

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

DIREZIONE TECNICA – CENTRO DI PRODUZIONE MILANO

PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO

**POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y**

OPERE PRINCIPALI – SOTTOVIA E SOTTOPASSI

NUOVO SOTTOPASSO VIA BATTISTI KM 8+389.85 – PARABIAGO

Relazione di calcolo opere provvisionali

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

MDL 1 1 2 D 2 6 CL SL 0 8 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
X	Emissione Esecutiva	L. Infante	Nov. 2010		Nov. 2010	S. Berelli			

dott. ing. Donato FAVACCA
Ordine Ingegneri di NOVARA
n° 1109

File: MDL112D26CLSL0800002_A.doc

n. Elab: X

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
3	ELABORATI DI RIFERIMENTO	5
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
5	CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA	8
6	ANALISI DELLE OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI	11
6.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	11
6.2	METODOLOGIA DI CALCOLO	13
6.2.2	<i>Modellazione FEM monodimensionale</i>	13
6.2.3	<i>Parametri ed ipotesi di calcolo per FEM monodimensionale</i>	14
6.2.4	<i>Modellazione FEM Bidimensionale</i>	16
6.2.5	<i>Parametri ed ipotesi di calcolo per FEM bidimensionale</i>	16
6.2.6	<i>Schema e fasi di calcolo paratia in destra</i>	18
6.2.7	<i>Risultati dell'analisi paratia in destra</i>	19
6.2.8	<i>Schema e fasi di calcolo paratia in sinistra</i>	20
6.2.9	<i>Risultati dell'analisi paratia in sinistra</i>	21
6.3	VERIFICHE SUI MICROPALI	23
6.3.1	<i>Paratia in destra</i>	23
6.3.2	<i>Paratia in sinistra</i>	23
6.4	VERIFICHE DI RESISTENZA DEI PALI A CAVALLETTO	24
6.4.1	<i>Verifica allo sfilamento</i>	24
6.4.2	<i>Verifica a flessione</i>	25

1 PREMESSA

Nella presente relazione viene riportato il dimensionamento delle opere provvisionali previste in corrispondenza del nuovo sottovia ciclopedonale via Battisti (SL08) al km 8+389.85 relativo al Progetto Definitivo del potenziamento della Linea Rho-Arona, tratta Rho-Gallarate (nodo di Milano).

Il calcolo della presente opera è stato affrontato con riferimento alle normative sinteticamente riportate nel paragrafo successivo.

Nei paragrafi seguenti verranno affrontati i seguenti aspetti:

- descrizione della successione stratigrafica e dei parametri geotecnici di progetto;
- descrizione delle scelte progettuali e delle caratteristiche dell'opera di sostegno provvisoria;
- descrizione delle metodologie di calcolo, analisi della paratia e verifiche strutturali e geotecniche.

In Appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo completi.

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Per la redazione della presente relazione si è fatto riferimento alla seguente documentazione normativa:

- [NT_1] Legge 05/11/1971 n.1086 e Circ. 11951 del 14/02/1974. Norme per la disciplina delle opere in c.a., c.a.p. ed a struttura metallica e relative istruzioni.
- [NT_2] Legge 21/03/1974 n.64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- [NT_3] D.M. 09/01/1996 e Circ. 252 del 15/10/1996. Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato e precompresso e per le strutture metalliche e relative istruzioni.
- [NT_4] D.M. 09/01/1996 e Cic. 156 del 4/07/1996. Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi" e relative istruzioni.
- [NT_5] D.M. 16/01/1996 e Circ. 65 del 10/04/1997. Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche e relative istruzioni.
- [NT_6] D.M. 11/03/1988. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- [NT_7] D.M. LL. PP. 11 marzo 1988. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- [NT_8] Circ. Ministeriale LL. PP. 24/09/1988 n. 30483. Istruzioni riguardanti le "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" di cui al D.M. 11 marzo 1988.
- [NT_9] Raccomandazioni AICAP (Maggio 1993) "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce".



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 –
Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	5 di 49

3 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Per la redazione della presente relazione si è fatto riferimento alla seguente documentazione:

- [E_1] - Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Progetto Definitivo – Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica.
- [E_2] - Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Progetto Definitivo – Profilo geologico-tecnico binario pari linea storica – tav. 1/3.
- [E_3] - Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Progetto Definitivo – Profilo geologico-tecnico binario pari linea storica – tav. 2/3.
- [E_4] - Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Progetto Definitivo – Profilo geologico-tecnico binario pari linea storica – tav. 3/3.
- [E_5] – Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Relazione geotecnica generale.
- [E_6] – Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Profilo geotecnica – tav. 1/6.
- [E_7] – Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Profilo geotecnica – tav. 2/6.
- [E_8] – Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Profilo geotecnica – tav. 3/6.
- [E_9] – Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Profilo geotecnica – tav. 4/6.
- [E_10] – Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Profilo geotecnica – tav. 5/6.
- [E_11] – Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Profilo geotecnica – tav. 6/6.

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Nel seguito si riportano le principali caratteristiche dei materiali impiegati:

CALCESTRUZZO

Resistenza caratteristica cubica a compressione a 28 gg: $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$.

Tensioni ammissibili:

$$\sigma_c = 6.0 + (R_{ck} - 15) / 4 = 9.75 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{co} = 0.4 + (R_{ck} - 15) / 75 = 0.60 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{cl} = 1.4 + (R_{ck} - 15) / 35 = 1.82 \text{ N/mm}^2$$

Acciaio per c.a.

Acciaio in barre per getti: Feb 44 k controllato

Reti elettrosaldate $F_{yk} \geq 390 \text{ N/mm}^2$; $F_{yk} \geq 440 \text{ N/mm}^2$

Acciaio per carpenteria FE 510

Acciaio per armatura travi e piastrame: Fe 510

Acciaio per tiranti:

Tensione normale caratteristica di rottura $f_{ptk} \geq 1855 \text{ N/mm}^2$

Tensione normale caratteristica di snervamento $f_{p(1)k} \geq 1640 \text{ N/mm}^2$

Tensione normale ammissibile di esercizio $\sigma_{sp} \leq 0.90 \times 0.60$ $f_{ptk} = 1001 \text{ N/mm}^2$

Tensione normale ammissibile di collaudo $\sigma_{spi} \leq 0.90 \times 0.85$ $f_{p(1)k} = 1254 \text{ N/mm}^2$

Acciaio per armatura micropali: Fe 510:

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	7 di 49

tensione caratteristica di rottura a trazione $f_{tk} \geq 510 \text{ N/mm}^2$;

tensione caratteristica di snervamento a trazione $f_{yk} \geq 355 \text{ N/mm}^2$;

tensione ammissibile $\sigma_s = 240 \text{ N/mm}^2$ -

Acciaio per armatura micropali: Fe 430:

tensione caratteristica di rottura a trazione $f_{tk} \geq 430 \text{ N/mm}^2$;

tensione caratteristica di snervamento a trazione $f_{yk} \geq 275 \text{ N/mm}^2$;

tensione ammissibile $\sigma_s = 190 \text{ N/mm}^2$ -



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 –
Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	8 di 49

5 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA

La caratterizzazione stratigrafica della tratta in esame è stata individuata dalle informazioni ottenute dalla campagna d'indagine svolta nell'anno 2008.

Negli elaborati [E_2] ÷ [E_4] e [E_6]÷[E_11], ovvero profilo geologico-tecnico e profilo geotecnica della tratta, sono rappresentate le indagini eseguite durante la campagna geognostica del 2008: in particolare, nelle immediate vicinanze dell'opera in esame (prg. km 8+389.85) è stato eseguito il sondaggio S15, spinto fino alla profondità di 15.0 m dal p.c.

Sulla base di quanto sopra indicato e dalla caratterizzazione stratigrafica e dei parametri geotecnici di progetto riportati nella relazione geotecnica generale (elaborato [E_5]), per l'opera in oggetto è stata individuata la caratterizzazione stratigrafico-geotecnica di progetto riportata nella seguente scheda geotecnica, caratterizzante il sito di ubicazione dell'opera.

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85
Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	9 di 49

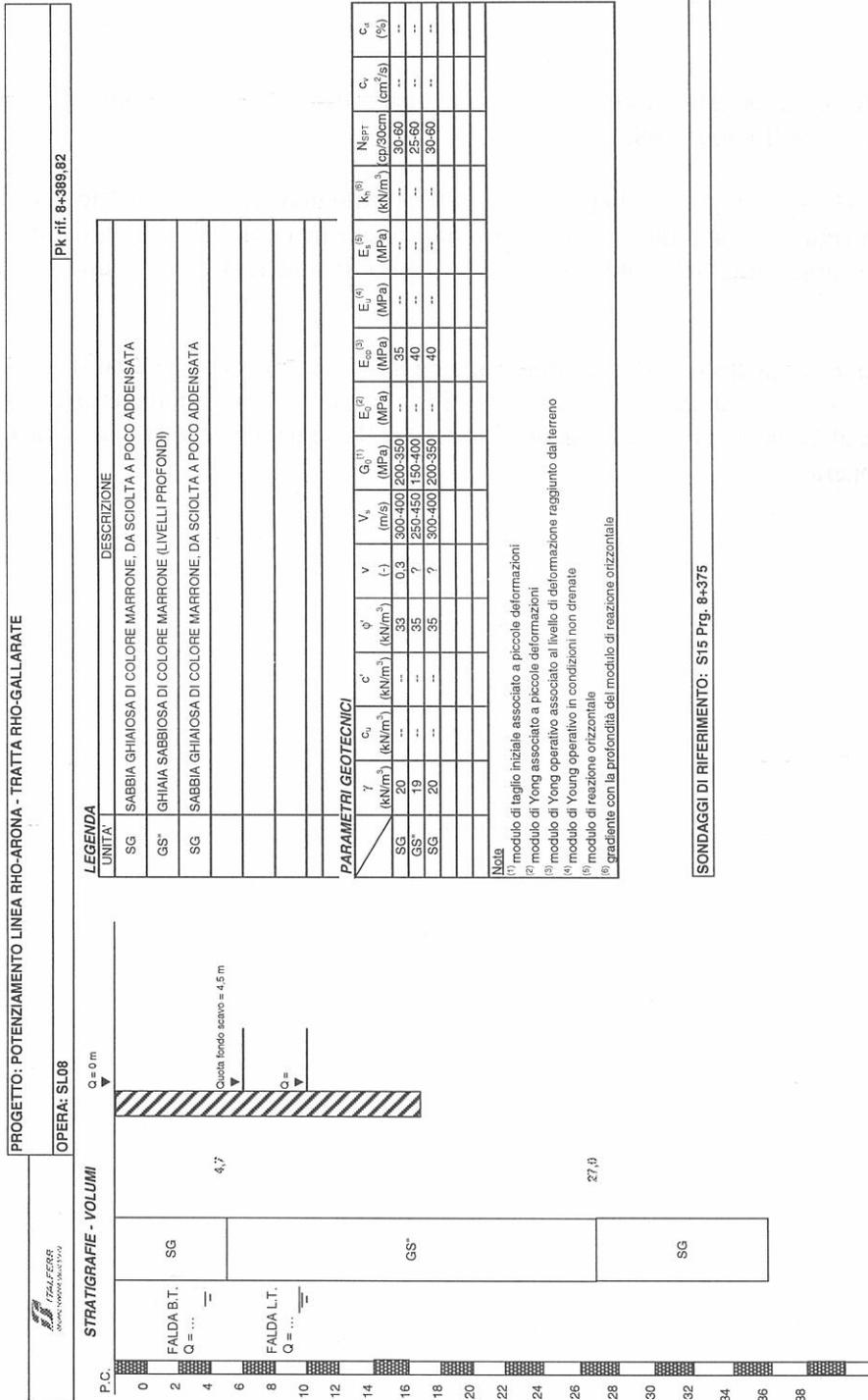


Figura 1

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 –
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	10 di 49

I simboli rappresentati nella scheda geotecnica hanno il seguente significato:

$\gamma =$ peso di volume naturale

$c_u =$ coesione non drenata

$c' =$ coesione efficace

$\phi' =$ angolo d'attrito

ν coefficiente di Poisson

$V_s =$ velocità delle onde di taglio

$G_0 =$ modulo di taglio iniziale associato a piccole deformazioni

$E_0 =$ modulo di Young operativo associato al livello di deformazione raggiunto dal terreno

$E_{op} =$ modulo di Young operativo associato al livello di deformazione raggiunto dal terreno

$E_u =$ modulo di Young operativo in condizioni non drenate

$E_s =$ modulo di reazione orizzontale

$K_h =$ gradiente con la profondità del modulo di reazione orizzontale

$N_{SPT} =$ numero di colpi/30 cm di riferimento nel calcolo dei pali di fondazione

$c_v =$ coefficiente di consolidazione primaria

$c_\alpha =$ coefficiente di consolidazione secondaria

- Note:
- il valore di ϕ' adottato per i terreni tipo GS" è stato considerato pari a quello dello strato GS' a favore di sicurezza.
 - il valore di $c' = 0$ kPa adottato per i terreni tipo LS è stato adottato a favore di sicurezza.
 - il valore del modulo di Young E_{op} adottato per i terreni tipo S è stato stimato cautelativamente a favore di sicurezza.

Per i dettagli circa le prove in sito ed in laboratorio si rimanda alla relazione geotecnica generale, elaborato [E_5].

Per quanto concerne la falda, nella zona in esame il livello di falda è posto a 27.5 m dal p.c., come si evince dal profilo geotecnica di riferimento (si veda l'elaborato [E_11], in particolare in corrispondenza del sondaggio S15).

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	11 di 49

6 ANALISI DELLE OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI

6.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Per la realizzazione del potenziamento della linea in corrispondenza del nuovo sottovia ciclopedonale via Battisti al km 8+389.85 si prevede la costruzione di:

- 1) In destra, una paratia di micropali con un ordine di tiranti con le caratteristiche di seguito elencate:

Paratia di micropali

$D_p = 240 \text{ mm}$	diametro di perforazione
$i = 0.35 \text{ m}$	interasse longitudinale tra i micropali
$d_e = 168.3 \text{ mm}$	diametro esterno del tubo di armatura
$s = 8 \text{ mm}$	spessore del tubo di armatura
$L = 7.5 \text{ m}$	lunghezza del tubo

Armatura tubolare in acciaio Fe 430.

L'unico ordine di tiranti ha le seguenti caratteristiche:

$D_p = 160 \text{ mm}$	diametro di perforazione
$N_{tr} = 3$	numero di trefoli da 0.6" (area $A_s = 139 \text{ mm}^2$)
$L_a = 8 \text{ m}$	lunghezza attiva
$L_p = 5 \text{ m}$	lunghezza passiva
$i = 2.1 \text{ m}$	interasse longitudinale tra i tiranti
$\alpha = 20^\circ$	inclinazione dei tiranti rispetto all'orizzontale
$N_0 = 270 \text{ kN}$	sollecitazione di pretensione

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 –
Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	12 di 49

2. In sinistra, una paratia di micropali collegata a micropali inclinati “a cavalletto”. La paratia ha le stesse caratteristiche della paratia in destra, mentre i micropali inclinati sono così conformati:

- $D_p = 240$ mm diametro di perforazione
- $i = 1.05$ m interasse longitudinale tra i micropali
- $d_e = 168.3$ mm diametro esterno del tubo di armatura
- $s = 12.5$ mm spessore del tubo di armatura
- $L = 9.0$ m lunghezza del tubo
- $\alpha = 25^\circ$ inclinazione dei tiranti rispetto alla verticale.

Nelle figure successive si riporta la sezione delle opere in progetto.

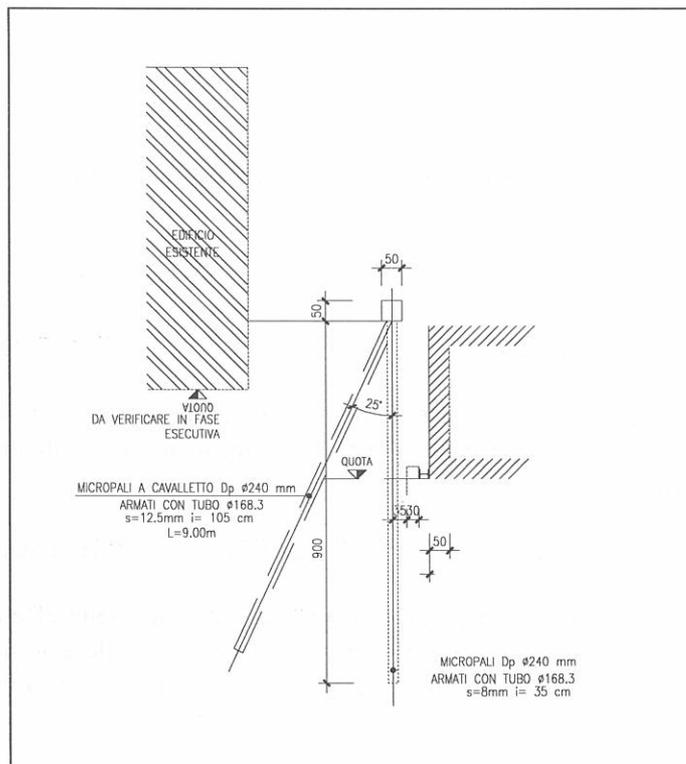


Figura 2 – schema paratia provvisoria SL08 (in sinistra)

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85
Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	13 di 49

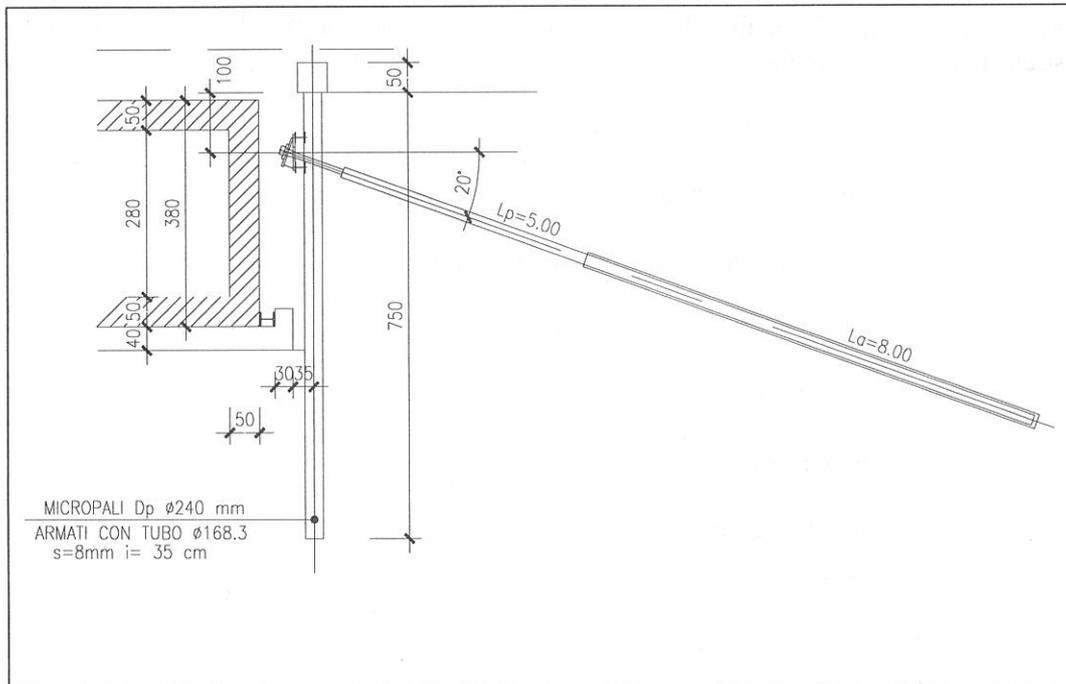


Figura 3 – Schema paratia provvisoria SL08 (in destra)

6.2 METODOLOGIA DI CALCOLO

6.2.2 Modellazione FEM monodimensionale

Al fine di rappresentare il comportamento delle paratia in destra durante le varie fasi di lavoro (scavi e/o eventuale inserimento degli elementi di contrasto), è necessario l'impiego di un metodo di calcolo iterativo atto a simulare l'interazione in fase elasto-plastica terreno-paratia.

Allo scopo è stato impiegato il codice di calcolo "PARATIE" Versione 7.0 della HarpaCeas s.r.l. di Milano.

Lo studio del comportamento di un elemento di paratia inserito nel terreno viene effettuato tenendo conto della deformabilità dell'elemento stesso, considerato in regime elastico, e soggetto alle azioni derivanti dalla spinta dei terreni, dalle eventuali differenze di pressione idrostatica, dalle spinte dovute ai sovraccarichi esterni e dalla presenza degli elementi di contrasto.

La paratia viene discretizzata con elementi finiti monodimensionali a due gradi di libertà per nodo (spostamento orizzontale e rotazione).

Il terreno viene schematizzato con delle molle secondo un modello elasto-plastico; esso reagisce elasticamente sino a valori limite dello spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda del segno dello spostamento, ai valori limite della pressione attiva o passiva.

Gli spostamenti vengono computati a partire dalla situazione di spinta "a riposo".

Con tale metodologia, si può quindi seguire analiticamente la successione delle fasi di costruzione, di carico e di contrasto, consentendo di ottenere informazioni attendibili sull'entità delle deformazioni e sugli effetti che esse inducono sul diagramma delle pressioni esercitate dal terreno sulla paratia.

Il metodo sopra esposto è sicuramente valido per il calcolo delle sollecitazioni all'interno della struttura che, come noto (cfr. [Becci & Nova, 1987], [Dhouib, 1995]), sono praticamente indipendenti dalla rigidità delle molle che simulano il terreno. Permangono le limitazioni intrinseche al metodo ed in particolare quella di non permettere la determinazione degli spostamenti del piano campagna.

6.2.3 Parametri ed ipotesi di calcolo per FEM monodimensionale

Il metodo di calcolo richiede la definizione di parametri, valutati in funzione delle caratteristiche geotecniche e fisiche dei terreni e delle caratteristiche geometriche e strutturali dell'opera. In particolare si definiscono i seguenti parametri di spinta:

- Tensione orizzontale a riposo: $P'_0 = K_0 \sigma'_v$

con:

K_0 = coefficiente di spinta a riposo;

σ'_v = tensione verticale efficace;

- Tensione orizzontale attiva: $P'_a = K_a \sigma'_v - c' K_{ac} + q' K_a$

con:

K_a = coefficiente di spinta attiva;

$$K_{ac} = 2 K_a^{0.5}$$

- Tensione orizzontale passiva: $P'_p = K_p \sigma'_v + c' K_{pc}$

con:

K_p = coefficiente di resistenza passiva;

$$K_{pc} = 2 \cdot (K_p)^{0.5}$$

La rigidità delle molle che modellano l'azione del terreno è proporzionale al modulo di rigidità in fase elastica del terreno.

Nel seguito si forniscono i parametri per l'interazione delle unità geotecniche con l'opera di sostegno in oggetto dove i coefficiente di spinta attiva e passiva K_a e K_p sono stati calcolati tenendo conto dell'eventuale inclinazione del profilo del terreno e dell'aderenza parete-terreno δ (formulazione di Muller-Breslau 1908). . La successione

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 –
Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	15 di 49

stratigrafica di riferimento per la sezione di calcolo è quella indicata nel capitolo 5. Le caratteristiche meccaniche dei vari strati sono di seguito riepilogate.

Strato 1: Terreno tipo SG da 0.0 m a -5.0 m da p.c.

$\gamma = 19.0 \text{ kN / m}^3$	peso di volume
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata di progetto;
$\varphi' = 33^\circ$	angolo di resistenza al taglio di progetto;
$k_0 = 0.455$	coefficiente di spinta a riposo ($k_0 = 1 - \tan \varphi'$);
$K_a = 0.249$	coefficiente di spinta attiva statico ($\delta' = 0.6 \cdot \varphi'$);
$K_p = 5.209$	coefficiente di resistenza passiva ($\delta' = 0.6 \cdot \varphi'$);
$E_{vc} = 30000 \text{ kPa}$	modulo di rigidezza in compressione vergine;
$E_{ur} = 2.5 E_{vc}$	modulo di rigidezza per percorsi tensionali di scarico-ricarico.

Strato 2: Terreno tipo GS da -5.0 m alla massima profondità di interesse

$\gamma = 19.0 \text{ kN / m}^3$	peso di volume
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata di progetto;
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio di progetto;
$k_0 = 0.426$	coefficiente di spinta a riposo ($k_0 = 1 - \tan \varphi'$);
$K_a = 0.228$	coefficiente di spinta attiva statico ($\delta' = 0.6 \cdot \varphi'$);
$K_p = 5.823$	coefficiente di resistenza passiva ($\delta' = 0.6 \cdot \varphi'$);
$E_{vc} = 40000 \text{ kPa}$	modulo di rigidezza in compressione vergine;
$E_{ur} = 2.5 E_{vc}$	modulo di rigidezza per percorsi tensionali di scarico-ricarico.

Il livello di falda è a 27.5 m circa dal p.c. locale di definizione della stratigrafia, quindi non interferisce con le opere in esame.



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 –
Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	16 di 49

6.2.4 Modellazione FEM Bidimensionale

Lo studio della risposta meccanica delle opere di sostegno a sinistra dello scavo è stato condotto mediante una analisi FEM con il codice di calcolo Plaxis v.9.0 nell'ipotesi di stato piano di deformazione, certamente realistica per l'opera, considerando il suo sviluppo in direzione longitudinale rispetto alle dimensioni della sezione trasversale analizzata.

Scopi principali di queste analisi sono:

- lo studio dell'interazione degli elementi strutturali durante le fasi esecutive e durante l'esercizio dell'opera al fine di ottenere le sollecitazioni interne degli elementi strutturali;
- lo studio dell'interazione paratia-terreno al fine di verificare la compatibilità del campo deformativo ottenuto, la stabilità del sistema ed i cedimenti indotti nell'intorno dello scavo.

L'analisi bidimensionale si è resa necessaria sia per valutare realisticamente l'interazione tra i micropali della paratia ed i micropali "a cavalletto" (obbiettivo irraggiungibile con un'analisi monodimensionale) sia per valutare gli spostamenti indotti sull'edificio retrostante lo scavo.

L'analisi FEM in stato piano di deformazione consente infatti:

- di tenere conto della complessa geometria del problema;
- di utilizzare leggi costitutive adeguate per l'interazione fra elementi strutturali e di considerare il terreno come mezzo continuo;
- di cogliere il campo di spostamenti generato dall'opera durante tutte le fasi esecutive.

6.2.5 Parametri ed ipotesi di calcolo per FEM bidimensionale

La paratia di micropali è stata modellata come elemento piastra caratterizzato da un legame costitutivo lineare elastico isotropo ovvero da una rigidezza flessionale EJ (E è modulo di Young, J è il momento di inerzia), da una rigidezza assiale EA (A è l'area) e da un coefficiente di Poisson ν .

All'elemento così ottenuto è stato attribuito un comportamento elastico plastico. I parametri sono implementati nell'analisi per unità di lunghezza di sviluppo longitudinale di paratia, quindi dividendo per l'interasse i tra i micropali. Si riporta nella Tabella 1, unitamente agli altri dati di progetto implementati nell'analisi, anche il peso di volume per unità di lunghezza e per m di sviluppo longitudinale di paratia, w .

Per quanto riguarda il coefficiente di Poisson dei micropali, essendo questi non continui in direzione longitudinale, si pone $\nu = 0$. Questa assunzione permette, nell'ipotesi di stato piano di deformazione, di ricondursi ad uno stato piano di tensione più aderente allo schema statico dell'elemento non continuo. Infatti, risultando la deformazione principale in direzione ortogonale alla sezione studiata $\varepsilon_3 = 0$, per il legame costitutivo lineare elastico isotropo, la tensione principale corrispondente è $\sigma_3 = 0$.



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 –
Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	17 di 49

Per l'analisi tutti i terreni sono stati schematizzati usando il modello materiale "Hardening Soil", che permette di portare in conto il comportamento plastico incoerente dei terreni, proprietà che si rivela importantissima nello studio degli spostamenti indotti dagli scavi.

Il modello prevede un incoerimento cosiddetto "isotropo", ovvero un'espansione del dominio delle tensioni associate ad un comportamento elastico del materiale dipendente sia dalle massime deformazioni elastiche che volumetriche raggiunte dal terreno.

In condizioni di simmetria assiale la legge di incoerimento introdotta nel modello HS fornisce per carico monotono triassiale in cui ad esempio cresce la tensione deviatorica una relazione tensioni-deformazioni di tipo iperbolico, simile a quella deducibile da modelli elastici-non lineari. La non linearità prodotta dall'Hardening Soil dipende però dallo sviluppo di deformazioni plastiche oltre a quelle elastiche.

Durante una fase di scarico tensionale che avvenga internamente al dominio elastico il modello prevede invece che il legame tensioni deformazioni sia completamente elastico e – di norma – che il modulo di rigidezza del materiale sia maggiore di quello elastico della fase di primo carico. Pertanto solo le deformazioni elastiche precedentemente accumulate vengono (parzialmente) recuperate ed il modello riesce a portare in conto anche l'accumulo di deformazioni plastiche. Questo aspetto del legame costitutivo è molto utile nei casi in cui si abbiano contemporaneamente in punti diversi percorsi tensionali di carico e scarico, come avviene nel caso di scavi per i quali i percorsi tensionali sono diversi nelle diverse parti del volume significativo di terreno.

Questo aspetto del legame costitutivo è molto utile nei casi in cui si abbiano contemporaneamente percorsi tensionali di carico e scarico, come avviene nel caso di scavi per i quali i percorsi tensionali sono diversi nelle diverse parti del volume significativo di terreno.

I parametri che caratterizzano il legame tensioni deformazioni nell'Hardening Soil sono essenzialmente:

il rigidezza secante al 50% del deviatore a rottura in fase di primo carico $E_{50,ref}$ riferita cioè ad una assegnata pressione di riferimento p_{ref} ;

il modulo edometrico $E_{oed,ref}$ in corrispondenza della pressione di riferimento p_{ref} ;

il modulo di rigidezza in fase di scarico $E_{ur,ref}$ riferito alla pressione di riferimento p_{ref} ;

l'esponente m della legge esponenziale che lega il generico E_{50} ed il generico E_{ur} lo stato tensionale sferico corrente, i parametri di resistenza σ_c ed i valori omologhi di resistenza di riferimento;

il modulo di Poisson in fase di scarico ν_{ur} .

Il modello HS utilizza un dominio di rottura di Mohr Coulomb, caratterizzato da un angolo di attrito ϕ' e da una coesione c' .

La legge di flusso del modello, che lega gli incrementi di deformazione plastica volumetrica e distorsionale, è definita in funzione dell'angolo di dilatanza mobilitato Ψ_m , che dipende a sua volta dallo stato tensionale corrente, dall'angolo di attrito ϕ e dall'angolo di dilatanza Ψ in condizioni di rottura.

Riepilogando i parametri costitutivi del modello sono:

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 –
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	18 di 49

- $E_{50,ref}$;
- m (in queste analisi sempre posto pari a 0) ;
- $E_{oed,ref}$;
- E_{ur} ;
- ν^{ur} ;
- φ' ;
- c' ;
- Ψ ;

Le successive tabelle riepilogano le caratteristiche degli elementi strutturali e dei terreni.

ELEMENTO	E [kPa]	A [cm ²]	J [cm ⁴]	i [m]	w [kN/m ⁴]	EA [kN/m]	EJ [kN m ² /m]
Tubo $\Phi 240$ s=8mm	2.1E8	13.5	1297	0.35	5	5.0E6	17090
Tubo $\Phi 240$ s=12.5mm	2.1E8	21.0	1868	1.05	5	2.1E6	6839

Tabella 1 – Caratteristiche degli elementi strutturali

TERRENO	γ [kN/m ³]	φ [°]	Ψ [°]	c [kPa]	E_{50} [kPa]	E_{oed} [kPa]	E_{ur} [kPa]
SG	19	33	0	0	30000	30000	75000
GS	19	35	0	0	40000	40000	100000

Tabella 2

6.2.6 Schema e fasi di calcolo paratia in destra

Di seguito si riportano le fasi di calcolo che sono state analizzate in successione per la sezione esaminata.

Lo schema della sezione di calcolo è riportato in Figura 4 – schema sezione di calcolo

. La massima altezza di scavo è di 4.5 m circa.

La quota 0.0 di calcolo è convenzionalmente posizionata a quota intradosso trave di collegamento micropali.

Nel calcolo inoltre, cautelativamente, è stato considerato un carico accidentale di $q_{acc} = 10$ kPa, uniformemente distribuito a tergo dell'opera.

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 –
Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	19 di 49

Di seguito si riportano le fasi di calcolo che sono state analizzate in successione.

Esecuzione della paratia di micropali e della trave di collegamento sommitale con estradosso alla quota 0.0 m di calcolo.

Inizializzazione geostatica.

Scavo fino a quota -1.5 m per inserimento del primo ordine di tiranti; applicazione del carico accidentale ($q_{acc} = 10$ kPa).

Inserimento del primo ordine di tiranti a quota -1.00 m con le caratteristiche illustrate al paragrafo 6.1.

Scavo massimo fino a quota -4.5 m da testa paratia.

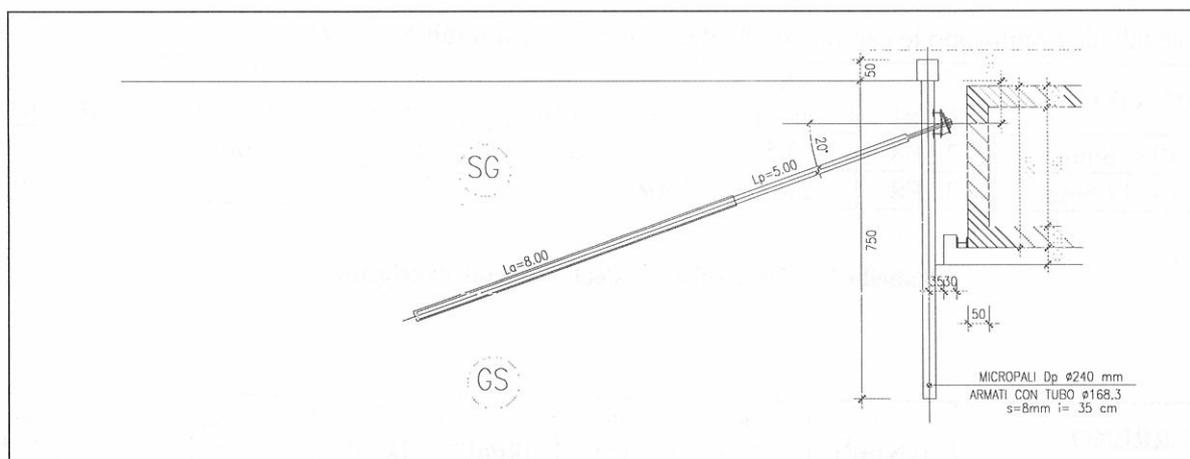


Figura 4 – schema sezione di calcolo

Le fasi di calcolo brevemente riassunte sopra consentono di giungere alla valutazione delle sollecitazioni sugli elementi strutturali della paratia (vedasi paragrafo successivo 6.2.6) e quindi procedere alle successive verifiche (vedasi paragrafi 6.3, 6.4 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

6.2.7 Risultati dell'analisi paratia in destra

In Appendice A sono riportati gli elaborati di calcolo completi del codice "Paratie 7.0" utilizzato per le analisi.

Nel seguito si espongono, in sintesi, i principali risultati di interesse progettuale.

Le sollecitazioni massime agenti sugli elementi strutturali, tenendo conto degli interassi dei micropali ($i = 0.35$ m) e dei tiranti ($i = 2.10$ m), risultano:

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 –
Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	20 di 49

$M = 33 \cdot 0.35 = 12 \text{ kN m}$ momento flettente massimo

$T = 62 \cdot 0.35 = 22 \text{ kN}$ taglio massimo

$N_{q1} = 130 \cdot 2.1 = 273 \text{ kN}$ carico sui tiranti di 1° ordine

Le deformazioni massime della paratia sono:

$\delta h_{\max} \cong 2.8 \text{ mm}$ spostamento orizzontale massimo a testa paratia.

Per i risultati di dettaglio delle analisi si rimanda agli elaborati di calcolo riportati in appendice A.

6.2.8 Schema e fasi di calcolo paratia in sinistra

La paratia in sinistra è stata analizzata mediante il codice FEM 2D Plaxis., precedentemente descritto.

Lo schema della sezione di calcolo è riportato in Figura 4. La massima altezza di scavo è di 4.5 m circa.

La quota 0.0 di calcolo è convenzionalmente posizionata a quota intradosso trave di collegamento micropali.

Nel calcolo inoltre, cautelativamente, è stato considerato un carico accidentale di $q_{\text{acc}} = 10 \text{ kPa}$, uniformemente distribuito a tergo dell'opera, ed il carico trasmesso dall'edificio situato nei pressi dell'opera, valutato cautelativamente nell'ordine di 25 kPa ed agente a piano campagna.

Di seguito si riportano le fasi di calcolo che sono state analizzate in successione.

Inizializzazione geostatica.

Attivazione dei carichi a piano campagna.

Esecuzione della paratia e dei micropali a cavalletto.

Scavo fino a quota - 4.5 m da piano campagna.

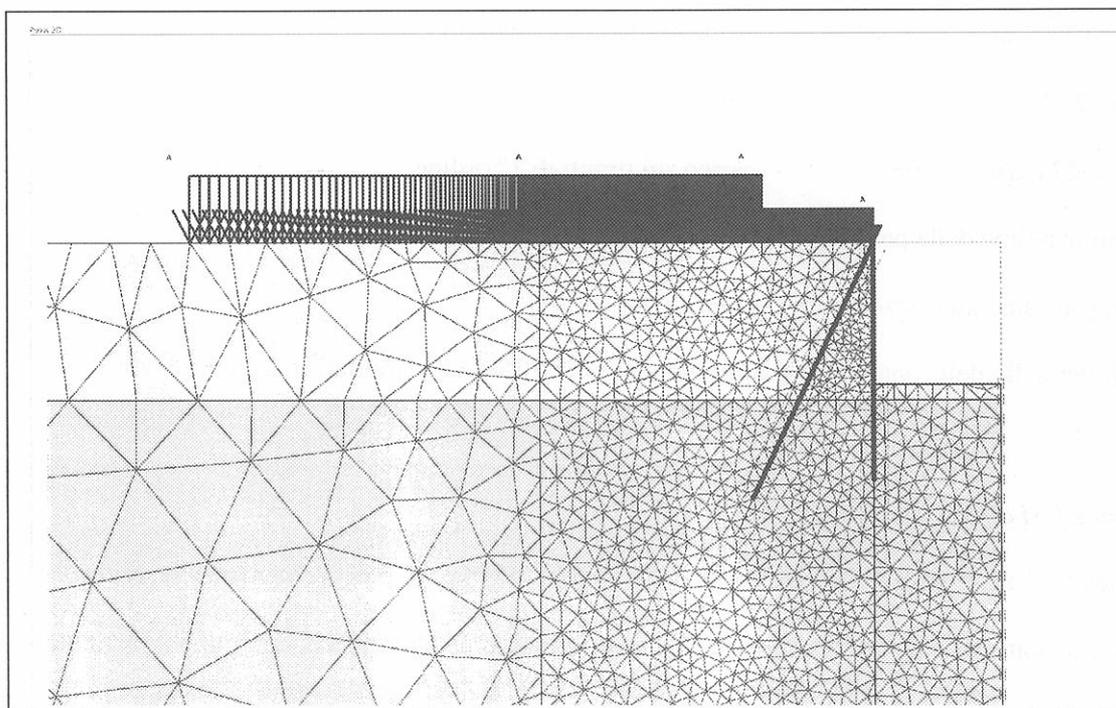


Figura 5 – Schema sezione di calcolo in sinistra

Le fasi di calcolo brevemente riassunte sopra consentono di giungere alla valutazione delle sollecitazioni sugli elementi strutturali della paratia (vedasi paragrafo successivo 6.2.8) e quindi procedere alle successive verifiche (vedasi paragrafi 6.3, 6.4).

6.2.9 Risultati dell'analisi paratia in sinistra

Nel seguito si espongono, in sintesi, i principali risultati di interesse progettuale dell'analisi descritta nel precedente paragrafo.

Le sollecitazioni massime agenti sugli elementi strutturali, tenendo conto degli interassi dei micropali ($i = 0.35$ m) e dei tiranti ($i = 2.10$ m), risultano:

$M = 40 \cdot 0.35 = 14$ kN m momento flettente massimo sui micropali della paratia

$T = 41 \cdot 0.35 = 15$ kN taglio massimo sui micropali della paratia

$N_{cl} = 91 \cdot 1.05 = 96$ kN tiro sui micropali inclinati

$M_{cl} = 17 \cdot 1.05 = 18$ kN m momento flettente massimo sui micropali inclinati

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 –
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	22 di 49

$T_{cl} = 20 \cdot 1.05 = 21 \text{ kN}$ taglio massimo sui micropali inclinati

Le deformazioni massime della paratia sono:

$\delta h_{max} \cong 11 \text{ mm}$ spostamento orizzontale massimo a 2.5 m dal p.c.

$\delta h = \cong 8 \text{ mm}$ spostamento orizzontale a testa paratia

Il codice di calcolo utilizzato consente anche una buona stima dei cedimenti indotti dallo scavo sull'edificio. Come mostra il grafico in Figura 5, il cedimento massimo indotto è di circa 0.6 cm, con una distorsione massima di 0.003. Entrambi questi valori sono assolutamente compatibili (si veda anche Holtz, 1991) con la funzionalità e la sicurezza dell'edificio.

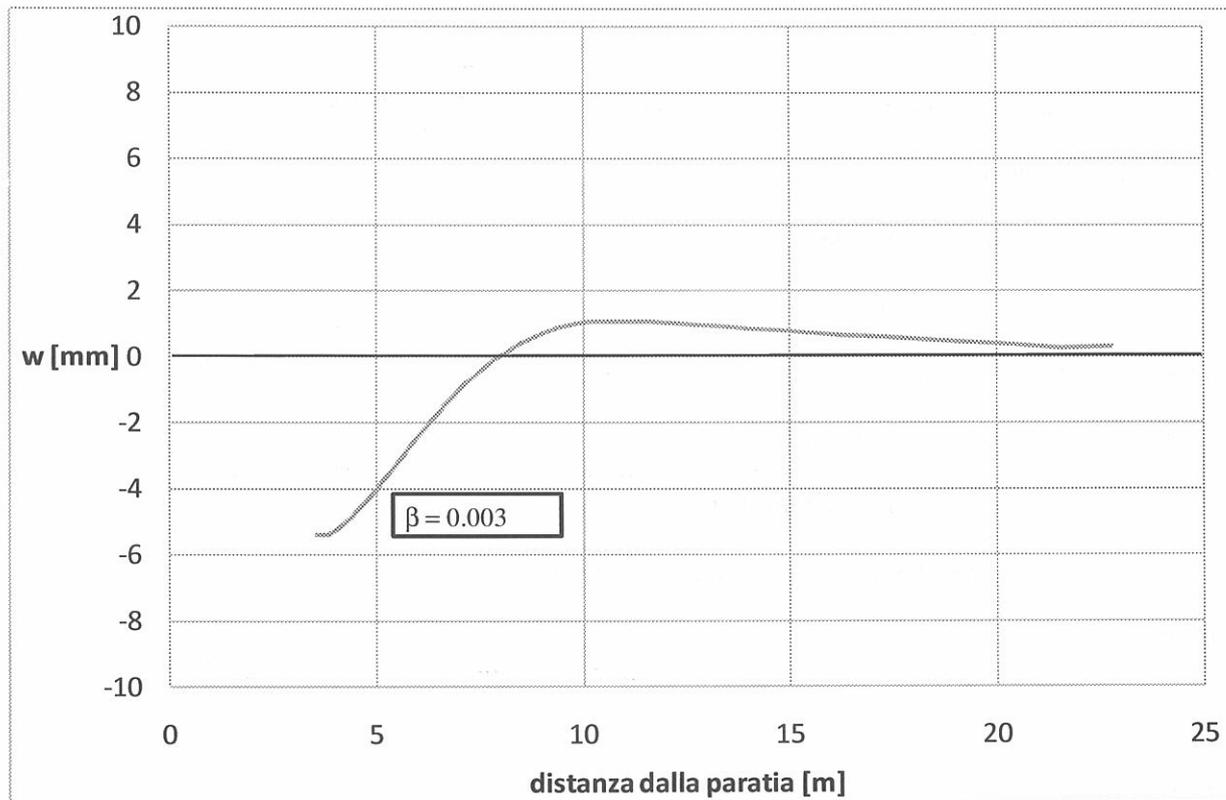


Figura 6 – Profilo dei cedimenti indotti sull'edificio



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	23 di 49

6.3 VERIFICHE SUI MICROPALI

6.3.1 Paratia in destra

Le sezioni vengono verificate considerando un'armatura tubolare (acciaio Fe 430) avente le seguenti caratteristiche:

$d_e = 168.3 \text{ mm}$ diametro esterno
 $s = 8 \text{ mm}$ spessore
 $W = 154.2 \text{ cm}^3$ modulo di resistenza
 $A = 40.6 \text{ cm}^2$ sezione

Le verifiche di resistenza della sezione maggiormente sollecitata sono riportate nel seguito.

Le massime sollecitazioni di progetto risultano:

$M_{\max} = 12 \text{ kN}\cdot\text{m}$ momento massimo
 $T_{\max} = 22 \text{ kN}$ taglio massimo

Le massime tensioni sull'acciaio risultano:

$\sigma_s = M_{\max} / W = 78 \text{ N} / \text{mm}^2$ tensione massima normale
 $\tau_s = T_{\max} / A = 5.5 \text{ N} / \text{mm}^2$ tensione massima tangenziale
 $\sigma_{id} = (\sigma_s^2 + 3 \cdot \tau_s^2)^{1/2} = 79 \text{ N/mm}^2 < 190 \text{ N/mm}^2$ tensione ideale

La verifica è soddisfatta.

6.3.2 Paratia in sinistra

Le sezioni vengono verificate considerando un'armatura tubolare (acciaio Fe 430) avente le seguenti caratteristiche:

$d_e = 168.3 \text{ mm}$ diametro esterno
 $s = 8 \text{ mm}$ spessore
 $W = 154.2 \text{ cm}^3$ modulo di resistenza
 $A = 40.6 \text{ cm}^2$ sezione

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 –
Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	24 di 49

Le verifiche di resistenza della sezione maggiormente sollecitata sono riportate nel seguito.

Le massime sollecitazioni di progetto risultano:

$$M_{\max} = 14 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{momento massimo}$$

$$T_{\max} = 15 \text{ kN} \quad \text{taglio massimo}$$

Le massime tensioni sull'acciaio risultano:

$$\sigma_s = M_{\max} / W = 90 \text{ N} / \text{mm}^2 \quad \text{tensione massima normale}$$

$$\tau_s = T_{\max} / A = 3.7 \text{ N} / \text{mm}^2 \quad \text{tensione massima tangenziale}$$

$$\sigma_{id} = (\sigma_s^2 + 3 \cdot \tau_s^2)^{1/2} = 91 \text{ N/mm}^2 < 190 \text{ N/mm}^2 \quad \text{tensione ideale}$$

La verifica è soddisfatta.

6.4 VERIFICHE DI RESISTENZA DEI PALI A CAVALLETTO.

I pali a cavalletto sono soggetti sia a sfilamento sia a flessione.

Il tiro agente sul palo verrà di seguito confrontato con la resistenza laterale offerta dall'interfaccia palo terreno, mentre le verifiche a flessione verranno eseguite con le stesse modalità utilizzate per i micropali della paratia.

6.4.1 Verifica allo sfilamento

Il tiro agente sul micropalo vale 96 kN.

La resistenza laterale allo sfilamento può essere calcolata come

$$R = \pi \cdot D_p \cdot \alpha \tau_{lim} \cdot L_p$$

In cui D_p ed L_p sono il diametro e la lunghezza del palo, e $\alpha \tau_{lim}$ tensione di adesione laterale limite fondazione-terreno riferita al diametro nominale di perforazione. Per il caso in esame si può porre:

$$\alpha \tau_{lim} = 150 \text{ kPa}$$

Per i micropali in esame si trova quindi

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	25 di 49

R= 1017 kN

Il coefficiente di sicurezza allo sfilamento è pertanto superiore a 10, sicuramente più che accettabile, e la verifica è soddisfatta.

6.4.2 Verifica a flessione

Le sezioni vengono verificate considerando un'armatura tubolare (acciaio Fe 430) avente le seguenti caratteristiche:

de = 168.3 mm diametro esterno

s = 12.5 mm spessore

W = 222.0 cm³ modulo di resistenza

A = 61.2 cm² sezione

Le verifiche di resistenza della sezione maggiormente sollecitata sono riportate nel seguito.

Le massime sollecitazioni di progetto risultano:

Mmax = 18 kN·m momento massimo

Tmax = 21 kN taglio massimo

Le massime tensioni sull'acciaio risultano:

$\sigma_s = M_{max} / W = 81 \text{ N} / \text{mm}^2$ tensione massima normale

$\tau_s = T_{max} / A = 3.4 \text{ N} / \text{mm}^2$ tensione massima tangenziale

$\sigma_{id} = (\sigma_s^2 + 3 \cdot \tau_s^2)^{1/2} = 82 \text{ N/mm}^2 < 190 \text{ N/mm}^2$ tensione ideale

La verifica è soddisfatta.



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 –
Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	26 di 49

ALLEGATO 1

TITOLO	TABULATO DI CALCOLO PARATIA
TIPO DI DOCUMENTO:	DOC – Formato A4
CODIFICA:	
PAGINE:	
DATA:	
SORGENTE:	
NOTE:	



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	27 di 49

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 1

28 OTTOBRE 2010 16:11:03

History 0 - Paratia micropali SL08

```
*****  
**  
**      P A R A T I E      **  
**  
**      RELEASE 7.00  VERSIONE WIN      **  
**  
** Ce.A.S. s.r.l. - Viale Giustiniano, 10 **  
**                20129 MILANO          **  
**  
*****
```

JOENAME D:\Lavori\29017 - Rho Gallarate\x Gabriele\paratie\01\SL08_01_DX_HI

28 OTTOBRE 2010 16:11:03

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 2

28 OTTOBRE 2010 16:11:03

History 0 - Paratia micropali SL08

ELENCO DEI DATI DI INPUT (PARAGEN)

Per il significato dei vari comandi
si faccia riferimento al manuale di
input PARAGEN, versione 7.00.

N. comando

- 1: * Paratie for Windows version 7.0
- 2: * Filename= <d:\lavori\29017 - rho gallarate\x gabriele\paratie\01\sl08_01_dx_hi
- 3: * project with "run time" parameters
- 4: * Force-kN Length=m
- 5: *
- 6: units m kN
- 7: title History 0 - Paratia micropali SL08
- 8: delta 0.1
- 9: option param itemax 20
- 10: option noprint echo
- 11: option noprint displ
- 12: option noprint react
- 13: option noprint stresses
- 14: wall LeftWall 0 -7.5 0
- 15: *
- 16: soil UHLeft LeftWall -7.5 0 1 0
- 17: soil DHLeft LeftWall -7.5 0 2 180
- 18: *
- 19: material Acciaio 2.1E+008
- 20: *
- 21: beam paratia LeftWall -7.5 0 Acciaio 0.10544 00 00
- 22: *
- 23: wire Tir1 LeftWall -1 Acciaio 2.21E-005 129 20
- 24: *
- 25: * Soil Profile
- 26: *

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	28 di 49

```

27:  ldata      1 0
28:  weight    19 9 10
29:  atrest    0.455361 0 1
30:  resistance 0 33 0.249 5.209
31:  young     30000 75000
32:  endlayer
33:  ldata      2 -1
34:  weight    19 9 10
35:  atrest    0.455361 0 1
36:  resistance 0 33 0.249 5.209
37:  young     30000 75000
38:  endlayer
  
```

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano

PAG. 3

28 OTTOBRE 2010 16:11:03

History 0 - Paratia micropali SL08

N. comando

```

39:  ldata      3 -5
40:  weight    19 9 10
41:  atrest    0.426424 0 1
42:  resistance 0 35 0.228 5.823
43:  young     40000 100000
44:  endlayer
45:  *
46:  step 1 : Inizializzazione geostatica
47:  setwall LeftWall
48:  geom 0 0
49:  endstep
50:  *
51:  step 2 : scavo per inserimento primo ordine tiranti
52:  setwall LeftWall
53:  geom 0 -1.5
54:  surcharge 10 0 0 0
55:  endstep
56:  *
57:  step 3 : inserimento tirante 1° ordine
58:  setwall LeftWall
59:  add Tir1
60:  endstep
61:  *
62:  step 4 : scavo finale
63:  setwall LeftWall
64:  geom 0 -4.5
65:  endstep
66:  *
67:  *
  
```

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano

PAG. 4

28 OTTOBRE 2010 16:11:03

History 0 - Paratia micropali SL08

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	29 di 49

LAYER 1

natura 1=granulare, 2=argilla	= 1.0000		
quota superiore	= 0.0000	m	
quota inferiore	= -1.0000	m	
peso fuori falda	= 19.000	kN/m ³	
peso efficace in falda	= 9.0000	kN/m ³	
peso dell'acqua	= 10.000	kN/m ³	
angolo di attrito	= 33.000	DEG	(A MONTE)
coeff. spinta attiva ka	= 0.24900		(A MONTE)
coeff. spinta passiva kp	= 5.2090		(A MONTE)
Konc normal consolidato	= 0.45536		
OCR: grado di sovraconsolidazione	= 1.0000		
modello di rigidezza	= 1.0000		
modulo el. compr. vergine	= 30000.	kPa	
modulo el. scarico/ricarico	= 75000.	kPa	
natura 1=granulare, 2=argilla	= 1.0000		(A VALLE)
angolo di attrito	= 33.000	DEG	(A VALLE)
coeff. spinta attiva ka	= 0.24900		(A VALLE)
coeff. spinta passiva kp	= 5.2090		(A VALLE)

LAYER 2

natura 1=granulare, 2=argilla	= 1.0000		
quota superiore	= -1.0000	m	
quota inferiore	= -5.0000	m	
peso fuori falda	= 19.000	kN/m ³	
peso efficace in falda	= 9.0000	kN/m ³	
peso dell'acqua	= 10.000	kN/m ³	
angolo di attrito	= 33.000	DEG	(A MONTE)
coeff. spinta attiva ka	= 0.24900		(A MONTE)
coeff. spinta passiva kp	= 5.2090		(A MONTE)
Konc normal consolidato	= 0.45536		
OCR: grado di sovraconsolidazione	= 1.0000		
modello di rigidezza	= 1.0000		
modulo el. compr. vergine	= 30000.	kPa	
modulo el. scarico/ricarico	= 75000.	kPa	
natura 1=granulare, 2=argilla	= 1.0000		(A VALLE)
angolo di attrito	= 33.000	DEG	(A VALLE)
coeff. spinta attiva ka	= 0.24900		(A VALLE)
coeff. spinta passiva kp	= 5.2090		(A VALLE)

LAYER 3

natura 1=granulare, 2=argilla	= 1.0000		
-------------------------------	----------	--	--

PARATIA 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano

PAG. 5

28 OTTOBRE 2010 16:11:03

History 0 - Paratia micropali SL08

RIASSUNTO PARAMETRI GEOTECNICI PER LA FASE 1

quota superiore	= -5.0000	m	
quota inferiore	= -0.10000E+31	m	
peso fuori falda	= 19.000	kN/m ³	
peso efficace in falda	= 9.0000	kN/m ³	
peso dell'acqua	= 10.000	kN/m ³	
angolo di attrito	= 35.000	DEG	(A MONTE)
coeff. spinta attiva ka	= 0.22800		(A MONTE)
coeff. spinta passiva kp	= 5.8230		(A MONTE)
Konc normal consolidato	= 0.42642		

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	30 di 49

OCR: grado di sovraconsolidazione	= 1.0000	
modello di rigidità	= 1.0000	
modulo el. compr. vergine	= 40000.	kPa
modulo el. scarico/ricarico	= 0.10000E+06	kPa
natura 1=granulare, 2=argilla	= 1.0000	(A VALLE)
angolo di attrito	= 35.000	DEG (A VALLE)
coeff. spinta attiva ka	= 0.22800	(A VALLE)
coeff. spinta passiva kp	= 5.8230	(A VALLE)

RIASSUNTO PARAMETRI GEOTECNICI PER LA FASE 2

(SOLO I PARAMETRI CHE POSSONO VARIARE)

NESSUN CAMBIAMENTO RISPETTO AL PASSO PRECEDENTE

RIASSUNTO PARAMETRI GEOTECNICI PER LA FASE 3

(SOLO I PARAMETRI CHE POSSONO VARIARE)

NESSUN CAMBIAMENTO RISPETTO AL PASSO PRECEDENTE

RIASSUNTO PARAMETRI GEOTECNICI PER LA FASE 4

(SOLO I PARAMETRI CHE POSSONO VARIARE)

NESSUN CAMBIAMENTO RISPETTO AL PASSO PRECEDENTE

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 6
 28 OTTOBRE 2010 16:11:03
 History 0 - Paratia micropali SL08

RIASSUNTO DATI RELATIVI ALLA FASE 1

WALL LeftWall

coordinata y	= 0.0000	m
quota piano campagna	= 0.0000	m
quota del fondo scavo	= 0.0000	m
quota della falda	= -0.99900E+30	m
sovraccarico a monte	= 0.0000	kPa
quota del sovraccarico a monte	= 0.0000	m
depressione falda a valle	= 0.0000	m
sovraccarico a valle	= 0.0000	kPa
quota del sovraccarico a valle	= -0.99900E+30	m
quota di taglio	= 0.0000	m
quota di equil. pressioni dell'acqua	= -7.5000	m
indicatore comportamento acqua	= 0.0000	(1=REMOVE)
opzione aggiornamento pressioni acqua	= 0.0000	(1=NO UPD)

RIASSUNTO DATI RELATIVI ALLA FASE 2

WALL LeftWall

coordinata y	= 0.0000	m
quota piano campagna	= 0.0000	m

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	31 di 49

quota del fondo scavo	= -1.5000	m
quota della falda	= -0.99900E+30	m
sovraccarico a monte	= 10.000	kPa
quota del sovraccarico a monte	= 0.0000	m
depressione falda a valle	= 0.0000	m
sovraccarico a valle	= 0.0000	kPa
quota del sovraccarico a valle	= 0.0000	m
quota di taglio	= 0.0000	m
quota di equil. pressioni dell'acqua	= -7.5000	m
indicatore comportamento acqua	= 0.0000	(1=REMOVE)
opzione aggiornamento pressioni acqua	= 0.0000	(1=NO UPD)

RIASSUNTO DATI RELATIVI ALLA FASE 3

WALL LeftWall

coordinata y	= 0.0000	m
quota piano campagna	= 0.0000	m
quota del fondo scavo	= -1.5000	m
quota della falda	= -0.99900E+30	m
sovraccarico a monte	= 10.000	kPa

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 7

28 OTTOBRE 2010 16:11:03

History 0 - Paratia micropali SL08

RIASSUNTO DATI RELATIVI ALLA FASE 3

quota del sovraccarico a monte	= 0.0000	m
depressione falda a valle	= 0.0000	m
sovraccarico a valle	= 0.0000	kPa
quota del sovraccarico a valle	= 0.0000	m
quota di taglio	= 0.0000	m
quota di equil. pressioni dell'acqua	= -7.5000	m
indicatore comportamento acqua	= 0.0000	(1=REMOVE)
opzione aggiornamento pressioni acqua	= 0.0000	(1=NO UPD)

RIASSUNTO DATI RELATIVI ALLA FASE 4

WALL LeftWall

coordinata y	= 0.0000	m
quota piano campagna	= 0.0000	m
quota del fondo scavo	= -4.5000	m
quota della falda	= -0.99900E+30	m
sovraccarico a monte	= 10.000	kPa
quota del sovraccarico a monte	= 0.0000	m
depressione falda a valle	= 0.0000	m
sovraccarico a valle	= 0.0000	kPa
quota del sovraccarico a valle	= 0.0000	m
quota di taglio	= 0.0000	m
quota di equil. pressioni dell'acqua	= -7.5000	m
indicatore comportamento acqua	= 0.0000	(1=REMOVE)
opzione aggiornamento pressioni acqua	= 0.0000	(1=NO UPD)

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	32 di 49

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 8
 28 OTTOBRE 2010 16:11:03
 History 0 - Paratia micropali SL08

RIASSUNTO ELEMENTI

RIASSUNTO ELEMENTI SOIL					
Name	Wall	Z1	Z2	Flag	Angle
		m	m		deg
UHLeft	LeftWall	0.	-7.500	UPHILL	0.
DHLeft	LeftWall	0.	-7.500	DOWNHILL	180.0

RIASSUNTO ELEMENTI BEAM					
Name	Wall	Z1	Z2	Mat	thick
		m	m		m
paratia	LeftWall	0.	-7.500	_	0.1054

RIASSUNTO ELEMENTI WIRE						
Name	Wall	Zeta	Mat	A/L	Pinit	Angle
		m			kN/m	deg
Tir1	LeftWall	-1.000	_	0.2210E-04	129.0	20.00

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 9
 28 OTTOBRE 2010 16:11:03
 History 0 - Paratia micropali SL08

RIASSUNTO DATI VARI

MATERIALI	
Name	YOUNG MODULUS
	kPa

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	33 di 49

| Acci | 2.1E+008 |
 +-----+-----+

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano
 28 OTTOBRE 2010 16:11:03
 History 0 - Paratia micropali SL08
 RIASSUNTO ANALISI INCREMENTALE

PAG. 10

FASE	N. DI ITERAZIONI	CONVERGENZA
1	2	SI
2	6	SI
3	5	SI
4	5	SI

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano
 28 OTTOBRE 2010 16:11:03
 History 0 - Paratia micropali SL08

PAG. 11

MASSIMI SPOSTAMENTI LATERALI
 TUTTI I PASSI
 * PARETE LeftWall*
 * I PASSI NON EQUILIBRATI SONO ESCLUSI *
 * NOTA: LE QUOTE ESPRESSE IN m
 E GLI SPOSTAMENTI IN m

NODO	QUOTA ZETA	SPOSTAMENTO MASSIMO	FASE PARETE LeftWall
1	0.0000	0.28886E-02	2
2	-0.10000	0.27780E-02	2
3	-0.20000	0.26673E-02	2
4	-0.30000	0.25567E-02	2
5	-0.40000	0.24462E-02	2
6	-0.50000	0.23358E-02	2
7	-0.60000	0.22255E-02	2
8	-0.70000	0.21156E-02	2
9	-0.80000	0.20061E-02	2
10	-0.90000	0.18972E-02	2
11	-1.0000	0.17891E-02	2
12	-1.1000	0.16820E-02	2
13	-1.2000	0.15761E-02	2
14	-1.3000	0.14718E-02	2
15	-1.4000	0.13693E-02	2
16	-1.5000	0.12691E-02	2
17	-1.6000	0.11715E-02	2
18	-1.7000	0.10771E-02	2
19	-1.8000	0.10527E-02	4
20	-1.9000	0.11933E-02	4
21	-2.0000	0.13338E-02	4
22	-2.1000	0.14727E-02	4
23	-2.2000	0.16092E-02	4
24	-2.3000	0.17419E-02	4
25	-2.4000	0.18699E-02	4

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	34 di 49

26	-2.5000	0.19923E-02	4
27	-2.6000	0.21080E-02	4
28	-2.7000	0.22164E-02	4
29	-2.8000	0.23166E-02	4
30	-2.9000	0.24080E-02	4
31	-3.0000	0.24900E-02	4
32	-3.1000	0.25619E-02	4
33	-3.2000	0.26235E-02	4
34	-3.3000	0.26743E-02	4
35	-3.4000	0.27140E-02	4
36	-3.5000	0.27425E-02	4
37	-3.6000	0.27596E-02	4
38	-3.7000	0.27654E-02	4

PARATIE 7.00

Ce.A.S. s.r.l. - Milano

PAG. 12

28 OTTOBRE 2010 16:11:03

History 0 - Paratia micropali SL08

NODO	QUOTA ZETA	SPOSTAMENTO MASSIMO	FASE PARETE LeftWall
39	-3.8000	0.27599E-02	4
40	-3.9000	0.27434E-02	4
41	-4.0000	0.27161E-02	4
42	-4.1000	0.26785E-02	4
43	-4.2000	0.26309E-02	4
44	-4.3000	0.25741E-02	4
45	-4.4000	0.25086E-02	4
46	-4.5000	0.24355E-02	4
47	-4.6000	0.23555E-02	4
48	-4.7000	0.22697E-02	4
49	-4.8000	0.21793E-02	4
50	-4.9000	0.20853E-02	4
51	-5.0000	0.19889E-02	4
52	-5.1000	0.18912E-02	4
53	-5.2000	0.17931E-02	4
54	-5.3000	0.16953E-02	4
55	-5.4000	0.15987E-02	4
56	-5.5000	0.15038E-02	4
57	-5.6000	0.14111E-02	4
58	-5.7000	0.13210E-02	4
59	-5.8000	0.12338E-02	4
60	-5.9000	0.11498E-02	4
61	-6.0000	0.10691E-02	4
62	-6.1000	0.99158E-03	4
63	-6.2000	0.91737E-03	4
64	-6.3000	0.84632E-03	4
65	-6.4000	0.77828E-03	4
66	-6.5000	0.71305E-03	4
67	-6.6000	0.65040E-03	4
68	-6.7000	0.59005E-03	4
69	-6.8000	0.53169E-03	4
70	-6.9000	0.47500E-03	4
71	-7.0000	0.41965E-03	4
72	-7.1000	0.36529E-03	4
73	-7.2000	0.31163E-03	4
74	-7.3000	0.25839E-03	4
75	-7.4000	0.20536E-03	4

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	35 di 49

76 -7.5000 0.15240E-03 4

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 13
 28 OTTOBRE 2010 16:11:03
 History 0 - Paratia micropali SL08

INVILUPPO AZIONI INTERNE NEGLI ELEMENTI DI PARETE
 (PER UNITA' DI PROFONDITA')

* PARETE LeftWall GRUPPO paratia*

STEP 1 - 4

* I PASSI NON EQUILIBRATI SONO ESCLUSI *

Nella tabella si stampano i seguenti risultati:

MOMENTO SX = Momento che tende le fibre sulla faccia sinistra [kN*m/m]

MOMENTO DX = Momento che tende le fibre sulla faccia destra [kN*m/m]

TAGLIO = forza tagliante (valore assoluto, priva di segno) [kN/m]

BEAM EL.	ESTREMO	QUOTA	MOMENTO SX	MOMENTO DX	TAGLIO
1	A	0.	0.2672E-11	0.	2.605
	B	-0.1000	0.2605	0.	2.605
2	A	-0.1000	0.2605	0.	8.803
	B	-0.2000	1.141	0.	8.803
3	A	-0.2000	1.141	0.	15.99
	B	-0.3000	2.740	0.	15.99
4	A	-0.3000	2.740	0.	23.09
	B	-0.4000	5.049	0.	23.09
5	A	-0.4000	5.049	0.	30.06
	B	-0.5000	8.055	0.	30.06
6	A	-0.5000	8.055	0.	36.88
	B	-0.6000	11.74	0.	36.88
7	A	-0.6000	11.74	0.	43.54
	B	-0.7000	16.10	0.	43.54
8	A	-0.7000	16.10	0.	50.05
	B	-0.8000	21.10	0.	50.05
9	A	-0.8000	21.10	0.	56.32
	B	-0.9000	26.73	0.	56.32
10	A	-0.9000	26.73	0.	62.33
	B	-1.000	32.97	0.	62.33
11	A	-1.000	32.97	0.	56.61
	B	-1.100	27.63	0.	56.61
12	A	-1.100	27.63	0.	50.86
	B	-1.200	22.82	0.	50.86
13	A	-1.200	22.82	0.	45.30
	B	-1.300	18.49	0.	45.30
14	A	-1.300	18.49	0.	39.96
	B	-1.400	14.59	0.	39.96
15	A	-1.400	14.59	0.	35.29
	B	-1.500	11.06	0.	35.29
16	A	-1.500	11.06	0.	32.13
	B	-1.600	7.848	0.	32.13
17	A	-1.600	7.848	0.	29.53
	B	-1.700	7.360	0.	29.53

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	36 di 49

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 14

28 OTTOBRE 2010 16:11:03

History 0 - Paratia micropali SL08

BEAM EL.	ESTREMO	QUOTA	MOMENTO SX	MOMENTO DX	TAGLIO
18	A	-1.700	7.360	0.	27.50
	B	-1.800	8.222	0.	27.50
19	A	-1.800	8.222	0.	26.04
	B	-1.900	8.931	1.307	26.04
20	A	-1.900	8.931	1.307	24.89
	B	-2.000	9.495	2.948	24.89
21	A	-2.000	9.495	2.948	23.69
	B	-2.100	9.924	5.317	23.69
22	A	-2.100	9.924	5.317	22.45
	B	-2.200	10.23	7.562	22.45
23	A	-2.200	10.23	7.562	21.16
	B	-2.300	10.41	9.679	21.16
24	A	-2.300	10.41	9.679	19.83
	B	-2.400	10.49	11.66	19.83
25	A	-2.400	10.49	11.66	18.44
	B	-2.500	10.46	13.51	18.44
26	A	-2.500	10.46	13.51	17.01
	B	-2.600	10.33	15.21	17.01
27	A	-2.600	10.33	15.21	15.53
	B	-2.700	10.11	16.76	15.53
28	A	-2.700	10.11	16.76	14.00
	B	-2.800	9.795	18.16	14.00
29	A	-2.800	9.795	18.16	12.43
	B	-2.900	9.395	19.40	12.43
30	A	-2.900	9.395	19.40	10.81
	B	-3.000	8.915	20.48	10.81
31	A	-3.000	8.915	20.48	9.140
	B	-3.100	8.367	21.40	9.140
32	A	-3.100	8.367	21.40	7.425
	B	-3.200	7.756	22.14	7.425
33	A	-3.200	7.756	22.14	6.625
	B	-3.300	7.094	22.71	6.625
34	A	-3.300	7.094	22.71	6.913
	B	-3.400	6.402	23.09	6.913
35	A	-3.400	6.402	23.09	7.005
	B	-3.500	5.702	23.29	7.005
36	A	-3.500	5.702	23.29	6.934
	B	-3.600	5.009	23.30	6.934
37	A	-3.600	5.009	23.30	6.731
	B	-3.700	4.336	23.11	6.731
38	A	-3.700	4.336	23.11	6.423
	B	-3.800	3.693	22.73	6.423
39	A	-3.800	3.693	22.73	6.034
	B	-3.900	3.090	22.14	6.034
40	A	-3.900	3.090	22.14	8.003
	B	-4.000	2.532	21.34	8.003

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 15

28 OTTOBRE 2010 16:11:03

History 0 - Paratia micropali SL08

BEAM EL.	ESTREMO	QUOTA	MOMENTO SX	MOMENTO DX	TAGLIO
----------	---------	-------	------------	------------	--------

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	37 di 49

41	A	-4.000	2.532	21.34	10.14
	B	-4.100	2.023	20.32	10.14
42	A	-4.100	2.023	20.32	12.33
	B	-4.200	1.567	19.09	12.33
43	A	-4.200	1.567	19.09	14.57
	B	-4.300	1.167	17.63	14.57
44	A	-4.300	1.167	17.63	16.85
	B	-4.400	0.8220	15.95	16.85
45	A	-4.400	0.8220	15.95	19.18
	B	-4.500	0.5341	14.03	19.18
46	A	-4.500	0.5341	14.03	21.56
	B	-4.600	0.3033	11.87	21.56
47	A	-4.600	0.3033	11.87	23.00
	B	-4.700	0.3019	9.572	23.00
48	A	-4.700	0.3019	9.572	23.49
	B	-4.800	0.3615	7.223	23.49
49	A	-4.800	0.3615	7.223	23.04
	B	-4.900	0.4404	4.919	23.04
50	A	-4.900	0.4404	4.919	21.65
	B	-5.000	0.5429	2.754	21.65
51	A	-5.000	0.5429	2.754	19.24
	B	-5.100	0.6111	0.8298	19.24
52	A	-5.100	0.6111	0.8298	16.90
	B	-5.200	0.8601	0.5920E-01	16.90
53	A	-5.200	0.8601	0.5920E-01	14.63
	B	-5.300	2.323	0.5858E-01	14.63
54	A	-5.300	2.323	0.5858E-01	12.42
	B	-5.400	3.565	0.5667E-01	12.42
55	A	-5.400	3.565	0.5667E-01	10.28
	B	-5.500	4.593	0.5378E-01	10.28
56	A	-5.500	4.593	0.5378E-01	8.204
	B	-5.600	5.413	0.5019E-01	8.204
57	A	-5.600	5.413	0.5019E-01	6.188
	B	-5.700	6.032	0.4613E-01	6.188
58	A	-5.700	6.032	0.4613E-01	4.231
	B	-5.800	6.455	0.4179E-01	4.231
59	A	-5.800	6.455	0.4179E-01	2.412
	B	-5.900	6.696	0.3734E-01	2.412
60	A	-5.900	6.696	0.3734E-01	0.7773
	B	-6.000	6.774	0.3290E-01	0.7773
61	A	-6.000	6.774	0.3290E-01	0.6821
	B	-6.100	6.706	0.2858E-01	0.6821
62	A	-6.100	6.706	0.2858E-01	1.975
	B	-6.200	6.508	0.2447E-01	1.975
63	A	-6.200	6.508	0.2447E-01	3.111
	B	-6.300	6.197	0.2062E-01	3.111

BEAM EL.	ESTREMO	QUOTA	MOMENTO SX	MOMENTO DX	TAGLIO
64	A	-6.300	6.197	0.2062E-01	4.099
	B	-6.400	5.787	0.1708E-01	4.099
65	A	-6.400	5.787	0.1708E-01	4.946
	B	-6.500	5.293	0.1387E-01	4.946

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	38 di 49

66	A	-6.500	5.293	0.1387E-01	5.660
	B	-6.600	4.727	0.1101E-01	5.660
67	A	-6.600	4.727	0.1101E-01	6.249
	B	-6.700	4.102	0.8503E-02	6.249
68	A	-6.700	4.102	0.8503E-02	6.718
	B	-6.800	3.430	0.6351E-02	6.718
69	A	-6.800	3.430	0.6351E-02	6.976
	B	-6.900	2.732	0.4543E-02	6.976
70	A	-6.900	2.732	0.4543E-02	6.869
	B	-7.000	2.045	0.3066E-02	6.869
71	A	-7.000	2.045	0.3066E-02	6.405
	B	-7.100	1.405	0.1904E-02	6.405
72	A	-7.100	1.405	0.1904E-02	5.592
	B	-7.200	0.8457	0.1036E-02	5.592
73	A	-7.200	0.8457	0.1036E-02	4.433
	B	-7.300	0.4024	0.4438E-03	4.433
74	A	-7.300	0.4024	0.4438E-03	2.933
	B	-7.400	0.1091	0.1056E-03	2.933
75	A	-7.400	0.1091	0.1056E-03	1.091
	B	-7.500	0.1910E-12	0.1746E-12	1.091

PARATE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 17
 28 OTTOBRE 2010 16:11:03
 History 0 - Paratia micropali SL08
 FORZE NEGLI ANCORAGGI ATTIVI (PER UNITA' DI PROFONDITA')

TIRANTE	Tir1	1 PARETE LeftWall	QUOTA	-1.0000
		FASE 1 inattivo		
		FASE 2 inattivo		
		FASE 3 FORZA	129.00	kn/m
		FASE 4 FORZA	129.23	kn/m

PARATE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 18
 28 OTTOBRE 2010 16:11:03
 History 0 - Paratia micropali SL08

INVILUPPO RISULTATI NEGLI ELEMENTI TERRENO

* PARETE LeftWall GRUPPO UHLeft*

STEP 1 - 4

* I PASSI NON EQUILIBRATI SONO ESCLUSI *

Nella tabella si stampano i seguenti risultati:

SIGMA-H = massimo sforzo orizzontale efficace [kPa]

TAGLIO = massimo sforzo di taglio [kPa]

PR. ACQUA =massima pressione interstiziale [kPa]

GRAD. MAX =massimo gradiente idraulico

SOIL EL.	QUOTA	SIGMA-H	TAGLIO	PR. ACQUA	GRAD. MAX
1	0.	52.09	21.05	0.	0.
2	-0.1000	61.99	25.04	0.	0.
3	-0.2000	71.88	29.04	0.	0.
4	-0.3000	71.01	27.66	0.	0.
5	-0.4000	69.64	26.02	0.	0.



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	39 di 49

6	-0.5000	68.21	24.35	0.	0.
7	-0.6000	66.67	22.64	0.	0.
8	-0.7000	64.99	20.84	0.	0.
9	-0.8000	62.72	18.76	0.	0.
10	-0.9000	60.36	16.63	0.	0.
11	-1.000	59.10	15.05	0.	0.
12	-1.100	57.48	13.29	0.	0.
13	-1.200	55.55	12.32	0.	0.
14	-1.300	53.40	13.03	0.	0.
15	-1.400	51.08	13.74	0.	0.
16	-1.500	48.67	14.46	0.	0.
17	-1.600	46.22	15.17	0.	0.
18	-1.700	43.79	15.88	0.	0.
19	-1.800	41.43	16.60	0.	0.
20	-1.900	39.17	17.31	0.	0.
21	-2.000	37.04	18.02	0.	0.
22	-2.100	35.08	18.74	0.	0.
23	-2.200	33.30	19.45	0.	0.
24	-2.300	31.71	20.16	0.	0.
25	-2.400	30.33	20.88	0.	0.
26	-2.500	29.15	21.59	0.	0.
27	-2.600	28.17	22.30	0.	0.
28	-2.700	26.69	23.02	0.	0.
29	-2.800	24.23	23.73	0.	0.
30	-2.900	25.09	24.45	0.	0.
31	-3.000	25.96	25.16	0.	0.
32	-3.100	26.82	25.87	0.	0.
33	-3.200	27.69	26.59	0.	0.
34	-3.300	28.55	27.30	0.	0.
35	-3.400	29.42	28.01	0.	0.

PARATIA 7.00

Ce.A.S. s.r.l. - Milano

PAG. 19

28 OTTOBRE 2010 16:11:03

History 0 - Paratia micropali SL08

SOIL EL.	QUOTA	SIGMA-H	TAGLIO	PR. ACQUA	GRAD. MAX
36	-3.500	30.28	28.73	0.	0.
37	-3.600	31.15	29.44	0.	0.
38	-3.700	32.01	30.15	0.	0.
39	-3.800	32.88	30.87	0.	0.
40	-3.900	33.74	31.58	0.	0.
41	-4.000	34.61	32.29	0.	0.
42	-4.100	35.47	33.01	0.	0.
43	-4.200	36.34	33.72	0.	0.
44	-4.300	37.20	34.43	0.	0.
45	-4.400	38.07	35.15	0.	0.
46	-4.500	38.93	35.86	0.	0.
47	-4.600	39.80	36.57	0.	0.
48	-4.700	40.66	37.29	0.	0.
49	-4.800	41.53	38.00	0.	0.
50	-4.900	42.39	38.71	0.	0.
51	-5.000	40.51	40.53	0.	0.
52	-5.100	41.32	41.26	0.	0.
53	-5.200	42.13	42.00	0.	0.
54	-5.300	42.94	42.73	0.	0.
55	-5.400	43.75	43.46	0.	0.

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	40 di 49

56	-5.500	44.56	44.20	0.	0.
57	-5.600	45.37	44.93	0.	0.
58	-5.700	46.18	45.66	0.	0.
59	-5.800	46.99	46.40	0.	0.
60	-5.900	47.80	47.13	0.	0.
61	-6.000	48.61	47.86	0.	0.
62	-6.100	49.42	48.60	0.	0.
63	-6.200	50.23	49.33	0.	0.
64	-6.300	51.04	50.06	0.	0.
65	-6.400	51.85	50.80	0.	0.
66	-6.500	52.66	51.53	0.	0.
67	-6.600	53.47	52.26	0.	0.
68	-6.700	54.28	53.00	0.	0.
69	-6.800	55.09	53.25	0.	0.
70	-6.900	55.90	52.70	0.	0.
71	-7.000	56.71	52.19	0.	0.
72	-7.100	57.52	51.69	0.	0.
73	-7.200	58.33	51.21	0.	0.
74	-7.300	59.14	50.73	0.	0.
75	-7.400	59.95	50.26	0.	0.
76	-7.500	60.76	49.79	0.	0.

PARATIE 7.00

Ce.A.S. s.r.l. - Milano

PAG. 20

28 OTTOBRE 2010 16:11:03

History 0 - Paratia micropali SL08

INVILUPPO RISULTATI NEGLI ELEMENTI TERRENO

* PARETE LeftWall GRUPPO DHLeft*

STEP 1 - 4

* I PASSI NON EQUILIBRATI SONO ESCLUSI *

Nella tabella si stampano i seguenti risultati:

SIGMA-H = massimo sforzo orizzontale efficace [kPa]

TAGLIO = massimo sforzo di taglio [kPa]

PR. ACQUA =massima pressione interstiziale [kPa]

GRAD. MAX =massimo gradiente idraulico

SOIL EL.	QUOTA	SIGMA-H	TAGLIO	PR. ACQUA	GRAD. MAX
1	0.	0.	0.	0.	0.
2	-0.1000	0.8652	0.5174	0.	0.
3	-0.2000	1.730	1.035	0.	0.
4	-0.3000	2.596	1.552	0.	0.
5	-0.4000	3.461	2.070	0.	0.
6	-0.5000	4.326	2.587	0.	0.
7	-0.6000	5.191	3.104	0.	0.
8	-0.7000	6.056	3.622	0.	0.
9	-0.8000	6.921	4.139	0.	0.
10	-0.9000	7.787	4.657	0.	0.
11	-1.000	8.652	5.174	0.	0.
12	-1.100	9.517	5.691	0.	0.
13	-1.200	10.38	6.209	0.	0.
14	-1.300	11.25	6.726	0.	0.
15	-1.400	12.11	7.244	0.	0.
16	-1.500	12.98	7.761	0.	0.
17	-1.600	13.84	8.279	0.	0.
18	-1.700	19.79	8.796	0.	0.
19	-1.800	26.45	10.37	0.	0.



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	41 di 49

20	-1.900	25.90	9.831	0.	0.
21	-2.000	25.42	10.35	0.	0.
22	-2.100	25.01	10.87	0.	0.
23	-2.200	24.69	11.38	0.	0.
24	-2.300	24.44	11.90	0.	0.
25	-2.400	24.28	12.42	0.	0.
26	-2.500	24.20	12.94	0.	0.
27	-2.600	24.21	13.45	0.	0.
28	-2.700	24.30	13.97	0.	0.
29	-2.800	24.46	14.49	0.	0.
30	-2.900	25.09	15.00	0.	0.
31	-3.000	25.96	15.52	0.	0.
32	-3.100	26.82	16.04	0.	0.
33	-3.200	27.69	16.56	0.	0.
34	-3.300	28.55	17.07	0.	0.
35	-3.400	29.42	17.59	0.	0.

PARATIA 7.00

Ce.A.S. s.r.l. - Milano

PAG. 21

28 OTTOBRE 2010 16:11:03

History 0 - Paratia micropali SL08

SOIL EL.	QUOTA	SIGMA-H	TAGLIO	PR. ACQUA	GRAD. MAX
36	-3.500	30.28	18.11	0.	0.
37	-3.600	31.15	18.63	0.	0.
38	-3.700	32.01	19.14	0.	0.
39	-3.800	32.88	19.66	0.	0.
40	-3.900	33.74	20.18	0.	0.
41	-4.000	34.61	20.70	0.	0.
42	-4.100	35.47	21.21	0.	0.
43	-4.200	36.34	21.73	0.	0.
44	-4.300	37.20	22.25	0.	0.
45	-4.400	38.07	22.77	0.	0.
46	-4.500	38.93	23.28	0.	0.
47	-4.600	39.80	23.80	0.	0.
48	-4.700	40.66	24.32	0.	0.
49	-4.800	41.53	24.84	0.	0.
50	-4.900	42.39	25.35	0.	0.
51	-5.000	48.03	27.25	0.	0.
52	-5.100	47.78	27.79	0.	0.
53	-5.200	47.54	28.33	0.	0.
54	-5.300	47.30	28.88	0.	0.
55	-5.400	47.07	29.42	0.	0.
56	-5.500	46.87	29.97	0.	0.
57	-5.600	46.69	30.51	0.	0.
58	-5.700	46.55	31.06	0.	0.
59	-5.800	46.99	31.60	0.	0.
60	-5.900	47.80	32.15	0.	0.
61	-6.000	48.61	32.69	0.	0.
62	-6.100	49.42	33.24	0.	0.
63	-6.200	50.23	33.78	0.	0.
64	-6.300	51.04	34.33	0.	0.
65	-6.400	51.85	34.87	0.	0.
66	-6.500	52.66	35.42	0.	0.
67	-6.600	53.47	35.96	0.	0.
68	-6.700	54.28	36.51	0.	0.
69	-6.800	55.09	37.05	0.	0.

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	42 di 49

70	-6.900	55.90	37.60	0.	0.
71	-7.000	56.71	38.14	0.	0.
72	-7.100	57.52	38.69	0.	0.
73	-7.200	58.33	39.23	0.	0.
74	-7.300	59.14	39.78	0.	0.
75	-7.400	59.95	40.32	0.	0.
76	-7.500	60.76	40.87	0.	0.

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 22

28 OTTOBRE 2010 16:11:03

History 0 - Paratia micropali SL08

RIASSUNTO SPINIE NEGLI ELEMENTI TERRENO

(LE SPINIE SONO CALCOLATE INTEGRANDO GLI SFORZI NEI SINGOLI ELEMENTI MOLLA)

- SPINIA EFFICACE VERA** = Integrale delle pressioni orizzontali efficaci in tutti gli elementi nel gruppo: unita' di misura kN/m
- SPINIA ACQUA** = Integrale delle pressioni interstiziali in tutti gli elementi nel gruppo: unita' di misura kN/m
- SPINIA TOTALE VERA** = Somma della SPINIA EFFICACE e della SPINIA DELL'ACQUA: e' l' azione totale sulla parete: unita' di misura kN/m
- SPINIA ATTIVA POSSIBILE** = La minima spinta che puo' essere esercitata da questo gruppo di elementi terreno, in questa fase: unita' di misura kN/m
- SPINIA PASSIVA POSSIBILE** = La massima spinta che puo' essere esercitata da questo gruppo di elementi terreno, in questa fase: unita' di misura kN/m
- RAPPORTO PASSIVA/VERA** = e' il rapporto tra la massima spinta possibile e la spinta efficace vera: fornisce un'indicazione su quanta spinta passiva venga mobilitata;
- SPINIA PASSIVA MOBILITATA** = e' l'inverso del rapporto precedente, espresso in unita' percentuale: indica quanta parte della massima spinta possibile e' stata mobilitata;
- RAPPORTO VERA/ATTIVA** = e' il rapporto tra la spinta efficace vera e la minima spinta possibile: fornisce un'indicazione di quanto questa porzione di terreno sia prossima alla condizione di massimo rilascio.

FASE 1	GRUPPO -->	UHLe	DHLe
SPINIA EFFICACE VERA		234.60	234.60
SPINIA ACQUA		0.	0.
SPINIA TOTALE VERA		234.60	234.60
SPINIA ATTIVA (POSSIBILE)		126.73	126.73
SPINIA PASSIVA (POSSIBILE)		2968.8	2968.8
RAPPORTO PASSIVA/VERA		12.654	12.654
SPINIA PASSIVA MOBILITATA		8.%	8.%
RAPPORTO VERA/ATTIVA		1.8513	1.8513

PARATIE 7.00

Ce.A.S. s.r.l. - Milano

PAG. 23

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	43 di 49

28 OTTOBRE 2010 16:11:03

History 0 - Paratia micropali SL08

FASE 2	GRUPPO -->	UHLe	DHLe
SPINTA EFFICACE VERA		198.91	198.91
SPINTA ACQUA		0.	0.
SPINTA TOTALE VERA		198.91	198.91
SPINTA ATTIVA (POSSIBILE)		144.86	80.350
SPINTA PASSIVA (POSSIBILE)		3375.1	1922.1
RAPPORTO PASSIVA/VERA		16.968	9.6629
SPINTA PASSIVA MOBILITATA		6.%	10.%
RAPPORTO VERA/ATTIVA		1.3731	2.4755

FASE 3	GRUPPO -->	UHLe	DHLe
SPINTA EFFICACE VERA		302.81	181.61
SPINTA ACQUA		0.	0.
SPINTA TOTALE VERA		302.81	181.61
SPINTA ATTIVA (POSSIBILE)		144.86	80.350
SPINTA PASSIVA (POSSIBILE)		3375.1	1922.1
RAPPORTO PASSIVA/VERA		11.146	10.583
SPINTA PASSIVA MOBILITATA		9.%	9.%
RAPPORTO VERA/ATTIVA		2.0903	2.2602

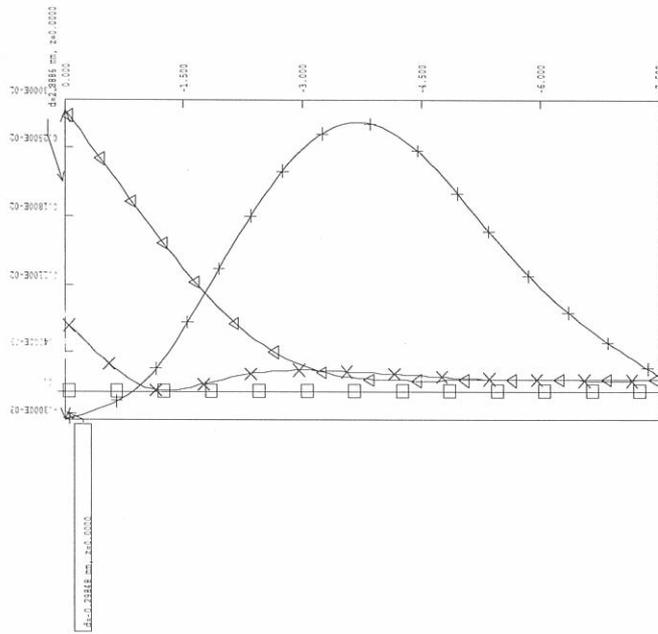
FASE 4	GRUPPO -->	UHLe	DHLe
SPINTA EFFICACE VERA		234.37	112.94
SPINTA ACQUA		0.	0.
SPINTA TOTALE VERA		234.37	112.94
SPINTA ATTIVA (POSSIBILE)		144.86	19.534
SPINTA PASSIVA (POSSIBILE)		3375.1	496.70
RAPPORTO PASSIVA/VERA		14.401	4.3980
SPINTA PASSIVA MOBILITATA		7.%	23.%
RAPPORTO VERA/ATTIVA		1.6179	5.7816

OUTPUT PLOTS:

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	44 di 49



- |- step 4
- X- step 3
- A- step 2
- step 1

FATTORE SCALA: 0.61 - FATTORE AMPLIF.: 1163.90
 DEFORMATA PASSI 1 / 4 [m]

* Ce.A.S. S.r.l. Milano *
 www.ceas.it
 P A R T I E 7.00
 28 OTTOBRE 2010 16:11:03

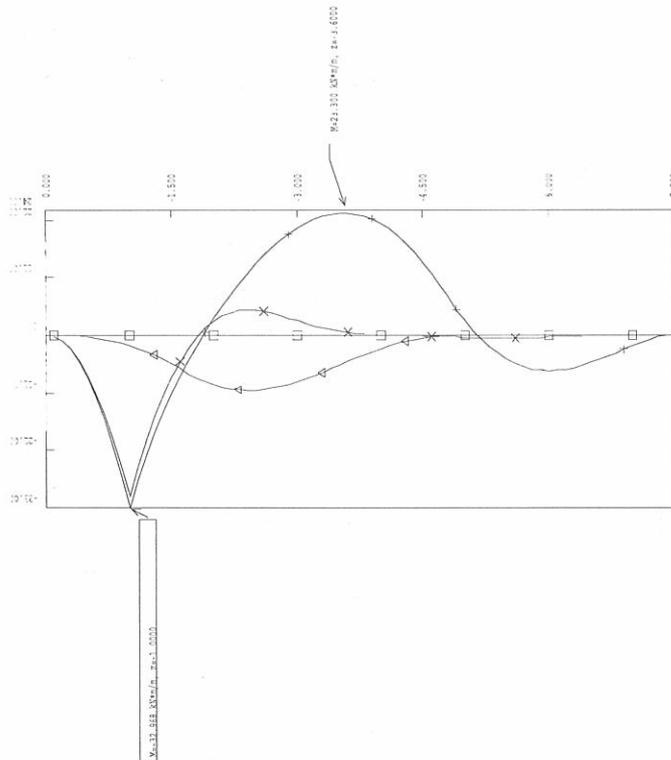
Foto white X
 Legg. carta X

History 0 - Pratica microspil. S04
 D:\baw\12017 - E06 Giallarata\Giacca\appalto\116390_01_HF00

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 –
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	45 di 49



- +- Step 4
- x- Step 3
- Δ- Step 2
- Step 1

MOMENTI FLETTENTI [kN*m/m]
 INVILUPPO DA 1 A 4 SCALA GEOM.: 0.58

History 0 - Partita scopriti E08
 P:\M\PROGETTI - E\B\BILIANI\CONTRATTI\PARABIAGO\MDL1_01.DWG

Foto carta EV
 Modulo carta 3

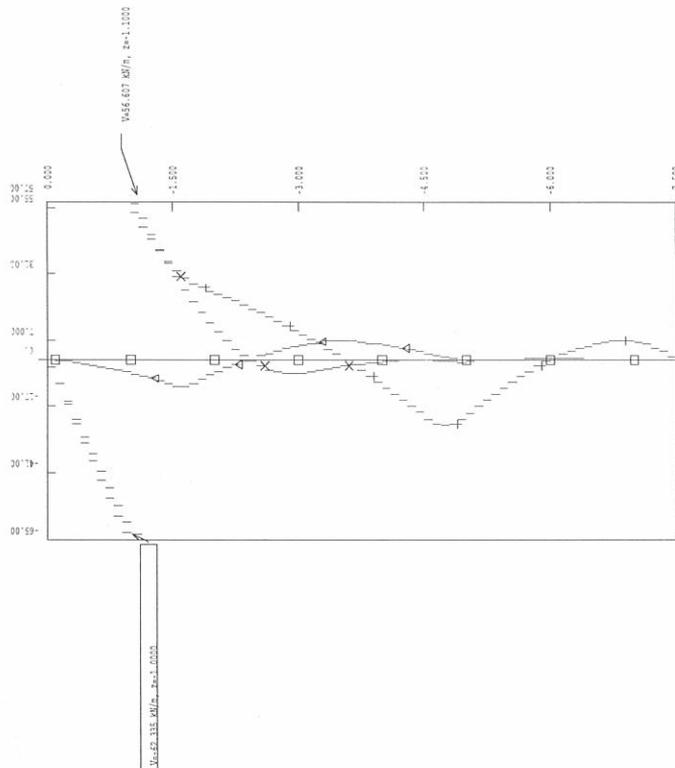
* Ce.A.S. S.r.l. Milano *
 www.ces.it
 P A R A B I A G O 7.00
 28 OTTOBRE 2010 16:11:03



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	46 di 49



* Ce.A.S. S.r.l. Milano *
 www.ceas.it
 P A R A T I E 7.00
 28 OTTOBRE 2010 16:11:03

TAGLI [kN/m]
 INVILUPPO DA 1 A 4 SCALA GEOM.: 0.58

History 0 - Scheda micropl. S28
 D:\lavoro\128011 - Em. Ghislanzoni\Ghislanzoni\128011\128011_01.dwg

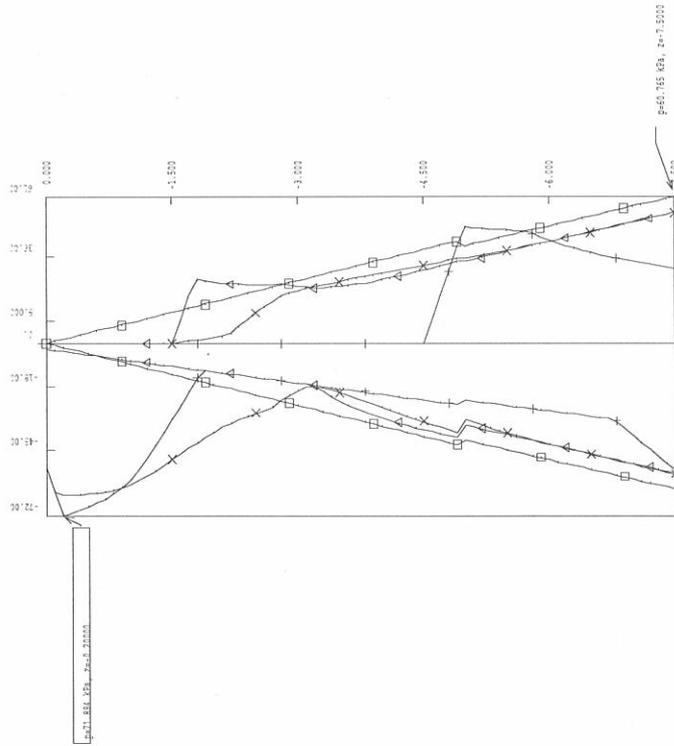
Foto: utisak 8V
 Acq: utisak 8V



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	47 di 49



- +— STEP 4
- X— STEP 3
- △— STEP 2
- STEP 1

PRESSIONI ORIZZONTALI EFFICACI VERE [kPa]
 INVILUPPO DA 1 A 4 SCALA GEOM. : 0.58

History 3 - Pressia orizzonti SL03
 D:\lavoro\12501 - Sto. Ghilardale\Barricata\prova\11\img_01_01.dwg

File: unisa_EV
 Legat..._2010.dwg

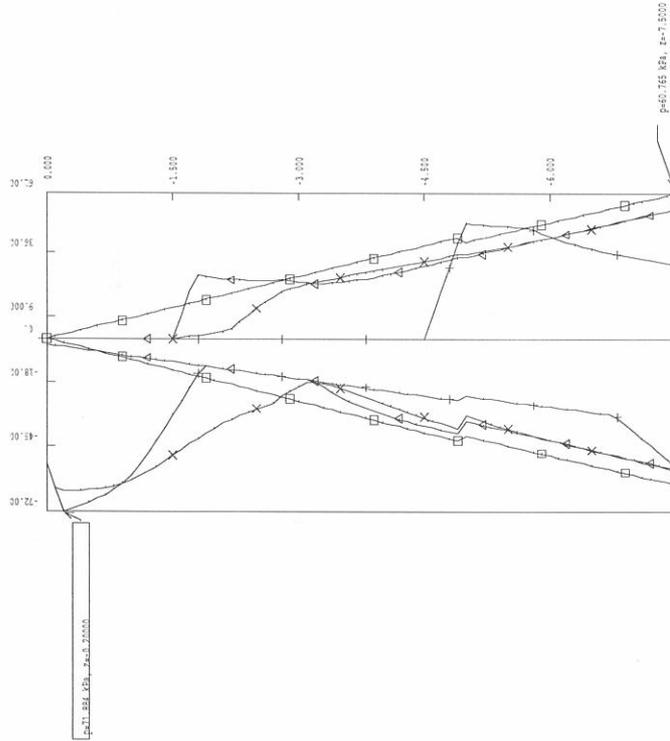
* Ce.A.S. S.r.l. Milano *
 www.ceas.it
 P A R A T I E 7.00
 28 OTTOBRE 2010 16:11:03



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	48 di 49



++ Step 4
 X Step 3
 - Step 2
 □ Step 1

PRESSIONI ORIZZONTALI TOTALI [kPa]
 INVILUPPO DA 1 A 4 SCALA GEOM.: 0.58

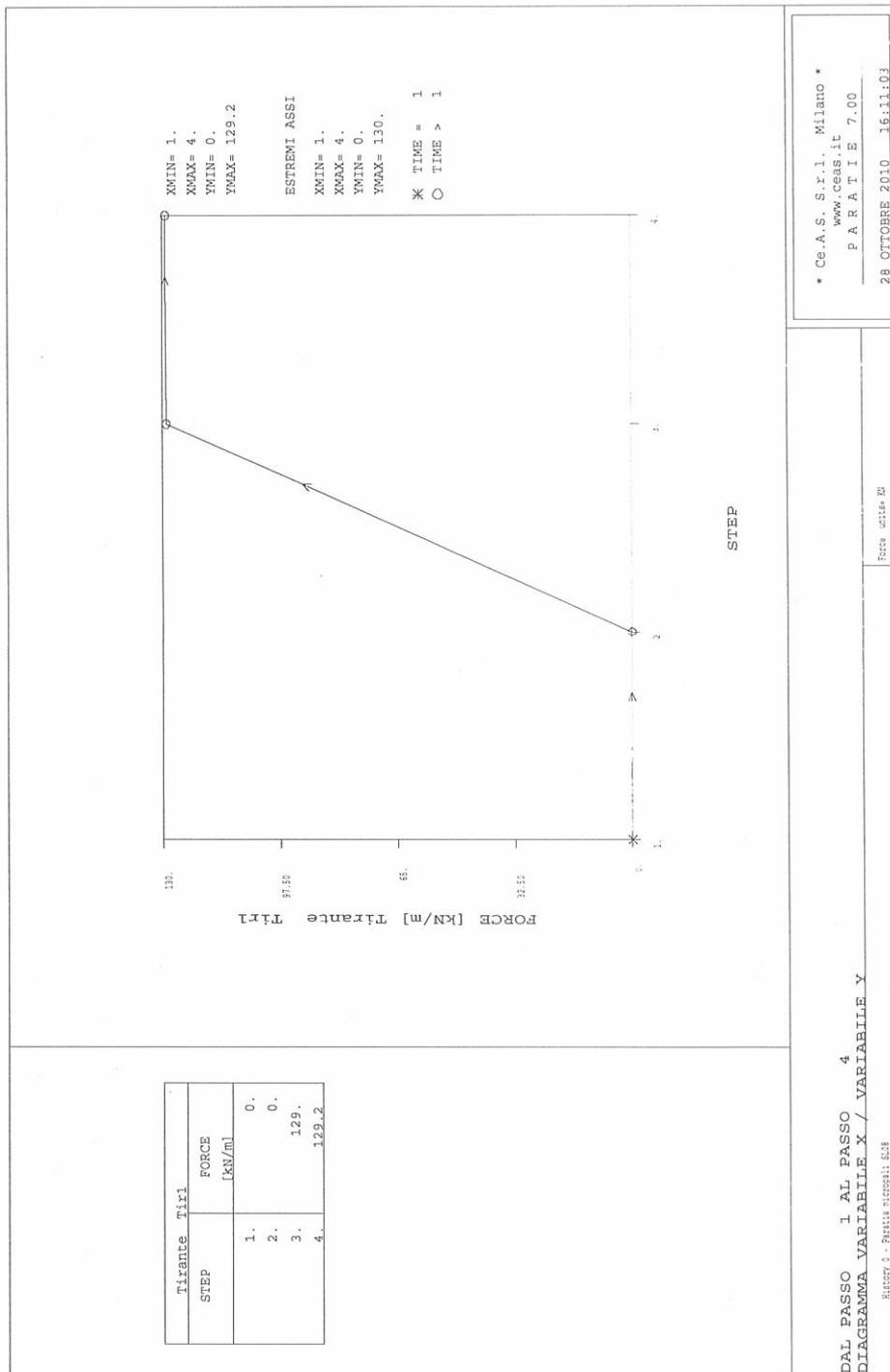
History: 0 - Parabiago scoppio 1.588
 2 - 10/08/2011 - Em. S.11/2011 - Em. S.11/2011 - Em. S.11/2011 - Em. S.11/2011

* Ce. A. S. S.r.l. Milano *
 www.ceas.it
 P A R A B I A G O 7.00
 28 OTTOBRE 2010 16.11.03

Firma: []
 Leggere: []

Nuovo sottopasso Via Battisti km 8+389.85 -
 Parabiago: Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO 1
MDL1	12	D 26 CL	SL 08 00 002	A	49 di 49



* Ce.A.S. S.r.l. Milano *
 www.ceas.it
 P A R A T I E 7.00
 28 OTTOBRE 2010 16:11:03

DAL PASSO 1 AL PASSO 4
 DIAGRAMMA VARIABILE X / VARIABILE Y
 History 0 - Parabiago sottopasso SL08
 D:\Ingegneria\11 - Rho-Salimata\Banco\Calcolo\11\SL08_01_01.dwg

Force units: kN
 Length units: m