</sup>]</td><td>[m<sup>3</sup>]</td></tr> <tr><td colspan="2"></td><td>0,00</td><td>1,15</td></tr> <tr><td colspan="2">TOT.</td><td>0,00</td><td>1,15</td></tr> <tr><td colspan="2">Peso</td><td colspan="2">[KN] 28,80</td></tr> </table>		CORPO		Area	Volume	Piedritti		[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]			0,00	1,15	TOT.		0,00	1,15	Peso		[KN] 28,80									
CORPO		Area	Volume																												
Piedritti		[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]																												
		0,00	1,15																												
TOT.		0,00	1,15																												
Peso		[KN] 28,80																													
		<table border="1"> <tr><td colspan="2">ROSTRO</td><td>Area</td><td>Volume</td></tr> <tr><td colspan="2">Piedritti</td><td>[m<sup>2</sup>]</td><td>[m<sup>3</sup>]</td></tr> <tr><td colspan="2"></td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> <tr><td colspan="2">Soletta sup.</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> <tr><td colspan="2">Soletta fond.</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> <tr><td colspan="2">TOT.</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> <tr><td colspan="2">Peso</td><td colspan="2">[KN] 0,00</td></tr> </table>		ROSTRO		Area	Volume	Piedritti		[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]			0,00	0,00	Soletta sup.		0,00	0,00	Soletta fond.		0,00	0,00	TOT.		0,00	0,00	Peso		[KN] 0,00	
ROSTRO		Area	Volume																												
Piedritti		[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]																												
		0,00	0,00																												
Soletta sup.		0,00	0,00																												
Soletta fond.		0,00	0,00																												
TOT.		0,00	0,00																												
Peso		[KN] 0,00																													
S <sub>p</sub>	[m]	0,6																													
L <sub>int</sub>	[m]	6																													
L <sub>tot</sub>	[m]	7,20																													
S <sub>f</sub>	[m]	0,7																													
S <sub>s</sub>	[m]	0,7																													
H <sub>int</sub>	[m]	3,5																													
H <sub>tot</sub>	[m]	4,90																													
L <sub>1-1</sub>	[m]	0																													
L <sub>1-2</sub>	[m]	0																													
L <sub>1</sub>	[m]	0																													
H <sub>M</sub>	[m]	0																													
H <sub>A</sub>	[m]	0																													
H <sub>p</sub>	[m]	0,4																													
L <sub>2-1</sub>	[m]	0,4																													
L <sub>2</sub>	[m]	13,5																													
H <sub>FR</sub>	[m]	0,70																													
L <sub>3-1</sub>	[m]	0																													
L <sub>3</sub>	[m]	0																													
L <sub>B1</sub>	[m]	0																													
L <sub>B2</sub>	[m]	0																													
Lunghezza	[m]	13,50																													

Figura 4. Tabella riepilogativa delle geometria del monolite per la determinazione del peso

Sulla scorta della determinazione del peso, si procede alla determinazione della massima capacità di spinta del gruppo di martinetti e contrasti. Il valore massimo è dato dalla spinta iniziale a cui sommare gli effetti di attrito monolite/rilevato.

Circa la spinta iniziale si assume pari al peso del monolite amplificato di un coefficiente amplificativo assunto pari a  $\mu = 1.5$ . Tale coefficiente, desunto da esperienze pregresse, deriva dalle azioni attritive in fase di distacco monolite/platea, dall'eventuale assestamento e messa in forza dei martinetti e dalle deformazioni iniziali delle opere reggispinga, cercando di assicurare dopo lo stacco del monolite un tasso di lavoro dei martinetti al 60% della portata massima.

		$\mu$	
SPINTA <sub>Iniziale</sub>	[KN]	1,50	7272,45

Figura 5. Tabella riepilogativa delle geometria del monolite per la determinazione del peso

Mandataria 	Mandanti   	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisoria e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 16 di 38

Per la determinazione delle forze attrittive agenti sulle pareti laterali, avremo:

- $F_{\perp}$  Spinta ortogonale sulla parete del monolite (nel tratto al disotto del rilevato)
- $F_{a\text{ lat}}$  Forza di attrivo laterale (nel tratto al disotto del rilevato)
- $\phi_{\text{ril.ferr}}$  Angolo di attrito del terreno del rilevato ferroviario
- $\mu = \text{tang}(2/3 \phi_{\text{ril.ferr}})$  Coefficiente di attrito terra/monolite

$F_{a\text{ lat}}$	[KN]		[-]	1632,85
SPINTA <sub>finale</sub>	[KN]		[-]	8905,30
$\phi_{\text{rilevato fer.}}$	$\mu$		$F_{\perp}$	$F_{a\text{ lat}}$
[°]	[-]		[KN/m]	[KN]
38,00	0,47		127,75	1632,85

**Figura 6. Tabella riepilogativa delle geometria del monolite per la determinazione del peso**

Per il calcolo della spinta ortogonale agente sul monolite si è assunta un’aliquota del 70% della superficie laterale del manufatto. Sulla scorta delle due aliquote avremo una Spinta finale data da:

$$SPINTA_{\text{finale}} = SPINTA_{\text{iniziale}} + F_{a\text{ lat}}$$

Per la determinazione dell’equilibrio limite a tergo del muro reggispinta si adotta il modello di Caquot-Kerisel per la determinazione delle spinte attive e passive, ipotizzando anche la presenza di elementi di zavorra sul terrapieno. Circa i simboli ed i parametri presenti in tabella avremo:

- $\alpha$  Inclinazione del pendio a monte del muro reggispinta
- $\beta$  Inclinazione del rilevato provvisorio
- $\gamma$  Peso specifico del terreno
- $\phi$  Angolo di attrito del terreno
- $k_a, k_p$  Spinta attiva agente a monte del monolite e spinta passiva derivante dal dente inferiore, assunta ipotizzando il seguente cinematismo:
  - Equilibrio alla traslazione orizzontale, dato dall’equilibrio della risultante delle spinte a tergo del muro e la forza di spinta finale, ipotizzando uno spostamento del muro reggispinta verso il terreno e la sola presenza di spinta passiva del terreno a tergo del muro;
  - Equilibrio alla rotazione nullo, per effetto della contrapposizione delle spinte passive e della forza di spinta totale, imposto mediante ricerca del punto limite di rotazione dato dall’ascissa “y”.



Mandataria <b>VIA</b> INGEGNERIA	Mandanti <b>HYpro</b> <b>HUB</b> <b>MIOTOP</b> <b>mei</b> Infrastructures Engineering s.r.l.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisoria e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 17 di 38

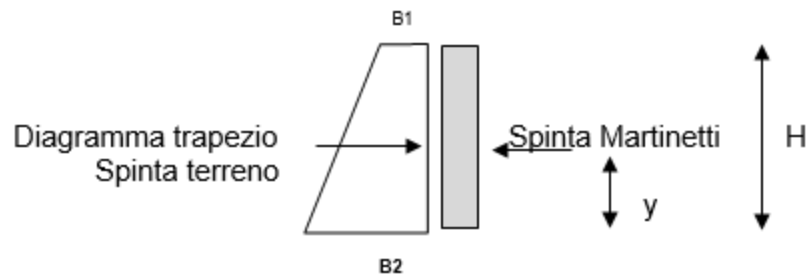


Figura 7. Schema semplificato del modello di equilibrio limite

Nel modello geotecnico, data la presenza della compressione del terreno a tergo del muro, si assume  $\delta = \phi'$  (dove  $\delta$  rappresenta l'attrito a tergo del muro)

Tabella 13.5 - Soluzione di Caquot e Kérisel: Coefficienti di spinta  $K_A$  (prima riga) e  $K_P$  (seconda riga) al variare dell'angolo di resistenza al taglio  $\phi'$  e del rapporto  $|\delta/\phi'|$  per terrapieno orizzontale ( $\beta = 0^\circ$ ) e parete verticale ( $\lambda = 0^\circ$ )

$\phi'$	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°
$\left  \frac{\delta}{\phi'} \right  = 1$	0,81	0,65	0,53	0,44	0,37	0,31	0,26	0,22	0,19	0,16
	1,26	1,66	2,20	3,04	4,26	6,56	10,7	18,2	35,0	75,0
$\left  \frac{\delta}{\phi'} \right  = \frac{2}{3}$	0,81	0,66	0,54	0,44	0,36	0,30	0,25	0,20	0,16	0,13
	1,24	1,59	2,06	2,72	3,61	5,25	8,00	12,8	21,0	41,0
$\left  \frac{\delta}{\phi'} \right  = \frac{1}{3}$	0,82	0,67	0,56	0,45	0,37	0,30	0,25	0,20	0,16	0,13
	1,22	1,52	1,89	2,38	3,03	4,02	5,55	8,10	12,0	19,0
$\left  \frac{\delta}{\phi'} \right  = 0$	0,84	0,70	0,59	0,49	0,41	0,33	0,27	0,22	0,17	0,13
	1,19	1,42	1,70	2,04	2,46	3,00	3,70	4,60	5,80	7,50

Figura 8. Valori tabellati di Caquot-Kérisel

A monte del muro reggispinta si ipotizza la presenza di blocchi in c.a. di zavorra, indicando l'altezza dei blocchi posizionati. Sulla scorta di tali valori si determina l'ascissa del punto di equilibrio, da cui si determina, in funzione della quota del punto di applicazione  $h_s$ , della spinta rispetto alla platea di varo:

- $H_{i,eff}$  profondità di affondamento
- $H_{f,eff}$  altezza fuoriterra.
- $H_{tot,eff}$  altezza totale del muro reggispinta

Arrotondando tale valore per eccesso, si determinano sull'effettiva geometria i contributi di spinta quali  $SPINTA_{pas,ter}$  (spinta del terreno) e  $SPINTA_{pass,zav}$  (derivanti dall'eventuale sovraccarico con zavorre). L'equilibrio limite viene determinato sulla scorta della larghezza della platea di varo  $L_{t,pl}$  opportunamente incrementata per assicurare una maggiore diffusione delle azioni sul terreno. Per evitare di avere "effetti vela" sulle parti sporgenti del muro reggispinta

Mandataria 	Mandanti  	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 18 di 38

si adottano incrementi massimi del 35% della lunghezza e comunque non superiori ad 1.5 volte lo spessore del muro reggispinta.

$\alpha$	[°]		0,00
$\beta$	[°]		0,00
			Ter. Sup    Ter. Inf
$\gamma$	[KN/m <sup>3</sup> ]		19            19
$\phi$	[°]		24            24
$K_a$	[-]		0,37          0,37
$K_p$	[-]		4,26          4,26
$L_{t_{pl}}$	[m]		8,32
Incremento Lungh.			20,19%
$L_{Mcalc}$	[m]		10,00
$H_{zavorra}$	[m]		1
Zavorra	[KN/m <sup>2</sup> ]		25
Spinta <sub>-pass. ter</sub>	[KN/m]		511,80
Spinta <sub>-pass. zav</sub>	[KN/m]		378,73
Spinta Tot.	[KN/m]		890,53
Spinta <sub>-Finale</sub>	[KN]		8905,30
Spinta <sub>-Fin,unit</sub>	[KN/m]		890,53
$h_s$	[m]		0,35
$H_{f-EFF}$	[m]		1,70
$H_{i-EFF}$	[m]		1,80
$H_{Tot.-EFF}$	[m]		3,50

**Figura 9. Tabella riepilogativa delle spinte e dell'equilibrio limite**

Definita la geometria del muro reggispinta si procede all'individuazione del numero di martinetti necessari e della loro portata complessiva in funzione delle spinte in essere e, qualora presente (altezza fuoriterra del muro reggispinta  $H_{f,eff} >$  quota di posizionamento della platea di varo rispetto al piano di campagna) alla determinazione delle caratteristiche geometriche del rilevato provvisorio o delle geometrie minime nelle quali posizionare i blocchi di zavorra, di modo da garantire l'effettiva trasmissione della spinta passiva al cuneo reagente.

Circa la scelta del numero di martinetti, sulla scorta di cataloghi tecnici sono stati adottati un numero sufficiente e con adeguata portata, di modo da assicurare le spinte necessarie. Sulla scorta della massima azioni a cui opera il martinetto sono state effettuate le verifiche locali di resistenza del dente del muro reggispinta e della soletta inferiore del monolite.

Mandataria <b>VIA</b> INGEGNERIA	Mandanti <b>HYpro HUB</b> <b>VIOTOP</b> <b>mei</b> Infrastructures Engineering s.r.l.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 19 di 38

Sulla scorta dell'angolo del cuneo di spinta, determinato come  $\pi/4 - \phi'/2$  si definisce la lunghezza minima del cuneo retrostante il muro, coincidente con la distanza minima alle spalle del muro nella quale posizionare eventuali blocchi di zavorra e/o realizzare il rilevato di spinta qualora necessario. La quota del rilevato deriva dalle effettive quote del piano di campagna, fermo restando che l'estradosso dello stesso deve rispettare la condizione minima che le altezze fuoriterra definite in precedenza ( $H_{f,eff}$ ) siano rispettate. I valori di progetto, determinati sulla scorta di tale modello di calcolo e nelle sezioni maggiormente significative, sono rappresentati da:

- $M_{max,vert}$  e  $V_{max,vert}$  Momento e taglio agenti nel piano orizzontale della sezione di attacco della mensola superiore del muro, rispetto al ringrosso offerto dal dente di contrasto, per la verifica delle armature di forza verticali e di ripartizione orizzontali, da cui la “Verifica armatura – flessione piano longitudinale” e “Verifica taglio – piano longitudinale”
- $M_{max,oriz, fine dente}$  e  $V_{max,oriz}$  Momento e taglio agenti nel piano verticale della sezione di attacco del prolungamento laterale del muro reggispinta, per la verifica degli infittimenti delle armature di ripartizione orizzontali ed eventuali armature verticali a taglio, da cui la “Verifica armatura – flessione piano verticale” e “Verifica taglio – piano verticale”

N. martinetti		4
Sp. Unit. Mart.	[KN]	2226,33
Dist. mart bordo monolite	[m]	1,50
Ang. cuneo sp	[°]	33
Lung ril	[m]	5,48
Sollecitazioni muro reggispinta		Sollecitazioni
$M_{max,vert}$	[KNm]	340,0
$M_{max,oriz, fine dente}$	[KNm]	314,2
$V_{max,VERT}$	[KN]	165,9
$V_{max,Orizz}$	[KN]	93,5

**Figura 10. Tabella riepilogativa dei martinetti, della lunghezza del rilevato provvisorio a tergo e delle sollecitazioni agenti nei punti significativi del muro reggispinta**

Circa i meccanismi di rottura locali, per la determinazione delle armature a frettaggio da posizionare nel dente di contrasto del muro reggispinta ovvero all'interno della soletta inferiore del monolite, si utilizza il modello di Bursting, secondo un modello di andamento dello stato tensionale alla Guyon.

Mandataria <b>VIA</b> INGEGNERIA	Mandanti <b>HYpro HUB</b> <b>VIOTOP</b> <b>mei</b> Infrastructures Engineering s.r.l.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 20 di 38

## CALCOLO degli SFORZI di BURSTING

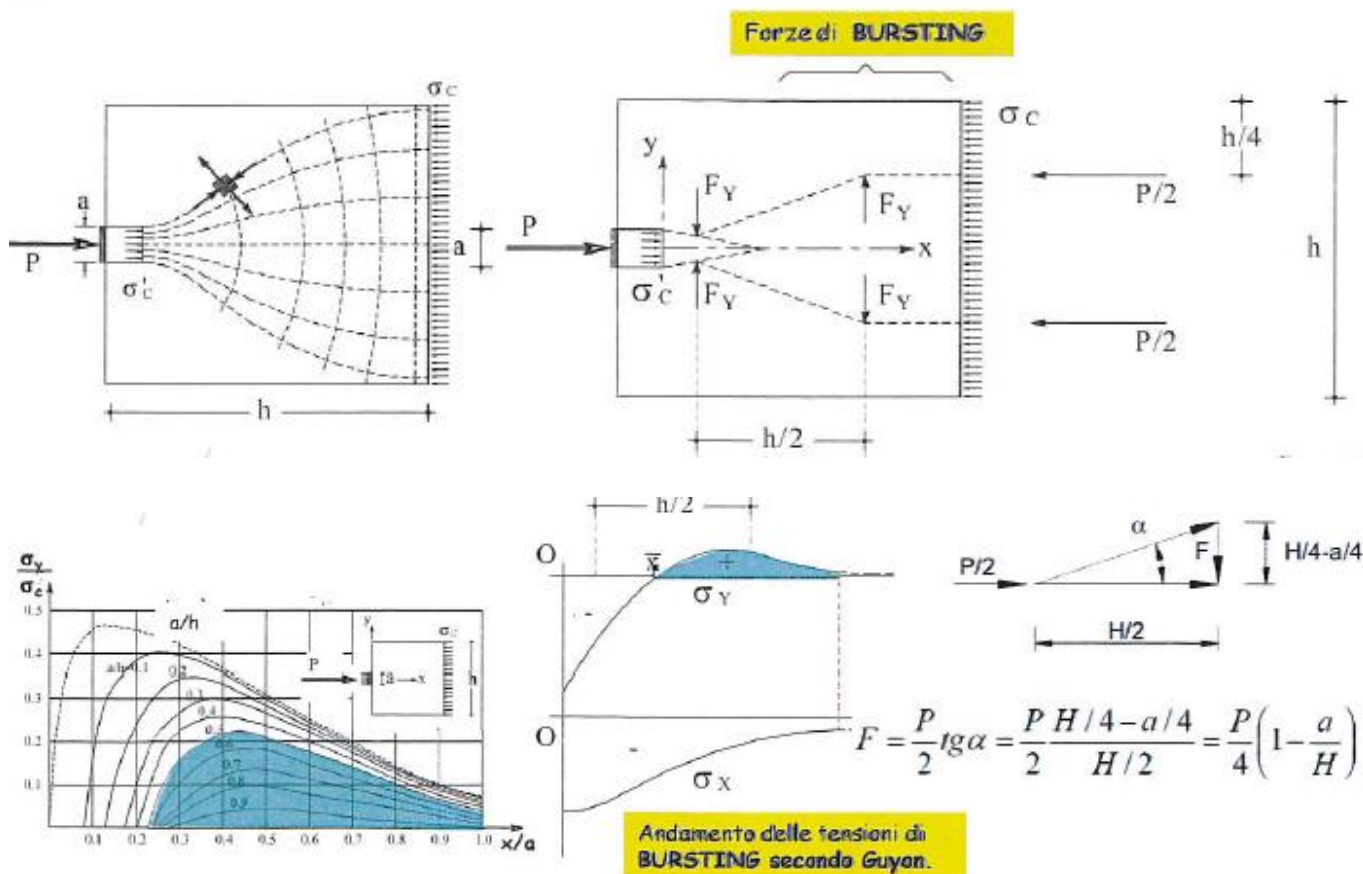


Figura 11. Modello per il calcolo degli sforzi da azioni concentrate

Sulla scorta di un'area di contatto e delle geometrie dell'elemento in c.a. entro cui si diffondono gli stati tensionali, si determinano gli andamenti degli stati tensionali agenti. Le verifiche condotte sono:

- 1 Verifica dell'area di impronta del martinetto, in cui si verifica che la tensione di contatto ( $\sigma_{spinta}$ ) derivante dalle piastre di testa del martinetto risulti inferiore alla tensione di calcolo del calcestruzzo ( $f_{cd}$ ), sia lato monolite che lato muro reggispinta (per effetto di differenti classi di calcestruzzo impiegate)
- 2 Verifica delle tensioni limite (secondo Bursting-Guyon), in cui  $a = b_{si} = 40\text{cm}$  (impronta del martinetto),  $H = 70\text{cm}$  (pari alla lunghezza del dente di contrasto o pari ad 1 volta lo spessore della soletta inferiore del monolite) e  $P =$  azione del singolo martinetto.

La forza  $F$  determinata rappresenta lo sollecitazione di trazione che deve essere assorbita mediante armature di contenimento, denominate armature di frettaggio nel foglio di calcolo, disposte nel piano verticale (armatura principale o superiore) ed orizzontale (armatura secondaria o inferiore)

Mandataria <b>VIA</b> INGEGNERIA	Mandanti <b>HYpro HUB</b> <b>VIOTOP mci</b> Infrastructures Engineering s.r.l.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>LINEA PESCARA – BARI</b>				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 21 di 38

Verifica a schiacciamento cls			Armatura di Frettaggio				
MONOLITE			MURO REGGISPINTA				
Calcestruzzo			Calcestruzzo				
Tipo	C 30/37	[-]	Tipo	C 30/37	[-]		
Rck	37	[MPa]	Rck	37	[MPa]		
fck	30	[MPa]	fck	30	[MPa]		
fcd	17,00	[MPa]	fcd	17,00	[MPa]		
fctm	2,90	[MPa]	fctm	2,90	[MPa]		
fctd	1,93	[MPa]	fctd	1,93	[MPa]		
fbd	4,34	[MPa]	fbd	4,34	[MPa]		
Ecm	32836,6	[MPa]	Ecm	32836,6	[MPa]		
ecu	0,035	[-]	ecu	0,035	[-]		
Acciaio			Acciaio				
Tipo	B 450C	[-]	Tipo	B 450C	[-]		
fyk	450,00	[MPa]	fyk	450,00	[MPa]		
fyd	391,30	[MPa]	fyd	391,30	[MPa]		
Es	210000	[MPa]	Es	210000	[MPa]		
eyd	0,186%	[-]	eyd	0,186%	[-]		
Spinta	7272,45	[KN]	Spinta	7272,45	[KN]		
N. martinetti	4		N. martinetti	4			
Spinta/mart.	1818,1	[KN/mart]	Spinta/mart.	1818,1	[KN/mart]		
h <sub>si</sub>	0,4	[m]	h <sub>si</sub>	0,4	[m]		
b <sub>si</sub>	0,4	[m]	b <sub>si</sub>	0,4	[m]		
A <sub>contatto</sub>	1600	[cm <sup>2</sup> ]	A <sub>contatto</sub>	1600	[cm <sup>2</sup> ]		
σ <sub>spinta</sub>	11,36	[MPa]	σ <sub>spinta</sub>	11,36	[MPa]		
σ <sub>spinta</sub> < f <sub>cd</sub>	VERO		σ <sub>spinta</sub> < f <sub>cd</sub>	VERO			
T.L.	0,67		T.L.	0,67			
MURO REGGISPINTA DENTE			SOLETTA INF. MONOLITE				
b <sub>si</sub>	0,4	[m]	b <sub>si</sub>	0,4	[m]		
Spinta/mart	3636,225	[KN/mart]	Spinta/mart	3636,225	[KN/mart]		
Il martinetto va posto ad una distanza non minore di 1,5 m dal bordo libero della soletta di fondazione del monolite. Inoltre si considera un rapporto di diffusione degli sforzi di compressione all'interno della soletta pari a 1/2			Il martinetto va posto ad una distanza non minore di 1,5 m dal bordo libero della soletta di fondazione. Inoltre si considera un rapporto di diffusione degli sforzi di compressione all'interno della soletta pari a 1/2				
Diffusione-ORIZ	0,7	[m]	Diffusione	0,7	[m]		
Trazione	389,60	[KN]	Trazione	389,60	[KN]		
A <sub>S-Tot-nec</sub>	995,63	[mm <sup>2</sup> ]	A <sub>S-Tot-nec</sub>	995,63	[mm <sup>2</sup> ]		
A <sub>S-Sup/inf-nec</sub>	497,82	[mm <sup>2</sup> ]	A <sub>S-Sup/inf-nec</sub>	497,82	[mm <sup>2</sup> ]		
CALCOLO degli SFORZI di BUSTINE			CALCOLO degli SFORZI di BUSTINE				
ARMATURA FRETTAGGIO			ARMATURA FRETTAGGIO				
ingombro mart	0,9		ingombro mart	0,9			
Larg. Armt Frettaggio	1,08		Larg. Armt Frettaggio	1,08			
Questa armatura va disposta per una distanza pari ad "H" calcolata con il fuso di gyon			Questa armatura va disposta per una distanza pari ad "H" calcolata con il fuso di gyon				
1,05			1,05				
Armatura Superiore			Armatura Superiore				
10	φ 16	2010,62	VERO	10	φ 16	2010,62	VERO
Armatura Inferiore			Armatura Inferiore				
10	φ 16	2010,62	VERO	10	φ 16	2010,62	VERO

Figura 12. Foglio di calcolo per la verifica per azioni concentrate

La verifica è condotta senza considerare l'effetto benefico di diffusione offerto dalla trave di contrasto, impiegata normalmente sulla soletta del monolite, di modo da migliorare la diffusione degli sforzi concentrati derivanti dai martinetti.

Relativamente alle verifiche condotte per il dimensionamento delle armature della platea di varo, generalmente si considera come agente il valore di spinta determinato in precedenza decurtato della forza di attrito derivante dalla superficie di contatto tra la platea di varo, per effetto del peso della platea stessa e del monolite presente su di essa. Nel caso in esame, al fine di operare a vantaggio di sicurezza non si considera l'effetto attritivo presente ai fini degli equilibri del sistema.

Circa le azioni "di strappo" che la platea dovrà assorbire nelle diverse sezioni di avanzamento, esse risultano essere pari alla spinta determinata in precedenza, pari alla  $SPINTA_{finale} = SPINTA_{iniziale} + F_{a\ lat}$ .

Nel seguito si riportano, in forma più sintetica, le verifiche condotte per i monoliti in esame facenti parte dei delle opere di trasparenza idraulica Olivella 2.

Mandataria <b>VIA</b> INGEGNERIA	Mandanti <b>HYpro HUB</b> <b>VIOTOP</b> <b>met</b> Infrastructures Engineering s.r.l.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 22 di 38

## 9.2 Monolite a singola canna – Trasparenza Olivella 2

Sulla scorta di quanto riportato in precedenza, si assumono per il monolite in esame i seguenti elementi geometrici.

Geometria Monolite		Fosso Olivella 2 - Trasparenze idrauliche		CODA		Area	Volume
		IN02-IN09		Piedritti		[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
		0+303.6/0+411.60		Soletta Fondazione		5,25	8,70
essen	tipo	Standard		TOT.		11,40	
				Peso	[KN]	16,65	8,70
						217,50	
				CORPO		Area	Volume
S <sub>p</sub>	[m]	0,4		Piedritti		[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
L <sub>int</sub>	[m]	3		Soletta Superiore		113,68	45,472
L <sub>tot</sub>	[m]	3,80		Soletta Fondazione		74,48	23,52
S <sub>r</sub>	[m]	0,5		TOT.		74,48	29,40
S <sub>s</sub>	[m]	0,4		Peso	[KN]	262,64	98,39
H <sub>int</sub>	[m]	2				2459,80	
H <sub>tot</sub>	[m]	2,90		CORPO		Area	Volume
L <sub>1-1</sub>	[m]	1,5		Piedritti		[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
L <sub>1-2</sub>	[m]	1,5		TOT.		0,61	0,61
L <sub>1</sub>	[m]	3		Peso	[KN]	15,20	
H <sub>M</sub>	[m]	1		CORPO		Area	Volume
H <sub>A</sub>	[m]	1		Piedritti		[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
H <sub>p</sub>	[m]	0,4		TOT.		13,64	5,45
L <sub>2-1</sub>	[m]	0,4					
L <sub>2</sub>	[m]	19,6		ROSTRO		Area	Volume
H <sub>FR</sub>	[m]	0,50		Piedritti		[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
L <sub>3-1</sub>	[m]	0,9		Soletta sup.		3,99	1,04
L <sub>3</sub>	[m]	3,45		Soletta fond.		3,42	1,35
L <sub>B1</sub>	[m]	0,9		TOT.		7,41	2,39
L <sub>B2</sub>	[m]	1,5		Peso	[KN]	59,85	
Lunghezza	[m]	26,05					

In definitiva avremo:

Monolite Tot	Area	Volume
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
Piedritti	132,57	
Soletta sup.	78,47	
Soletta fond.	89,30	
Parapetto		
TOT.	300,34	110,09
Peso	[KN]	2752,4

Mandataria <b>VIA</b> INGEGNERIA	Mandanti <b>HYpro HUB</b> <b>VIOTOP</b> <b>met</b> Infrastructures Engineering s.r.l.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI												
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>IN 0200 002</td> <td>C</td> <td>23 di 38</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL	IN 0200 002	C	23 di 38	
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO									
LI07	01	E ZZ CL	IN 0200 002	C	23 di 38									

Per quanto riguarda la struttura reggisplinta, che sarà costituita da un muro in cemento armato che verrà realizzato in opera a tergo della parte monolitica del sottopasso nella sua posizione di varo iniziale. Per la determinazione delle sollecitazioni interne al muro è stato ricercata la distribuzione delle pressioni sulla trave necessaria ad equilibrare la spinta necessaria per il varo del monolite. Considerando il modello di equilibrio descritto in precedenza, per il calcolo della spinta ed alle geometrie del muro reggisplinta avremo:

Calcolo della Spinta			
		$\mu$	
SPINTA <sub>iniziale</sub> [KN]		1,50	4128,53
$F_{a\text{lat.}}$ [KN]		[-]	692,43
SPINTA <sub>finale</sub> [KN]		[-]	4820,96
$\phi_{\text{rilevato fer.}}$ [°]	$\mu$ [-]	$F_{\perp}$ [KN/m]	$F_{a\text{lat.}}$ [KN]
38,00	0,47	53,30	692,43
$\alpha$ [°]		0,00	
$\beta$ [°]		0,00	
		Ter. Sup	Ter. Inf
$\gamma$ [KN/m <sup>3</sup> ]		19	19
$\phi$ [°]		24	24
$K_a$ [-]		0,37	0,37
$K_p$ [-]		4,26	4,26
		$L_{\text{pl}}$ [m]	4,92
		Incremento Lungh.	22%
		$L_{\text{Mcalc}}$ [m]	6,00
		$H_{\text{zavorra}}$ [m]	2
		Zavorra [KN/m <sup>2</sup> ]	50
		Spinta <sub>pass. ter</sub> [KN/m]	261,77
		Spinta <sub>pass. zav</sub> [KN/m]	541,72
		Spinta Tot. [KN/m]	803,49
		Spinta <sub>Finale</sub> [KN]	4820,96
		Spinta <sub>Fin,unit</sub> [KN/m]	803,49
		$h_s$ [m]	0,35
		$H_{\text{F-EFF}}$ [m]	1,30
		$H_{\text{I-EFF}}$ [m]	1,70
		$H_{\text{Tot.-EFF}}$ [m]	3,00

In definitiva:

N. martinetti		2
Sp. Unit. Mart. [KN]		2064,26
Dist. mart bordo monolite [m]		1,00
Ang. cuneo sp [°]		33
Lung ril [m]		3,48
Sollecitazioni muro reggisplinta		Sollecitazioni
$M_{\text{max,vert}}$ [KNm]		360,9
$M_{\text{max,oriz. Fine dente}}$ [KNm]		100,3
$V_{\text{max,VERT}}$ [KN]		510,0
$V_{\text{max,Orizz}}$ [KN]		123,9

Mandataria  Mandanti  	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>LINEA PESCARA – BARI</b>					
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 24 di 38

### 9.3 Verifica del muro reggispinta ed armature di frettaggio – Monolite a singola canna

Sulla scorta delle sollecitazioni addietro riportate, si riportano le verifiche a flessione e taglio, condotte sia nel piano verticale del muro reggispinta, sia nel piano orizzontale, ed in particolare nella sezione di attacco dell’ala laterale del muro rispetto alla platea di varo, in cui la sezione del muro reggispinta subisce una brusca variazione di rigidezza e resistenza. Ai fini della modellazione per le ali laterali si assume il muro incastrato nella sezione di attacco sulla platea di varo.

Di seguito si riportano, oltre le succitate verifiche del muro reggispinta, anche le verifiche di dettaglio relative alle armature di frettaggio da posizionare sia all’interno del dente del muro reggispinta, sia all’interno della platea di fondazione dello scatolare (soletta inferiore), in corrispondenza della zona di attacco dei martinetti di spinta.

Osserviamo che ai fini delle analisi e verifica delle opere provvisionali, si adotta un rilevato provvisorio avente caratteristiche geotecniche pari almeno al terreno presente in situ. Sarà pertanto cura dell’impresa esecutrice effettuare delle operazioni di compattazione del rilevato provvisorio di modo da garantire tali caratteristiche meccaniche all’opera in terra. Nella sezione di scavo per il raggiungimento della quota di realizzazione dello sperone interrato del muro reggispinta, dovrà essere previsto un intasamento del terreno di riempimento con magrone in calcestruzzo o terreno stabilizzato a calce.



Mandataria



Mandanti



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA – BARI

IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”

Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

LI07

01

E ZZ CL

IN 0200 002

C

25 di 38

Fosso Olivella 2 - trasparenze idrauliche

IN02-IN09

0+303.6/0+411.60

Verifica Armatura - flessione piano verticale

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

b [cm] 100  
h [cm] 100  
Arm  $\phi 20/25$   
 $M_{rd}$  [KNm] 461,7  
 $M_{ed}$  [KNm] 360,9  
 $M_{rd} > M_{ed}$  OK

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	100	1	12,57	5
			2	12,57	95

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

Barre:  
 N° 4  $\phi$  20  
 0 8  
 0 8  
 As 12,57  
 Calcola  
 Inserisci

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

Tipologia flessione:  
 Retta  
 Deviata  
 N° rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

Materiali:  
 B450C C30/37  
 $\epsilon_{su}$  67,5 %  $\epsilon_{c2}$  2 %  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 %  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  17  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 %  $\sigma_{c,adm}$  11,5  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6933  
 $\tau_{c1}$  2,029

Carichi:  
 $M_{xRd}$  -461,7 kNm  
 $\sigma_c$  -17 N/mm²  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,287 %  
 $\epsilon_s$  67,5 %  
 d 95 cm  
 $x$  4,412  $x/d$  0,04644  
 $\delta$  0,7

Applicazione N:  
 Centro  
 Baricentro cls  
 Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipologia rottura:  
 Lato acciaio - Acciaio snervato

Verifica Armatura - flessione piano longitudinale

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

b [cm] 200  
h [cm] 100  
Arm  $\phi 20/25$   
 $M_{rd}$  [KNm] 811,2  
 $M_{ed}$  [KNm] 117,1  
 $M_{rd} > M_{ed}$  OK

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	200	100	1	21,99	5
			2	21,99	95

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

Barre:  
 N° 4  $\phi$  20  
 0 8  
 0 8  
 As 12,57  
 Calcola  
 Inserisci

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

Tipologia flessione:  
 Retta  
 Deviata  
 N° rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

Materiali:  
 B450C C30/37  
 $\epsilon_{su}$  67,5 %  $\epsilon_{c2}$  2 %  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 %  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  17  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 %  $\sigma_{c,adm}$  11,5  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6933  
 $\tau_{c1}$  2,029

Carichi:  
 $M_{xRd}$  -811,2 kNm  
 $\sigma_c$  -17 N/mm²  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,109 %  
 $\epsilon_s$  67,5 %  
 d 95 cm  
 $x$  4,184  $x/d$  0,04404  
 $\delta$  0,7

Applicazione N:  
 Centro  
 Baricentro cls  
 Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipologia rottura:  
 Lato acciaio - Acciaio snervato

Mandataria <b>VIA</b> INGEGNERIA	Mandanti <b>HYpro HUB</b> <b>MIOTOP</b> <b>mei</b> Infrastructures Engineering s.r.l.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>LINEA PESCARA – BARI</b>				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 26 di 38

**Verifica a taglio - piano verticale**

b [cm]	100	<b>STATO LIMITE ULTIMO (ROTTURA per TAGLIO)</b>				
h [cm]	100	<b>4.1.2.3.5.1 Elementi SENZA armature trasversali resistenti a taglio</b>				
Arm	φ20/25	V.Ed =	510.00	kN		
V <sub>ed</sub> [KN]	510,0	deve risultare	V.Rd > V.Ed		(4.1.2.2 NTC)	
		$V.Rsd = (0,18 * k * (100 * r1 * fck)^{(1/3)} / gc + 0,15 * s.cp) * bw * d > (v.min + 0,15 s.cp) * bw * d$				
		d (mm)	950	mmq		
		N (compr.)	-	kN		
		Asl (arm. Long)	2513	mmq		
		Ac	950,000.00	mmq		
		k	1.46	< 2-ok		
		v.min	0.34			
		r1	0.0026	< 0,02: ok		
		s.cp	-	< 0,02 fcd: ok		
		0,20 * fcd	3.48			
		Vrd.1	334.330	kN		
		Vrd.2	324.668	kN		
		quindi:				
		Vrd	334.33	kN		
		V.rd > V.Ed	Attenzione: ARMARE A TAGLIO			

Dalla verifica degli elementi non armati a taglio si evince che vi è la necessità di predisporre armatura dedicata, nel caso specifico vengono predisposti dei sagomati a taglio atti a sopperire a tutta la richiesta tagliante

A <sub>s,necc</sub>	1304,5	[mm <sup>2</sup> ]	8	φ	20
A <sub>s,eff</sub>	1777,2	[mm <sup>2</sup> ]	s		12,5
A <sub>s,necc</sub> < A <sub>s,eff</sub>	VERO				

**Verifica a taglio - piano longitudinale**

b [cm]	200	<b>STATO LIMITE ULTIMO (ROTTURA per TAGLIO)</b>				
h [cm]	100	<b>4.1.2.3.5.1 Elementi SENZA armature trasversali resistenti a taglio</b>				
Arm	φ20/25	V.Ed =	146.10	kN		
V <sub>ed</sub> [KN]	144,6	deve risultare	V.Rd > V.Ed		(4.1.2.2 NTC)	
		$V.Rsd = (0,18 * k * (100 * r1 * fck)^{(1/3)} / gc + 0,15 * s.cp) * bw * d > (v.min + 0,15 s.cp) * bw * d$				
		d (mm)	950	mmq		
		N (compr.)	-	kN		
		Asl (arm. Long)	2513	mmq		
		Ac	950,000.00	mmq		
		k	1.46	< 2-ok		
		v.min	0.34			
		r1	0.0026	< 0,02: ok		
		s.cp	-	< 0,02 fcd: ok		
		0,20 * fcd	3.48			
		Vrd.1	334.330	kN		
		Vrd.2	324.668	kN		
		quindi:				
		Vrd	334.33	kN		
		V.rd > V.Ed	OK			

Mandataria <b>VIA</b> INGEGNERIA	Mandanti <b>HYpro HUB</b> <b>VIOTOP</b> <b>met</b> Infrastructures Engineering s.r.l.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>LINEA PESCARA – BARI</b>				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 27 di 38

Fosso Olivella 2 - trasparenze idrauliche		
IN02-IN09	0+303.6/0+411.60	
Verifica a schiacciamento cls		
MONOLITE	MURO REGGISPINTA	
Calcestruzzo		
Tipo	C 30/37	[-]
Rck	37	[MPa]
fck	30	[MPa]
fcd	17,00	[MPa]
fctm	2,90	[MPa]
fctd	1,93	[MPa]
fbd	4,34	[MPa]
Ecm	32836,6	[MPa]
ecu	0,035	[-]
Acciaio		
Tipo	B 450C	[-]
fyk	450,00	[MPa]
fyd	391,30	[MPa]
Es	210000	[MPa]
eyd	0,186%	[-]
Spinta	4820,96	[KN]
N. martinetti	2	
Spinta/mart.	2410,5	[KN/mart]
h <sub>si</sub>	0,45	[m]
b <sub>si</sub>	0,45	[m]
A <sub>contatto</sub>	2025	[cm <sup>2</sup> ]
σ <sub>spinta</sub>	11,90	[MPa]
σ <sub>spinta</sub> < f <sub>cd</sub>	VERO	
T.L.	0,70	

Fosso Olivella 2 - trasparenze idrauliche					
IN02-IN09	0+303.6/0+411.60				
Armatura di Frettaggio					
MURO REGGISPINTA DENTE	SOLETTA INF. MONOLITE				
b <sub>si</sub>	0,45	[m]			
Spinta/mart	2410,478	[KN/mart]			
Il martinetto va posto ad una distanza non minore di 1,0 m dal bordo libero della soletta di fondazione del monolite. Inoltre si considera un rapporto di diffusione degli sforzi di compressione all'interno della soletta pari a 1/2					
ρ <sub>diffusione-ORIZZ</sub>	0,7	[m]			
Trazione	215,22	[KN]			
A <sub>s-Tot-nec</sub>	550,01	[mm <sup>2</sup> ]			
A <sub>s-Sup/inf-nec</sub>	275,00	[mm <sup>2</sup> ]			
ARMATURA FRETTAGGIO	ARMATURA FRETTAGGIO				
ingombro mart	0,45				
Larg. Armt Frettaggio	0,54				
Questa armatura va disposta per una distanza pari ad "H" calcolata con il fuso di gyon					
	1,05				
Armatura Superiore					
4 φ 14	615,75	VERO			
Armatura Inferiore					
4 φ 14	615,75	VERO			
<td>ingombro mart</td> <td>0,45</td> <td></td>			ingombro mart	0,45	
Larg. Armt Frettaggio			0,54		
Questa armatura va disposta per una distanza pari ad "H" calcolata con il fuso di gyon			0,75		
Armatura Superiore			4 φ 14	615,75	VERO
Armatura Inferiore			4 φ 14	615,75	VERO

#### 9.4 Verifica della platea di varo ed armature di frettaggio dello scatolare – Monolite a singola canna

Di seguito si riportano le verifiche condotte nella platea di varo, assumendo nullo l'effetto attrittivo del terreno al disotto della stessa. In corrispondenza della sezione di attacco al muro reggispinga il disegno dell'armatura corrente prevede di sagomare a 45° le reti inferiori e superiori, introducendo barrotti di armatura integrativa in asse alla platea, di modo che in tale sezione sia possibile la formazione di una cerniera, in grado di svincolare possibili cedimenti o distorsioni da parte di entrambi gli elementi costruttivi (platea e muro reggispinga). Terminato lo scavo della trincea di varo, si dovrà provvedere alla protezione delle scarpate contro il ruscellamento di acque piovane. Si dovrà inoltre predisporre il convogliamento e l'allontanamento dalla platea di varo, delle acque piovane o di falda, in modo da evitarne, in tutte le fasi esecutive, la persistenza. La platea, ed in particolare l'impronta del monolite dovrà essere accuratamente livellata; a tale scopo è consigliabile disporre longitudinalmente robusti profili d'acciaio montati su picchetti adeguatamente infissi; ad ogni modo, la superficie finita non dovrà in nessun punto discostarsi da quella teorica per un valore maggiore di 10mm, in caso contrario la Direzione delle Operazioni di Spinta giudicherà se autorizzare le

Mandataria <b>VIA</b> INGEGNERIA	Mandanti <b>HYpro HUB</b> <b>Viotop</b> <b>mei</b> Infrastructures Engineering s.r.l.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>LINEA PESCARA – BARI</b>												
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>IN 0200 002</td> <td>C</td> <td>28 di 38</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL	IN 0200 002	C	28 di 38	
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO									
LI07	01	E ZZ CL	IN 0200 002	C	28 di 38									

successive lavorazioni oppure prescrivere eventuali provvedimenti correttivi. L'intera platea dovrà subire un trattamento di lisciatura superficiale (elicotteratura) ovvero si dovrà posizionare al disopra della platea di varo e prima della realizzazione del monolite teli in pvc, teflon o materiale plastico di modo da evitare possibile adesione tra i due elementi.

Fosso Olivella 2 - trasparenze idrauliche			
IN02-IN09		0+303.6/0+411.60	
Per il calcolo dell'armatura resistente a trazione si dovrebbe sottrarre al valore della spinta necessaria a muovere il manufatto (coeff. attrito $\mu = 1.00$ ) il valore della forza di attrito fra la platea gravata del peso del manufatto ed il terreno sottostante (coeff. attrito $\mu = \tan(2/3 \cdot \phi)$ ), ma a vantaggio di sicurezza questa forza non verrà considerata, ma considereremo che la forza sollecitante è pari alla spinta. Si ha:			
$H_{ps}$	[m]	0,3	
$L_{ps}$	[m]	0,3	
$L_{tpl}$	[m]	4,92	
$L_{tm}$	[m]	5,32	
$L_{pl}$	[m]	29,05	
$S_{pl}$	[m]	0,3	
$S_m$	[m]	0,2	
		$\phi$	24 [°]
		$\mu$	0,287 [-]
		$F_{attrito\ pl-terr}$	1355,7 [KN]
		Area	Volume
		[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
		Platea	142,93
		Magrone	30,91
		Monolite	2752,35
		Tot.	4727,75
		Peso	[KN]
		Platea	1202,67
		Magrone	772,73
		Monolite	2752,35
		Tot.	4727,75
		Acciaio	
		Tipo	B 450C [-]
		f <sub>yk</sub>	450,00 [MPa]
		f <sub>yd</sub>	391,30 [MPa]
		E <sub>s</sub>	210000 [MPa]
		$\epsilon_{yd}$	0,186% [-]
L'armatura deve assorbire quindi una forza pari a: $F_{armatura} = 1.5 \cdot P_{monolite} + F_{a, lat}$			
Il calcolo si effettua per sforzo normale semplice sull'armatura, adottando per le opere necessarie al varo unicamente il coefficiente parziale per il materiale assunto pari a $\gamma_s = 1,15$ :			
$F_{attrito\ pl-terr}$	1355,7	[KN]	
Spinta finale	4128,53	[KN]	
$F_{armatura}$	4128,5	[KN]	
		$A_{s, Tot}$	10550,7 [mm <sup>2</sup> ]
		$A_{s-sup}$	1072,2 [mm <sup>2</sup> /m]
		$A_{s-inf}$	1072,2 [mm <sup>2</sup> /m]
		Armatura superiore	
Armatura sup/inf long	4	$\phi$ 20	1256,64 VERO
$\phi 20/25$ sup/inf	Passo	25,0 [cm]	
		Armatura trasversale	
$\phi 14/25$ sup/inf	4	$\phi$ 20	1256,64 VERO
	Passo	25,0 [cm]	
		Armatura spinotti	
$\phi 20/25$ sup/inf	4	$\phi$ 20	14926,25 VERO
	Passo	25,0 [cm]	
		Armatura integrativa sezione d'attacco	
	4	$\phi$ 20	14926,25 VERO
	Passo	25,0 [cm]	

Mandataria 	Mandanti   	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>LINEA PESCARA – BARI</b>				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 29 di 38

## 9.5 Cordoli in c.a. per sostegno provvisorio

### 9.5.1 Modello di calcolo per la portanza di fondazioni superficiali

Ai fini della verifica, la stessa verifica viene effettuata raffrontando la portanza di progetto (Rd) con la sollecitazione di progetto (Ed); la prima deriva dalla portanza calcolata con metodi della letteratura geotecnica, ridotta da opportuni fattori di sicurezza parziali; la seconda viene valutata ricavando la risultante della sollecitazione scaricata al suolo con una integrazione delle pressioni nel tratto di calcolo. La determinazione della capacità portante ai fini della verifica è stata condotta secondo il metodo di Vesic, riportato di seguito. La capacità portante è data da:

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

Nel caso di terreno eminentemente coesivo ( $\phi = 0$ ) tale relazione diventa:

$$Q_{lim} = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q$$

dove:

- $\gamma'$  = peso di volume efficace dello strato di fondazione;
- B = larghezza efficace della fondazione ( $B = B_f - 2e$ );
- L = lunghezza efficace della fondazione ( $L = L_f - 2e$ );
- c = coesione dello strato di fondazione;
- $c_u$  = coesione non drenata dello strato di fondazione;
- q = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;
- $N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;
- sc, sq, sy = fattori di forma della fondazione;
- dc, dq, dy = fattori di profondità del piano di posa della fondazione;
- ic, iq, iy = fattori di inclinazione del carico;
- bc, bq, by = fattori di inclinazione della base della fondazione;
- gc, gq, gy = fattori di inclinazione del piano campagna;

Nel caso specifico il piano di campagna risulta essere orizzontale. Per la teoria di Vesic i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

Mandataria 	Mandanti   	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>LINEA PESCARA – BARI</b>				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisoria e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 30 di 38

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg\phi; \quad N_q = tg^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \cdot e^{(\pi \cdot tg\phi)}; \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg\phi$$

$$s_c = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}; \quad s'_c = 0.2 \cdot \frac{B}{L}; \quad s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg\phi; \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot k; \quad d'_c = 0.4 \cdot k; \quad d_q = 1 + 2 \cdot k \cdot tg\phi \cdot (1 - \sin\phi)^2; \quad d_\gamma = 1$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}; \quad i'_c = \frac{m \cdot H}{B \cdot L \cdot c_a \cdot N_c}; \quad i_q = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg\phi}\right)^m;$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg\phi}\right)^{m+1}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g_q = (1 - tg\beta)^2; \quad g_\gamma = g_q$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}; \quad b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}; \quad b_q = (1 - \eta \cdot tg\phi)^2; \quad b_\gamma = b_q$$

$$k = \frac{D}{B_f} \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} \leq 1); \quad k = \arctg\left(\frac{D}{B_f}\right) \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} > 1); \quad m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

$\phi$  = angolo di attrito dello strato di fondazione;

$c_a$  = aderenza alla base della fondazione;

$\nu$  = inclinazione del piano di posa della fondazione sull'orizzontale ( $\nu = 0$  se orizzontale);

$\beta$  = inclinazione del pendio;

$H$  = componente orizzontale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

$V$  = componente verticale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

$D$  = profondità del piano di posa della fondazione dal piano campagna;

Nel caso in esame non si adottano formulazioni e metodi correttivi per tenere conto di eventuali stratificazioni dei litotipi all'interno del volume significativo di terreno, in quanto tale volume rientra completamente all'interno del rilevato ferroviario. Non si adottano estensioni o formulazioni correttive per tenere conto della presenza di azioni sismiche, trattandosi di opere di tipo provvisorio.

Mandataria <b>VIA</b> INGEGNERIA	Mandanti <b>HYpro HUB</b> <b>VIOTOP</b> <b>mei</b> Infrastructures Engineering s.r.l.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 31 di 38

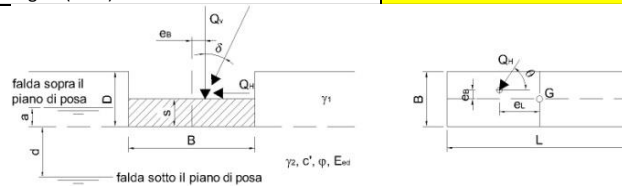
### 9.5.2 Calcolo della portanza della fondazione superficiale

Il cordolo di fondazione in cls sarà realizzato all'interno del rilevato ferroviario, le cui caratteristiche geotecniche sono indicate in precedenza. Ai fini del calcolo si adotta la combinazione A1+M1+R1. Si riporta di seguito il calcolo del carico limite.

## CARICO LIMITE DI FONDAZIONI DIRETTE

### GEOMETRIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Geometria della fondazione					Geometria del sito			
B m	L m	s m	e <sub>B</sub> m	e <sub>L</sub> m	D m	ω °	ε °	Muro di sostegno?
0.60	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	no
Posizione della falda					a m	d m		
Assente (a=0 e d=0)					0.00	0.00		
Caratteristiche fisiche dei terreni					Caratteristiche meccaniche terreni			
γ <sub>1</sub> kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>1sat</sub> kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>w</sub> kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>2</sub> kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>2sat</sub> kN/m <sup>3</sup>	c' kPa	c <sub>u</sub> kPa	φ' °	E <sub>ed</sub> MPa
20	21	10	20	21	0.00	0.00	38.00	300
Forma della fondazione					Condizioni			
Rettangolo(B'<L')					Drenate			



### DEFINIZIONE DELL'APPROCCIO DI VERIFICA E DEI CARICHI (NTC 2008)

Combinazione	Componenti e direzione dei carichi				θ=angolo rispetto a L Se Q <sub>v</sub> /B θ = 90° Se Q <sub>v</sub> /L θ = 0°		
	Q <sub>v</sub> kN	Q <sub>h</sub> kN	δ °	θ °			
Apr. 2.-A1+M1+R3	0	0	0.0	0			
Caratteristiche di calcolo dei terreni							
γ <sub>1</sub> kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>1sat</sub> kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>w</sub> kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>2</sub> kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>2sat</sub> kN/m <sup>3</sup>	c' kPa	c <sub>u</sub> kPa	φ' °
20	21	10	20	21	0.00	0.00	38.0

### VERIFICA DEL TIPO DI ROTTURA

G MPa	σ MPa	I <sub>r</sub>	I <sub>crit</sub>	Tipo di rottura:
92.35	0.01	19700.27	377.84	Generale

### CALCOLO DEL CARICO LIMITE SECONDO TERZAGHI

$$Q_{lim} = N_q \Psi_q \zeta_{sq} \xi_{sq} \alpha_q \beta_q [\gamma_1 (D-a) + (\gamma_{sat} - \gamma_w) a] + N_c \Psi_c \zeta_{cq} \xi_{cq} \alpha_c \beta_c C' + N_\gamma \Psi_\gamma \zeta_{\gamma q} \xi_{\gamma q} \alpha_\gamma \beta_\gamma \gamma_2 (B'/2) + \gamma_w a$$

	B' m	L' m						
	0.60	4.00						
Termini del trinomio e spinta idraulica								
q	48.93	1.00	1.12	1.00	1.00	1.00	I° term.	0.0
c	61.35	1.00	1.12	1.00	1.00	1.00	II° term.	0.0
γ	78.02	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	III° term.	440.1
<b>Spinta idraulica</b>								0.0

### Verifica della capacità portante

Coeff. parz. di sicurezza γ <sub>R</sub>	1.00
Carici Limite Q <sub>lim</sub> /γ <sub>R</sub>	<b>0.440</b> MPa in cond. Drenate

Mandataria 	Mandanti  	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>LINEA PESCARA – BARI</b>				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 32 di 38

### 9.5.3 Verifica dei cordoli in c.a.

Il cordolo di fondazione in cls sarà realizzato all'interno del rilevato ferroviario, tale elemento ha sezione 60x30 cm ed una lunghezza L=4.00.

Lo scema adottato per il modello di tale elemento è quello di trave elastica su suolo elastico secondo la teoria di Winkler, la trave poggia direttamente sul rilevato ferroviario avente caratteristiche geotecniche:

In merito al terreno di cui è costituito il riporto ferroviario, si riportano le seguenti caratteristiche desunte dal manuale di progettazione delle opere civili "RFI DTC SICS MA IFS 001 B del 22/12/2017".

$\gamma_{nat}$	= 20	kN/m <sup>3</sup>	peso di volume naturale
$c'$	= 0	kPa	coesione drenata
$\varphi'$	= 38	°	angolo di resistenza al taglio
$\nu$	= 0.20		coefficiente di Poisson
$E_0$	= 300	MPa	modulo di deformazione elastico iniziale

Per la determinazione della costante di sottofondo si può fare riferimento alle seguente formulazione assimilando il comportamento del terreno a quello di un mezzo elastico omogeneo:

$$s = B \cdot c_t \cdot (q - \sigma_{v0}) \cdot (1 - \nu^2)/E$$

dove:

- s = cedimento elastico totale;
- B = lato minore della fondazione;
- $c_t$  = coefficiente adimensionale di forma ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti da Bowles (1960) con L=lato maggiore della fondazione:

$$c_t = 0,853 + 0,534 \cdot \ln(L/B), \quad \text{per fondazione rettangolare con } L/B \leq 10;$$

$$c_t = 2 + 0,0089 \cdot (L/B), \quad \text{per fondazione rettangolare con } L/B > 10;$$

- q = pressione media agente sul terreno;
- $\sigma_{v0}$  = tensione litostatica verticale alla quota di posa della fondazione;
- $\nu$  = coefficiente di Poisson del terreno;
- E = modulo elastico medio del terreno sottostante.

Il valore della costante di sottofondo Kw è valutato attraverso il rapporto tra la pressione applicata e il corrispondente cedimento, pertanto si ottiene:



Mandataria <b>VIA</b> INGEGNERIA	Mandanti <b>HYpro</b> <b>HUB</b> <b>VIOTOP</b> <b>mei</b> Infrastructures Engineering s.r.l.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 33 di 38

$$K_w = E / [(1 - \nu^2) \cdot B \cdot c_t]$$

Si riporta di seguito il calcolo della costante di sottofondo:

Modulo elastico medio del terreno di fondazione	E	=	300000	kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson del terreno	$\nu$	=	0.20	
Lato minore della fondazione	B	=	0.6	m
Lato maggiore della fondazione	L	=	4.0	m
Rapporto tra lato maggiore lato minore della fondazione	L/B	=	6.67	m
Coefficiente adimensionale di forma	$c_t$	=	1.87	
Modulo di reazione verticale del terreno	$K_w$	=	279108.3	kN/m <sup>3</sup>

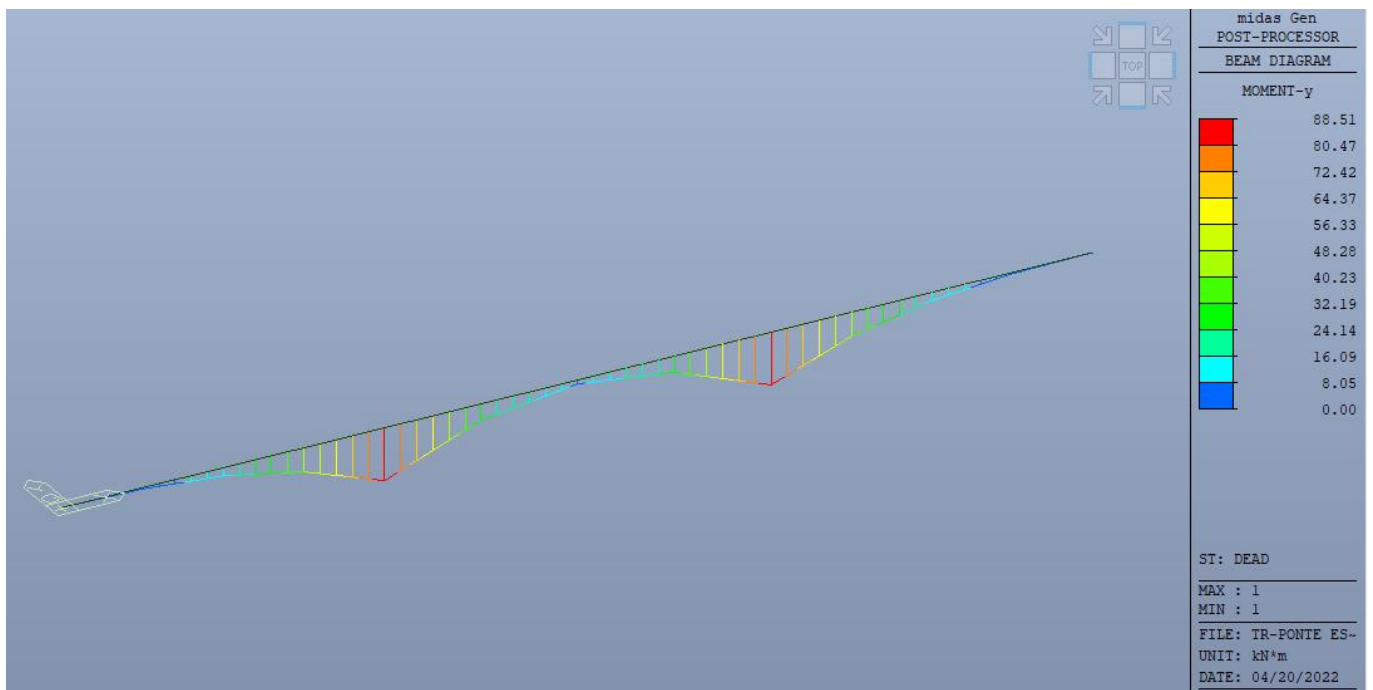
Si assume un valore di  $K_w = 270000$  kN/m<sup>3</sup>

La trave così modellata è stata caricata con due forze concentrate che simulano gli scarichi delle travi slitta poggiate sulla trave di manovra.

Lo scarico associato ad ogni trave slitta è pari a 407.49 KN agente ad interasse pari a quella del binario;

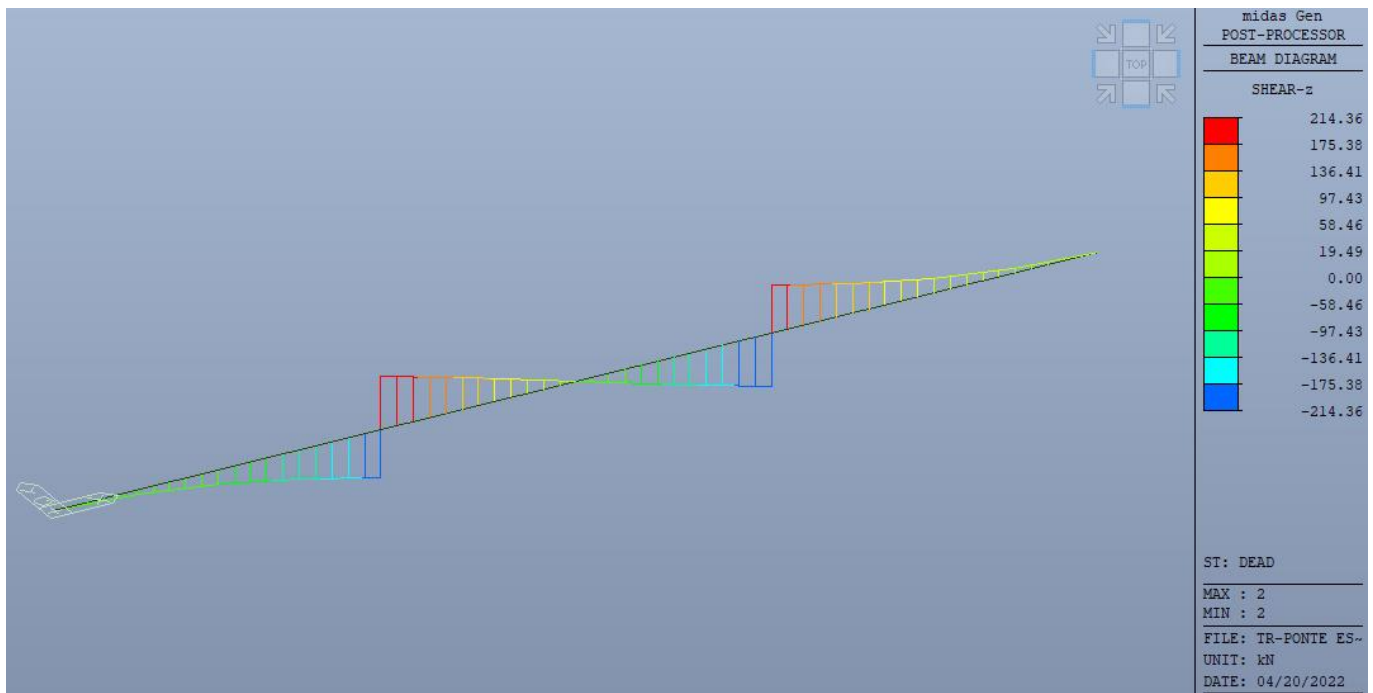
### 9.5.3.1 Sollecitazioni cordolo

Di seguito si riportano le sollecitazioni sul cordolo



**Figura 13. Cordolo Modello FEM, Sollecitazione Flessionale My**

Mandataria <b>VIA</b> INGEGNERIA	Mandanti <b>HYpro HUB</b> <b>VIOTOP</b> <b>mei</b> Infrastructures Engineering s.r.l.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 34 di 38



**Figura 14. Cordolo Modello FEM, Sollecitazione tagliante Vz**

### 9.5.3.2 Verifiche strutturali

Le caratteristiche della sollecitazioni del cordolo in c.a. sono pari a:

$$M_y = 88.51 \text{ KN/m}$$

$$V_z = 214.36 \text{ KN}$$

#### 9.5.3.2.1 Verifica a flessione

Classe di resistenza

C25/30

Resistenza caratteristica cubica a compressione  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione  $f_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$

Valore medio della resistenza cilindrica a compressione  $f_{cm} = 32,90 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico medio  $E_{cm} = 31.447 \text{ N/mm}^2$

Resistenza media a trazione semplice  $f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2$

Resistenza media a trazione per flessione  $f_{ctm} = 3,07 \text{ N/mm}^2$

Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo  $\gamma_c = 1,50$

Coefficiente che tiene conto degli effetti di lungo termine  $\alpha_{cc} = 0,85$

Resistenza di progetto a compressione  $f_{cd} = 14,11 \text{ N/mm}^2$

#### Barre di armatura

Tipologia

B450C

Mandataria <b>VIA</b> INGEGNERIA	Mandanti <b>HYpro HUB</b> <b>VIOTOP</b> <b>met</b> Infrastructures Engineering s.r.l.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 35 di 38

Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	=	1,15	
Resistenza di progetto a snervamento	$f_{yd}$	=	391	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico longitudinale	$E_s$	=	210.000	N/mm <sup>2</sup>

## GEOMETRIA

Sezione resistente:

B=60 cm

H=30 cm

A's= 3Ø20 (armatura Sup)

As= 4Ø20 (armatura Inf)

Azioni di progetto:

- $M_{Ed,yy}=88.51$  kN·m

**Verifica C.A. S.L.U. - File**

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

Titolo : \_\_\_\_\_

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	60	30	1	9,42	5
			2	12,57	25

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

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. → Metodo n  
 N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 0

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

**Materiali**  
 B450C C25/30  
 ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm<sup>2</sup> ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub> 14,17 ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
 ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub> 0,6  
 τ<sub>c1</sub> 1,829

**Tipologia rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

**Tipologia flessione**  
 Retta  Deviata

**Calcoli**  
 M<sub>xRd</sub> 108,7 kN m  
 σ<sub>c</sub> -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
 ε<sub>s</sub> 11,56 ‰  
 d 25 cm  
 x 5,809 x/d 0,2324  
 δ 0,7305

**Parametri**  
 N° rett. 100  
 L<sub>o</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

$M_{Rd,yy}= 108.7$  kN·m; La verifica si assume soddisfatta

Mandataria 	Mandanti   	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI												
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>IN 0200 002</td> <td>C</td> <td>36 di 38</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL	IN 0200 002	C	36 di 38	
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO									
LI07	01	E ZZ CL	IN 0200 002	C	36 di 38									

### 9.5.3.2.2 Verifica a Taglio

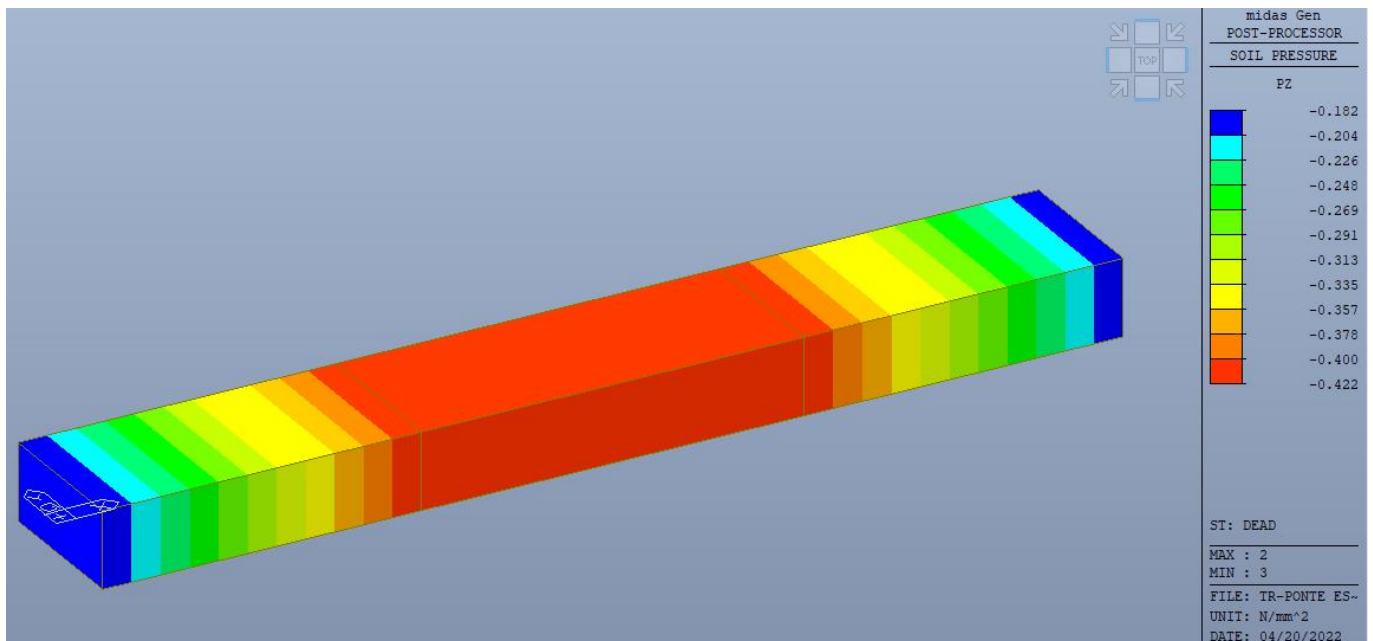
<b>VERIFICA DEGLI ELEMENTI NON ARMATI A TAGLIO</b>					
<b>CALCESTRUZZO</b>					
Classe di Resistenza		<b>C25/30</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Resistenza Cubica caratteristica a compressione	R <sub>ck</sub>	30.00	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Resistenza Cilindrica caratteristica a compressione	f <sub>ck</sub>	24.90	[N/mm <sup>2</sup> ]		f <sub>ck</sub> =0,83R <sub>ck</sub>
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo	γ <sub>c</sub>	1.5	[-]		
Coefficiente che tiene conto degli effetti di lungo termine	α <sub>cc</sub>	0.85	[-]		
Resistenza di progetto a compressione	f <sub>cd</sub>	14.11	[N/mm <sup>2</sup> ]		f <sub>cd</sub> =f <sub>ck</sub> *α <sub>cc</sub> /γ <sub>c</sub>
<b>ACCIAIO</b>					
Tipologia		<b>B450C</b>	[-]		
Resistenza caratteristica a rottura	f <sub>tk</sub>	540.00	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Resistenza caratteristica a snervamento	f <sub>yk</sub>	450.00	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo	γ <sub>s</sub>	1.15	[-]		
Resistenza di progetto a snervamento	f <sub>yd</sub>	391.30	[N/mm <sup>2</sup> ]		f <sub>yd</sub> =f <sub>yk</sub> /γ <sub>s</sub>
Modulo elastico longitudinale	E <sub>s</sub>	201,000.00	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Geometria della sezione rettangolare</b>					
Altezza	H	<b>30</b>	[cm]		
Base	B	<b>60</b>	[cm]		
Copriferro	c	<b>5</b>	[cm]		
Larghezza minima della Sezione	b <sub>w</sub>	60.00	[cm]		
Altezza utile	d	25.00	[cm]		d=H-c
Area della sezione di cls	A <sub>c</sub>	1,800.00	[cm <sup>2</sup> ]		
<b>Armature longitudinali</b>					
		n. Ferri	φ	Al	
Armatura Tesa	A <sub>s</sub>	<b>4</b>	<b>20.00</b>	1,257	[mm <sup>2</sup> ]
Armatura Compressa	A' <sub>s</sub>	<b>3</b>	<b>20.00</b>	942	[mm <sup>2</sup> ]
Ferri di Parete	A <sub>sp</sub>	-	-	-	[mm <sup>2</sup> ]
Tot Armatura Longitudinale	A <sub>sl,Tot.</sub>	-	-	2,199	[mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico armatura	A <sub>sl,Tot./A<sub>c</sub></sub>	-	-	1.22%	[-]
<b>Sollecitazioni</b>					
Sforzo Normale	N <sub>ed</sub>	-	[KN]		Compressione positivo
Momento flettente	M <sub>y,ed</sub>	-	[KN*m]		
Taglio	V <sub>ed</sub>	<b>214.36</b>	[KN]		
<b>VERIFICA ELEMENTI NON ARMATI A TAGLIO</b>					
4.1.2.3.5.1 Elementi SENZA armature trasversali resistenti a taglio		V <sub>ed</sub>		<b>214.36</b>	[KN]
Verifica		V <sub>Rd</sub> > V <sub>Ed</sub>			[4.122 NTC]
V <sub>Rd</sub> = max {0,18·k·(100·ρ <sub>l</sub> ·f <sub>ck</sub> ) <sup>(1/3)</sup> /γ <sub>c</sub> + 0,15·σ <sub>cp</sub> }·b <sub>w</sub> ·d; (v <sub>min</sub> +0,15·σ <sub>cp</sub> )·b <sub>w</sub> ·d					[4.123 NTC]
Altezza utile della sezione		d		250.0	[mm]
Larghezza minima della sezione		b <sub>w</sub>		600.0	[mm]
Area della Sezione in cls		A <sub>c</sub>		180,000.0	[mm <sup>2</sup> ]
Sforzo normale di compressione		N <sub>(compr.)</sub>		-	[KN]
Tensione limite di compressione nella sezione		σ <sub>cp,lim</sub>		2.82	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione media di compressione nella sezione		σ <sub>cp</sub>		-	< 0,2 f <sub>cd</sub> : ok
Ingranamento degli inerti		k		1.89	< 2-ok
Tensione di resistenza minima del cls		v <sub>min</sub>		0.46	
Area totale Armatura longitudinale TESA		A <sub>sl</sub>		1,257	[mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico arm. long. TESA		ρ <sub>l</sub>		0.00698	< 0,02: ok
V <sub>Rd,1</sub> = [0,18·k·(100·ρ <sub>l</sub> ·f <sub>ck</sub> ) <sup>(1/3)</sup> /γ <sub>c</sub> + 0,15·σ <sub>cp</sub> ]·b <sub>w</sub> ·d		V <sub>Rd,1</sub>		88.33	[KN]
V <sub>Rd,2</sub> = (v <sub>min</sub> +0,15·σ <sub>cp</sub> )·b <sub>w</sub> ·d		V <sub>Rd,2</sub>		68.31	[KN]
Taglio resistente		V <sub>rd</sub>		<b>88.33</b>	[KN]
Tasso di sfruttamento		V <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd</sub>		<b>2.43</b>	
Fattore di sicurezza e Rapporto di Verifica	V <sub>Rd</sub> /V <sub>Ed</sub>	<b>0.41</b>	V <sub>rd</sub> > V <sub>Ed</sub>		Attenzione: ARMARE A TAGLIO

Mandataria <b>VIA</b> INGEGNERIA	Mandanti <b>HYpro HUB</b> <b>VIOTOP</b> <b>mei</b> Infrastructures Engineering s.r.l.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 37 di 38

VERIFICA ELEMENTI ARMATI A TAGLIO CONTRIBUTO DELLE STAFFE						
<b>4.1.2.3.5.2 Elementi CON armature trasversali resistenti al taglio</b>			V <sub>ed</sub> 100 %	214.36	[KN]	
Verifica			V <sub>Rd</sub> > V <sub>Ed</sub>			[4.1.26 NTC]
<b>La Cotangente è maggiore di 2.50: la crisi è da attribuirsi all'armatura</b>			<b>STAFFE</b>			
Altezza utile della sezione	d	250.00	[mm]			
Diametro delle Staffe	Φ <sub>sw</sub>	12.00	[mm]			
Numero di bracci	n.b.	2.0	[-]			
Area sezione trasversale armatura a taglio	A <sub>sw</sub>	226.19	[mm <sup>2</sup> ]			
Passo	s	150.00	[mm]			
Inclinazione armatura trasversale rispetto asse trave	α	90.00	[°]			
Cotangente di α	ctg(α)	0.00	[-]			
Inclinazione del puntone compresso	θ	24.95	[°]			
Verifica [4.1.25 NTC]	1 ≤ ctg(θ) ≤ 2,5	2.15				ok
Coefficiente cautelativo	α <sub>c</sub>	1.00	[-]			
Resistenza a compressione ridotta	F <sub>cd</sub> =50%*f <sub>cd</sub>	7.06	[N/mm <sup>2</sup> ]			
V <sub>Rsd</sub> = 0,9 · d · A <sub>sw</sub> / s · f <sub>yd</sub> (ctg(α) + ctg(θ)) · sen(α)	[4.1.27 NTC]	V <sub>Rsd</sub>	285.43	[KN]		
V <sub>Rcd</sub> = 0,9 · d · b <sub>w</sub> · α <sub>c</sub> · F <sub>cd</sub> ((ctg(α) + ctg(θ)) / (1 + ctg <sup>2</sup> (θ)))	[4.1.28 NTC]	V <sub>Rcd</sub>	364.22	[KN]		
V <sub>Rd</sub> = min (V <sub>Rsd</sub> ; V <sub>Rcd</sub> )	[4.1.29 NTC]	V <sub>Rd</sub> = min (V <sub>Rsd</sub> ; V <sub>Rcd</sub> )	<b>285.43</b>	[KN]		
Tasso di sfruttamento	V <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd</sub>	0.75	[-]			
Coefficiente di sicurezza ed Esito verifica	V <sub>Rd</sub> /V <sub>Ed</sub>	1.33		V <sub>Rd</sub> > V <sub>Ed</sub>		ok

### 9.5.3.3 Verifiche geotecniche

Dal modello FEM si desume che la massima sollecitazione agente è pari a 0.422 MPa



**Figura 15. Cordolo Modello FEM, Diagramma delle pressioni**

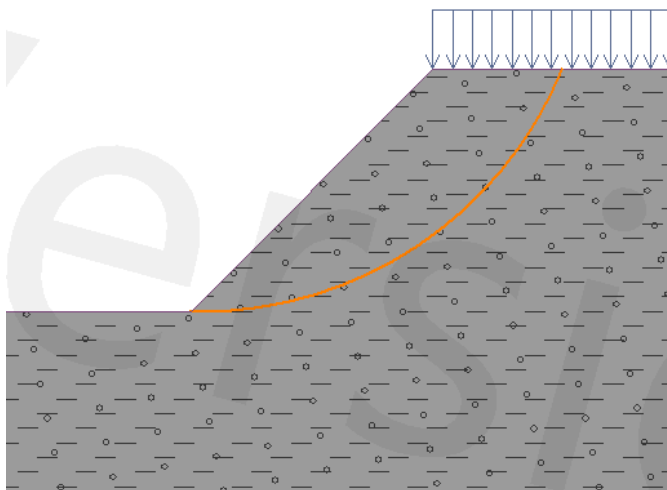
A fronte di una sollecitazione pari a 0.422 MPa, desunta dalla mappa cromatica precedentemente riportata, si ha un  $Q_{lim} = 0.440$  MPa. La Verifica si assume soddisfatta.





Mandataria 	Mandanti  	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> LINEA PESCARA – BARI				
<b>IN02/IN09 – TOMBINI DI TRASPARENZA “FOSSO OLIVELLA 2”</b> Relazione di Calcolo Opere provvisionali e fondazioni ponte provvisorio	COMMESSA LI07	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN 0200 002	REV. C	FOGLIO 38 di 38

## 9.6 Fronti di scavo provvisorio

Per la realizzazione delle opere d'arte e delle opere provvisorie, necessarie per l'infissione dei manufatti in esame, i litotipi interessati sono costituiti da Depositi alluvionali recenti - Unità 5AL (Argille limose e limi argillosi), le cui caratteristiche geotecniche sono riportate in precedenza. Superficialmente è presente uno strato di terreno di riporto fortemente rimaneggiato, di spessore circa 50-70cm, che in fase di preparazione dell'area di cantiere sarà completamente rimosso tramite sbancamento a cielo aperto. A vantaggio di sicurezza si considera come agente al piano di campagna a monte del fronte di scavo provvisorio un carico pari a 4.00kN/mq (derivante dalla folla compatta e/o eventuale transito di mezzi di cantiere). Trattandosi di fronti di scavo provvisori, non si adottano condizioni di carico di tipo sismico ai fini della verifica. Sulla scorta di quanto indicato dalla normativa, le verifiche devono essere condotte secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, adottando un coefficiente di sicurezza per stabilità globale  $R2 = 1.1$ , da cui un coefficiente d'uso, determinato dal rapporto tra momento stabilizzante e momento resistente pari a 0.909. Date le profondità di scavo variabili all'interno del gruppo di tombini in esame, si assume un valore massimo della profondità di scavo ai fini del calcolo pari a 2.50m, considerando che in fase di esecuzione dei lavori sarà eseguito lo scotico ed il pre-scavo per la rimozione del materiale di riporto.

Si riporta di seguito la verifica condotta.



Superficie di scorrimento: circolare	 Sostituisci grafic.	 Modifica testo	 Rimuovi	 Converti in poligono
Parametri d'analisi.		Superficie di scivolamento circolare		
Metodo: Bishop	Centro: x = 5,10 [m] z = 4,03 [m]			
Tipo di analisi: Ottimizzazione	Raggio: R = 4,03 [m]			
Restrizioni non è inserito	Angoli: $\alpha_1 = -1,40$ [°] $\alpha_2 = 67,69$ [°]			
<b>Verifica stabilità del pendio (Bishop)</b> Somma delle forze attive: $F_a = 40,16$ kN/m Somma delle forze passive: $F_p = 68,12$ kN/m Momento di scorrimento: $M_a = 161,86$ kNm/m Momento resistente: $M_p = 274,53$ kNm/m Uso: 59,0 % <b>Stabilità di pendio ACCETTABILE</b>				

La verifica del fronte di scavo provvisorio è pertanto soddisfatta.