

COPIA ARCHIVIO

COMUNE DI BERGAMO

PARCHEGGIO PUBBLICO

AREA "PARCO DELLA ROCCA EX FAUNISTICO" - CITTA' ALTA

RELAZIONE DESCRITTIVA

SULLE CAUSE DEL DISSESTO E SULL'INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA



Bergamo, 11.03.09

Il Collaudatore in corso d'opera
dott. ing. Mario Myallonnier



COPIA ARCHIVIO

**REALIZZAZIONE DI PARCHEGGIO IN STRUTTURA INTERRATA
AREA "PARCO DELLA ROCCA EX FAUNISTICO" - CITTA' ALTA - BERGAMO****RELAZIONE DESCRITTIVA SULLE CAUSE DEL DISSESTO E SULL'INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA****A. PREMESSE**

- A1.** È stata esaminata tutta la documentazione progettuale depositata presso gli Uffici del Comune, ex lege 1086, o consegnata direttamente al sottoscritto dalla data dell'incarico del collaudo, con particolare riferimento a:
- Relazione geologica e geotecnica datata aprile 2004, ricevuta il 04.02.09 con n° 3 tavole allegare, a firma dott. Lorenzo Cadrobbi;
 - Relazione geologica e geotecnica (E.PA 07), datata 09.12.05, ricevuta il 02.02.09 e il 04.02.09, a firma dott. ing. Andrea Sailer;
 - Relazione di calcolo delle strutture delle pareti chiodate (ES.01), datata 09.12.05, ricevuta il 02.02.09, a firma dott. ing. Andrea Sailer e dott. ing. Arnold Mair;
 - Tavole delle pareti chiodate (ES.3 - ES.4), datate 09.12.05, ricevute il 02.02.09, a firma dott. ing. Andrea Sailer;
 - Tavola delle pareti chiodate (ES.03d), datata 09.12.05 con varianti sino al 18.12.08, ricevuta il 06.02.09, a firma dott. ing. Andrea Sailer;
 - Relazione geologica esplicativa dei fenomeni d'instabilità (1902-3/09) del gennaio 2009, ricevuta il 02.02.09, a firma dott. Lorenzo Cadrobbi;
 - Relazione geologica e geotecnica di approfondimento del modello fisico-locale / fase 1: confinamento della parte alta della frana (1902/2/09), ricevuta il 11.02.09, a firma dott. Lorenzo Cadrobbi;
 - Fase di realizzazione del parcheggio e documentazione fotografica (E.S08) (provvisorio) datata 16.02.09, ricevuta il 18.02.09, a firma dott. ing. Andrea Sailer;
 - Modello geostrutturale generale - documento provvisorio - a cura del prof. dott. L. Griffini, ricevuto il 03.03.09.
- A2.** Si prescinde in questa fase, da una discussione dei parametri geotecnici e/o meccanici, numerici, assunti a base dei calcoli delle pareti chiodate dell'ing. Sailer/Mair pag. 2-3-4-5-8 della relazione E.S01, rispetto a quelli definiti dal dott. Cadrobbi a pag. 29-30 della relazione E.PA 07, in quanto scelte con parametrizzazioni anche discordanti non inficiano in questo caso le valutazioni qualitative che si possono fare, e la scelta di valori anche relativamente discosti rischierebbero di allontanare dall'obiettivo che si prefigge la presente relazione secondo l'incarico affidato "procedere alla stesura di relazione tecnica con valutazioni in ordine alle cause del dissesto verificatosi alla fine del dicembre 2008".



B. DISAMINA DELLA DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO, DEI LAVORI ESEGUITI E DEL MOVIMENTO FRANOSO

- B1.** L'area in esame è stata individuata come costituita da materiale di riporto, successivo substrato roccioso scadente con grado di alterazione medio-alto, e successivo substrato roccioso discreto-buono con grado di alterazione medio-basso (pagg. 15-27-29-30/ E.PA 07 - v. **Allegato 1** in stralcio).

Nell'analisi geologico-tecnica del progetto era stata adeguatamente considerata l'impronta del progetto e il materiale intercettato durante lo scavo; a tal fine era stata individuata una modalità di esecuzione degli scavi con la realizzazione di "una paratia di micropali tirantata tipo berlinese abbinata a rete e spritz-beton" per permettere di eseguire scavi sub-verticali - pag. 37 / E.PA07. La paratia era prevista con incastro di "almeno 3 m nel substrato roccioso per coprire e superare la porzione di materiale roccioso alterato" corticale - pag. 38 / E.PA 07.

Solo per l'approfondimento dello scavo nell'ammasso roccioso medio-buono era stata prevista un'opportuna chiodatura in ragione dei possibili cinematismi evidenziati al cap.

7.1 e 7.2 - pag. 31-32 / E.PA 07 e a pag. 41 / E.PA 07;

- "il numero e la disposizione dei chiodi sarà definita in maniera congiunta in fase esecutiva sulla base del rilievo geomeccanico del fronte di scavo";
- "un geologo esperto di tali problematiche dovrà seguire in cantiere tutte le fasi di scavo e di realizzazione delle opere di contenimento";
- "gli interventi di chiodatura... interesseranno circa il 50% delle superfici di scavo in roccia".

Solo nel caso in cui "la situazione al contorno lo permetta" era prevista la realizzazione di scavi con pendenza adeguata in luogo della paratia di micropali (pag. 38 - E.PA 07).

Queste indicazioni geotecniche sono riportate sinteticamente sulla tav. 3A (sezioni geologiche tecniche) allegata alla E.PA 07. (v. **Allegato 2**).

In sintesi era stato previsto nello studio geologico tecnico:

- esecuzione di micropali tirantati con avanzamento di 3m in roccia per le pareti con fronti di scavo verticali per "coprire e superare la porzione di materiale roccioso alterato corticale";
- scavo sino all'ammasso roccioso;
- prosecuzione dello scavo con esecuzione di pareti chiodate, spessore 15 cm, per tutte le pareti in roccia con chiodatura sistematica nell'ammasso roccioso scadente e chiodatura localizzata nell'ammasso roccioso compatto, sotto il diretto controllo di geologo esperto.

- B2.** Dall'esame delle tavole del progetto originario E.S3 - E.S4 si riscontra invece che non sono state previste le paratie di micropali per l'attraversamento dello strato di terreno di riporto, ma direttamente l'esecuzione della parete chiodata con chiodatura sistematica su tutto il fronte e realizzazione di parete in spritz-beton armato sp. 15 cm sino ad incontrare la roccia compatta (v. **Allegato 3**).

In effetti, come risulta dall'ampia documentazione fotografica e dal documento E.S 08 - fasi di realizzazione del parcheggio (v. **Allegato 4**), si è proceduto allo scavo con la sola realizzazione della parete chiodata, così come previsto nel progetto strutturale disattendendo le indicazioni della relazione geologica e geotecnica, che prevedevano invece l'esecuzione di micropali. Tale scelta progettuale più delicata e con maggiori



elementi di rischio avrebbe dovuto essere supportata da un'opportuna direzione della messa in opera dell'intervento proposto, con adeguate e tempestive messe a punto dell'intervento stesso durante la sua realizzazione con aggiornamento delle verifiche di calcolo della parete chiodata, in relazione ai materiali incontrati nello scavo; il tutto previo approfondimento dell'indagine geologica che, se si può considerare "adeguata" per un intervento di routine (paratia di micropali tirantata), non lo è certamente più, a mio avviso, quando entrano in gioco gli equilibri degli ammassi rocciosi e le relative verifiche di stabilità per le situazioni di ancoraggio superficiale con chiodi o bulloni (v. Racc. - Aicap C.A.3: "Dovranno essere indagate con cura particolare le condizioni di fratturazione della roccia nella fascia più superficiale dell'ammasso roccioso").

Oltre all'insufficienza dell'indagine geologica, per tali interventi a cui si è cercato di supplire con la presenza durante gli scavi del geologo, per fornire le indicazioni circa il taglio della roccia e la chiodatura, rilevo una serie di aspetti esecutivi che hanno comunque, a mio avviso, invalidato il modello strutturale assunto a base dei calcoli riferito in B2.

- B3.** Nella tavola E.S03d, ultimo aggiornamento 18.12.08 (**Allegato 5**) non è più realizzata una chiodatura sistematica della parete, ma anzi la chiodatura sembra prevista solo sul terreno di riporto e saltuariamente nel substrato alterato: invece la relazione di calcolo prevedeva la parete chiodata con spessore spritz-beton 15 cm armato su tutto il fronte (compresa la parete in roccia scadente), sino a bloccarsi sull'ammasso roccioso buono; quest'esecuzione ha creato situazioni di stress nell'interfaccia substrato roccioso scadente / substrato roccioso compatto.
- B4.** Sempre nella tavola E.S03d (**Allegato 5**), è presente un dettaglio esecutivo estremamente importante, in cui è rappresentata la parete chiodata che deve essere spinta sino alla roccia non fratturata, e deve essere arretrata rispetto al filo della roccia compatta verso il fronte dello scavo di 20 cm. Si noti che questo arretramento è stato portato da 10 cm previsti nel progetto iniziale a 20 cm, per dare adeguato piede alla parete chiodata; si noti inoltre che anche in questa tavola è prevista la chiodatura e la parete in spritz-beton sino alla roccia non fratturata. Dai rilievi sul posto e dalla documentazione fotografica è agevole constatare che la parete chiodata è a filo dell'ammasso roccioso, non esiste pertanto un franco di 20 cm rispetto al filo della roccia (v. foto E.S08 - **Allegato 4**), non è chiodata in modo sistematico e la parete presenta spessori variabili di copertura della roccia fratturata, misurabili anche solo in pochi centimetri ed è definita "parete antinfortunistica" senza tener conto che si è in presenza di roccia scadente sulla quale si sarebbe dovuto eseguire quantomeno una parete chiodata come da progetto iniziale.
- B5.** La posa della rete elettrosaldata $\varnothing 8/15 \times 15$, così come prevista nella relazione di calcolo (**Allegato 6** - E.S01), richiede un copriferro lato parete di 5 cm. Sul posto, invece (v. Foto J) si è riscontrata la presenza della rete a distanza variabile dalla parete, anche a distanza di 10 cm e più dal paramento interno, mettendo in crisi la parete stessa in corrispondenza dell'ancoraggio dei chiodi con il superamento dei valori ammissibili delle tensioni dei materiali.





Foto J



C. CAUSE DEL DISSESTO

Le considerazioni sviluppate al paragrafo B permettono di individuare con buona approssimazione le cause del dissesto.

C1. La scelta progettuale di procedere con la sola parete chiodata a sostegno della parete di scavo, escludendo la realizzazione di una berlinese di micropali tirantati, per il fronte di scavo sino alla roccia compatta, tecnicamente "pregevole ed evoluta" avrebbe dovuto essere supportata da un'adeguata direzione dei lavori della messa in opera dell'intervento con una tassativa aderenza alle scelte progettuali iniziali di calcolo (paratia chiodata ogni 1,5 m, spessore spritz-beton 15 cm, rete Ø8/15x15 cm, copriferro lato roccia 5 cm) che, proprio perché più sofisticata, necessariamente richiedeva maggior attenzione nell'esecuzione.

Prog. stabilire

C2. In sintesi, l'esecuzione delle opere connesse allo scavo, come si evince dalla lettura del documento E.S08 "Fasi di realizzazione del parcheggio", a cui si rimanda e del quale si è riportato uno stralcio in **Allegato 4**, non è proceduta con una parete chiodata sistematicamente e con spessore minimo 15 cm armata con rete Ø8/15x15, ma in parte con parete in spritz-beton non chiodata, in altre zone con sola parete in spritz di spessore di 15 cm, ed in altre ancora anche con parete in spritz di solo rivestimento antifortunistico di modesto spessore. Il tutto in relazione alla qualità dell'ammasso roccioso che si è stimato solo visivamente durante lo scavo, prescindendo dalle prescrizioni del progetto esecutivo, dai relativi calcoli e da ulteriori indagini (v. **Foto X**).

*Bl-stabilire
+
Sestige
+
in-pere*

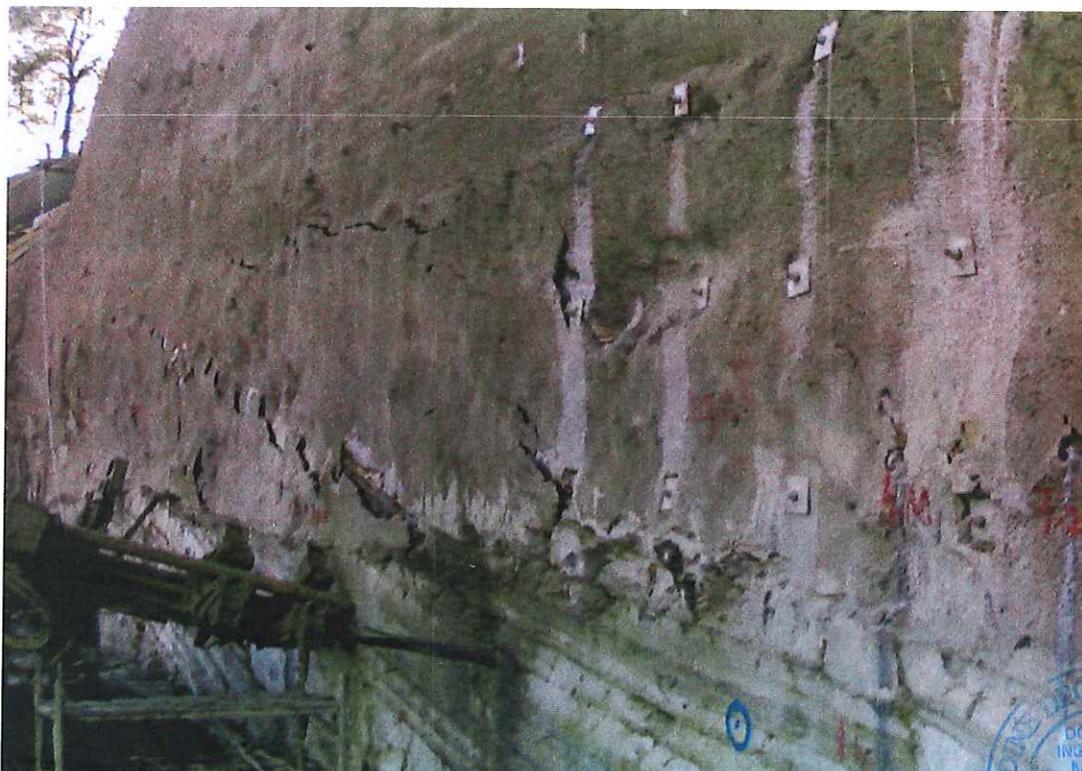


Foto X - Situazione prima del franamento



Inoltre la valutazione dello strato di roccia compatta, al di sopra del quale arrestarsi con la parete chiodata, è stata fatta in maniera non cautelativa, ritenendo roccia compatta nella fattispecie quella evidenziata al piede del corpo di frana iniziale, mentre è palesemente del tipo ascrivibile a strato roccioso scadente con grado di alterazione medio-alto (v. **Foto Y / Z**).

Dr. sh...
+ geol.



Foto Y - Inizio del movimento franoso

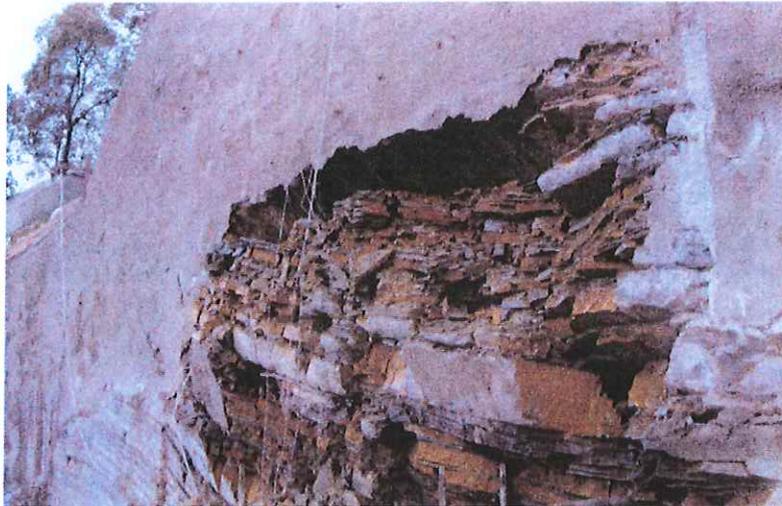


Foto Z - Fase espulsiva del materiale lapideo

NL
NB



- C3.** Proprio dalle foto X e Y, dall'andamento delle linee di fessurazioni, si può dedurre l'insacco del movimento franoso prodottosi dalla mancanza di adeguata chiodatura e armatura nella zona successivamente interessata dalla frana: la parete in spritz-beton priva di rete, mancando inoltre dell'adeguato sostegno dei chiodi e compressa dalla roccia retrostante e scadente, ha ceduto, determinando lo schiacciamento dei prismi della roccia e la loro espulsione nel piano orizzontale; successivamente il movimento franoso si è trasmesso nella parte soprastante e ha abbracciato le zone laterali, interessando soprattutto il terreno di riporto e lo strato di roccia scadente.

NB

- C4.** Alle stesse conclusioni, circa il cinematismo del movimento franoso, è pervenuto il geol. dott. Cadrobbi a pag. 16 e 17 della sua relazione n° 1902/2/09 (v. **Allegato 7** in stralcio), in cui egli stesso riconosce l'effetto benefico di confinamento prodotto dalla chiodatura nelle zone laterali al corpo frana in cui tale chiodatura era invece presente. Ovviamente non è anomalo il decorso deformativo, in quanto dovuto al livello di roccia scadente ben conosciuto e tale che si sarebbe potuto evitare con un opportuno sistema di confinamento orizzontale (chiodatura+spritz+armatura), così come era previsto in origine. Le foto di pag. 11-12-13 dell'**Allegato 7** sono estremamente significative.

D. INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA

Dalla data del 23 gennaio scorso con la convocazione preliminare del sottoscritto presso gli Uffici del Comune, per constatare gli interventi predisposti dai progettisti e direttori dei lavori si sono tenuti sopralluoghi in data 23/01 - 04/02 - 11/02 - 18/02 - 25/02 - 02/03 - 11/03, oltre ad incontri con i tecnici presso lo studio del sottoscritto.

I lavori di messa in sicurezza del cantiere, dei manufatti e degli edifici limitrofi sono proseguiti come da programma concordato nelle riunioni effettuate, secondo tre fasi:

- Fase 1 - Confinamento a quota superiore del muro della Rocca con l'esecuzione di micropali tirantati su trave in c.a.
- Fase 2 - Esecuzione della pista di arroccamento e contemporanea stabilizzazione del fronte di frana e delle curve in lato destro e sinistro del corpo di frana con materiale di riporto a caratteristiche controllate.
- Fase 3 - Ulteriore presidio a quota inferiore con l'esecuzione di cortine di micropali tirantati in relazione al procedere dei lavori.

Relativamente alla fase 1, nel sopralluogo effettuato in data odierna si sta completando il getto della trave di coronamento dopo aver effettuato in data 02 e 03 marzo le prove di collaudo sul primo tirante di prova. Le prove hanno dato esito favorevole come risulta dal verbale di collaudo. Pertanto il confinamento finale del baluardo con la messa in trazione di tutti i tiranti, dopo la maturazione della trave, potrà avvenire entro la fine del mese di marzo.

La fase 2 è di fatto ultimata, salvo lievi modifiche delle piste di arroccamento in funzione delle esigenze di cantiere, e ha permesso di mettere in sicurezza i fronti in corrispondenza delle pareti in spritz-beton.

Per la fase 3 è in corso di elaborazione da parte dei progettisti una modellazione geomeccanica che permetta di individuare le metodologie ottimali d'intervento, in relazione anche al procedere successivo dei lavori.

Bergamo, 11.03.09

Il Collaudatore in corso d'opera
dott. ing. Mario Myallonnier



Approvato con deliberazione della Giunta Comunale
in data 28/02//2008 N. 73/79 Prop. Del.

IL COMUNE



IL CONCESSIONARIO

BERGAMO PARCHEGGI S.p.A.
Amministratore Delegato
JOHANN BREITENEDER

IL PROGETTISTA

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI BERGAMO
Dott. Ing. ALBERTO SAILER
INGEGNERE
DER PROVINZ BERGAMO

2/2/09
TAV 1-2-54-35
data del 4/2

c			
b			
a			
	variazione	data	disegn.

COMUNE DI BERGAMO

PARCHEGGIO PUBBLICO - AREA "PARCO DELLA ROCCA EX FAUNISTICO" - CITTA' ALTA

CONCESSIONARIA: ai sensi art. 37/bis - Legge 11 febbraio 1994 n.109

BERGAMO PARCHEGGI S.p.A.

20122 MILANO - VIA CALDERON DE LA BARCA 2 - TEL. +39 02.58328244 - Fax +39 02.58328221

Capitale Sociale Euro 600.000.00 interamente versato

Registro delle Imprese di Milano - Codice Fiscale e P.Iva 03273900963 -R.E.A: Milano nr. 1662522

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA
studio geologia applicata

data
09.12.05

disegnato

file
639-E.PA 07

controllato
A.S.

progetto nr.
639-02

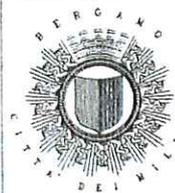
E.PA 07

elaborato



Locatelli Geom. Gabriele Spa
via Europa 23 - 24064 Grumello del Monte (BG)

PROGETTAZIONE INTEGRALE
SOA VIII - Art. 18 c.7, DPR 34/00



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Comune di Bergamo
Piazza Matteotti, 27 - 24122 Bergamo

ARCH. LUCIANO LOCATELLI
e-mail: llocatelli@comune.bg.it - Tel. 035-399309

collaborazione alla progettazione:

STUDIO DI PROGETTAZIONE DR.ING. ANDREA SAILER

I-39100 BOLZANO, VIA A.DURER 18 Tel. 0471 932632 Fax: 0471 932691 E-mail: asailer@tin.it



4. MODELLO GEOLOGICO LOCALE

E' di seguito analizzata la situazione geologica locale e inerente il parco faunistico della Rocca della Città Alta a Bergamo.

In particolare i dati commentati sono stati estrapolati da quanto ricavato dalle indagini dirette e indirette precedentemente esposte.

4.1 Stratigrafia dell'area

La successione stratigrafica rilevata nei sondaggi effettuati interessa due unità stratigrafiche principali costituite dai materiali di riporto e dal substrato roccioso.

La sequenza stratigrafica dell'area in oggetto, rilevabile entro il volume significativo di sottosuolo interessato dalle opere in progetto e dagli scavi conseguenti, ricostruita sulla base delle indagini geognostiche descritte nel capitolo 3 e del rilievo di superficie, è schematizzata anche nelle relative sezioni geologiche proposte in Tavola 3.

4.1.1 materiali di riporto:

I materiali di riporto sono tutti di natura antropica antica e sono principalmente costituiti da frammenti di laterizi, di cocci, sabbie e ghiaie, limi e frammenti litoidi.

L'area in esame fu infatti utilizzata nel periodo circa compreso fra il 1500 e il 1700 D.C. come discarica di materiali inerti provenienti dalle demolizioni degli edifici e/o similari provenienti dalla Città Alta di Bergamo.

Il sito si prestava all'utilizzo come discarica in quanto costituito da un'area di cava dimessa posta sul versante settentrionale della città in opposizione all'accesso principale.

I sondaggi meccanici e i rilievi sismici hanno messo in evidenza come lo spessore del riporto presenti spessori variabili fra i 5 e i 12 m.



Per valutare l'andamento del substrato roccioso è stata redatta una planimetria che riporta le isobate rappresentative di questa importante interfaccia (vedi Tavola 2).

Sulla base dell'osservazione diretta effettuata nello scasso realizzato alla base del versante e nelle cassette dei sondaggi è possibile distinguere due tipologie di materiali di riporto.

- Riporto completamente sciolto: Si tratta del materiale rilevato prevalentemente nello scasso e nei sondaggi S1 V e S1 O.

E' un riporto costituito da frammenti di laterizi di 0.5-4 cm, frammenti litoidi spigolosi, ciottoli in abbondante matrice sabbioso-limosa.

Questo materiale interessa la porzione orientale del futuro scavo.

- Riporto parzialmente addensato: Si tratta del materiale principalmente riscontrato nei sondaggi eseguiti, in modo particolare in quelli posti in corrispondenza del margine occidentale del futuro scavo.

E' un deposito costituito da frammenti di laterizi e cocci da grossolani a minuti, con frammenti litoidi spigolosi in matrice limosa da sabbiosa ad argillosa.

In relazione all'abbondante componente fine le carote risultano spesso coesive e abbastanza compatte.

4.1.2 substrato roccioso:

Il substrato roccioso appartiene ad un'unica formazione geologica costituita dal Flysch di Bergamo, per la trattazione geologica si rimanda al capitolo 2.

Il Flysch intersecato è costituito da arenarie grigie con grana medio-fine ritmicamente alternate ad argilliti nere che costituiscono spessori di pochi centimetri, a queste sono subordinati dei livelli a granulometria inferiore che costituiscono letti di arenarie fini e di siltiti e lenti a granulometria grossolana che formano dei conglomerati.

Sulla base della qualità geomeccanica sono state distinte solamente due unità, una scadente e rappresentativa di porzioni rocciose alterate, fratturate, di





faglia; ed una di discreta-buona qualità geomeccanica rappresentativa di porzioni interne e poco alterate.

Per quanto riguarda una più dettagliata descrizione sia delle caratteristiche geomeccaniche sia della parametrizzazione dell'ammasso roccioso si rimanda a quanto meglio specificato nei capitoli 5 e 6.

Dal punto di vista geolitologico sono stati invece definiti tre gruppi principali:

- arenarie fini – siltiti – arenarie/argilliti

Si tratta di arenarie fini e arenarie ritmicamente e frequentemente alternate a sottili livelli di argilliti nere da litificate ad argillificate.

Le argilliti individuano letti continui, con spaziatura variabile da 10 cm a 25-30 cm, e con spessori centimetrici da 1 cm fino a circa 10 cm.

L'unità stratigrafica principalmente costituita dalle alternanze di argilliti e arenarie è stata riconosciuta in corrispondenza del sondaggio S2 V verticale e nello scasso realizzato alla base del versante.

Questa unità è caratterizzata da un grado di alterazione e di detensionamento molto forte in corrispondenza delle porzioni superficiali, mentre aumentano compattezza e resistenza nelle porzioni inalterate e più profonde.

Sono stati rilevati livelli di 20-30 cm di argillite solamente nel sondaggio S1 O orizzontale in corrispondenza fino alla profondità di circa 13 m dal p.c..

Questa roccia è fortemente anisotropa in quanto le caratteristiche di resistenza (vedi tabelle del paragrafo 3.3) misurate in campagna in corrispondenza dei giunti costituiti da argilliti forniscono valori molto bassi, mentre se verificati nei livelli più arenacei i valori di resistenza possono considerarsi medio-alti.

Questa formazione è interessata dal giunto di strato ben evidente con inclinazione all'incirca di 40°, non sono stati rilevati altri particolari sistemi di discontinuità, le strutture fragili, quando presenti, sono subparallele al giunto di strato.

- arenarie medio-fini e arenarie con subordinati livelli di argilliti

Si tratta di arenarie grigie a granulometria medio-fine, compatte e massive e di arenarie con subordinati livelli di argilliti nerastre di spessore centimetrino e



variabile da 1 a 100. Questo permette di collocare l'ammasso roccioso in una delle cinque classi terminali indicate con i numeri romani da I a V, che corrispondono rispettivamente ad una qualità della massa da ottima a molto scadente.

A loro volta le classi terminali sono correlate, nella Classificazione di Bieniawski, con delle sintetiche descrizioni qualitative dell'ammasso roccioso.

In particolare sono stati calcolati i valori dell'indice RMR di base, corretto che tiene conto degli effetti dovuti alla giacitura delle discontinuità rispetto al fronte di scavo, e secco che elimina il contributo dovuto alla percolazione d'acqua.

Il calcolo dei vari indici RMR è stato effettuato con un programma che seguendo la classificazione di Bieniawski, ripete le operazioni di assegnazione dei rating per ogni famiglia di discontinuità mediandone automaticamente i valori.

Nella tabella seguente sono riassunti gli indici RMR determinati e la classe geomeccanica di Bieniawski per le tipologie di ammasso roccioso determinate.

AMMASSO ROCCIOSO	RMR di base	RMR corretto	RMR secco	CLASSE	GSi
AMMASSO ROCCIOSO SCADENTE	30-37	22-30	37-42	V - IV BASSA	32-37
AMMASSO ROCCIOSO DISCRETO-BUONO	51-57	45-51	56-62	III - III ALTA	51-58

Facendo riferimento al valore dell'indice RMR corretto e in accordo con la classificazione di Bieniawski gli ammassi rocciosi rilevati appartengono rispettivamente ad una classe V - IV BASSA, e ad una classe III - III ALTA.

Sono stati valutati degli intervalli degli indici RMR al fine di considerare i range dei dati rilevati per le due tipologie di ammasso.

Da un primo confronto fra i dati esposti nella tabella si può notare come risulti netta la differenza di qualità geomeccanica fra i due ammassi.

E' stato inserito nella tabella anche il valore dell'indice GSI Geological Strength Index introdotto da Hoek nel 1994 e determinato secondo la formula:



GSI = RMR secco - 5

Sempre con il programma utilizzato per la classificazione geomeccanica sono stati individuati i parametri geotecnici, quali coesione e angolo d'attrito, per le due tipologie di ammasso, per questi si rimanda al capitolo seguente.

Le due tipologie di ammasso sono state riconosciute sia in campagna sia nei sondaggi eseguiti, in particolare è di seguito riportata una tabella riassuntiva nella quale sono individuate le aree di competenza di questi due ammassi.

UBICAZIONE	TIPO DI AMMASSO	PROFONDITA'	SPESSORE INDICATIVO
STOP 1	AMMASSO SCADENTE		2 m
STOP 2	AMMASSO DISCRETO-BUONO		3 m
SONDAGGIO S10	AMMASSO SCADENTE	5.2-7.25 m	2-2.5 m
SONDAGGIO S10	AMMASSO DISCRETO-BUONO	7.25-17 m	10 m
SONDAGGIO S10	AMMASSO SCADENTE	11.45-14 m	1.5-2.5 m
SONDAGGIO S1V	AMMASSO SCADENTE	8.7-10.7 m	2 m
SONDAGGIO S1V	AMMASSO DISCRETO-BUONO	10.7-21 m	10 m
SONDAGGIO S20	AMMASSO SCADENTE	12-14 m	2 m
SONDAGGIO S20	AMMASSO DISCRETO-BUONO	14-30 m	16 m
SONDAGGIO S20	AMMASSO SCADENTE	21.2-22.1 m	1-2 m
SONDAGGIO S2V	AMMASSO SCADENTE	9.4-12.9 m	3-3.5 m
SONDAGGIO S2V	AMMASSO DISCRETO-BUONO	13.8-20 m	6 m

L'ammasso roccioso scadente corrisponde prevalentemente con la porzione corticale e superficiale del substrato roccioso, caratterizzato da un grado di fratturazione medio-alto e da un grado di alterazione elevato. Le porzioni interne del versante, ma indicate come appartenenti all'ammasso roccioso scadente rappresentano fasce cataclastiche corrispondenti a faglie o a zone di rottura.

L'ammasso roccioso discreto-buono corrisponde con le porzioni interne del substrato roccioso caratterizzate da scarsa alterazione e da una fratturazione più spaziata.



6. PARAMETRAZIONE GEOTECNICA-GEOMECCANICA

In questo capitolo vengono parametrati i materiali rilevati nell'area in esame.

In particolare ci si riferisce al materiale di riporto costituito dagli inerti e dai laterizi e dal substrato roccioso interessato da un ammasso sia scadente sia discreto-buono.

Per quanto riguarda la descrizione geologico-stratigrafica dei materiali rilevati si rimanda al paragrafo 4.1, mentre per la descrizione specifica di parametri quali la resistenza a compressione e i moduli elastici si rimanda ai paragrafi 3.3 e 3.4.

6.1 Materiali di riporto

Questi materiali interessano spessori variabili da 5 a 10 m (vedi Tavole 2 e 3), sono prevalentemente costituiti da laterizi, frammenti litoidi, cocci, ghiaia e sabbia in matrice limo-argillosa.

Per la parametrizzazione geotecnica ai soli fini dell'analisi di stabilità dei fronti di scavo, ci si può rifare ai dati di letteratura ricavati da back analysis o da prove su grandi masse.

Le fonti bibliografiche al riguardo forniscono dati sperimentali variabili, evidentemente a causa della natura eterogenea dei materiali di riporto, della diversa distribuzione, del contenuto in acqua e dei fenomeni di compattazione.

Sulla base di quanto esposto i parametri geotecnici attribuiti nel nostro caso al corpo di materiali di riporto prevalentemente assimilabili ad inerti sono:

Materiale di riporto:

Peso di volume naturale	γ	= 15.0 kN/m ³
Angolo d'attrito	ϕ	= 26°
Coesione reale	C	= 10-15 Kpa

= 0.01 - 0.015 γ
0.1 - 0.15 (Kpa)





6.2 Substrato roccioso

Come precedentemente anticipato il substrato roccioso è prevalentemente interessato dalla presenza di una litologia costituita da arenarie medio-fini di colore grigio intervallate da sottili strati di argilliti nere di spessore centimetrico, localmente passanti a spesse lenti conglomeratiche prive di matrice argillosa.

I sondaggi realizzati hanno intercettato porzioni prevalentemente arenacee, porzioni ritmicamente alternate fra arenarie e argilliti, e porzioni conglomeratiche.

Le diverse porzioni rocciose sono state individuate e descritte dal punto di vista stratigrafico.

Dal punto di vista geomeccanico e di parametrizzazione si è però preferito individuare due sole tipologie di ammasso roccioso, definite sulla base della qualità geomeccanica.

Le tipologie individuate sono l'ammasso roccioso scadente e l'ammasso roccioso discreto-buono.

Di seguito sono parametrate dal punto di vista geotecnico e geomeccanico, i parametri definiti sono quelli d'ammasso e non riferiti alla roccia integra:

AMMASSO ROCCIOSO SCADENTE

Peso di volume naturale	γ	= 24.0 kN/m ³
Angolo d'attrito d'ammasso	ϕ	= 30°
* Coesione d'ammasso	C	= 100 KPa $\approx \frac{1}{2} \gamma c^2$
Modulo elastico	E	= 5.000 MPa
Valore dell'indice RQD medio	RQD	= 25-50 %
Grado di alterazione		MEDIO-ALTO
→ • Resistenza a compressione uniassiale	σ_c	= 15-20 MPa $\approx 150 \frac{1}{m^2}$

AMMASSO ROCCIOSO DISCRETO-BUONO

Peso di volume naturale	γ	= 24.0 kN/m ³
Angolo d'attrito d'ammasso	ϕ	= 35°
Coesione d'ammasso	C	= 250-300 KPa $\approx \frac{1}{2} \gamma c^2$
Modulo elastico	E	= 10.000 MPa
Valore dell'indice RQD medio	RQD	= 60-85 %
Grado di alterazione		MEDIO-BASSO
Resistenza a compressione uniassiale	σ_c	= 60-100 MPa



7. VERIFICHE DI STABILITA' CINEMATICHE

Sono state condotte in corrispondenza dei fronti dello scavo in progetto delle verifiche di stabilità sia per cinematismi di scivolamento piano sia per cinematismi ai cunei instabili.

Queste verifiche sono state condotte per fronti principalmente di direzione E-W, rappresentativi dello scavo principale, e per fronti di direzione N-S, rappresentativi dei fronti laterali subordinati a quello principale sia in estensione che in altezza.

Le verifiche sono di tipo prettamente cinematico, si basano cioè esclusivamente su considerazioni geometriche esistenti fra i piani di discontinuità determinati nel corso del rilevamento geologico-geomeccanico e la direzione del fronte preso in esame.

Le verifiche condotte sono quindi strettamente legate all'analisi strutturale e geomeccanica già trattata nel presente lavoro.

In particolare le verifiche sono state eseguite con il programma Rockclass, per ogni fronte di scavo, sono stati valutati i due movimenti tipici dell'area e cioè lo scivolamento piano e lo scivolamento di cunei.

E' importante sottolineare che le verifiche condotte hanno una valenza esclusivamente geometrica, i dati ricavati necessitano quindi di un adeguato commento.

7.1 verifiche allo scivolamento piano

Con riferimento alla Figura 4 è di seguito commentato il fenomeno dello scivolamento piano per i fronti di scavo in esame.

Per quanto riguarda il fronte principale di direzione circa E-W (fronte meridionale lato monte) esiste la possibilità di uno scivolamento piano esclusivamente lungo i piani del sistema K1 per angoli limite del fronte pari a circa 50°. Tale situazione è possibile e localmente potrà dar origine alla pulizia del fronte lungo questi piani.





In fase esecutiva questa situazione andrà adeguatamente valutata e andranno adottate le prescrizioni esposte nel paragrafo 8.2.

Per quanto riguarda i fronti laterali (fronte est ed ovest) si potrebbero realizzare degli scivolamenti piani in corrispondenza dei piani appartenenti al sistema K2 per angoli di circa 70° . Questi angoli possono però essere considerati adeguati e rappresentativi di situazioni stabili in relazione al carattere provvisorio dei fronti di scavo in esame.

7.2 verifiche allo scivolamento a cunei

Con riferimento alla Figura 4 è di seguito analizzato il fenomeno dello scivolamento di cunei instabili.

Per quanto riguarda il fronte di scavo principale di direzione E-W (fronte lato monte) si possono realizzare due cunei instabili dovuti alle intersezioni dei sistemi K1-K2 e K1-K3. Entrambi questi cunei sono potenzialmente probabili in quanto dovuti ad intersezioni del sistema K1 che si presenta come il più frequente e persistente.

Il cuneo K1-K2 presenta un angolo limite di circa 30° - 35° , mentre il cuneo K1-K3 presenta un angolo limite di circa 55° - 60° .

Il fronte in questione andrebbe quindi ritagliato su angoli di circa 60° . Non essendo questo possibile, in quanto è previsto uno scavo sub-verticale, i cunei che generano i cinematismi instabili in esame (ove presenti), andranno adeguatamente chiodati (vedi anche paragrafo 8.2).

Per quanto riguarda i fronti laterali si realizzeranno dei cunei instabili per angoli limite di circa 50° - 60° , tali da determinare o una profilatura del pendio di circa questi angoli o, qualora si reputasse necessario in fase esecutiva, un'adeguata chiodatura dei cunei che si reputeranno in condizioni precarie.





8.2 Stabilità dei fronti scavo e modalità di esecuzione degli scavi

In considerazione della situazione stratigrafico-geotecnica rilevata nel sito in esame caratterizzata da un andamento del substrato roccioso a pseudo gradoni come conseguenza della presenza di un'antica cava in questa zona, si dovrà adottare una metodologia di scavo e contenimento legata, sia alla situazione stratigrafica, che alla situazione geostatica al contorno (presenza di scarpate, edifici in prossimità, ecc.).

In particolare il primo tratto degli scavi in progetto interesserà spessori variabili di materiale di riporto (vedi Tavola 3 e Figura 2) al di sotto del quale, dopo uno spessore di circa 2 m di roccia alterata, è presente il substrato litoide di caratteristiche geomeccaniche da discrete a buone.

Facendo riferimento ai fronti di scavo si presentano le seguenti situazioni:

Il fronte principale di monte (fronte meridionale) intercetta uno spessore di materiale di riporto di circa 5-7 m e poi entra nella roccia e la intercetta per uno spessore di 30-35 m.

Il fronte di valle (fronte settentrionale) intercetta uno spessore di circa 8 m di riporto e poi si approfondisce per ulteriori 6 m in roccia.

Il fronte laterale orientale presenta spessori variabili di riporto, in particolare la porzione centro meridionale presenta spessori di riporto variabili da 10 a 14 m (vedi Figura 2), mentre il tratto centro settentrionale intercetta spessori di riporto pari a 7-10 m.

Il fronte laterale occidentale è invece caratterizzato da spessori di riporto continui e pari a circa 8-10 m.

8.2.1 scavo nei materiali di riporto

Gli scavi nelle porzioni in materiali di riporto, con scadenti caratteristiche geotecniche andranno realizzati mediante la posa in opera di una paratia di micropali tirantata tipo "berlinese", abbinata a rete e spritz beton.

Questa soluzione permetterà di eseguire scavi subverticali non determinando





quindi ingombri eccessivi nel sito in esame in relazione anche alla presenza di altre strutture e, sul fronte meridionale, del versante roccioso alla cui sommità è localizzato il museo.

Le paratie andranno incastrate nel substrato roccioso per una profondità di almeno 3 metri necessari anche per coprire e superare la porzione di materiale roccioso alterato corticale.

Tutte le paratie dovranno essere dotate di tubi di drenaggio al contatto tra roccia e terreni di copertura per permettere la fuoriuscita delle acque di filtrazione meteorica circolanti su questa interfaccia.

I flussi idrici andranno successivamente raccolti e allontanati dallo scavo.

Per il calcolo delle opere di contenimento e delle spinte agenti sulle paratie (tiranti) il progettista potrà fare riferimento ai parametri geologici e geomeccanici riportati al cap. 6.

Nei casi in cui invece la situazione al contorno lo permetta (come ad esempio nel settore nord ed in quello ovest ove non sono presenti edifici in prossimità dello scavo) non sarà necessario porre in opera la paratia berlinese realizzando invece profili di scavo rispondenti alle indicazioni di seguito riportate.

8.2.1.2 Stabilità degli scavi nei materiali di riporto non adiacenti a edifici o sovraccarichi

Per la realizzazione degli scavi nei riporti, in particolare in corrispondenza del fronte lato vallo e del fronte laterale occidentale, i progettisti potranno scegliere se realizzare una paratia di micropali tirantati, oppure se realizzare una scarpata con una pendenza adeguata alle caratteristiche geotecniche del materiale di riporto. Naturalmente i fronti in oggetto dovranno avere carattere provvisorio e andranno eseguiti ove gli ingombri lo permetteranno ed ove non vi sia interazione con opere esistenti o con sovraccarichi agenti nelle strette vicinanze.

In base alle prescrizioni del D.M. 11.03.88, per scarpate sia naturali che artificiali, il coefficiente di sicurezza F per garantire la stabilità degli scavi in fase





provvisoria non deve essere inferiore a 1.2.

Alla stabilità dello scavo a breve termine contribuisce, oltre all'angolo di attrito proprio del terreno, anche alla coesione apparente fornita dalla presenza, di materiali limo-argillosi nella matrice del deposito e dalle forze di natura superficiali (tensioni capillari, fenomeni di *aging*, ecc.) cui può essere assegnato un valore $C' = 8$ KPa e un coefficiente di angolo di attrito medio su tutta l'altezza $\phi = 26^\circ$.

Tenendo conto di tale contributo, utilizzando il diagramma di HOECK e BRAY senza filtrazione alla base (schema 1 di seguito riportato), con i parametri fisico meccanici precedentemente indicati, adottando un coefficiente di sicurezza pari a $F = 1.20$, si ricavano i seguenti angoli di profilatura per l'altezza prevista:

$$\frac{\tan \phi}{F} = \frac{0.48}{1.20} = 0.41$$

per un'altezza di scavo di 8 m:

$$\frac{C}{Y \cdot H \cdot \tan \phi} = \frac{0.8}{1.50 \cdot 8 \cdot 0.48} = 0.13$$

Da questi valori, facendo riferimento al grafico di HOECK e BRAY si ricava un angolo di profilatura $\beta = 42^\circ$.



in ragione dei possibili cinematismi evidenziati al cap. 7.1 e 7.2.

In alternativa allo scavo con esplosivo, il cui utilizzo è da considerarsi delicato in ragione della presenza di edifici al contorno, lo scavo in roccia potrà essere effettuato, ove la roccia si presenti più massiva, utilizzando la tagliatrice a braccio meccanico o il filo diamantato. Questa soluzione consentirebbe l'estrazione di blocchi che potrebbero avere un buon collocamento nell'industria delle pietre lapidee ornamentali considerando che questa arenaria è la roccia con cui è stata realizzata la parte storica della città di Bergamo.

Dal punto di vista della stabilità degli scavi in roccia non sono presenti situazioni che richiedano interventi molto complessi in quanto l'ammasso roccioso presenta buone caratteristiche geomeccaniche e il giunto di strato, nello scavo di maggiore altezza sul fronte meridionale, immerge a reggipoggio inclinato rispetto al taglio, favorendo quindi la stabilità di questo fronte ed anche dei due laterali.

Diversa invece è la situazione sul fronte nord ove la giacitura è a franappoggio, ma lo scavo previsto è di altezza notevolmente minore.

Nelle porzioni di roccia in cui i sistemi di discontinuità principali daranno luogo a situazioni con cinematismi possibili (vedi cap. 7.1 e 7.2) si suggerisce di chiodare sistematicamente le pareti con chiodi di lunghezza pari a 4 m, localmente di 6 m in prossimità delle fasce cataclastiche o a minor resistenza geomeccanica (vedi Tavola 3 fasce di colore rosato).

I chiodi dovranno essere alternativamente orizzontali o inclinati di circa 45°-50° dalla verticale. L'inclinazione dei chiodi è stata determinata sulla base delle geometrie instabili definite dalle verifiche cinematiche condotte (vedi Capitolo 7).

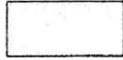
In particolare i chiodi inclinati a 45° sosterranno i cunei generati dal sistema K1, mentre i chiodi suborizzontale andranno a sanare porzioni alterate o instabili generate dal giunto di strato.

Il numero e la disposizione dei chiodi sarà definita in maniera compiuta in fase esecutiva sulla base del rilievo geomeccanico del fronte di scavo. A tal fine un geologo esperto di tali problematiche dovrà seguire, in cantiere, tutte le fasi di scavo e di realizzazione delle opere di contenimento. Si prevede in via del tutto indicativa che gli interventi di chiodatura secondo le modalità sopra indicate interesseranno circa il 50% delle superfici di scavo in roccia.

Data l'elevata altezza del fronte di scavo in roccia, sia per garantire la



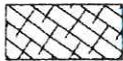
LEGENDA:



RIPORTO



COPERTURA COLLUVIALE



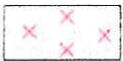
AMMASSO ROCCIOSO SCADENTE



ARENARIE E ARENARIE/ARGILLITI
appartenenti alla Formazione del Flysch di Bergamo



CONGLOMERATO
appartenente alla Formazione del Flysch di Bergamo



FASCIA CATACLASTICA



LIMITE SUBSTRATO ROCCIOSO-RIPORTO



LIMITE AMMASSO ROCCIOSO SCADENTE



SISTEMA DI DISCONTINUITA' K1



PICCOLA FALDA PRESUNTA



TRACCE SONDAGGI (V= verticali, O=orizzontali)



PARCHEGGIO PUBBLICO - AREA
"PARCO DELLA ROCCA
EX FAUNISTICO"
CITTA' ALTA DI BERGAMO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

SEZIONI
GEOLOGICHE
LONGITUDINALI

3A

PARCHEGGIO ITALIA SPA

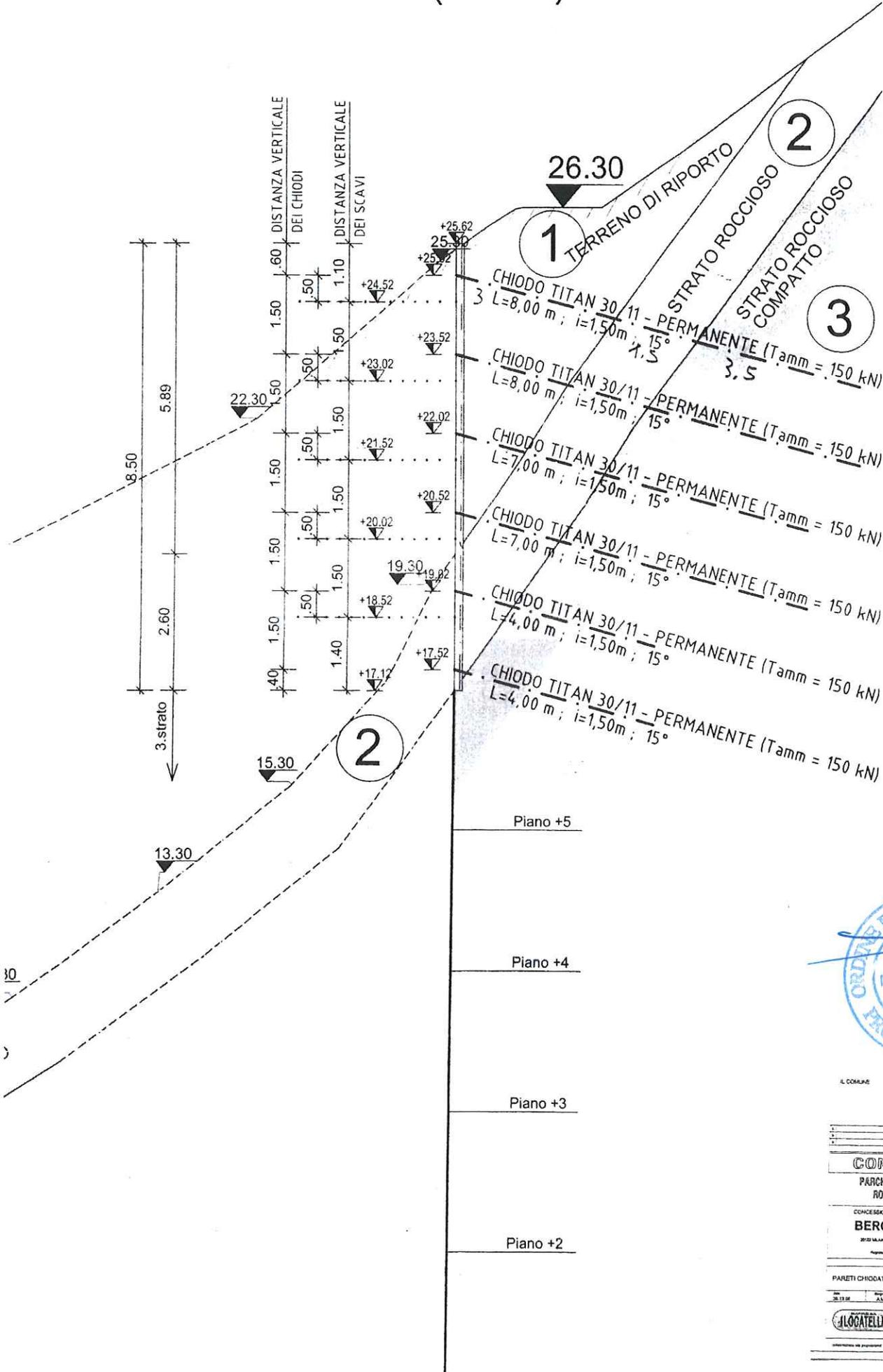
RICEVUTO IL

24 FEB. 2010

Geologia Applicata

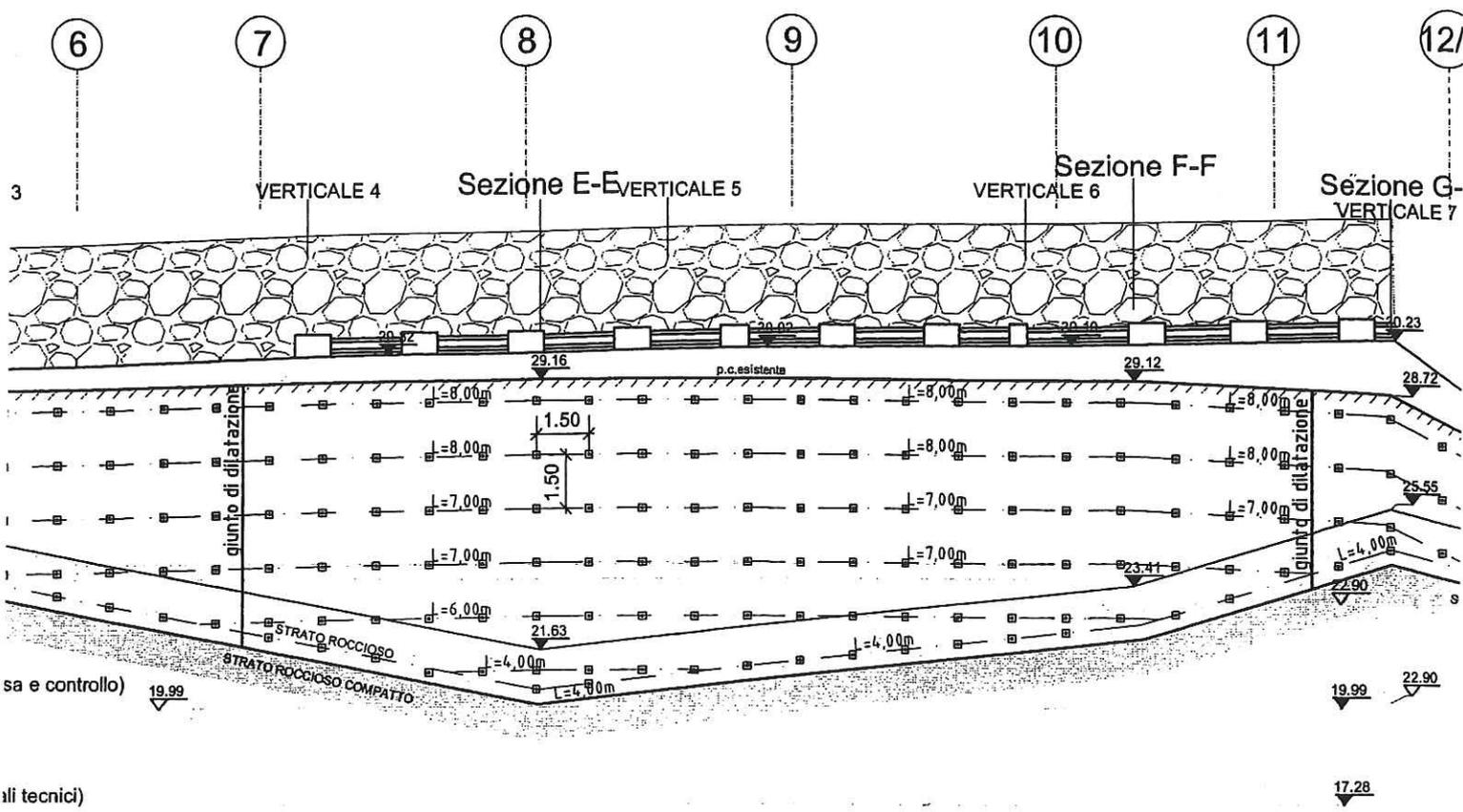
Geologia Applicata S.p.A. - Via ... - Bergamo - Tel. ... - Fax ... - E-mail ...

SEZIONE A-A (1:100)





IL COMUNE	IL CONCESSIONARIO	IL PROGETTISTA
COMUNE DI BERGAMO		
PARCHEGGIO PUBBLICO - AREA PARCO DELLA ROCCA EX FAUNISTICO - CITTA' ALTA		
BERGAMO PARCHeggi S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO		
PARETI CHIODATE - SEZIONI E DETTAGLI		
E.S.4	E.S.4	E.S.4
		



14.03	13.91	14.06	14.21	14.36	14.24
11.36	11.24	11.39	11.54	11.69	11.57
8.69	8.57	8.72	8.87	9.02	8.90
6.02	5.90	6.05	6.20	6.35	6.23
3.35	3.23	3.38	3.53	3.68	3.56
0.68	0.56	0.71	0.86	1.01	0.89
-1.99	-2.11	-1.96	-1.81	-1.6	
-4.66	-4.78	-4.63	-4.48	-4.3	

RECEVUTO IL: 12 FEB 2009

I. COMUNE
 II. CONCESSIONARIO
 III. PROGETTISTA

COMUNE DI BERGAMO
 PARCHEGGIO PUBBLICO - AREA "PARCO DELLA
 ROCCA EX FAUHIUSTICO" - CITTA' ALTA

BERGAMO PARCHEGGI S.p.A.

PROGETTO ESECUTIVO
 PARETI CHIODATE - SVILUPPO
 CARTA DELLE ISOPSE DEL SUBSTRATO ROCCIOSO

STUDIO DI PROGETTAZIONE DR. ING. ANDREA SALLER

IL DIRETTORE OPERATIVO

RICEVUTO IL:

18 FEB. 2009

IL GEOLOGO

L'IMPRESA

IL PROGETTISTA

c			
b			
a			
	variazione	data	disegn.

COMUNE DI BERGAMO

PARCHEGGIO PUBBLICO - AREA "PARCO DELLA ROCCA EX FAUNISTICO" - CITTA' ALTA

CONCESSIONARIA: ai sensi art. 37/bis - Legge 11 febbraio 1994 n.109

BERGAMO PARCHEGGI S.p.A.

20122 MILANO - VIA CALDERON DE LA BARCA 2 - TEL. +39 02.58328244 - Fax +39 02.58328221

Capitale Sociale Euro 600.000.00 interamente versato

Registro delle Imprese di Milano - Codice Fiscale e P.Iva 03273900963 -R.E.A: Milano nr. 1662522

PROGETTO ESECUTIVO

FASI DI REALIZZAZIONE DEL PARCHEGGIO E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



elaborato

E.S08

data
16.02.09

disegnato
S.Vanzo

file
705-ES08.dwg

controllato
A.S.

progetto nr.
705-09



Locatelli Geom. Gabriele Spa
via Europa 23 - 24064 Grumello del Monte (BG)



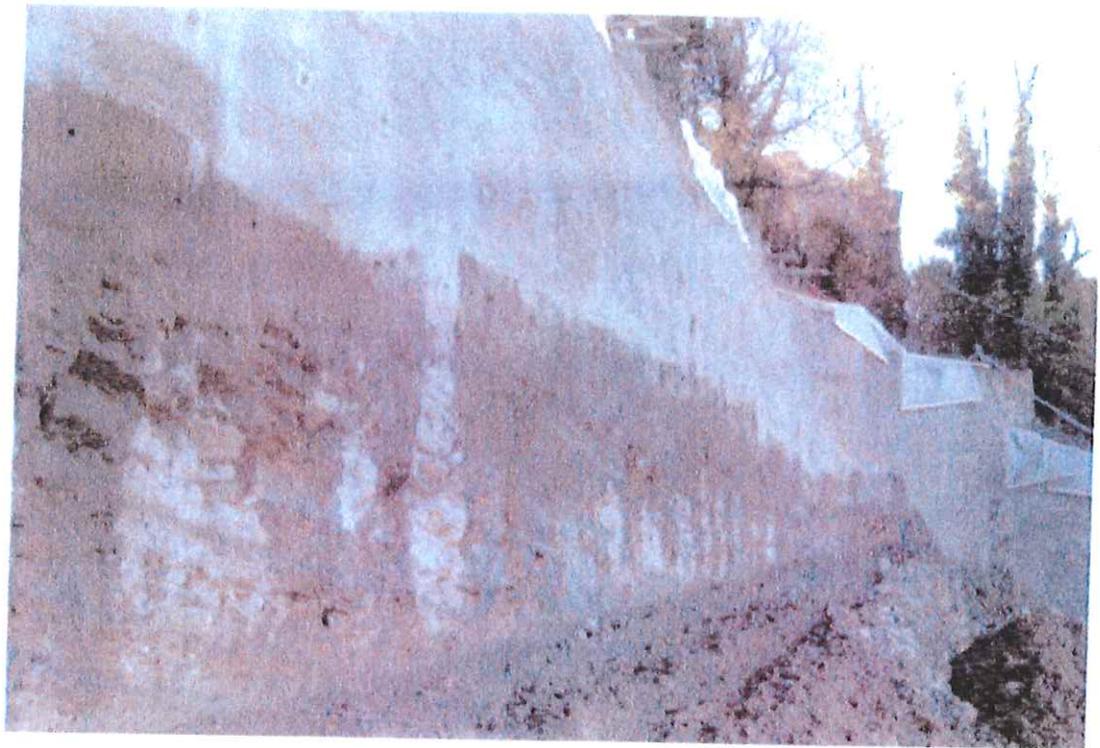
RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Comune di Bergamo
Piazza Matteotti, 27 - 24122 Bergamo

ARCH. LUCIANO LOCATELLI
e-mail: llocatelli@comune.bg.it - Tel. 035-399309

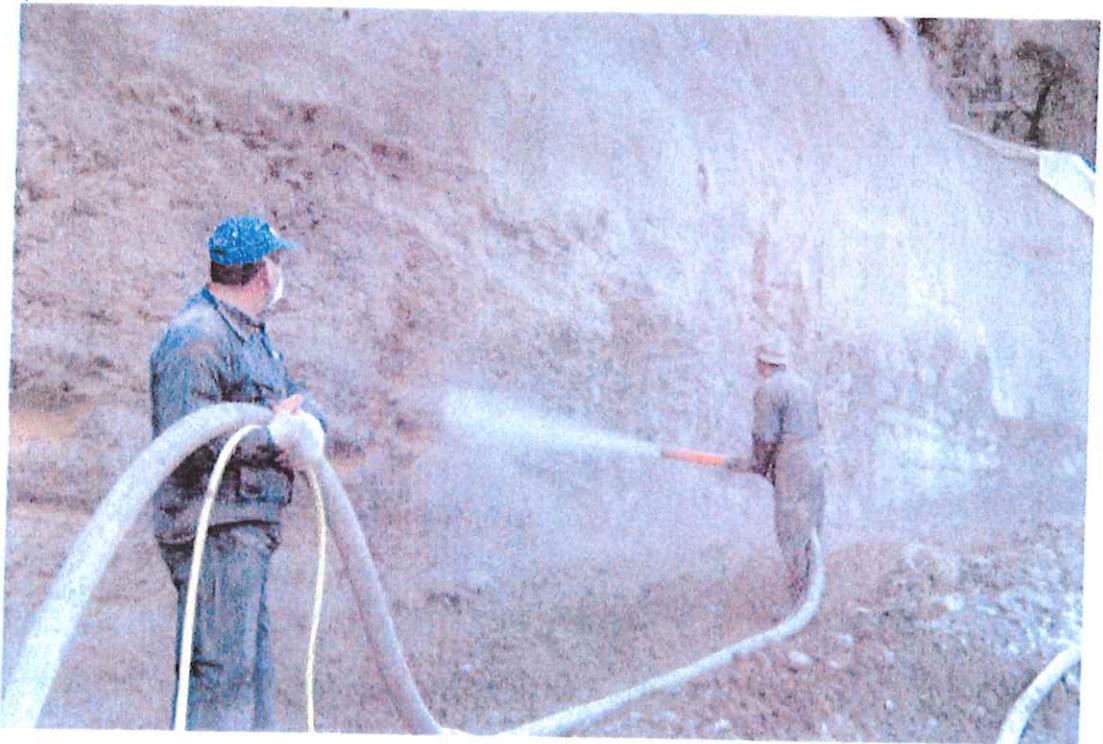
collaborazione alla progettazione:

STUDIO DI PROGETTAZIONE DR.ING. ANDREA SAILER

I-39100 BOLZANO, PIAZZA DELLA VITTORIA 3 Tel. 0471 932632 Fax: 0471 932691 E-mail: info@asailer.it



17-11-08 - FRONTE SUD
TAGLIO IN ROCCIA CON MARTELLONE



20-11-08 - FRONTE SUD
PULIZIA DELLA ROCCIA PRIMA DELL'ESECUZIONE DEL RIVESTIMENTO
ANTIINFORTUNISTICO NON STRUTTURALE IN SPRITZBETON $s=2\text{cm}$

data	progetto	disegnato	file	elaborato
16.02.09	705-09	S.Vanzo	705-ES08.dwg	E.S08/7
BERGAMO PARCHEGGI PARCHEGGIO PARCO DELLA ROCCA - BERGAMO ALTA				
FASI DI REALIZZAZIONE				
4. SCAVO IN ROCCIA CON MARTELLONE E RIVESTIMENTO CON SPRITZBETON $S=2\text{cm}$ ANTIINFORTUNISTICO				
SEZIONE 1-1 TRA ASSI 6 E 7 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA				
STUDIO DI PROGETTAZIONE DR.ING. ANDREA SAILER 1-39100 BOLZANO PIAZZA DELLA VITTORIA 3 Tel 0471 932632 Fax 0471 932691 E-mail info@assailer.it				



PIEDE MURA
DELLA ROCCA



30-12-08 - FRONTE SUD
FRANAMENTO STRATO ROCCIOSO



30-12-08 - FRONTE SUD
FRANAMENTO STRATO ROCCIOSO

data	progetto	disegnato	file	elaborato
16.02.09	705-09	S.Vanzo	705-ES08.dwg	E.S08/12
BERGAMO PARCHEGGI PARCHEGGIO PARCO DELLA ROCCA - BERGAMO ALTA				
FASI DI REALIZZAZIONE				
6. FRANAMENTO STRATO ROCCIOSO DEL 30-12-08				
SEZIONE 1-1 TRA ASSI 6 E 7 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA				
STUDIO DI PROGETTAZIONE DR.ING. ANDREA SAILER I-39100 BOLZANO PIAZZA DELLA VITTORIA 3 Tel 0471 932632 Fax 0471 932691 E-mail info@sailer.it				

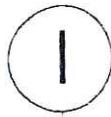




19-12-08 - FRONTE SUD
 SITUAZIONE DAL 12-12-08 AL 30-12-08 DOPO TAGLIO IN ROCCIA CON SEGA E RIMOZIONE ROCCIA - PIANO DI SCAVO A ≈15.50



data	progetto	disegnato	file	elaborato
16.02.09	705-09	S. Vanzo	705-ES08.dwg	E.S08/10
BERGAMO PARCHEGGI PARCHEGGIO PARCO DELLA ROCCA - BERGAMO ALTA				
FASI DI REALIZZAZIONE				
5. TAGLIO ROCCIA COMPATTA CON SEGA				
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA				
STUDIO DI PROGETTAZIONE DR. ING. ANDREA SAILER <small>CONTORELLANDO INIZIO DELLA VITA DI UN'OPERA PER IL FUTURO</small>				



PARETE CHIODATA
cls Rck 25N/nm² smin=15cm

29.20 29.60

38.00

terreno sciolto
profilo substrato roccioso distaccato
profilo roccia compatta

ZIO SCAVO IN ROCCIA
CON MARTELLONE 25.20

ARRENO
ENTE

NE PARETE CHIODATA 21.95

STIMENTO ANTIINFORTUNISTICO
I STRUTTURALE IN SPRITZBETON
s=2cm

INIZIO TAGLIO IN
ROCCIA CON SEGA ≈18.50

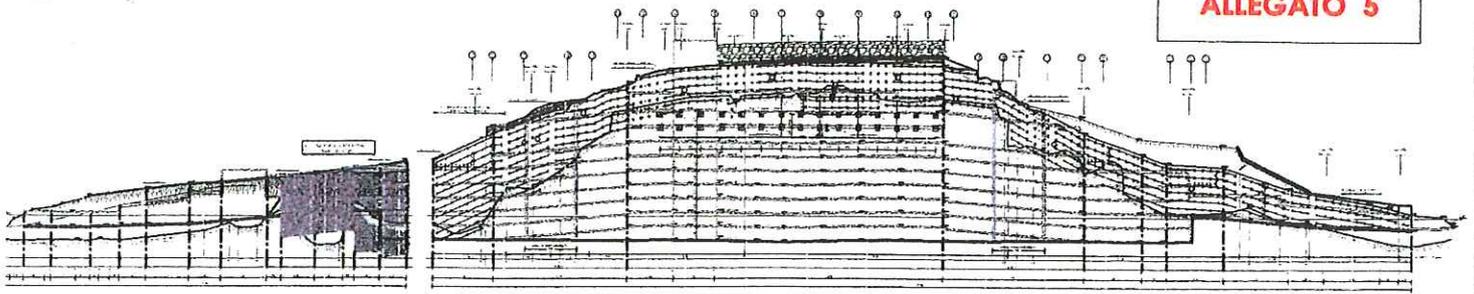
PARTE FRANATA IL
30-10-08 ORE 10.00

TAGLIO IN ROCCIA CON SEGA

PIANO DI LAVORO
AL 30-12-08



SEZIONE 1-1
TRA ASSI 6 E 7
1:100



SVILUPPO DELLA PARETE CHIODATA, DELLE PARATIE IN MICROPALI, DELLE SCARPATE E DELLO SCAVO IN ROCCIA

RICEVUTO IL:

L'IMPRESA

06 FEB. 2009

IL PROGETTISTA

d	variante micropali tra l' e G - chiodi al 09.12.08 - chiodature tra l e sezione H-H - 30 tiranti 90 t da T1 a T30	18.12.08	S.Vanzo
c	integrazioni a seguito modifiche del 26.11.08	27.11.08	M.Fachinat
b	variante quote roccia secondo sondaggi al 24.11.08 - inserimento planimetria da E.PA11	24.11.08	S.Vanzo
a	indicazioni generali	10.02.06	M.D.
	variazione	data	disegn.

COMUNE DI BERGAMO

PARCHEGGIO PUBBLICO - AREA "PARCO DELLA
ROCCA EX FAUNISTICO" - CITTA' ALTA

CONCESSIONARIA: ai sensi art. 37/bis - Legge 11 febbraio 1994 n.109

BERGAMO PARCHEGGI S.p.A.

20122 MILANO - VIA CALDERON DE LA BARCA 2 - TEL. +39 02.58328244 - Fax +39 02.58328221

Capitale Sociale Euro 600.000.00 interamente versato

Registro delle Imprese di Milano - Codice Fiscale e P.Iva 03273900963 -R.E.A: Milano nr. 1662522

PROGETTO ESECUTIVO

PARETI CHIODATE
SVILUPPO CARTA DELLE ISOIPSE DEL SUBSTRATO ROCCIOSO



scala

1:200
1:100
1:20

elaborato

E.S03d

data
09.12.05

disegnato
Studio Ing. A. Mair

file
639-ES03d.dwg

controllato
A.S.

progetto nr.
639-02

PROGETTAZIONE INTEGRALE
SOA VIII - Art. 18 c.7, DPR 34/00

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Comune di Bergamo
Piazza Matteotti, 27 - 24122 Bergamo

ARCH. LUCIANO LOCATELLI
e-mail: locatelli@comune.bg.it - Tel. 035-399309



Locatelli Geom. Gabriele Spa
via Europa 23 - 24064 Grumello del Monte (BG)

collaborazione alla progettazione:

STUDIO DI PROGETTAZIONE DR.ING. ANDREA SAILER

I-39100 BOLZANO, PIAZZA DELLA VITTORIA 3 Tel. 0471 932632 Fax: 0471 932691 E-mail: info@sailer.it



RICEVUTO IL: 8 FEB 2000
L'IMPRESA: BERGAMO PARCHEGGI S.p.A. IL PROGETTISTA:

COMUNE DI BERGAMO
PARCHEGGIO PUBBLICO - AREA "PARCO DELLA ROCCA EX FAURISTICO" - CITTA' ALTA

CONCESSIONARIA: BERGAMO PARCHEGGI S.p.A.
 SPEDIZIONE IN A.B. CON SEDE IN BERGAMO - VIA S. GIUSEPPE - 24121 BERGAMO (BG) - TEL. 030/2100000 - FAX 030/2100000

PROGETTO ESECUTIVO

PARTE CHIOGATE
 SVILUPPO CARTA DELLE ISOPSE DEL SUBSTRATO ROCCIOSO

Autore: **ING. ANDREA SALTER**
 Progetto: **ING. ANDREA SALTER**
 Scala: **1:100**
 Data: **1999**
 Foglio: **E.S03d**

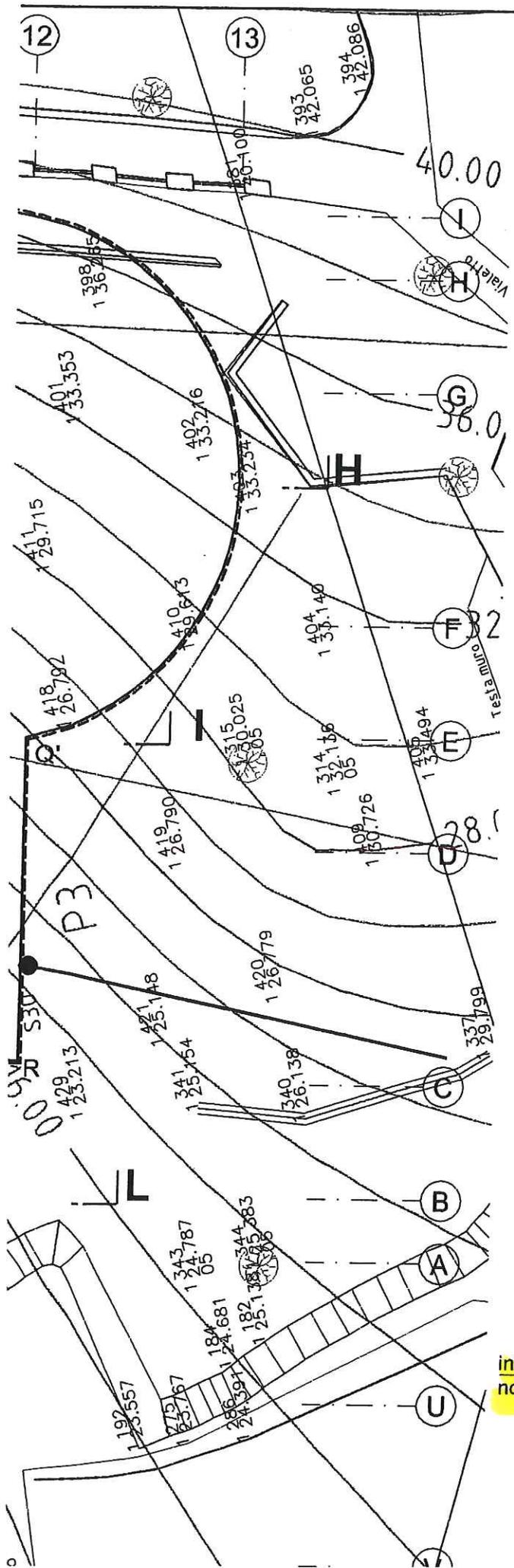
RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
 Ing. **ANDREA SALTER**
 Via **LEONARDO DA VINCI, 10** - 24121 BERGAMO (BG) - TEL. 030/2100000 - FAX 030/2100000

STUDIO DI PROGETTAZIONE DEL ING. ANDREA SALTER
 VIA S. GIUSEPPE, 24121 BERGAMO (BG) - TEL. 030/2100000 - FAX 030/2100000

7.80
 P
 44.075

LEGENDA

-  FILO INTERNO DI TRACCIAMENTO
PARETE CHIODATA
-  BORDO INTERNO
PARETE CHIODATA
-  BORDO INTERNO PARETE
CHIODATA COINCIDENTE CON FILO
INTERNO DI TRACCIAMENTO
-  INGOMBRO INTERNO
PARCHEGGIO LATO SINISTRO



RICEVUTO IL: 8 FEB. 2009

L'IMPRESA: IL PROGETTISTA:

1. Progettazione	2. Direzione	3. Esecuzione
4. Controllo	5. Direzione	6. Esecuzione

COMUNE DI BERGAMO
PARCHEGGIO PUBBLICO - AREA 'PARCO DELLA ROCCA EX FAUNISTICO' - CITTA' ALTA

BERGAMO PARCHEGGI S.p.A.
 CONCESSIONARIA: in via S. Pietro - Largo S. Felice 120 - 24126 Bergamo
 24126 Bergamo - Via Caldera di S. Felice 120 - 24126 Bergamo - Tel. 030 24126000 - Fax 030 24126000
 Capitale Sociale Euro 80.000.000 interamente versato
 Registro delle Imprese di Bergamo - Codice Fiscale 01709220165 - A.S. 01/08/2009

PROGETTO ESECUTIVO

PARETI CHIODATE
 SVILUPPO CARTA DELLE ISOPESE DEL SUBSTRATO ROCCIOSO

PROGETTO ESECUTIVO
 1:200
 1:500
 1:1000

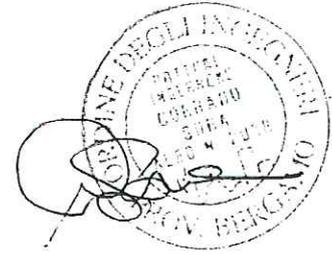
PROGETTO ESECUTIVO
 E. S03d

PROGETTO ESECUTIVO
 LOCALITÀ: GAZZO, CANTIERE SPA
 AUTORE: ANDREA LUCATIELLO
 DATA: 08/02/2009

STUDIO DI PROGETTAZIONE OLIVIO ANDREA SALTER
 Via S. Felice 120 - 24126 Bergamo - Tel. 030 24126000 - Fax 030 24126000



SCHEMA TRACCIAMENTO
 PARETI CHIODATE 1:20



2/2/09

IL COMUNE

IL CONCESSIONARIO

IL PROGETTISTA

BERGAMO PARCHEGGI S.p.A.
 JOHANN EISENLEDER

DELLA
 Dott. Ing. ARCH. LUCIANO
 ING. ENRIKE KAMMER
 VER PROVINZ BERGAMO

c			
b			
a			
	variazione	data	disegn.

COMUNE DI BERGAMO

PARCHEGGIO PUBBLICO - AREA "PARCO DELLA ROCCA EX FAUNISTICO" - CITTA' ALTA

CONCESSIONARIA: ai sensi art. 37/bis - Legge 11 febbraio 1994 n.109

BERGAMO PARCHEGGI S.p.A.

20122 MILANO - VIA CALDERON DE LA BARCA 2 - TEL. +39 02.58328244 - Fax +39 02.58328221

Capitale Sociale Euro 600.000.00 interamente versato

Registro delle Imprese di Milano - Codice Fiscale e P.Iva 03273900963 -R.E.A: Milano nr. 1662522

PROGETTO ESECUTIVO



RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE: PARETI CHIODATE

elaborato

E.S 01

data 09.12.05	disegnato A.O.	file 639-E.S 01	controllato A.S.	progetto nr. 639-02
------------------	-------------------	--------------------	---------------------	------------------------



PROGETTAZIONE INTEGRALE
 SOA VIII - Art. 18 c.7, DPR 34/00
 Locatelli Geom. Gabriele Spa
 via Europa 23 - 24064 Grumello del Monte (BG)



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
 Comune di Bergamo
 Piazza Matteotti, 27 - 24122 Bergamo
ARCH. LUCIANO LOCATELLI
 e-mail: locatelli@comune.bg.it - Tel. 035-399309

collaborazione alla progettazione:

STUDIO DI PROGETTAZIONE DR.ING. ANDREA SAILER

I-39100 BOLZANO, VIA A.DURER 18 Tel. 0471 932632 Fax: 0471 932691 E-mail: asailer@tin.it

DAL CD calcolato da un'.

 <p>iPlan GmbH INGENIEUR- & PLANUNGSBÜRO STUDIO D'INGEGNERIA & PROGETTAZIONE</p>	„Parcheggio” Bergamo	
	Pro 05-67	pag. 141

4 Verifiche di dettaglio

4.1 Verifica della parete di Spritzbeton

4.1.1 Verifica dei momenti flettenti

Stato limite ultimo
Verifica a flessione

Pos	momento massimale sopra gli appoggi
-----	-------------------------------------

sollecitazioni:

$m_k =$	10	kNm/m	momento dal calcolo geotecnico
$a =$	0,8		fattore di riduzione
$\gamma_F =$	1,4		fattore di sicurezza
$m_{Sd} =$	11,2	kNm/m	
Geometria:	$b =$	100	cm larghezza zona compressa
	$d =$	9,6	cm altezza statica
Festigkeitskennwerte:	$f_{cd} =$	15,6	N/mm ²
	$f_{yd} =$	373,9	N/mm ²

Dimensionamento

$$\mu_{Sd} = \frac{m_{Sd} [\text{kNm/m}] * 1000}{b [1\text{m}] * d^2 [\text{mm}]^2 * f_{cd} [\text{N/mm}^2]} = 0,0778$$

μ_{Sd}	ω	$\xi = x/d$	$\zeta = z/d$	$\epsilon_{c2} [\%]$	$\epsilon_{s1} [\%]$	$\sigma_{Sd} [\text{N/mm}^2]$
0,0778	0,0818	0,119	0,951	-3,5	25,9	373,9

armatura necessaria:

$$\text{erf } a_s = \omega * b [\text{cm}] * d [\text{cm}] * \frac{f_{cd}}{\sigma_{Sd}} = 3,28 \text{ cm}^2/\text{m}$$

armatura minima:

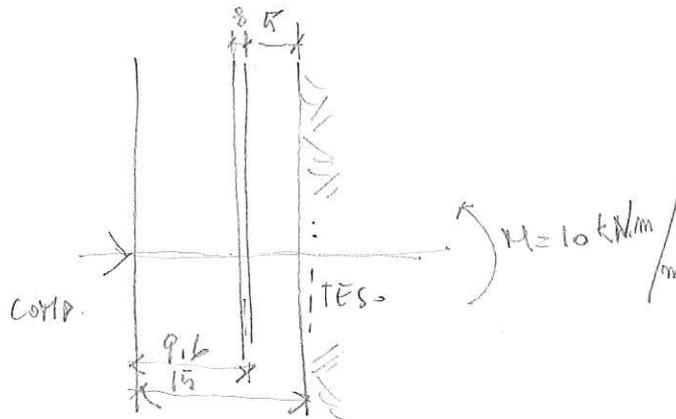
$$\text{min } a_s = \text{Max} \left[\begin{array}{l} 0,6b_t * d / f_{yk} \\ 0,0015 * b_t * d \end{array} \right] = 1,44 \text{ cm}^2/\text{m}$$

armatura scelto:

$$d = 8 \text{ mm} \quad s = 15 \text{ cm} \quad \text{vorh } a_s = 3,35$$

Verifica:

$$\text{vorh } a_s = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m} > 3,28 \text{ cm}^2/\text{m} = \text{erf } a_s$$



Stato limite ultimo
Verifica a flessione

Pos	momento massimale di campata
-----	------------------------------

sollecitazioni:

$m_k =$	4,6	kNm/m	momento dal calcolo geotecnico
$a =$	0,8		fattore di riduzione
$\gamma_F =$	1,4		fattore di sicurezza
$m_{sd} =$	5,2	kNm/m	
$b =$	100	cm	larghezza zona compressa
$d =$	4,6	cm	altezza statica
$f_{cd} =$	15,6	N/mm ²	
$f_{yd} =$	373,9	N/mm ²	

Geometria:

Festigkeitskennwerte:

Dimensionamento

$$\mu_{sd} = \frac{m_{sd} [\text{kNm} / \text{m}] * 1000}{b [1\text{m}] * d^2 [\text{mm}]^2 * f_{cd} [\text{N} / \text{mm}^2]} = 0,1558$$

μ_{sd}	ω	$\xi = x/d$	$\zeta = z/d$	ϵ_{c2} [%o]	ϵ_{s1} [%o]	σ_{sd} [N/mm ²]
0,1558	0,1741	0,253	0,895	-3,5	10,3	373,9

armatura necessaria:

$$\text{erf } a_s = \omega * b [\text{cm}] * d [\text{cm}] * \frac{f_{cd}}{\sigma_{sd}} = 3,35 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

armatura minima:

$$\text{min } a_s = \text{Max} \left[\frac{0,6 b_t * d}{f_{yk}}, \frac{0,0015 * b_t * d}{f_{yk}} \right] = 0,69 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

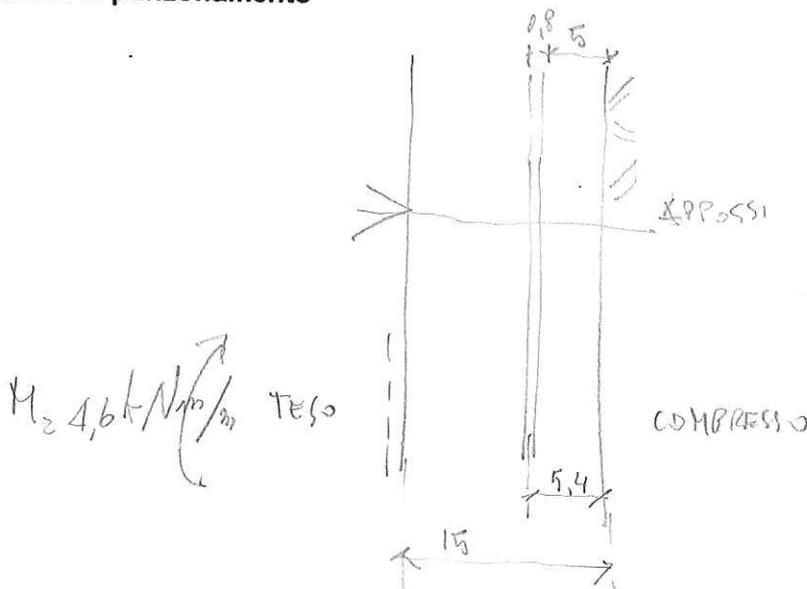
armatura scelto:

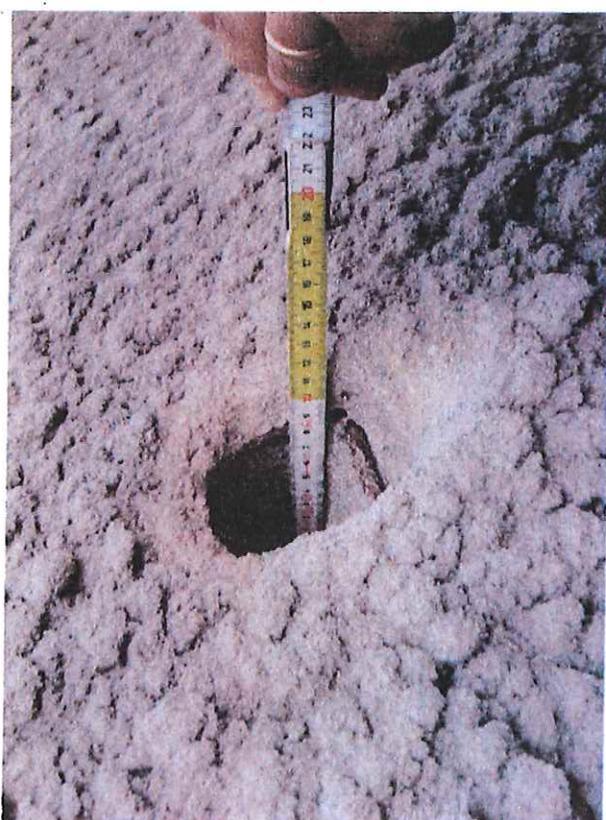
$$d = 8 \text{ mm} \quad s = 15 \text{ cm} \quad \text{vorh } a_s = 3,35$$

Verifica:

$$\text{vorh } a_s = 3,35 \text{ cm}^2 / \text{m} > 3,35 \text{ cm}^2 / \text{m} = \text{erf } a_s$$

4.1.2 Verifica di punzonamento





GEOLOGIA APPLICATA
Studio Associato

Dott. Lorenzo Cadrobbi
Dott. Michele Nobile
Dott. Stefano Paternoster
Dott. Claudio Valle

RICEVUTO IL

11 FEB. 2009

PARCHEGGIO PUBBLICO – AREA “PARCO DELLA
ROCCA EX-FAUNISTICO” – CITTA’ ALTA DI BERGAMO
MESSA IN SICUREZZA DEL CANTIERE

- FASE 1 -

CONFINAMENTO DELLA PARTE ALTA DELLA FRANA

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DI
APPROFONDIMENTO DEL MODELLO FISICO LOCALE**



Committente:

BERGAMO PARCHEGGI S.p.a.

Rel. 1902/2/09



Il fenomeno occorso in seno al fronte scavo esprime le conseguenze di una condizione di superamento della resistenza a taglio/trazione disponibile all'interno di un ammasso roccioso interessato da condizioni di sforzo assiale inattese.

15

La condizione di sforzo assiale di per sé non particolarmente importante, assume rilevanza in relazione alla "snellezza" del settore roccioso sollecitato (rapportabile ad una striscia verticale) e alle risorse disponibili in termini di resistenza a taglio/trazione. La presenza nella zona retrostante il fronte scavo (distanza presunta dell'ordine di 5 m, comunque compresa entro i 10 m di estensione degli estensimetri) di un accertato sistema di discontinuità, evidenziato anche dalla struttura pervasiva messa a nudo dalla deformazione della parte alta del versante, determinava una importante caduta della continuità d'ammasso in direzione orizzontale, più o meno coincidente proprio con la componente di massimo sforzo.

16

In altre parole, l'andamento cinematico del fenomeno si è attuato per un rilassamento al piede di scavo, riguardante una quota parte dell'ammasso roccioso solo apparentemente compatto, che si è "spacchettato" facilmente per la presenza appunto di famiglie di piani di discontinuità alla quota a cui erano stati sino ad allora condotti gli scavi.

17

All'insorgenza di un anomalo decorso deformativo, così come messo in rilievo dall'ingravescenza delle misure di spostamento rilevate dall'impianto di monitoraggio a partire dalla data 02.12.08, e considerata la presenza degli interstrati e dei riempimenti argillosi, si decideva per una robusta azione di confinamento orizzontale attraverso l'applicazione di uno stato di compressione nella zona di piede del fronte scavo ricadente in seno all'ammasso roccioso flyschoidale. La conseguente riqualifica della σ_{min} su valori $\neq 0$ avrebbe riportato l'ammasso in una condizione di maggiore competenza rispetto alla condizione di sforzo deviatorico in essere. Il veloce decadimento della resistenza nella fascia rocciosa massimamente sollecitata, (vedi esito monitoraggio alla data 29.12.08) che si materializzava con i primi distacchi, obbligava all'interruzione dell'operazione di tirantatura al piede per ovvie ragioni di sicurezza. Il giorno successivo e a seguito del completo superamento della resistenza a taglio si verificava una estrusione della zona di piede (figura 11).

No!
Anomalo!



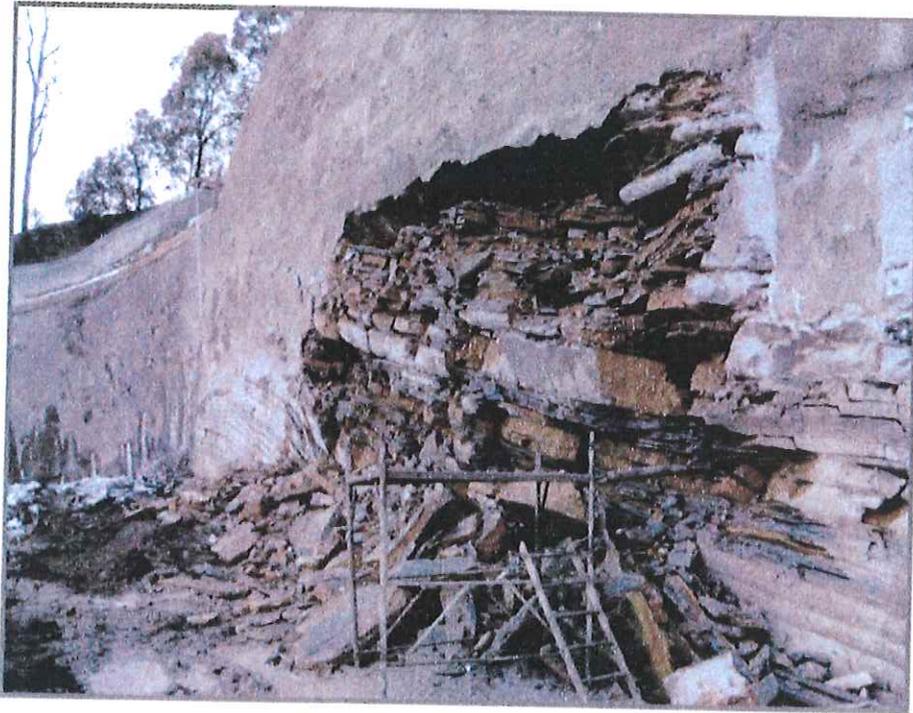


Fig 11- estrusione della zona di piede

La limitata estensione in orizzontale della zona di massima evidenza deformativa era dovuta all'effetto di mitigazione temporale della condizione di plasticizzazione offerta da una bullonatura preventiva dei due ambiti d'ammasso giudicati, durante la fasi di scavo, più scadenti in quanto direttamente interessati da meso-strutture.

Il successivo decorso della deformazione vedeva la rapida propagazione della condizione di rottura dalla zona di piede, maggiormente sollecitata, alle zone sovrastanti con collasso dell'intero ambito centrale di fronte scavo (figure 12-13).

Al fine di contenere lo sviluppo a latere della zona crollata e per supportare l'azione della bullonatura negli ambiti d'ammasso sovrasollecitati ma ancora, seppure deformati, dotati di una qualche forma di aggregazione, si procedeva ad un rapido riconfinamento della zona di piede mediante getti di calcestruzzo, riproponendo, seppure in forma diversa, quella sorta di σ_n già ricercata con la tirantatura interrotta a seguito del rapido decorso della deformazione. L'intervento di riconfinamento al piede determinava infine una rapida risposta del fronte come riportato dagli esiti del monitoraggio.



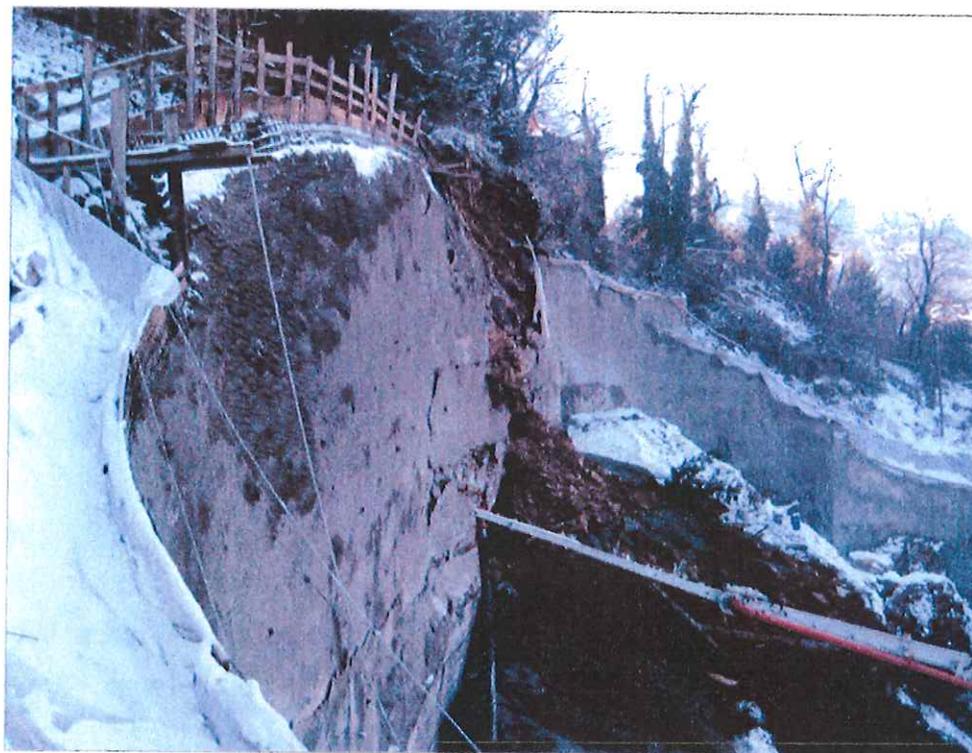


Fig 12- estrusione della zona di piede



Fig 13- settore centrale del fronte scavo collassato a seguito dell'evento del 02.01.09

20

