Tracce scritti?

COMUNE DI BORMIDA
PROVINCIA DI SAVONA
REGIONE LIGURIA

PROGETTO PER LA COLTIVAZIONE DELLA CAVA DI CALCARE DENOMINATA GIAMBRIGNE

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA ALLA RELAZIONE GEOLOGICA – MINERARIA E DI STABILITA'

IL COMMITTENTE: Airone S.a.s.

I TECNICI: Dott. Geologo Gino Piaggi
Dott. Geologo Luca Piaggi

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA — A.P. n. 568 LUCA PIAGGI GEOLOGO

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA — Dott. Geol. GINO PIAGGI A.P. n. 58

- 2010 -

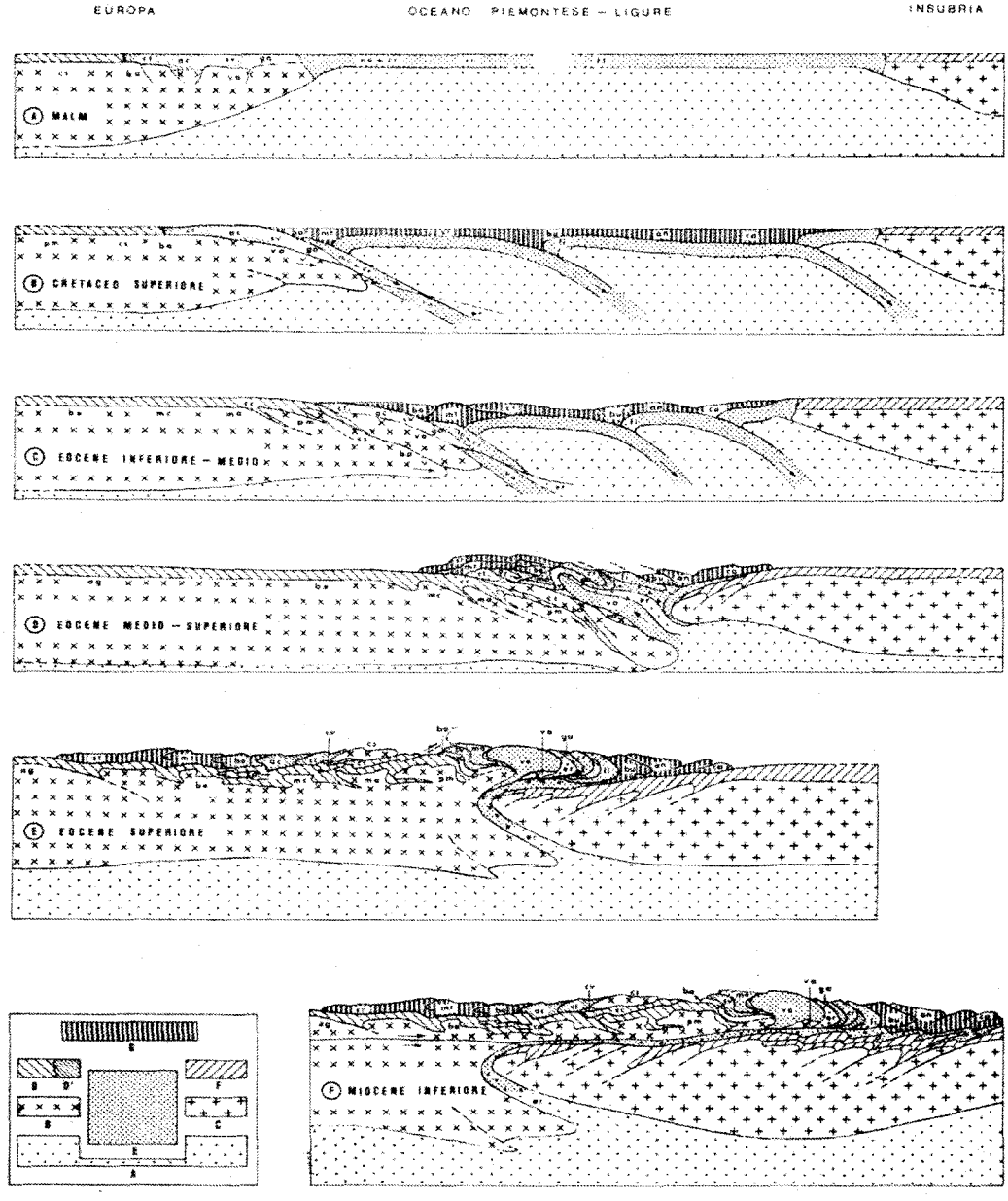
REGIONE LIGURIA Valutazione Impatto Ambientale

STUDIO GEOLOGICO PIAGGI
Via Genova n. 442 -19123 La Spezia
Tel-Fax: 0187 –716658
www.sgeop.com
lucapiaggi@gmail.com
gino.piaggi@fastwebnet.it

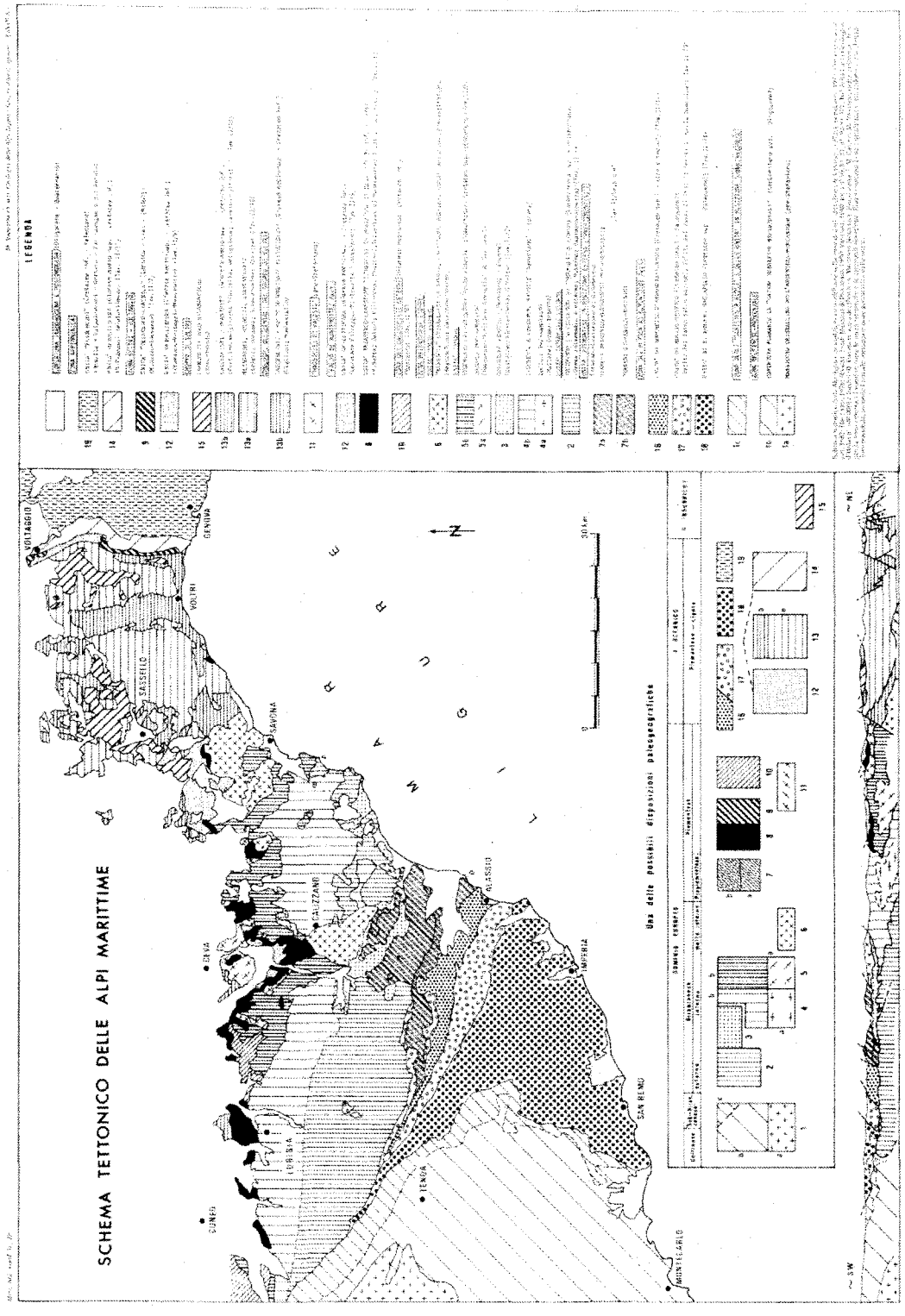
DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

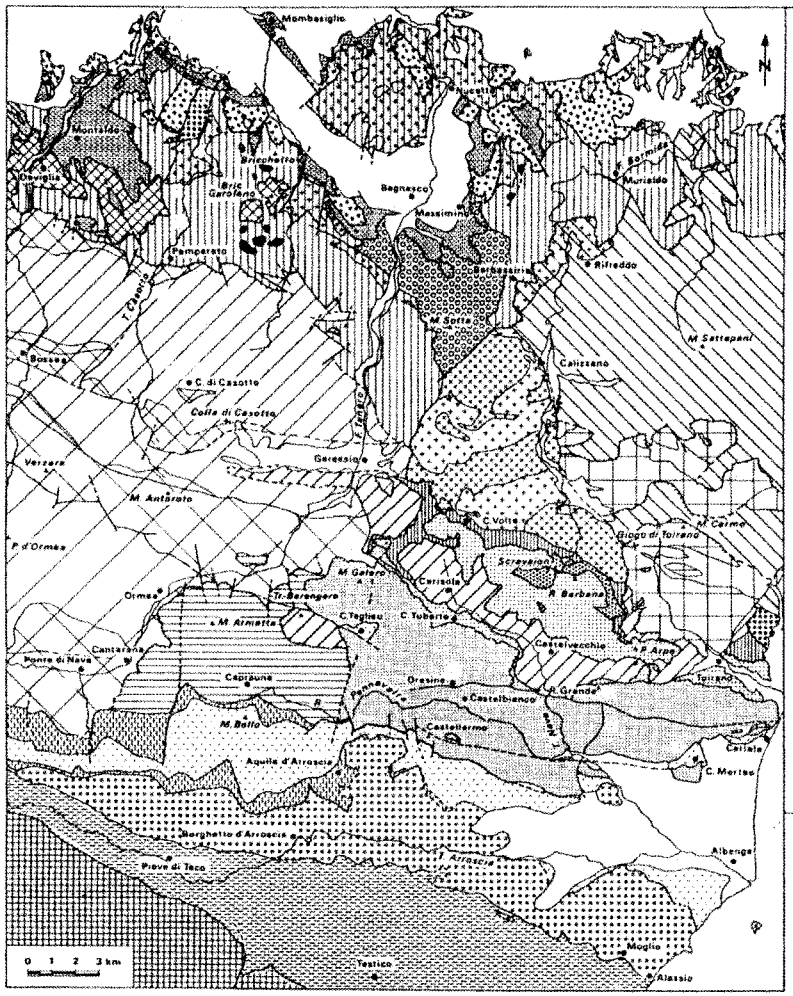
- Schemi geologici – tettonici e paleogeografici:
- Cartografia geologica:
  - carta geologica e geomorfologica d'insieme
  - sezione geologica x-x
  - carta geologica
  - carta idrogeologica
  - carta geomorfologica
  - carta ubicazione prove in situ
- Sezioni geologiche riferite allo stato di progetto
  - sez. 1-1; sez. 2-2 ; sez. 3-3; sez. 4-4; sez. 5-5 ; sez.
  - 6-6 ; sez. 7-7; sez. 8-8 e sez. 9-9
- Analisi petrografiche di laboratorio
- Analisi di laboratorio geotecnico
- Stratigrafia dei carotaggi S1 – S2 – S3 – S4 – S5
- Fotografie dei carotaggi
- Prove penetrometriche dinamiche e grafici di elaborazione
- Cartografia drenaggio profondo delle acque di infiltrazione nei rilevati:
  - planimetria dello stato di sistemazione con i drenaggi
  - sezione di sistemazione 3-3 con riportato i drenaggi
  - sezione tipo del drenaggio profondo
- Verifica di stabilità
  - Analisi del fronte di scavo
  - Analisi del rilevato di ricomposizione ambientale

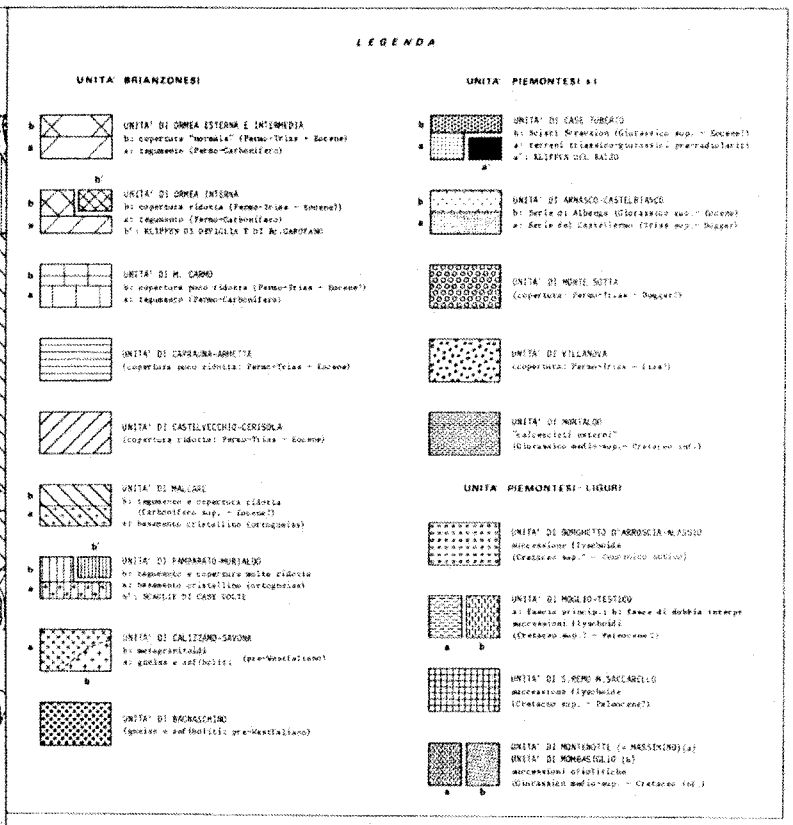
SCHEMI GEOLOGICI - TETTONICI E PALEOGEOGRAFICI



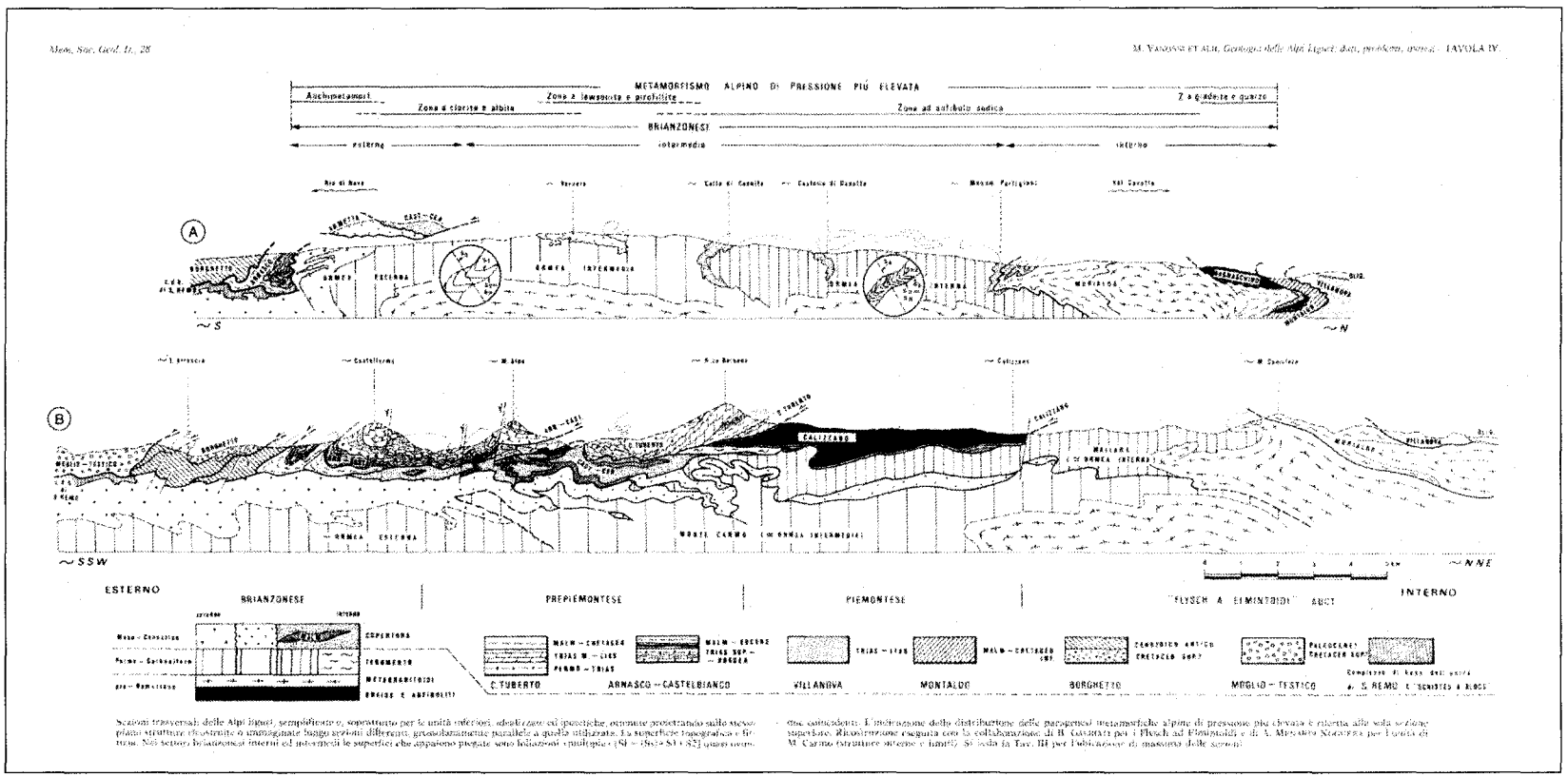
Ipotetica e schematica evoluzione della terrogenesi nelle Alpi liguri. Il settore insubrico è volutamente non dettagliato. Gli spessori delle unità superficiali sono esagerati. Per risparmiare spazio, i vari disegni sono allineati verticalmente, anziché parzialmente spostati l'uno rispetto all'altro verso destra, a mano a mano che si scende nella figura, così come dovrebbe risultare se, in accordo con l'ipotesi presentata in fig. 11, il margine insubrico apparisse sempre all'incirca sulla stessa verticale. Nel riquadro in basso a sinistra: A=mantello; B,C=basamento continentale, rispettivamente europeo ed insubrico; D,D'. F=successioni post-erciniche, rispettivamente delfinesi-brianzonesi, piemontesi s.l. ed insubriche; E=crosta oceanica pre-cenomaniana e parti più superficiali del suo mantello; G=successioni flyschoidi post-albiane. In tutte le sezioni le sigle indicano la posizione approssimativa delle unità tettoniche: ac=Arnasco-Castelbianco; ag=massiccio dell'Argentera e sua copertura; an=Antola; ba=Bagnaschino; be=Brianzonese esterno; bo=Borghetto; bu=Busalla; ca=Cassio; ce=Castelvecchio-Cerisola; cp=Caprauna-Armetta; cr=Cravasco-Voltaggio; cs=Calizzano-Savona; ct=Case Tuberto; cv=Case Volte; er=Erro-Tobbio; fi=Monte Figogna; ga=M. Gazzo-Isoverde; mc=Monte Carmo; mo=Montenotte (s.s.); mt=Moglio-Testico; pm=Pamparato-Murialdo; sr=S. Remo-M. Saccarello; sv=M.Sotta e Villanova; va=Valosio; vo=Voltri.


SCHEMA TETTONICO DELLE ALPI MARITTIME
LEGENDA
Una delle possibili disposizioni paleogeografiche
GENOVA
SAVONA
VOLTRI
SASSELLO
ALBENGA
IMPERIA
SAN REMO
VENTIMIGLIA
TENDA
CUNEO
MONTE CARLO
ALESSIO
CALIZZANO
LIGURIA
PIEMONTE
FRANCIA
MEDITERRANEO
N
~ NW
~ SW





Carta tettonica del settore centrale delle Alpi liguri. Tratta da VANOSSI, 1980 con integrazioni e modifiche desunte da dati editi (BONI & VANOSSI, 1972; CORTESOGNO *et alii*, 1982) e inediti (G. DALLAGIOVANNA: unità di Arnasco-Castelbianco; B.GALBIATI: unità di Arnasco-Castelbianco, di Borghetto e di Moglio-Testico; A. MENARDI NOGUERA: unità di Pamparato-Murialdo, di Mallare, di Castelvecchio-Cerisola e di M. Carmo; M. VANOSSI: unità di Ormea). In bianco: coperture da oligoceniche a quaternarie. Le due sezioni della Tav. IV, benchè largamente idealizzate e composite, possono essere approssimativamente collocate all'incirca lungo le direttrici sub-meridiane di Castello di Casotto-Ponte di Nava (quella superiore) e di Rifreddo-Cerisola (quella inferiore).



Sezioni trasversali delle Alpi Liguri, semplificate e, soprattutto per le unità inferiori, idealizzate ed sintetiche, orientate proiettando sullo stesso piano strutture rilevabili o immaginate lungo sezioni differenti, grossolanamente parallele a quella illustrata. La superficie topografica è fittizia. Nel settore briançonnais interni ed internides le superfici che appaiono piegate sono foliazioni cataclastiche (S4 = S5 = S4 + S2) quasi ovunque coincidenti. L'elaborazione della distribuzione delle paragenesi metamorfiche alpine di pressione più elevata è riferita alla sola sezione superiore. Ricostruzione eseguita con la collaborazione di B. Gattiglio per i Flysch ad Elmintoidi e di A. Mercanti Scarenzi per l'unità di M. Carmo (strutture interne e limiti). Si veda la Tav. III per l'ubicazione di massimo delle sezioni.

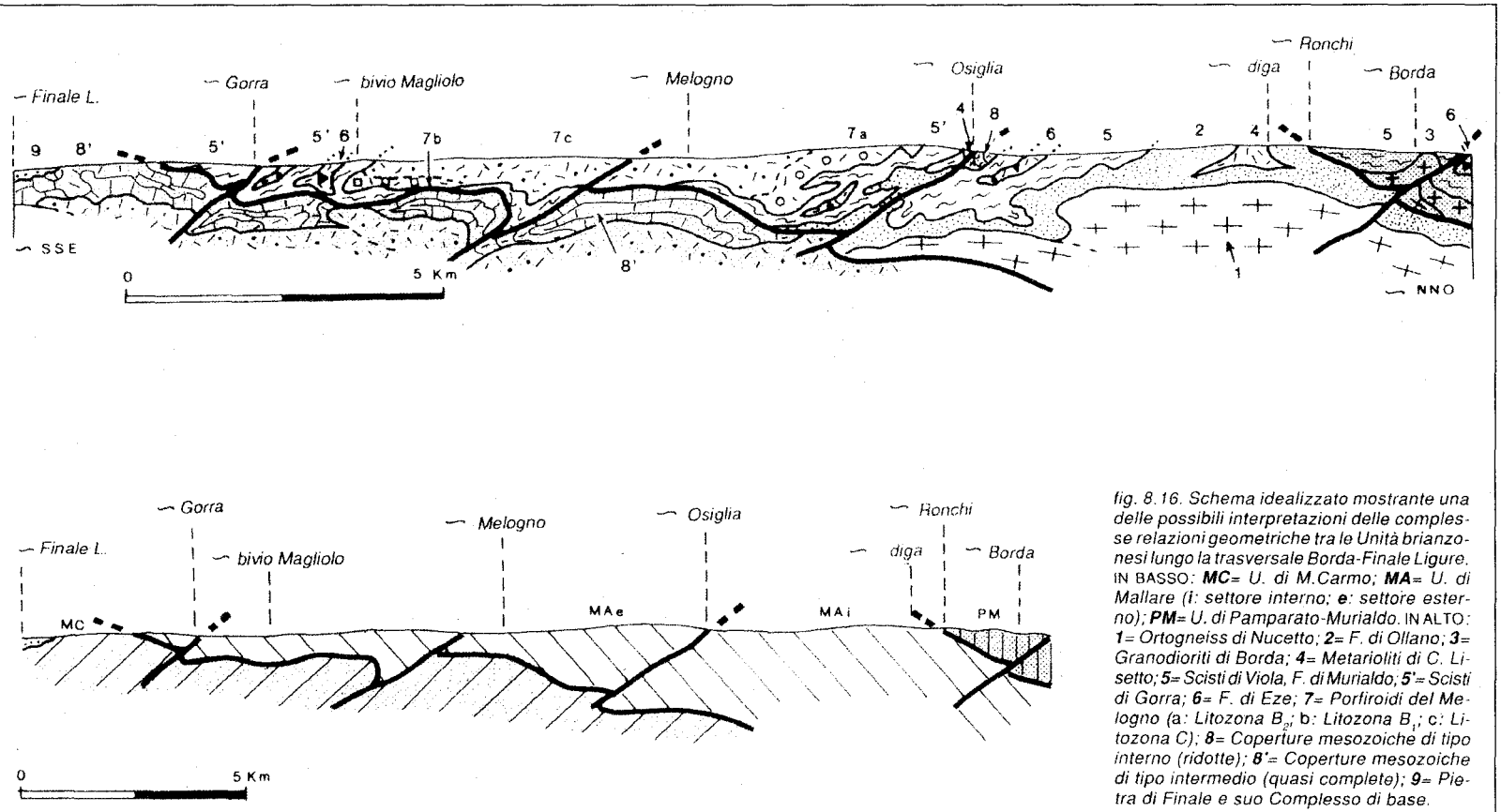


fig. 8.16. Schema idealizzato mostrante una delle possibili interpretazioni delle complesse relazioni geometriche tra le Unità brianzonesi lungo la trasversale Borda-Finale Ligure. IN BASSO: ***MC**= U. di M.Carmo; **MA**= U. di Mallare (**i**: settore interno; **e**: settore esterno); **PM**= U. di Pamparato-Murialdo.* IN ALTO: ***1**= Ortogneiss di Nucetto; **2**= F. di Ollano; **3**= Granodioriti di Borda; **4**= Metarioliti di C. Lisetto; **5**= Scisti di Viola, F. di Murialdo; **5'**= Scisti di Gorra; **6**= F. di Eze; **7**= Porfiroidi del Melogno (a: Litozona B_2; b: Litozona B_1; c: Litozona C); **8**= Coperture mesozoiche di tipo interno (ridotte); **8'**= Coperture mesozoiche di tipo intermedio (quasi complete); **9**= Pietra di Finale e suo Complesso di base.*

BIBLIOGRAFIA

AIROLDI-M.
RILEVAMENTI GEOLOGICI NELLE ALPI LIGURI, BOLLETTINO DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA, 1936, vol. 55, fasc. 2, pp. 221-258.

CAPPONI-G., GOSSO-G., SCAMBELLURI-M., SILETTO-G.B., TALLONE-S.
CARTA GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL SETTORE CENTRO-MERIDIONALE DEL GRUPPO DI VOLTRI (ALPI LIGURI) E NOTE ILLUSTRATIVE, BOLLETTINO DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA, 1994, vol. 113, fasc. 2, pp. 383-394.

D'ATRI-A.
OSSERVAZIONI PRELIMINARI SULLA SUCCESSIONE DEL MIOCENE INFERIORE TRA LE VALLI BORMIDA E LEMME (AL), RENDICONTI DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA, 1988, vol. 11, fasc. 2, pp. 297-300.

DALLAGIOVANNA-G.
TESTIMONIANZE E SIGNIFICATO DI UNA TRASGRESSIONE PERMO-TRIASSICA SUL BASAMENTO CRISTALLINO DEL BRIANZONESE LIGURE INTERNO, BOLLETTINO SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA, 1988, vol. 107, fasc. 3-4, pp. 445-451.

LUALDI-A.
AGGIORNAMENTI ALLA STRATIGRAFIA TRIASSICA NELLE ALPI LIGURI (BRIANZONESE E PREPIEMONTESE), RENDICONTI DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA, 1991, vol. 14, fasc. 1, pp. 75-78.

MENARDI-NOGUERA-A.
TETTONICA POLIFASATA NEL SETTORE CENTRO-ORIENTALE DEL BRIANZONESE LIGURE, BOLL. SOC. GEOLOGICA IT., 81, vol. 100- 4, pp. 527-540.

MESSIGA-B.
IL METAMORFISMO ALPINO NELLE ALPI LIGURI: ALCUNI ASPETTI PETROLOGICI, MEMORIE DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA IT, 1984, vol. 28, p 151-179.

PASSERI-L.
LE SUCCESSIONI TRIASSICO-GIURASSICHE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE E DELLE ALPI LIGURI NEL QUADRO DELL'EVOLUZIONE PREOCEANICA DELLA TETIDE OCCIDENTALE, MEMORIE DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA, 1984, vol. 28, pp. 353-369.

SENO-S.
STRUTTURE INTERNE E MECCANISMI DI DEFORMAZIONE IN UNA FALDA BRIANZONESE: L'ESEMPIO DELL'UNITÀ CASTELVECCHIO-CERISOLA (ALPI LIGURI), BOLL. SOCIETÀ GEOLOGICA IT, 1988, vol. 107, fasc. 3-4, pp. 453-470.

VANOSSI-M.
IPOTESI SULL'EVOLUZIONE ERCINICA DELLE ALPI LIGURI TRA SAVONA E L'ELLERO, MEMORIE SOC. GEOLOGICA IT., 1974, vol. 13, fasc. SUPP. 1, pp. 39-48.

VANOSSI-M., CORTESOGNO-L., GALBIATI-B., MESSIGA-B., PICCARDO-G.B., VANNUCCI-R.
GEOLOGIA DELLE ALPI LIGURI: DATI, PROBLEMI, IPOTESI, MEMORIE DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA, 1984, vol. 28, pp. 5-75.

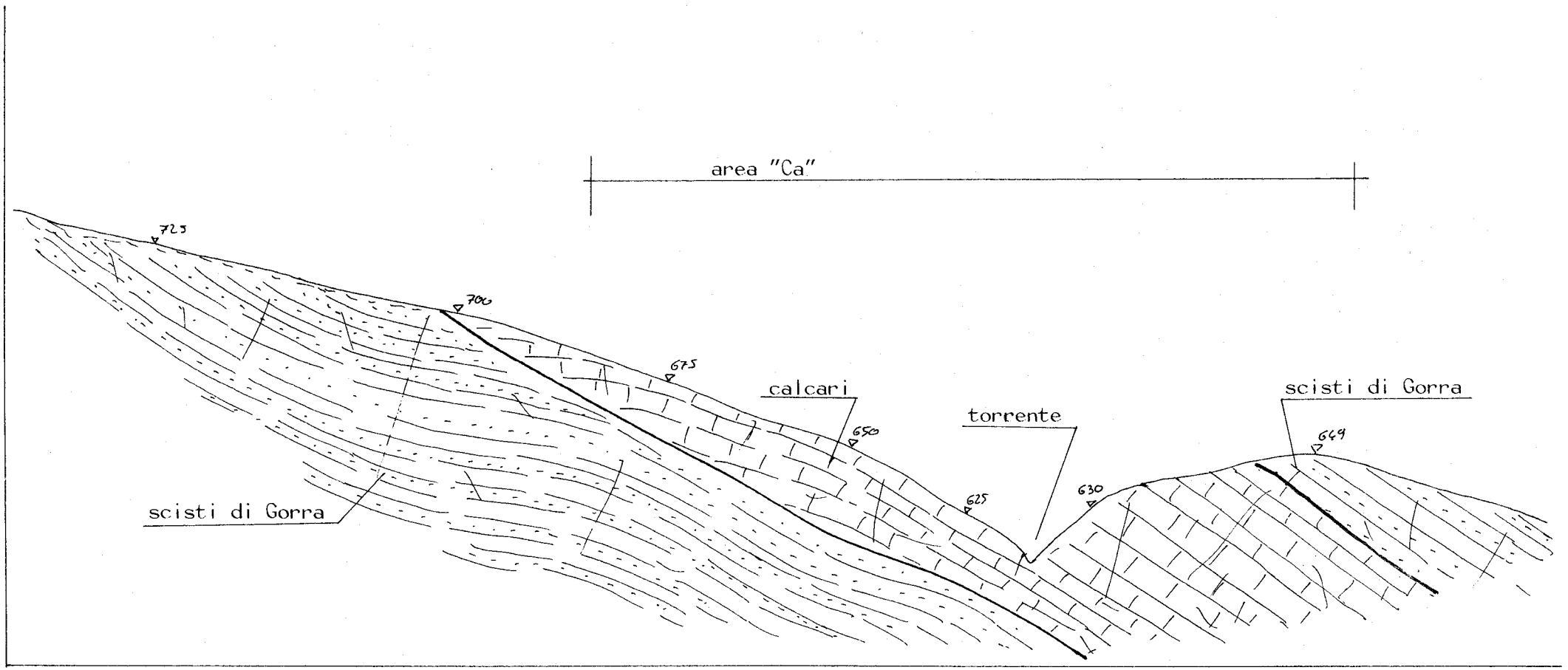
CARTOGRAFIA GEOLOGICA



CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA D'INSIEME

Scala 1:5.000

- Detrito spesso
- Calcari di Val Tanarello
- Formazione di Eze
- Scisti di Gorra (≡) e Scisti di Gorra con lenti della formazione di Eze (⊏)
- Stratificazione
- Faglie e fratture
- Ciglio di distacco quiescente
- Sezione geologica
- Sito di cava "Ca"



SEZIONE GEOLOGICA X/X

Scala 1:2000

CARTA GEOLOGICA

Scala 1:1.000

- Detrito spesso
- Alluvioni attuali miste a detrito
- Riporto di cava
- Calcari – metacalcari (form. di Val Tanarello)
- Calcari grigi – marmi (form. di Val Tanarello)
- Quarzoscisti, gneiss, scisti quarzo - sericitici, micascisti, con intercalazioni di porfiroidi
- Scisti e scisti sericitici
- Faglie e fratture

CARTA IDROGEOLOGICA

Scala 1:1.000

- Terreni sciolti permeabili per porosità
- Rocce impermeabili o poco permeabili per fratturazione
- Rocce permeabili per fratturazione e carsismo

CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1:1.000 (da rilievo a scala 1:500)

- a — Alluvioni miste a detrito
- d — Detrito di versante eluvio – colluvio di spessore > 2 metri
- R — Riporto di cava
- Accumuli detritici di frane (F) e paleofrane (P)
- Cigli di distacco
- Orlo di scarpata morfologica e di vecchia cava

progeCAD 2008 Smart! - Private use only

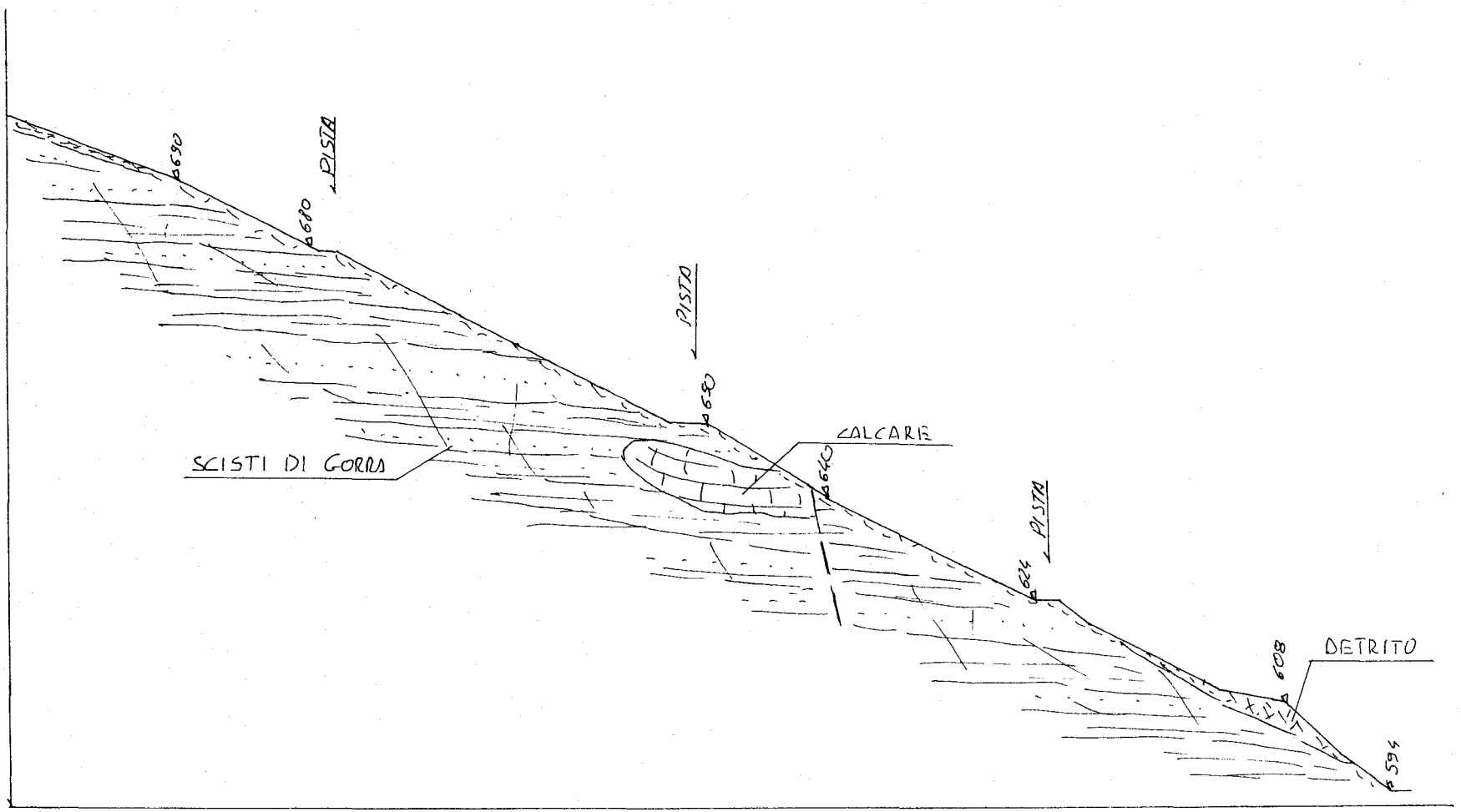
CARTA CON UBICAZIONE DELLE PROVE IN SITU

Scala 1:1.000

- Carotaggi continui con prelievo di campioni
- Prove penetrometriche dinamiche
- Analisi geomeccaniche
- Prove sclerometriche
- Punti di prelievo dei campioni per analisi di laboratorio

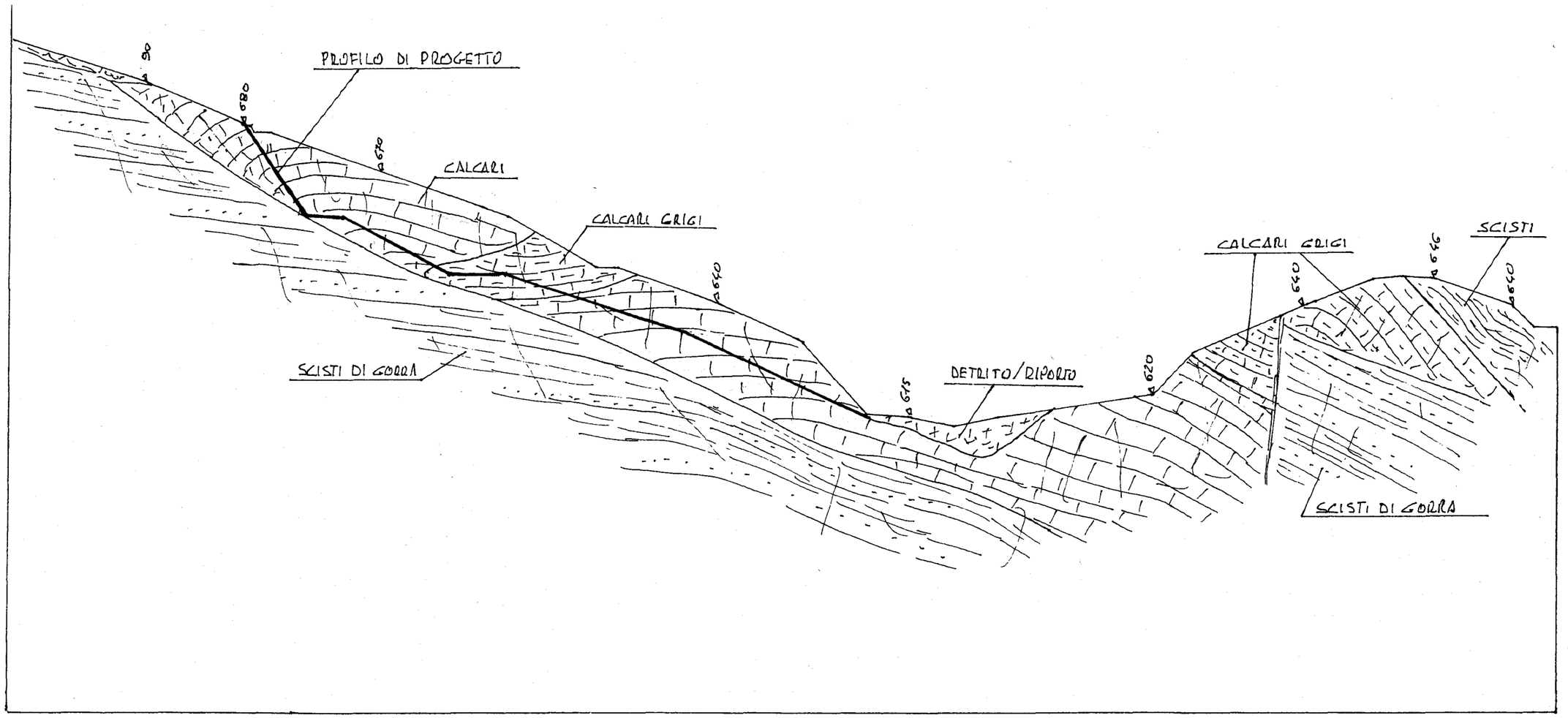
progeCAD 2008 Smart! - Private use only

SEZIONI GEOLOGICHE RIFERITE ALLO STATO DI PROGETTO



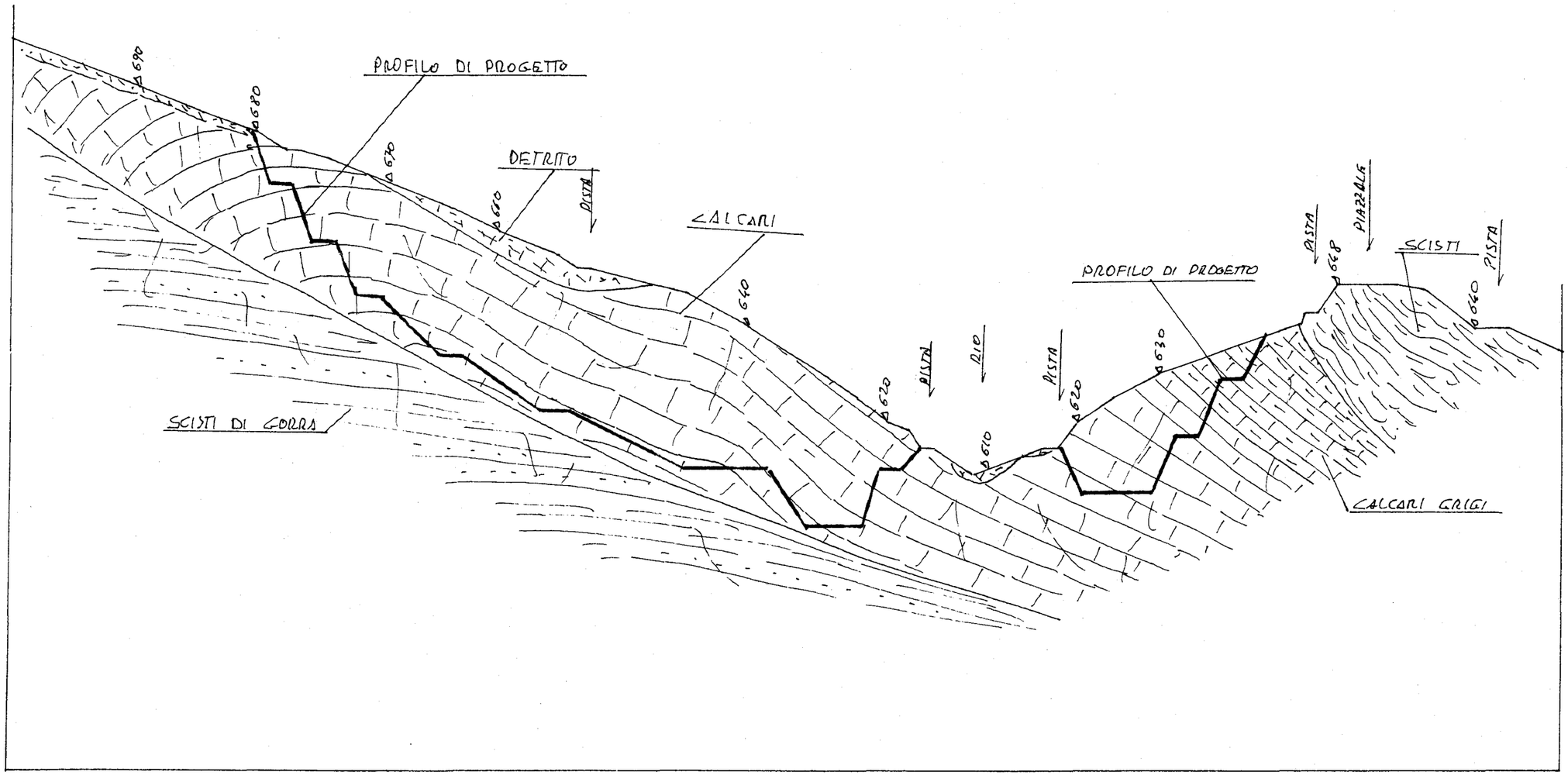
SEZIONE GEOLOGICA RIFERITA A QUELLA DI PROGETTO 1 - 1

Scala 1:1.000



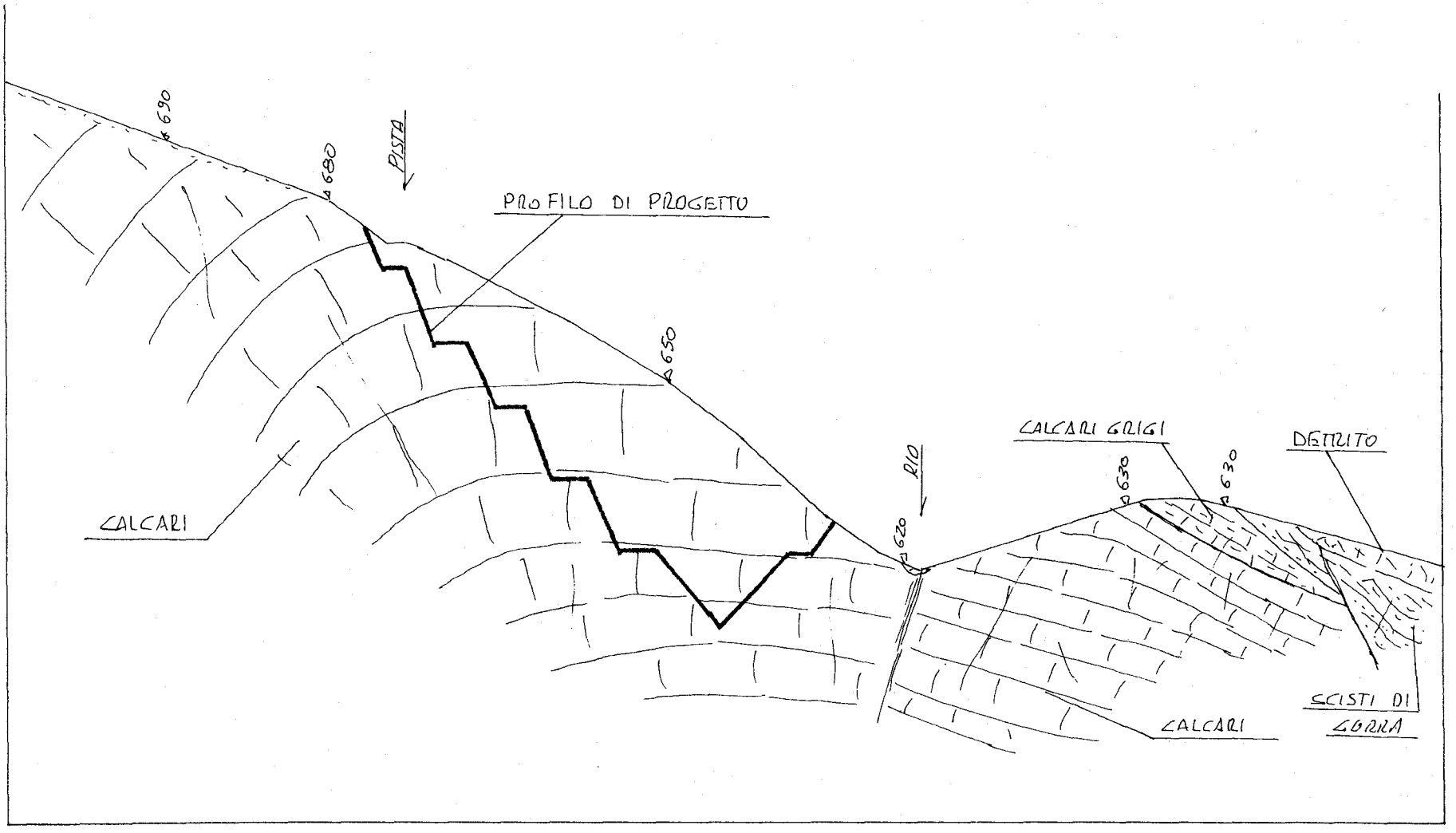
SEZIONE GEOLOGICA RIFERITA A QUELLA DI PROGETTO 2 - 2

Scala 1:1.000



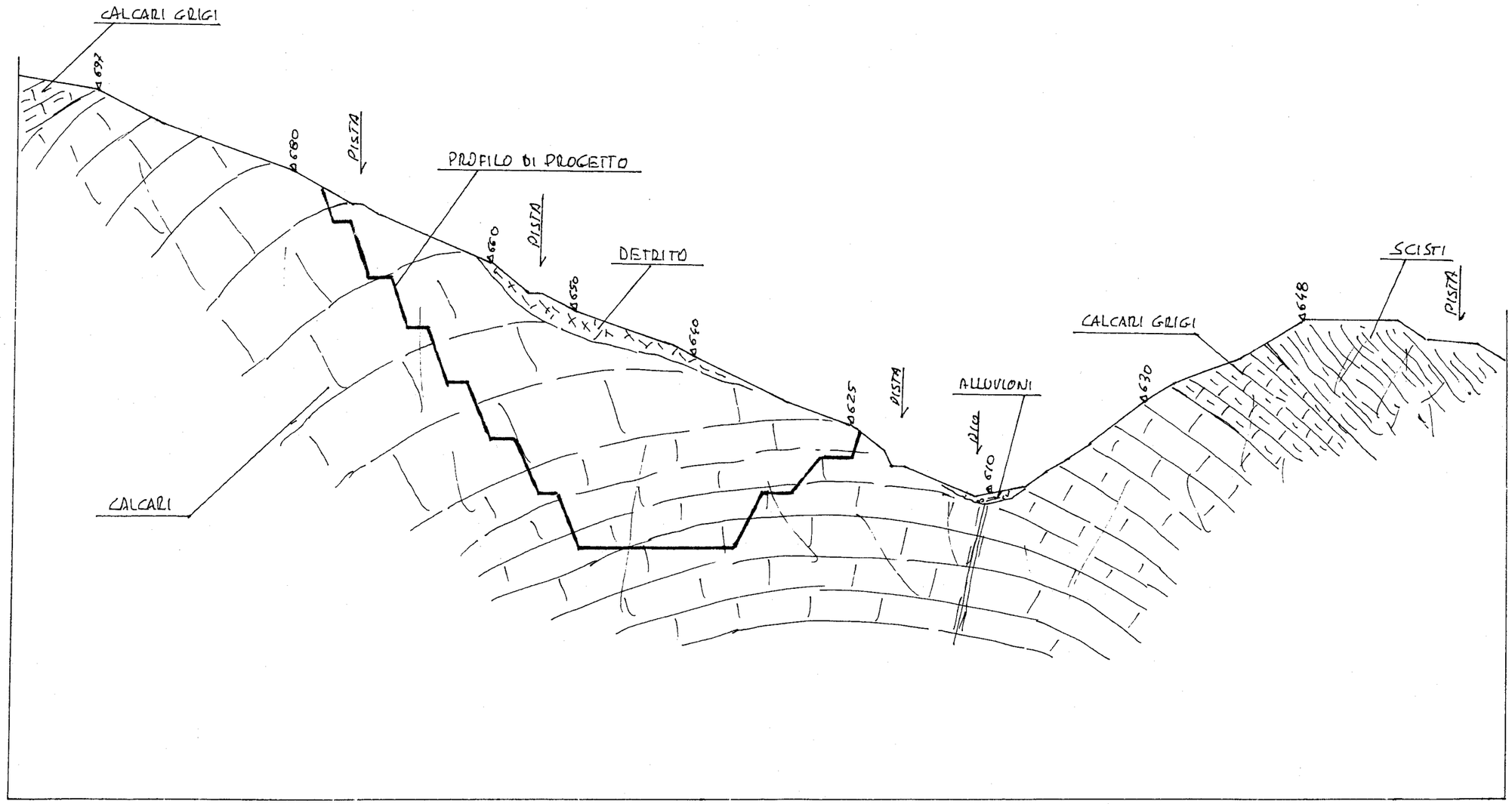
SEZIONE GEOLOGICA RIFERITA A QUELLA DI PROGETTO 3 - 3

Scala 1:1.000



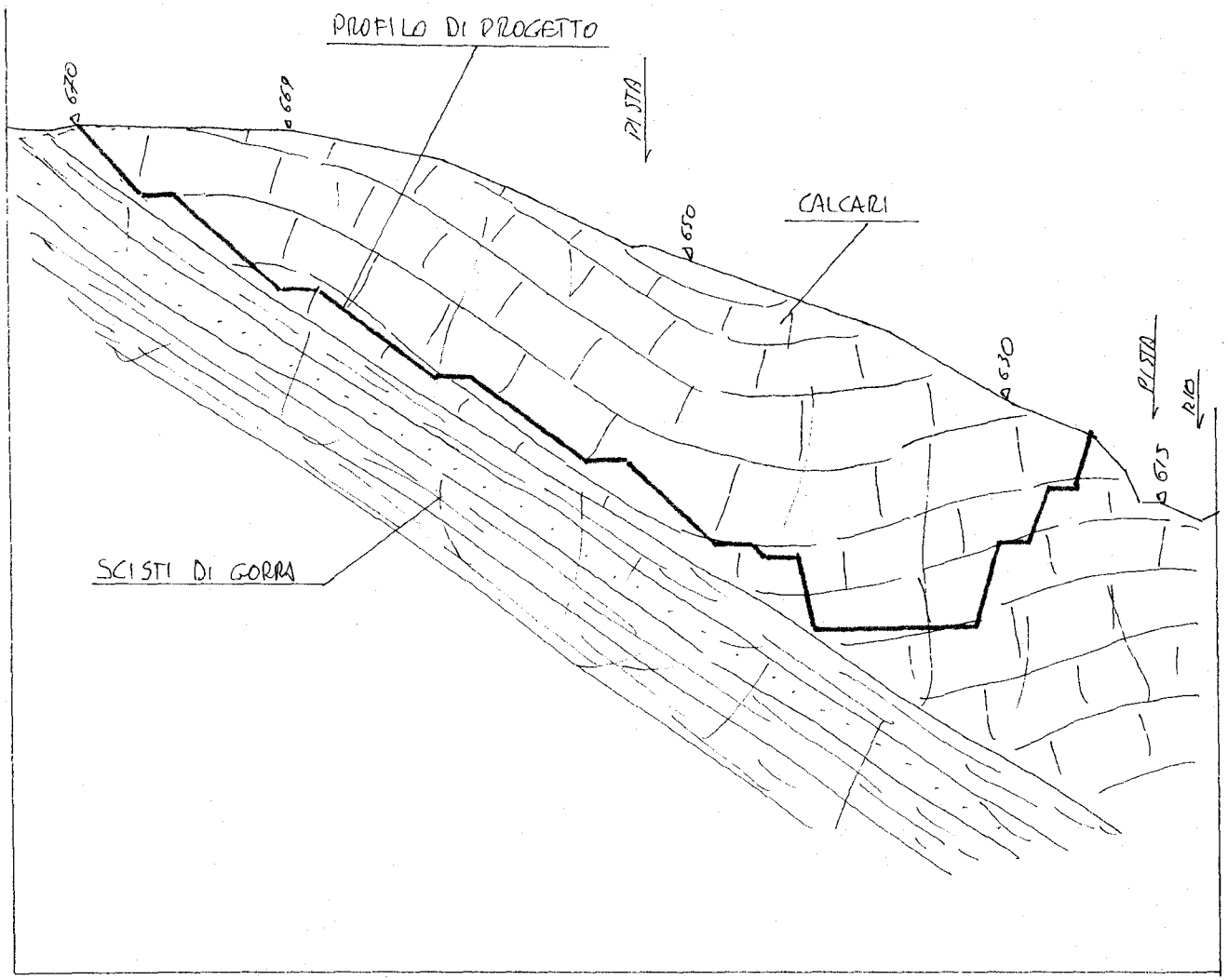
SEZIONE GEOLOGICA RIFERITA A QUELLA DI PROGETTO 4 - 4

Scala 1:1.000



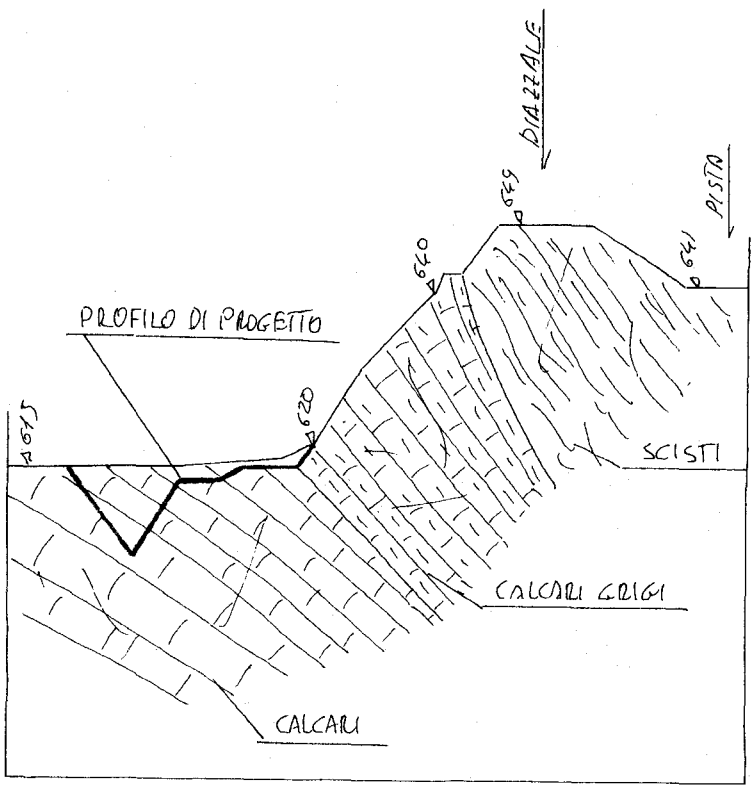
SEZIONE GEOLOGICA RIFERITA A QUELLA DI PROGETTO 5 - 5

Scala 1:1.000



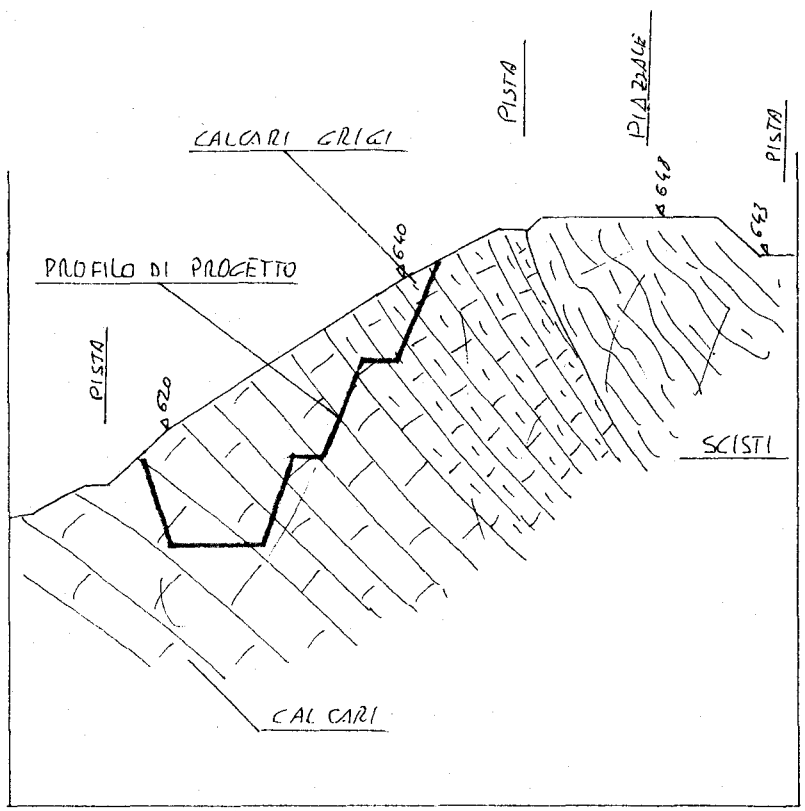
SEZIONE GEOLOGICA RIFERITA A QUELLA DI PROGETTO 6 - 6

Scala 1:1.000



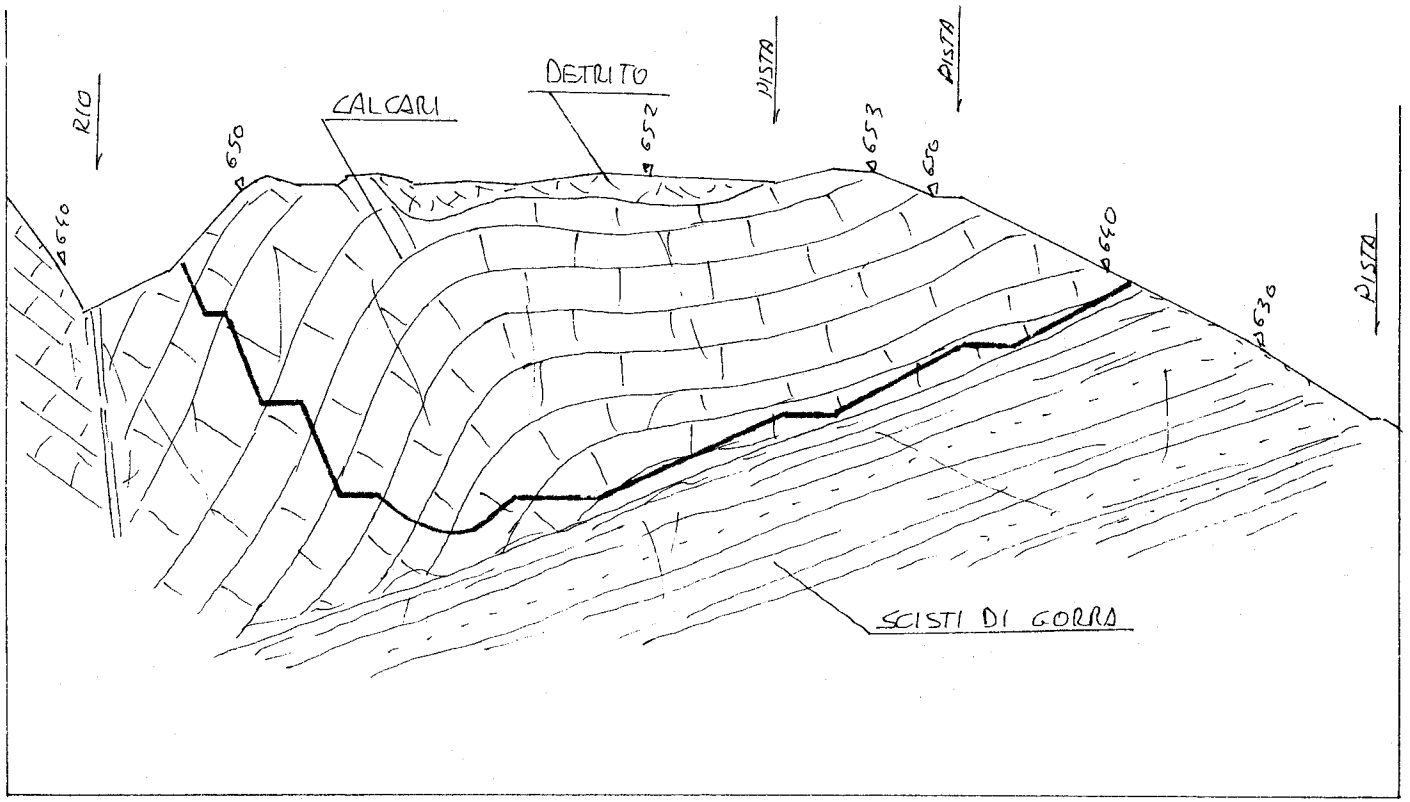
SEZIONE GEOLOGICA RIFERITA A QUELLA DI PROGETTO 7 - 7

Scala 1:1.000



SEZIONE GEOLOGICA RIFERITA A QUELLA DI PROGETTO 8 - 8

Scala 1:1.000



SEZIONE GEOLOGICA RIFERITA A QUELLA DI PROGETTO 9 - 9

Scala 1:1.000

ANALISI PETROGRAFICHE DI LABORATORIO

GNEISS

(CAMPIONI 9 – 37 – S4)

Descrizione macroscopica

La caratteristica più evidente che emerge durante l'osservazione dei campioni 9, 37 e S4, è la presenza di una foliazione pervasiva, molto evidente alla scala del campione a mano. La foliazione è messa in evidenza da un'alternanza irregolare di livelli millimetrici di colore bianco costituiti prevalentemente da nastri di quarzo e livelli di colore verde formati da fillosilicati a grana fine. La ripartizione tra i due tipi di livelli non risulta omogenea all'interno di ogni singolo campione, bensì è possibile distinguere domini più ricchi in nastri di quarzo e domini in cui i fillosilicati sono prevalenti.

La foliazione circonda numerosi porfiroclasti di quarzo e feldspato che conferiscono alla roccia una tessitura di tipo occhiadino o gneissico. I porfiroclasti hanno dimensioni millimetriche (raggiungono una dimensione massima di circa 5 mm) e talvolta mostrano una forma appiattita ed allungata secondo la direzione della foliazione principale.

Queste caratteristiche, riconoscibili anche alla scala macroscopica, permettono di definire le rocce in questione come rocce metamorfiche, in quanto affette da un'importante ricristallizzazione di nuovi minerali (blastesi), che conferiscono il tipico aspetto foliato.

E' possibile inoltre riconoscere numerose vene con spessore variabile da millimetrico a centimetrico, generalmente orientate parallelamente alla foliazione principale. Da un punto di vista composizionale, si riconoscono sia vene di quarzo, sia vene miste di quarzo e calcite. Spesso tali vene risultano piegate e/o *boudinate* parallelamente alla direzione della foliazione principale.

Descrizione microscopica

Alla scala microscopica, la roccia è caratterizzata da un'alternanza irregolare di livelli granoblastici ricchi in quarzo a grana fine e livelli lepidoblastici costituiti prevalentemente da mica bianca. Questa alternanza mette bene in evidenza una foliazione pervasiva che caratterizza tutti i campioni osservati. La foliazione principale non è continua ma è interrotta da numerosi porfiroclasti di quarzo e feldspato con dimensioni millimetriche. La presenza di livelli scistosi costituiti da fillosilicati che circondano sia i domini con tessitura granoblastica, sia i porfirocalsti di quarzo e feldspato, conferiscono alla roccia una classica tessitura occhiadina o gneissica.

I livelli lepidoblastici sono costituiti quasi esclusivamente da mica bianca a grana fine, che presenta una forte orientazione preferenziale lungo la direzione della foliazione principale.

In alcuni casi è stato possibile osservare una foliazione relitta (precedente alla principale) conservata all'interno di domini circondati dalla foliazione principale (*microlithons*). Tale foliazione relitta, costituita anch'essa da un'orientazione preferenziale di mica bianca, è disposta ad alto angolo rispetto alla foliazione principale e testimonia una precedente fase deformativa.

I livelli granoblastici sono costituiti da aggregati di quarzo (prevalente) ed albite (subordinata) a grana fine, organizzati in nastri appiattiti lungo la foliazione principale. Il quarzo mostra quindi una evidente ricristallizzazione dinamica secondo il meccanismo prevalente di *grain boundary migration recrystallisation* (Passchier & Trouw, 1998). I singoli grani di quarzo (*new grains*) hanno una grana fine e non presentano evidenze di una deformazione intracristallina. Nei livelli granoblastici sono presenti, in modo subordinato (in quantità inferiore al 5% in volume della roccia totale), anche cristalli di calcite, talvolta affetti da fenomeni di geminazione meccanica (es. campione S4).

I porfiroclasti, che costituiscono frammenti relitti della roccia originaria, sono costituiti prevalentemente da cristalli di quarzo, ma sono presenti anche cristalli di feldspato alcalino in quantità subordinata rispetto ai primi. I porfiroclasti presentano spesso una forma appiattita ed orientata lungo la foliazione principale, evidenziata dalla formazione di ombre di deformazione costituite da aggregati microcristallini di quarzo, albite e mica bianca, allungati secondo la foliazione. La forma dei porfiroclasti risulta generalmente asimmetrica (oggetti di tipo-σ).

Talvolta l'intero bordo del porfiroclasto è interessato da fenomeni di ricristallizzazione con lo sviluppo di aggregati microcristallini di quarzo ed albite. In questi casi i porfiroclasti assumono l'aspetto di un *mantled porphyroclast* (Passchier & Trouw, 1998), costituito da un nucleo preservato, avvolto da un bordo costituito da nuovi cristalli (*new grains)* a grana fine. Inoltre, i porfiroclasti di quarzo e feldspato alcalino presentano microstrutture che indicano lo sviluppo di una deformazione intracristallina a carattere prevalentemente duttile, come ad esempio estinzione ondulata, bande di deformazione ecc.

Nonostante le microstrutture appena descritte caratterizzino tutti e 3 i campioni osservati (campioni 9, 37 e S4), è possibile osservare una minima variabilità tra un campione e l'altro. Le caratteristiche che differenziano parzialmente i tre campioni sono: il rapporto volumetrico tra livelli granoblastici e livelli lepidoblastici e la quantità di porfiroclasti.

Nel campione 37, ad esempio, i livelli granoblastici costituiti da nastri di quarzo a grana fine sono più sviluppati rispetto agli altri campioni e si alternano a livelli di mica bianca molto sottili e discontinui.

Considerazioni sul protolite

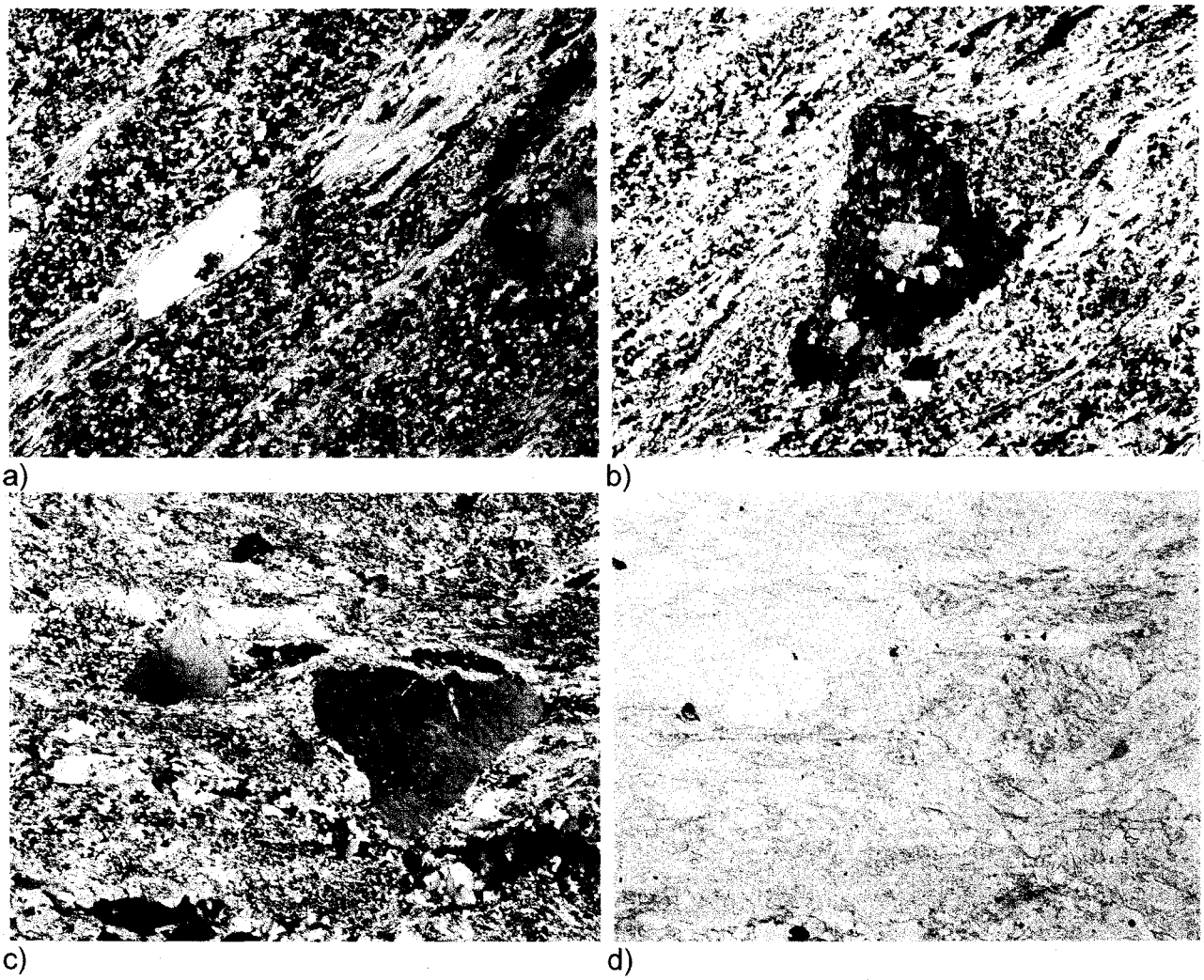
E' noto che quando siamo di fronte a rocce caratterizzate da un'elevata ricristallizzazione di minerali metamorfici e da un alto tasso di deformazione, è difficile risalire in modo univoco al protolite da cui esse sono derivate. Per questo motivo è possibile soltanto fare delle considerazioni, basate sugli elementi messi a disposizione dalla roccia finale.

La presenza di cristalli relitti di quarzo e feldspato alcalino (porfiroclasti), e i subordinati livelli lepidoblastici, indicano come il protolite fosse costituito da una roccia a prevalente composizione quarzo-feldspatica. Considerato questo, il protolite originario poteva essere rappresentato da un'arenaria medio-grossolana a composizione arcosica, o in alternativa da rocce ignee acide (esempio: rioliti). L'alta variabilità nell'abbondanza relativa di livelli ricchi in quarzo e livelli a fillosilicati, riscontrata a tutte le scale di osservazione, suggerirebbe un'origine sedimentaria della roccia in esame; mentre la presenza di cristalli relitti di quarzo caratterizzati da anse e bordi di riassorbimento, suggerisce una possibile derivazione da rocce effusive acide.

Classificazione

Seguendo le linee guida sulla classificazione delle rocce metamorfiche proposta da "*IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks*" (Schmid *et alii*, 2007), i campioni esaminati possono essere classificati come ***Gneiss***, ricchi in mica bianca. La classificazione adottata enfatizza l'importanza della tessitura/struttura rispetto alla composizione mineralogica e al grado metamorfico. Pertanto nel classificare i campioni in esame il termine "gneiss" si riferisce alla peculiare tessitura precedentemente descritta.

L'associazione dei minerali metamorfici individuata nei campioni in esame, quarzo + albite + mica bianca, è indicativa di un metamorfismo di basso grado, compatibile con la facies degli scisti verdi.



a) Aspetto generale della tessitura gneissica (campione 37), larghezza foto 8,8X6,6 mm (nicol X). b) Aspetto generale della tessitura gneissica con porfiroclasto di feldspato (campione 37), larghezza foto 8,8X6,6 mm (nicol X). c-d) Porfiroclasti di quarzo e feldspato che definiscono la tessitura gneissica (campione S4), larghezza foto 8,8X6,6 mm (c: nicol X; d: nicol //).

Dott. Andrea Bernardeschi, Ph.D.

Dott. Alessandro Malasoma, Ph.D.

BIBLIOGRAFIA

_ Passchier C. W. & Trouw R. A. J. (1998). Micro-tectonics. Springer-Verlag, pp 289.

_ Schmid R., Fettes D., Harte B., Davis E. and Desmons J. (2007). How to name a metamorphic rock. Recommendations by the IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks: Web version 01/02/07.

MICASCISTO RICCO IN QUARZO

(CAMPIONI 25 – 31 – 36B)

Descrizione macroscopica

I campioni presi in esame (campioni 25, 31 e 36B) sono caratterizzati dalla presenza di una foliazione pervasiva e continua, evidenziata da livelli ricchi in fillosilicati a grana fine di colore verde. Intercalati irregolarmente ai livelli ricchi in fillosilicati, si riconoscono sottili (millimetrici) livelli di colore nero costituiti da un'aggregato di minerali a grana molto fine.

La continuità della foliazione è interrotta da rari porfiroclasti di quarzo e feldspato. Quest'ultimi hanno dimensioni millimetriche (raggiungono una dimensione massima di circa 2 mm) e talvolta mostrano una forma appiattita ed allungata secondo la direzione della foliazione principale. La frequenza dei porfiroclasti varia sia da un campione all'altro (es. il campione 25 è privo di porfiroclasti riconoscibili alla scala del campione a mano), sia all'interno dello stesso campione.

Queste caratteristiche, riconoscibili anche alla scala macroscopica, permettono di definire le rocce in questione come rocce metamorfiche, in quanto affette da un'importante ricristallizzazione di nuovi minerali (blastesi), che conferiscono il tipico aspetto foliato.

Descrizione microscopica

Osservando la roccia al microscopio ottico, è possibile riconoscere un'alternanza irregolare tra livelli lepidoblastici costituiti da fillosilicati e livelli granoblastici ricchi in quarzo a grana fine. I livelli ricchi in fillosilicati sono volumetricamente predominanti rispetto a quelli granoblastici e costituiscono una foliazione continua e pervasiva, ben riconoscibile in tutti i campioni osservati.

I livelli lepidoblastici sono costituiti quasi esclusivamente da mica bianca a grana fine, che presenta una forte orientazione preferenziale lungo la direzione della foliazione principale.

I livelli granoblastici sono invece conservati in domini di forma lenticolare (*microlithons*) circondati dalla foliazione principale. Essi sono costituiti da aggregati di quarzo (prevalente) ed albite (subordinata) a grana fine, organizzati in nastri appiattiti lungo la foliazione. Il quarzo mostra una evidente ricristallizzazione dinamica secondo il meccanismo prevalente di *grain boundary migration recrystallisation* (Passchier & Trouw, 1998). I singoli grani di quarzo (*new grains*) hanno una grana fine e non presentano evidenze di una deformazione intracristallina.

La foliazione costituita da mica bianca circonda anche rari porfiroclasti (frammenti relitti della roccia originaria) di quarzo, feldspato alcalino e plagioclasio, con dimensioni variabili

da circa 200 micron fino a circa 2 mm. I porfiroclasti presentano spesso una forma appiattita ed orientata lungo la foliazione principale, evidenziata dalla formazione di ombre di deformazione costituite da aggregati microcristallini di quarzo, albite e mica bianca, allungati secondo la foliazione. La forma dei porfiroclasti risulta generalmente asimmetrica (oggetti di tipo-σ). Inoltre, essi presentano evidenze di una deformazione intracristallina a carattere fragile-duttile. In particolare, i porfiroclasti di quarzo sono caratterizzati da microstrutture a carattere prevalentemente duttile (estinzione ondulata, bande di deformazione ecc.), mentre quelli di feldspato (feldspato alcalino e plagioclasio) mostrano lo sviluppo di microfratture associate a fenomeni di estinzione ondulata. Lungo le microfratture, generalmente organizzate in sistemi che presentano una forte orientazione preferenziale, è possibile osservare un principio di ricristallizzazione di quarzo ed albite a grana molto fine.

I campioni esaminati presentano una certa variabilità nel rapporto tra i livelli lepidoblastici ricchi in fillosilicati ed i livelli granoblastici. Sono frequenti domini molto ricchi in fillosilicati e praticamente privi di porfiroclasti (es. campione 25). In questi domini è possibile osservare una foliazione relitta, conservata all'interno di *microlithons* circondati dalla foliazione principale. La foliazione relitta, costituita da un'orientazione preferenziale di mica bianca, è disposta ad alto angolo rispetto alla foliazione principale e testimonia una precedente fase deformativa. Dove si riconosce una foliazione relitta, la foliazione principale è classificabile come un *crenulation cleavage*, dove la transizione tra i *microlithons* ed i domini foliati è di tipo discreto (Passchier & Trouw, 1998).

Considerazioni sul protolite

E' noto che quando siamo di fronte a rocce caratterizzate da un'elevata ricristallizzazione di minerali metamorfici e da un alto tasso di deformazione, è difficile risalire in modo univoco al protolite da cui esse sono derivate. Per questo motivo è possibile soltanto fare delle considerazioni, basate sugli elementi messi a disposizione dalla roccia finale.

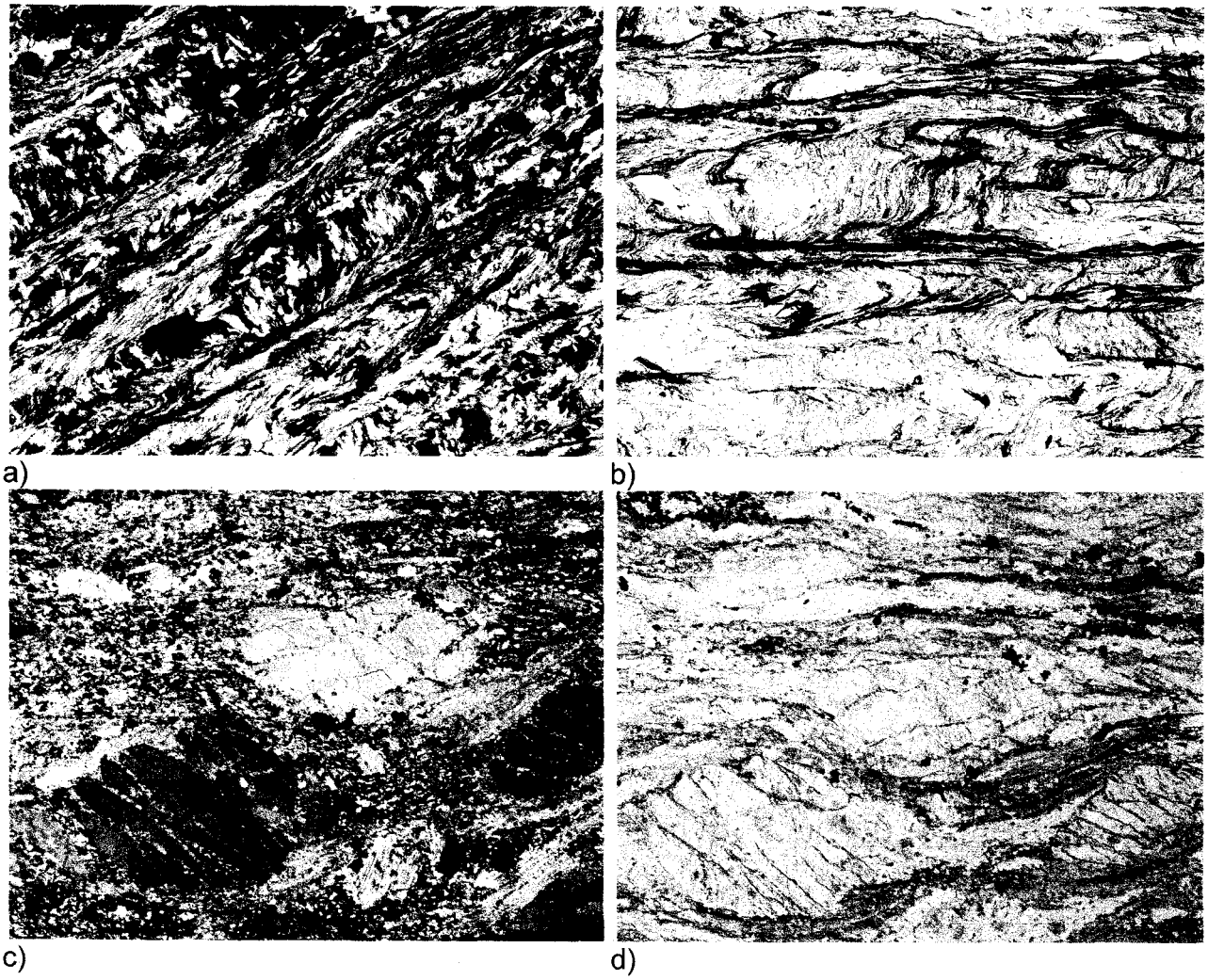
La presenza di livelli lepidoblastici, costituiti principalmente da mica bianca, alternati a subordinati livelli granoblastici, costituiti da quarzo e albite ricristallizati con rari cristalli relitti di quarzo e feldspato (porfiroclasti), indicano come il protolite fosse costituito da una roccia a composizione quarzo-feldspatica ricca in alluminio. Considerato questo, il protolite originario poteva essere rappresentato da una roccia sedimentaria ricca di minerali argillosi. In base alla composizione della roccia, priva di fasi mineralogiche indicative di un protolite ben definito, non è da escludersi un'origine da rocce ignee acide (esempio: riolite,

tufo, granitoidi). L'alta variabilità nell'abbondanza relativa di livelli ricchi in fillosilicati e livelli a quarzo, riscontrata a tutte le scale di osservazione, suggerirebbe un'origine sedimentaria della roccia in esame.

Classificazione

Seguendo le linee guida sulla classificazione delle rocce metamorfiche proposta da "*IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks*" (Schmid *et alii*, 2007), i campioni esaminati possono essere classificati come ***Micascisti ricchi in quarzo***. La classificazione adottata enfatizza l'importanza della tessitura/struttura rispetto alla composizione mineralogica e al grado metamorfico. Pertanto nel classificare i campioni in esame il termine "micascisto" si riferisce alla presenza di una foliazione continua evidenziata dai livelli a fillosilicati.

L'associazione dei minerali metamorfici individuata nei campioni in esame, quarzo + albite + mica bianca, è indicativa di un metamorfismo di basso grado, compatibile con la facies degli scisti verdi.



a) b)

c) d)

a-b) Crenulation cleavage con foliazione relitta preservata nei microlithons (campione 25), larghezza foto 1,76X1,32 mm (a: nicol X; b: nicol //). c-d) Porfiroclasti con deformazione intracristallina (campione 36B), larghezza foto 8,8X6,6 mm (c: nicol X; d: nicol //).

Dott. Andrea Bernardeschi, Ph.D.

Dott. Alessandro Malasoma, Ph.D.

BIBLIOGRAFIA

_ Passchier C. W. & Trouw R. A. J. (1998). Micro-tectonics. Springer-Verlag, pp 289.

_ Schmid R., Fettes D., Harte B., Davis E. and Desmons J. (2007). How to name a metamorphic rock. Recommendations by the IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks: Web version 01/02/07.

META-CALCARE

(CAMPIONI 2 – 15 – 47 – S5)

Descrizione macroscopica

I campioni presi in esame rivelano, già ad un primo esame macroscopico, una composizione prevalentemente carbonatica. Si tratta di rocce a grana medio-fine che presentano un colore variabile dal bianco sporco (campioni 2 e S5), al grigio chiaro (campione 47) fino al grigio scuro (campione 15). I campioni 2, 47 e S5 sono caratterizzati dalla presenza di un'anisotropia planare messa in evidenza da un'alternanza di livelli di spessore millimetrico di diverso colore. Tutti i campioni in esame mostrano un basso grado di ricristallizzazione metamorfica.

Sono diffuse sottili vene di calcite dallo spessore millimetrico, la cui orientazione risulta fortemente variabile, da parallele ad ortogonali rispetto alla direzione dell'anisotropia riconosciuta. Tra queste, le vene ad alto angolo risultano tagliare tutte le strutture precedenti.

Queste caratteristiche, permettono di definire le rocce in questione come rocce metamorfiche di bassissimo grado, in quanto affette da una scarsa ricristallizzazione di nuovi minerali (blastesi).

Descrizione microscopica

Osservando i campioni al microscopio ottico, è possibile riconoscere come si tratti di rocce a composizione prevalentemente calcitica, in alcuni casi con piccole percentuali di quarzo, presente come clasti isolati a grana fine. La caratteristica comune a tutti campioni in esame è la presenza dominante di porzioni costituite da aggregati di calcite a grana finissima, che testimoniano l'originaria tessitura sedimentaria del protolite. In maniera subordinata, si riconoscono cristalli di calcite a grana medio-fine, affetti da fenomeni di geminazione meccanica, derivati dal processo di ricristallizzazione metamorfica (blastesi).

All'analisi microscopica, l'anisotropia planare ben visibile sul campione a mano è rappresentata da una debole orientazione preferenziale dei nuovi cristalli di calcite. Pertanto è possibile interpretare tale anisotropia come la testimonianza di un'originaria struttura sedimentaria (stratificazione), che influenza l'orientazione dei nuovi cristalli (crescita mimetica secondo Passchier & Trouw, 1998). Una conferma di questa interpretazione può venire dall'analisi del campione 15, dove una ricristallizzazione leggermente più sviluppata porta all'obliterazione dell'originaria stratificazione sedimentaria, meno evidente anche nel campione a mano.

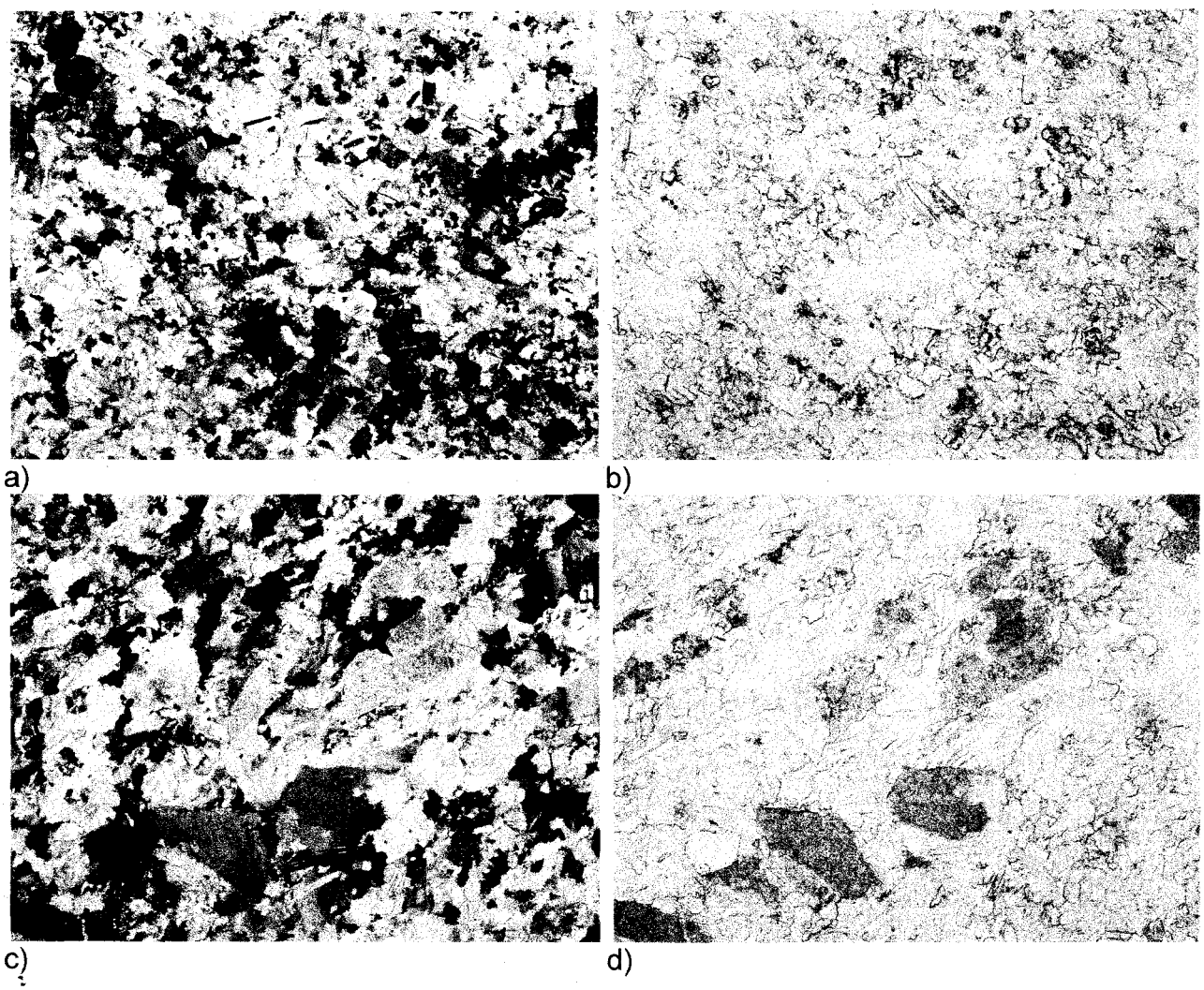
Nel complesso, le rocce in esame, mostrano soltanto una parziale ricristallizzazione metamorfica indicativa di un bassissimo grado metamorfico.
I rari cristalli di quarzo non mostrano nessuna evidenza di ricristallizzazione dinamica né di deformazione intracristallina, a conferma del bassissimo grado metamorfico raggiunto.

Considerazioni sul protolite

Il basso tasso di ricristallizzazione permette la conservazione di porzioni del protolite originario, evidenziando come si trattasse di una roccia sedimentaria a grana fine a composizione calcarea con piccolissime percentuali di materiale silicoclastico.

Classificazione

Seguendo le linee guida sulla classificazione delle rocce metamorfiche proposta da "*IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks*" (Schmid *et alii*, 2007), i campioni esaminati possono essere classificati come **Meta-calcari**. La roccia è stata così definita in quanto affetta da un bassissimo grado metamorfico che consente il riconoscimento delle principali caratteristiche del protolite. Per quanto riguarda il campione 15 si differenzia per un più elevato tasso di ricristallizzazione, comunque non sufficiente a giustificare la sua classificazione come marmo.



a-b) Aspetto generale dei meta-calcari (campione 47), larghezza foto 4,4X3,3 mm (a: nicol X; b: nicol //). c-d) aspetto generale dei meta-calcari (campione 2), larghezza foto 4,4X3,3 mm (c: nicol X; d: nicol //).

Dott. Andrea Bernardeschi, Ph.D.

Dott. Alessandro Malasoma, Ph.D.

BIBLIOGRAFIA

_ Passchier C. W. & Trouw R. A. J. (1998). Micro-tectonics. Springer-Verlag, pp 289.

_ Schmid R., Fettes D., Harte B., Davis E. and Desmons J. (2007). How to name a metamorphic rock. Recommendations by the IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks: Web version 01/02/07.

MARMO

(CAMPIONE 23)

Descrizione macroscopica

Il campione in esame rivela, già ad un primo esame macroscopico, una composizione prevalentemente carbonatica. Si tratta di una roccia a grana media di colore grigio, caratterizzata da buon grado di ricristallizzazione metamorfica (blastesi) e dall'assenza di anisotropie riconoscibili ad occhio nudo.

Questa caratteristica, permette di definire la roccia in questione come roccia metamorfica di medio-basso grado.

Sono presenti sottili vene di calcite dallo spessore millimetrico con orientazione fortemente variabile, e giunti stilolitici caratterizzati dai tipici bordi seghettati.

Descrizione microscopica

Alla scala microscopica è possibile riconoscere come si tratti di una roccia costituita quasi esclusivamente da cristalli di calcite di nuova formazione che mostrano abito variabile da subedrale ad anedrale. I cristalli sono organizzati in aggregati, caratterizzati da una tessitura di tipo inequigranulare – interlobata: insieme di cristalli con bordi irregolari e lobati che presentano una variabile distribuzione granulometrica (Passchier & Trouw, 1998). In maniera subordinata, sono presenti piccoli domini costituiti da calcite a grana fine e caratterizzati da una tessitura di tipo equigranulare – poligonale (Passchier & Trouw, 1998). Nei domini inequigranulari – interlobati è possibile riconoscere un'orientazione preferenziale dei cristalli di calcite.

I cristalli a tessitura inequigranulare – interlobata presentano abbondanti strutture di geminazione meccanica, organizzate in più sistemi che si intersecano tra loro, interpretabili come geminazioni di tipo III – IV secondo la classificazione proposta da Burkhard (1993).

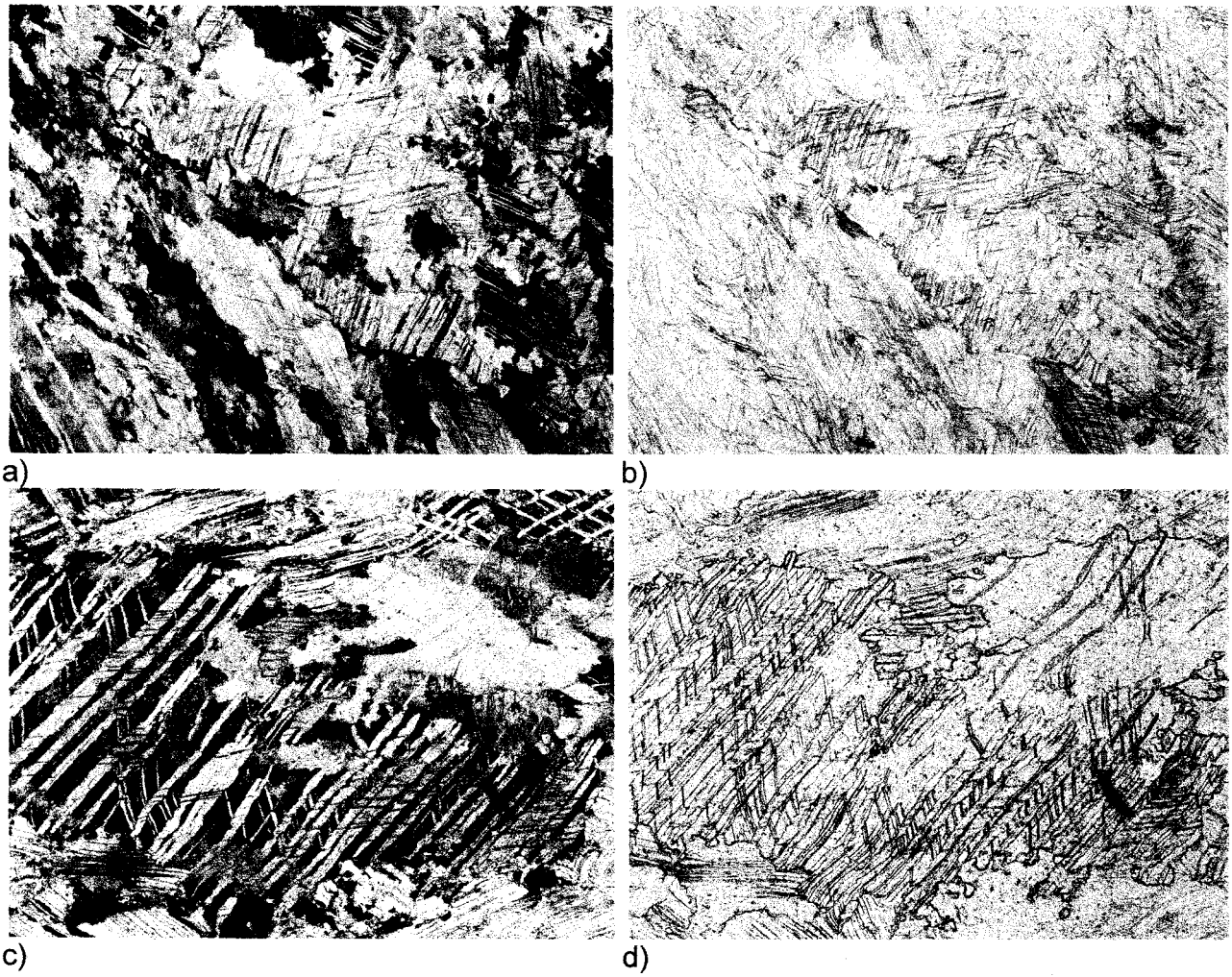
Anche alla scala microscopica è possibile riscontrare la presenza di giunti stilolitici, evidenziati dall'accumulo di minerali opachi, indicativi di fenomeni di pressione e dissoluzione.

Considerazioni sul protolite

Nonostante l'alto tasso di ricristallizzazione, la composizione quasi monomineralica della roccia permette di definire in maniera relativamente sicura il protolite originario come una roccia sedimentaria calcarea senza apporti di materiale silicoclastico.

Classificazione

Seguendo le linee guida sulla classificazione delle rocce metamorfiche proposta da "*IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks*" (Schmid *et alii*, 2007), il campione esaminato può essere classificato come **Marmo**. La roccia è stata così definita in quanto costituita per oltre il 90% in volume da calcite derivante da ricristallizzazione metamorfica. Per quanto concerne il grado metamorfico, è possibile fare delle ipotesi sulle temperature di deformazione sulla base dello studio delle geminazioni meccaniche della calcite. Seguendo la classificazione proposta da Burkhard (1993), le geminazioni riconosciute (di tipo III – IV) indicano temperature superiori ai 200-250 °C, compatibili con la facies metamorfica degli scisti verdi.



a-b) Aspetto generale della tessitura inequigranulare-interlobata, larghezza foto 4,4X3,3 mm (a: nicol X; b: nicol //). c-d) Particolare delle geminazioni meccaniche tipo III, larghezza foto 1,76X1,32 mm (c: nicol X; d: nicol //)

Dott. Andrea Bernardeschi, Ph.D.

Dott. Alessandro Malasoma, Ph.D.

BIBLIOGRAFIA

_ Burkhard M. (1993). Calcite-twins, their geometry, appearence and significance as stress-strain markers and indicators of tectonic regime: a review. J. Struct. Geol. 15: 351-368.

_ Passchier C. W. & Trouw R. A. J. (1998). Micro-tectonics. Springer-Verlag, pp 289.

_ Schmid R., Fettes D., Harte B., Davis E. and Desmons J. (2007). How to name a metamorphic rock. Recommendations by the IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks: Web version 01/02/07.

ANALISI DI LABORATORIO

Ministero dell'Università e della Ricerca

C.S.G. PALLADIO

Sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2000
certificato da CSICERT

Spett. le
G.E.T. Geotechnical and Engineering Testing Srl
Via Renata Bianchi, 38
16152 Genova

RAPPORTO DI PROVA N. **09CA00706**

Data emissione rapporto: 19 febbraio 2009

Sigla campione:	**S4 - CAR1 8.00m**
Descrizione campione:	Frammenti di lapideo
Provenienza campione:	-
Descrizione prova e metodo analitico:	Analisi petrografica di aggregati mediante esame microscopico in sezione sottile secondo UNI EN 932-3:2004.
Strumentazione utilizzata:	Troncatrice metallografica Remet Micromet-M (N interno A-1), Pulitrice metallografica Remet LS2 (N interno A-2), Microscopio ottico polarizzatore Nikon Alphaphot 2 – POL (N interno S-57).
Prelievo effettuato da:	Committente

Arrivo in laboratorio: 06/02/2009 Inizio analisi: 06/02/2009 Fine analisi: 18/02/2009

Il presente rapporto di prova si riferisce solo al campione sottoposto alle prove. È vietata la riproduzione parziale del rapporto di prova senza l'approvazione di C.S.G. Palladio s.r.l.. I campioni vengono conservati presso C.S.G. Palladio s.r.l. per 3 mesi salvo diverse prescrizioni.

RISULTATI ANALITICI

Descrizione preliminare macroscopica: frammenti di lapideo di colore: biancastro.

Osservazioni microscopiche
(stime quantitative basate sul conteggio delle particelle)

Morfologia dei clasti: forma angolosa; sfericità da media.

Analisi modale:

COSTITUENTI	%
Marmo leggermente dolomitico con tracce di quarzo	100

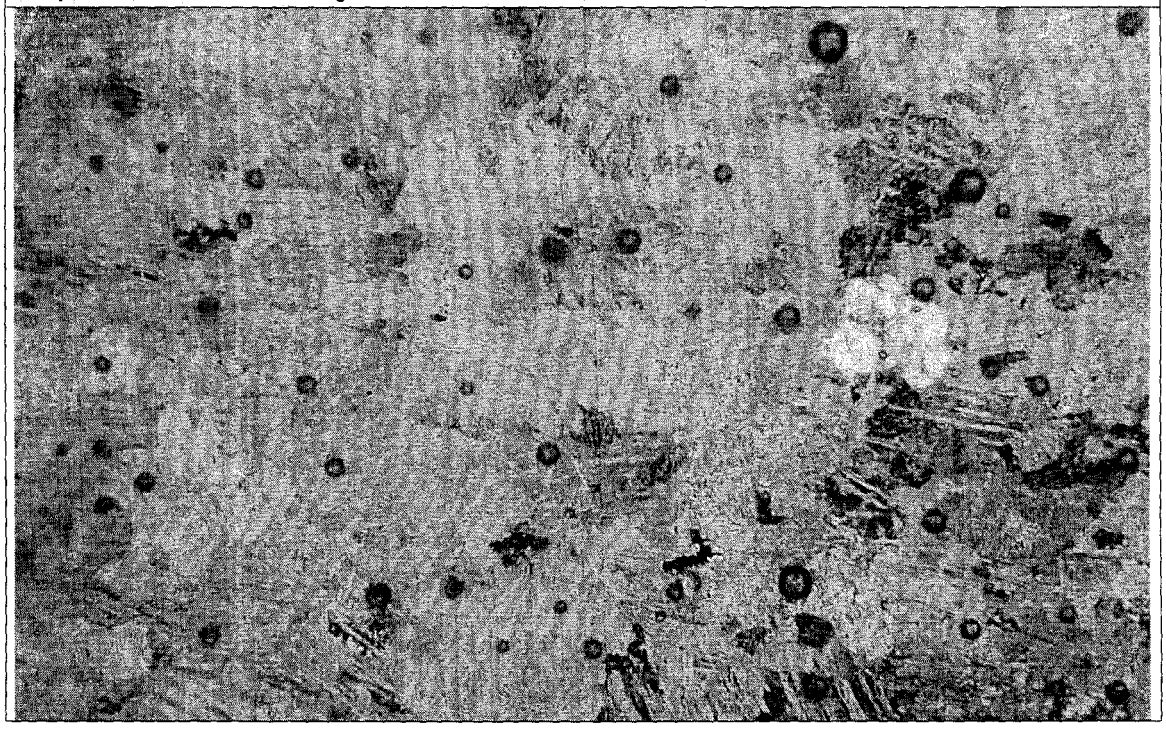
Stato fisico: Non si osservano fenomeni d'alterazione in atto.
Classificazione petrografica: frammento di lapideo a composizione carbonatica (marmo leggermente dolomitico, con tracce di quarzo).

Rapporto di prova n. 09CA00706 - continua dalla pagina precedente.

Aggregati nocivi	Contenuto	Requisiti UNI 8520-2: 2005
Solfati (gesso e anidrite).	**non rilevato**	In caso di presenza di solfati deve essere soddisfatta la seguente condizione: Contenuto di solfati solubili in acido ≤ 0.2 ($AS_{0,2}$); Contenuto di solfati solubili in acido ≤ 0.8 ($AS_{0,8}$).
Solfuri ossidabili (pirite, marcasite e pirrotina).	**non rilevato**	In caso di presenza di solfuri ossidabili deve essere soddisfatta la seguente condizione: Contenuto totale di Zolfo ≤ 0.1%.
Minerali potenzialmente reattivi agli alcali (opale, silice amorfa idrata, vetro vulcanico ad alto tenore di silice, quarzo microcristallino, calcedonio, selce, quarzo ad estinzione ondulata).	**non rilevato**	In caso di presenza di minerali potenzialmente reattivi agli alcali è necessario eseguire la seguente prova: Determinazione della potenziale reattività in presenza di alcali (UNI 8520-22:2002).
Miche e scisti cristallini.	**non rilevato**	La presenza di miche nell'aggregato può comportare riduzioni sia nella resistenza meccanica, sia nel modulo elastico del calcestruzzo.

Rilascio di altre sostanze pericolose UNI EN 12620:2003	Contenuto	Riferimento normativo
Pietre verdi (come definite nell'all. 4 del DM 14/05/96).	**non rilevato**	Legge 257 del 27/03/92: Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

Campione 09CA00706. Fotomicrografia al MPOM in luce trasmessa, sezione sottile, 80 x N+.



Il Responsabile di Settore
(Dott. Michele Rocchetto)

Il Responsabile del Laboratorio
(Dott. Paolo Cornale)

Spett. le
G.E.T. Geotechnical and Engineering Testing Srl
Via Renata Bianchi, 38
16152 Genova

RAPPORTO DI PROVA N. **09CA00707**

Data emissione rapporto: 19 febbraio 2009

Sigla campione: **S4 - CAR2 15.00m**
Descrizione campione: Frammenti di carote di lapideo
Provenienza campione: -
Descrizione prova e metodo analitico: Analisi petrografica di aggregati mediante esame microscopico in sezione sottile secondo UNI EN 932-3:2004.
Strumentazione utilizzata: Troncatrice metallografica Remet Micromet-M (N interno A-1), Pulitrice metallografica Remet LS2 (N interno A-2), Microscopio ottico polarizzatore Nikon Alphaphot 2 – POL (N interno S-57).
Prelievo effettuato da: Committente

Arrivo in laboratorio: 06/02/2009 Inizio analisi: 06/02/2009 Fine analisi: 18/02/2009

Il presente rapporto di prova si riferisce solo al campione sottoposto alle prove. È vietata la riproduzione parziale del rapporto di prova senza l'approvazione di C.S.G. Palladio s.r.l.. I campioni vengono conservati presso C.S.G. Palladio s.r.l. per 3 mesi salvo diverse prescrizioni.

RISULTATI ANALITICI

Descrizione preliminare macroscopica: frammenti di lapideo: bianco-verdastro.

Osservazioni microscopiche
(stime quantitative basate sul conteggio delle particelle)

Morfologia dei clasti (dopo frantumazione): forma da angolosa a fortemente angolosa; sfericità da alta a bassa.

Analisi modale:

COSTITUENTI	%
Rocce metamorfiche gneissiche a quarzo, muscovite, albite e clorite	100

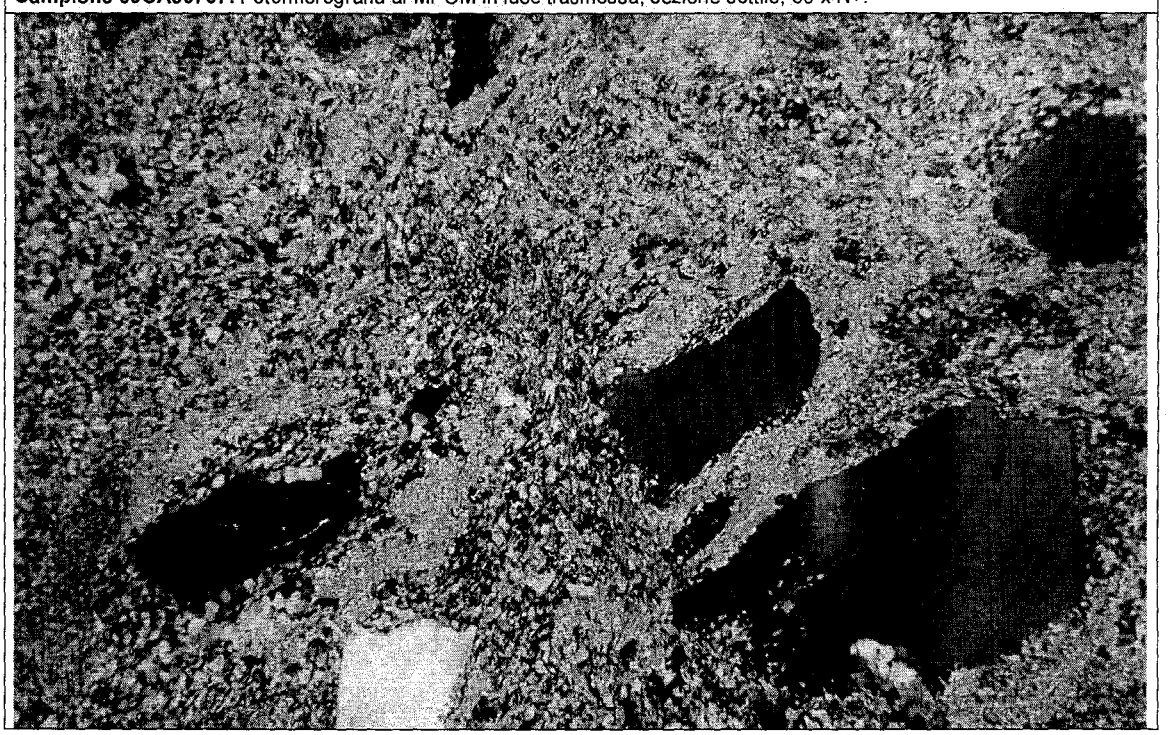
Stato fisico: Non si osservano fenomeni d'alterazione in atto.
Classificazione petrografica: frammenti di lapideo a composizione silicatica (gneiss a quarzo, muscovite, albite e clorite).

Rapporto di prova n. 09CA00707 - continua dalla pagina precedente.

Aggregati nocivi	Contenuto	Requisiti UNI 8520-2: 2005
Solfati (gesso e anidrite).	**non rilevato**	In caso di presenza di solfati deve essere soddisfatta la seguente condizione: Contenuto di solfati solubili in acido ≤ 0.2 ($AS_{0,2}$); Contenuto di solfati solubili in acido ≤ 0.8 ($AS_{0,8}$).
Solfuri ossidabili (pirite, marcasite e pirrotina).	**non rilevato**	In caso di presenza di solfuri ossidabili deve essere soddisfatta la seguente condizione: Contenuto totale di Zolfo ≤ 0.1%.
Minerali potenzialmente reattivi agli alcali (opale, silice amorfa idrata, vetro vulcanico ad alto tenore di silice, quarzo microcristallino, calcedonio, selce, quarzo ad estinzione ondulata).	**non rilevato**	In caso di presenza di minerali potenzialmente reattivi agli alcali è necessario eseguire la seguente prova: Determinazione della potenziale reattività in presenza di alcali (UNI 8520-22:2002).
Miche e scisti cristallini.	**non rilevato**	La presenza di miche nell'aggregato può comportare riduzioni sia nella resistenza meccanica, sia nel modulo elastico del calcestruzzo.

Rilascio di altre sostanze pericolose UNI EN 12620:2003	Contenuto	Riferimento normativo
Pietre verdi (come definite nell'all. 4 del DM 14/05/96).	**non rilevato**	Legge 257 del 27/03/92: Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

Campione 09CA00707. Fotomicrografia al MPOM in luce trasmessa, sezione sottile, 80 x N+.



Il Responsabile di Settore
(Dott. Michele Rocchetto)

Il Responsabile del Laboratorio
(Dott. Paolo Cornale)

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Via R. Bianchi 38 - Genova

Cert. N°. 09-007-01
Data 29/01/2009

Cliente :	Dott. Geol. Gino Piaggi
Località :	Bormida
Identificazione Campione :	S4 - Car1
Profondità (m) :	8.00
Tipo del Campione :	Carotato
Descrizione del Materiale :	Calcare metamorfico biancastro

Data Ricevimento :	28 gennaio 2009
Data Esecuzione Prova :	29 gennaio 2009
Denominazione Prova :	**PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA**
Riferimenti Normativi :	**A.S.T.M. D 2938-95**

Note :

I risultati relativi al presente certificato sono riferiti esclusivamente al campione in oggetto

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Sergio Vergano

Operatore : Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA

Cliente : Dott. Geol. Gino Piaggi
Località : Bormida

DATI IDENTIFICATIVI

Identificazione del Campione : S4 - Car1 Profondità (m) : 8.00

Descrizione : Calcare metamorfico biancastro

Dimensioni : Diametro (cm) : 7.85 Altezza (cm) : 15.63

CARATTERISTICHE FISICHE

Peso di volume (kN/m^3) : 26.22

ROTTURA

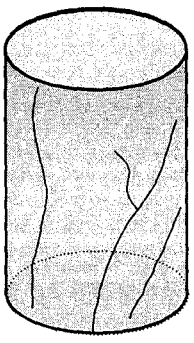
Carico (kN) : 200.4

Ca (MPa) : **41.41**

C (MPa) : **41.38** (Corretto per L/D = 2)

NOTE :

Schizzo del provino a rottura



Direttore Tecnico : SVO Operatore : GO

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Via R. Bianchi 38 - Genova

Cert. N°. 09-007-02
Data 29/01/2009

Cliente :	Dott. Geol. Gino Piaggi
Località :	Bormida
Identificazione Campione :	S4 - Car2
Profondità (m) :	15.00
Tipo del Campione :	Carotato
Descrizione del Materiale :	Roccia metamorfica gneissica

Data Ricevimento :	28 gennaio 2009
Data Esecuzione Prova :	29 gennaio 2009
Denominazione Prova :	**PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA**
Riferimenti Normativi :	**A.S.T.M. D 2938-95**

Note :

I risultati relativi al presente certificato sono riferiti esclusivamente al campione in oggetto

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Sergio Vergano

Operatore : Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Via R. Bianchi 38 - Genova

Cert. N°. 09-007-02
Data 29/01/2009

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA

Cliente : Dott. Geol. Gino Piaggi
Località : Bormida

DATI IDENTIFICATIVI

Identificazione del Campione : S4 - Car2 Profondità (m) : 15.00

Descrizione : Roccia metamorfica gneissica

Dimensioni : Diametro (cm) : 7.80 Altezza (cm) : 15.51

CARATTERISTICHE FISICHE

Peso di volume (kN/m^3) : 24.49

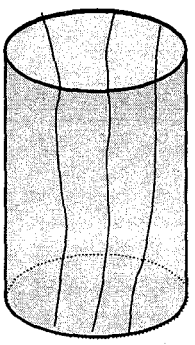
ROTTURA

Carico (kN) : 147.3

Ca (MPa) : **30.83**

C (MPa) : **30.81** (Corretto per L/D = 2)

Schizzo del provino a rottura



NOTE :

Direttore Tecnico : SVO Operatore : GO

STRATIGRAFIA DEI CAROTAGGI

MODULO SONDAGGI PENETROMETRICI

Studio Geologico Piaggi

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Airone S.a.s.	20 m			
Operatore	**Indagine**	**Note1**		**Inizio/Fine Esecuzione**
Responsabile	**Sondaggio**	**Tipo Carotaggio**	**Tipo Sonda**	**Coordinate X Y**
	S1			

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
1		Terreno detritico di copertura													
2															
3															
4															
5			5.50												
6		Calcare Compatto (raramente fratturato)													
7															
8															
9				%C=95											
10															
11															
12															
13			13.20												
14		Calcare grigio - marmo		%C=70											
15			15.00												
16		Calcare grigio - marmo													
17															
18				%C=60											
19															
20			20.00												

Campioni: S-Pareti Sottili, D-Opterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT

Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua

Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Bentonitici

Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Sperimentatore

Responsabile

MODULO SONDAGGI PENETROMETRICI

Studio Geologico Piaggi

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Operatore	Indagine	Note1		Inizio/Fine Esecuzione
Responsabile	Sondaggio S2	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
1		Terreno limoso-sabbioso con ghiaie	1.80												
2		Calcare grigio - Marmo	7.50	%C=75											
8		Calcari da compatti a fratturati	10.40	%C=80											
11		Calcare grigio - Marmo	15.00	%C=60											
15		Calcare compatto	20.00	%C=100											
20															

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Ostarberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT

Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua

Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici

Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Sperimentatore

Responsabile

MODULO SONDAGGI PENETROMETRICI

Studio Geologico Piaggi

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Operatore	Indagine	Note1		Inizio/Fine Esecuzione
Responsabile	Sondaggio S3	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D. (0 20 40 60 80 100)	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizz.	Class. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
1		Terreno di copertura (argilla da plastica a molle)													
2															
3															
4															
5			5.00												
6		Tovante calcareo	6.40												
7		Argilla (da plastica a molle) con ghiaia													
8															
9			9.50												
10		Calcare da compatto a fratturato e cariato													
11				C											
12			12.40												
13		Sabbia, ghiaia e argilla	13.00												
14		Calcare da compatto a fratturato a cariato		C											
15			15.00												
16															
17															
18															
19															
20															

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Sperimentatore

Responsabile

MODULO SONDAGGI PENETROMETRICI

Studio Geologico Piaggi

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Operatore	Indagine	Note1		Inizio/Fine Esecuzione
Responsabile	Sondaggio S4	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D. (0 20 40 60 80 100)	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
1		Terreno detritico argilloso-ghiaioso													
2															
3															
4			4.50												
5		Calcare compatto localmente fratturato													
6															
7															
8			8.50												
9		Scisto da compatto a fratturato													
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20			20.00												

* Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Sperimentatore

Responsabile

MODULO SONDAGGI PENETROMETRICI

Studio Geologico Piaggi

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Operatore	Indagine	Nota1		Inizio/Fine Esecuzione
Responsabile	Sondaggio S5	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y

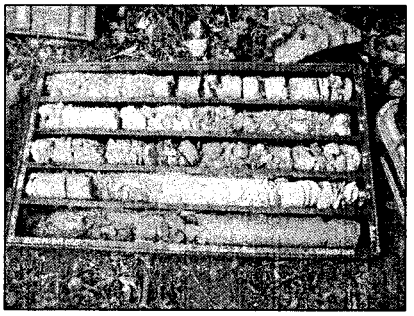
Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D. (0 20 40 60 80 100)	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Class. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclinometro (I)
1–20		Terreno detritico sabbioso-argilloso	3.10												
		Calcare compatto o poco fratturato	20.00												

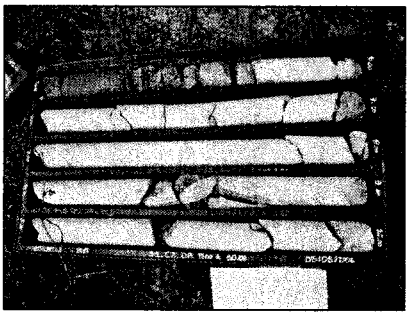
Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

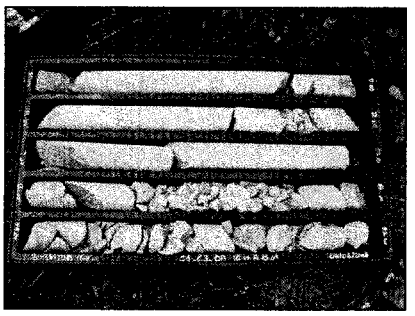
Sperimentatore

Responsabile

FOTOGRAFIE DEI CAROTAGGI







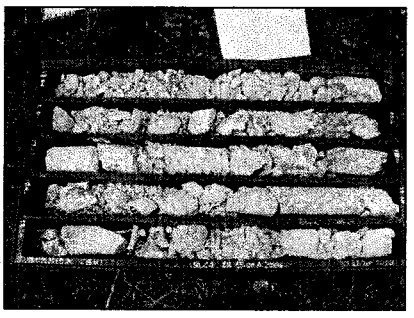
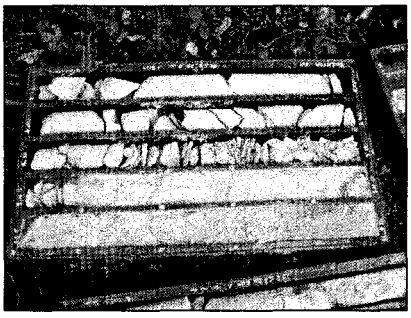
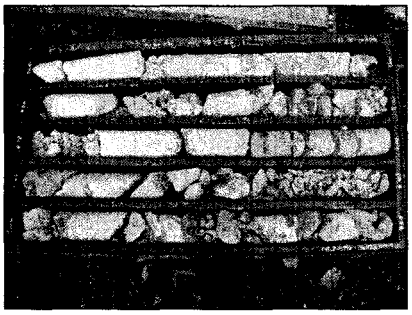


Foto carotaggio n° 1







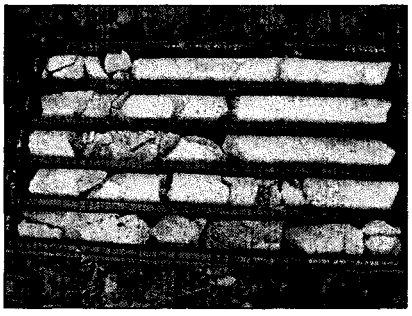
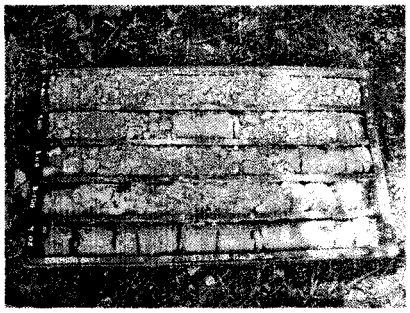


Foto carotaggio n° 2





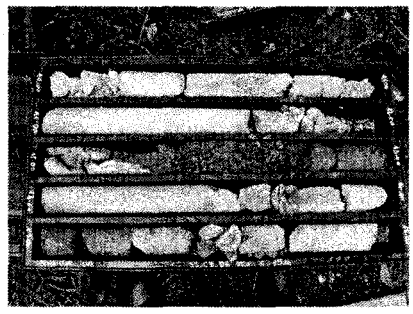
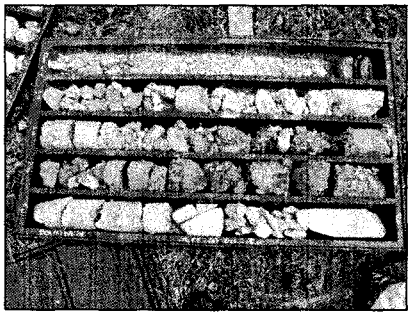
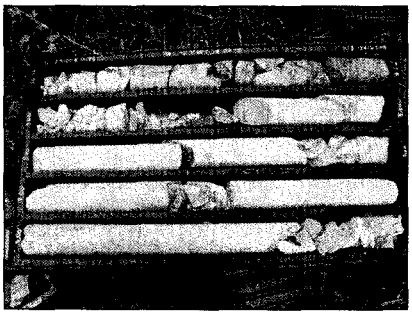
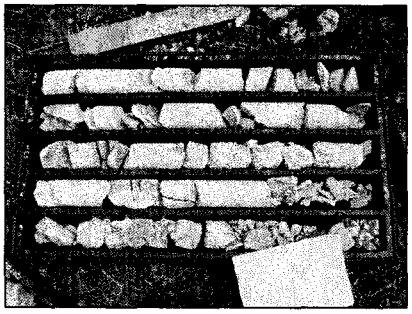


Foto carotaggio n° 3







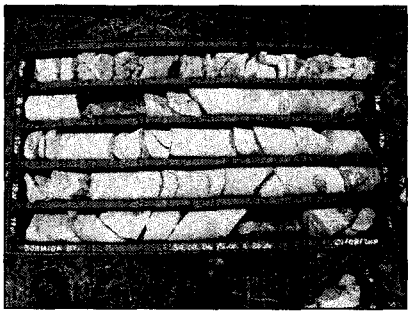
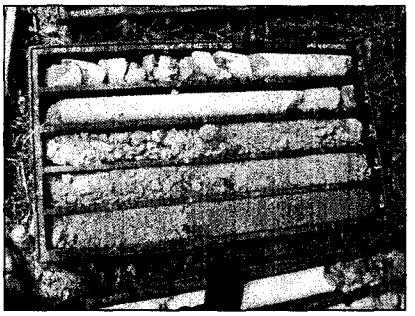
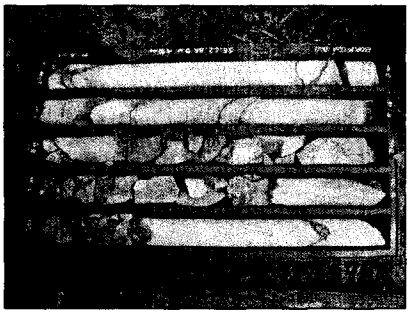
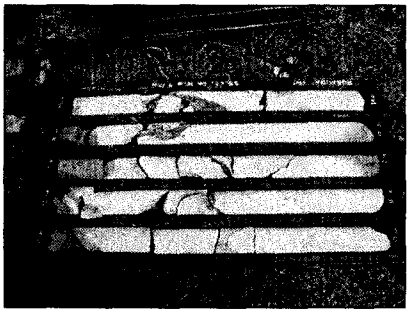


Foto carotaggio n° 4







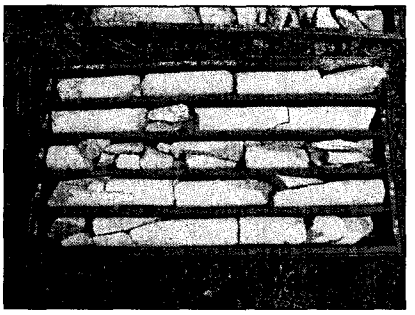


Foto carotaggio n° 5

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Airone
Cantiere: cava Giambrigne
Località: Bormida

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL 030 SUNDA)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	18 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,761
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

OPERATORE **RESPONSABILE**

PROVA ... Nr.A

Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)
Prova eseguita in data 29/08/2008
Profondità prova 5,10 mt
Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	2	0,857	6,12	7,14	0,31	0,36
0,20	2	0,855	6,10	7,14	0,31	0,36
0,30	6	0,853	18,27	21,43	0,91	1,07
0,40	3	0,851	9,12	10,71	0,46	0,54
0,50	11	0,849	31,83	37,50	1,59	1,88
0,60	12	0,847	34,65	40,91	1,73	2,05
0,70	15	0,795	40,66	51,14	2,03	2,56
0,80	9	0,843	25,88	30,68	1,29	1,53
0,90	8	0,842	22,95	27,27	1,15	1,36
1,00	10	0,840	28,63	34,09	1,43	1,70
1,10	11	0,838	31,42	37,50	1,57	1,88
1,20	11	0,836	31,36	37,50	1,57	1,88
1,30	11	0,835	31,30	37,50	1,56	1,88
1,40	12	0,833	34,07	40,91	1,70	2,05
1,50	12	0,831	32,53	39,13	1,63	1,96
1,60	13	0,780	33,05	42,39	1,65	2,12
1,70	12	0,828	32,40	39,13	1,62	1,96
1,80	12	0,826	32,33	39,13	1,62	1,96
1,90	8	0,825	21,52	26,09	1,08	1,30
2,00	9	0,823	24,16	29,35	1,21	1,47
2,10	7	0,822	18,75	22,83	0,94	1,14
2,20	9	0,820	24,07	29,35	1,20	1,47
2,30	10	0,819	26,69	32,61	1,33	1,63
2,40	10	0,817	26,65	32,61	1,33	1,63
2,50	12	0,816	30,59	37,50	1,53	1,88
2,60	12	0,814	30,53	37,50	1,53	1,88
2,70	12	0,813	30,48	37,50	1,52	1,88
2,80	13	0,761	30,93	40,63	1,55	2,03
2,90	13	0,760	30,88	40,63	1,54	2,03
3,00	11	0,809	27,80	34,38	1,39	1,72
3,10	16	0,757	37,87	50,00	1,89	2,50
3,20	16	0,756	37,80	50,00	1,89	2,50
3,30	16	0,755	37,73	50,00	1,89	2,50
3,40	13	0,753	30,61	40,63	1,53	2,03
3,50	19	0,752	42,87	57,00	2,14	2,85
3,60	16	0,751	36,04	48,00	1,80	2,40
3,70	11	0,800	26,39	33,00	1,32	1,65
3,80	9	0,798	21,56	27,00	1,08	1,35
3,90	21	0,697	43,92	63,00	2,20	3,15
4,00	22	0,696	45,94	66,00	2,30	3,30
4,10	11	0,795	26,23	33,00	1,31	1,65
4,20	9	0,794	21,43	27,00	1,07	1,35
4,30	7	0,793	16,64	21,00	0,83	1,05
4,40	7	0,791	16,62	21,00	0,83	1,05
4,50	7	0,790	15,96	20,19	0,80	1,01
4,60	7	0,789	15,94	20,19	0,80	1,01
4,70	9	0,788	20,46	25,96	1,02	1,30
4,80	12	0,787	27,25	34,62	1,36	1,73
4,90	13	0,736	27,60	37,50	1,38	1,88
5,00	13	0,735	27,56	37,50	1,38	1,88
5,10	70	0,584	117,92	201,92	5,90	10,10

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.A

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
Strato 1	9,28	5,10	0,63	1,16	0,50	0,37	0,91	1,15	0,82	1,14	0,46	0,95	1,16

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)	
Strato 1	9,28	5,10	Robertson (1983)	18,56

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
Strato 1	9,28	5,10	42,58	--	96,44	116,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
Strato 1	9,28	5,10	86,32	92,80

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	9,28	5,10	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	9,28	5,10	Meyerhof ed altri	1,95

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	9,28	5,10	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
Strato 1	9,28	5,10	29,88	58,47	54,22	31,38

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
Strato 1	9,28	5,10	9,28	29,65	22,65	30,6	30,13	33,39	0	<30	26,8	29,78	27,26	28,62

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
Strato 1	9,28	5,10	9,28	---	74,24	110,20	---	---

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Strato 1	9,28	5,10	9,28	---	46,53	65,89	79,39

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	9,28	5,10	9,28	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	9,28	5,10	9,28	Meyerhof ed altri	1,71

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	9,28	5,10	9,28	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	9,28	5,10	9,28	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
Strato 1	9,28	5,10	9,28	527,73	487,62

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità (m/s)
Strato 1	9,28	5,10	9,28	Ohta & Goto (1978) Limi	120,495

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	9,28	5,10	9,28		

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	9,28	5,10	9,28		---

Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	9,28	5,10	9,28		---

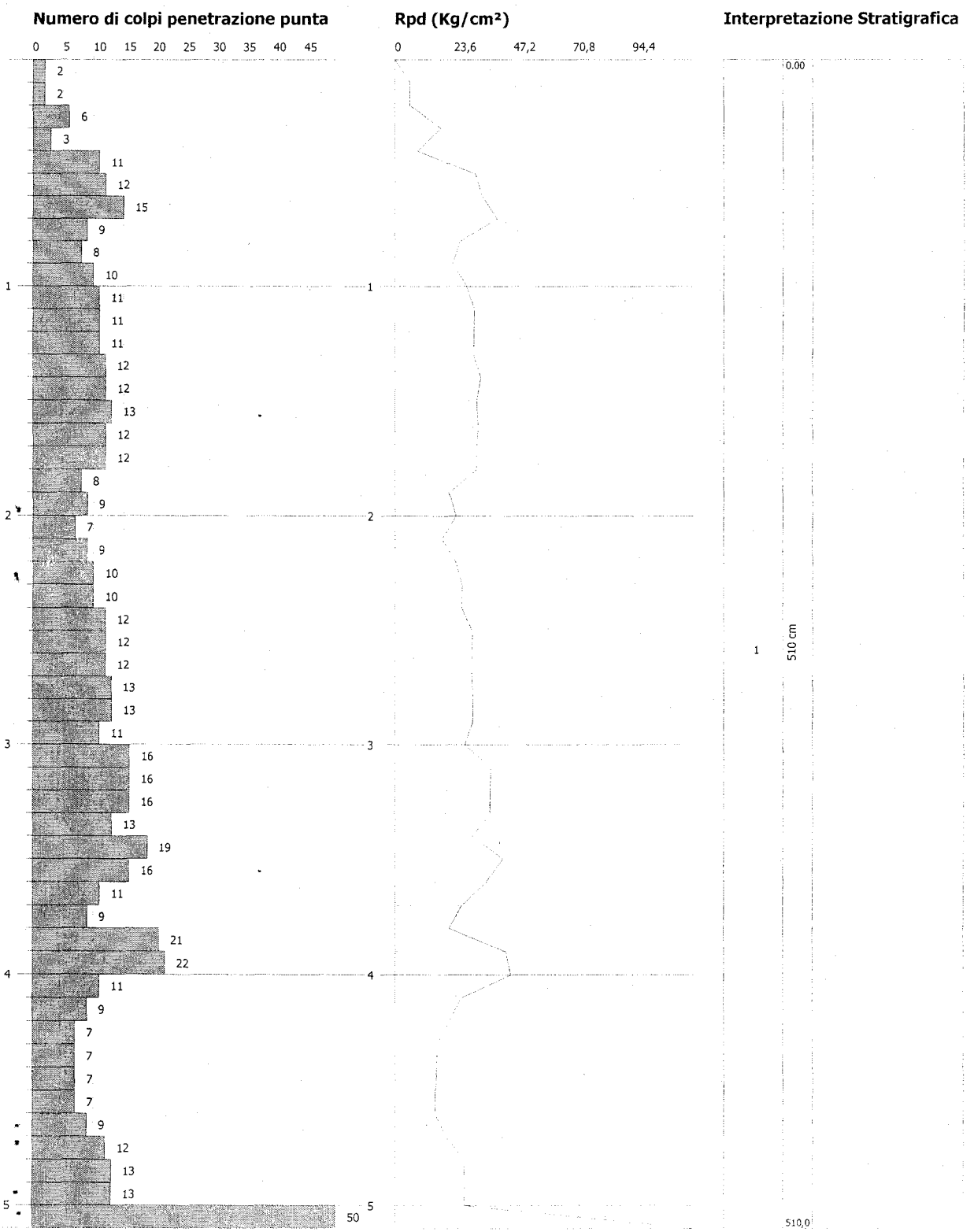
Geostru Software
www.geostru.com
geostru@geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.A
Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Airone
Cantiere : cava Giambrigne
Località : Bormida

Data :29/08/2008

Scala 1:26



PROVA ... Nr.B

Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)
Prova eseguita in data 28/08/2008
Profondità prova 6,20 mt
Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	2	0,857	6,12	7,14	0,31	0,36
0,20	2	0,855	6,10	7,14	0,31	0,36
0,30	2	0,853	6,09	7,14	0,30	0,36
0,40	2	0,851	6,08	7,14	0,30	0,36
0,50	3	0,849	8,68	10,23	0,43	0,51
0,60	3	0,847	8,66	10,23	0,43	0,51
0,70	9	0,845	25,93	30,68	1,30	1,53
0,80	11	0,843	31,63	37,50	1,58	1,88
0,90	11	0,842	31,56	37,50	1,58	1,88
1,00	11	0,840	31,49	37,50	1,57	1,88
1,10	8	0,838	22,85	27,27	1,14	1,36
1,20	8	0,836	22,81	27,27	1,14	1,36
1,30	6	0,835	17,07	20,45	0,85	1,02
1,40	6	0,833	17,04	20,45	0,85	1,02
1,50	5	0,831	13,55	16,30	0,68	0,82
1,60	4	0,830	10,82	13,04	0,54	0,65
1,70	4	0,828	10,80	13,04	0,54	0,65
1,80	4	0,826	10,78	13,04	0,54	0,65
1,90	21	0,725	49,63	68,48	2,48	3,42
2,00	20	0,773	50,43	65,22	2,52	3,26
2,10	12	0,822	32,15	39,13	1,61	1,96
2,20	10	0,820	26,74	32,61	1,34	1,63
2,30	8	0,819	21,36	26,09	1,07	1,30
2,40	8	0,817	21,32	26,09	1,07	1,30
2,50	14	0,766	33,50	43,75	1,67	2,19
2,60	15	0,764	35,82	46,88	1,79	2,34
2,70	12	0,813	30,48	37,50	1,52	1,88
2,80	9	0,811	22,82	28,13	1,14	1,41
2,90	20	0,760	47,50	62,50	2,38	3,13
3,00	32	0,659	65,87	100,00	3,29	5,00
3,10	34	0,657	69,84	106,25	3,49	5,31
3,20	15	0,756	35,44	46,88	1,77	2,34
3,30	10	0,805	25,15	31,25	1,26	1,56
3,40	6	0,803	15,06	18,75	0,75	0,94
3,50	6	0,802	14,44	18,00	0,72	0,90
3,60	3	0,801	7,21	9,00	0,36	0,45
3,70	3	0,800	7,20	9,00	0,36	0,45
3,80	7	0,798	16,77	21,00	0,84	1,05
3,90	9	0,797	21,52	27,00	1,08	1,35
4,00	19	0,746	42,52	57,00	2,13	2,85
4,10	22	0,695	45,86	66,00	2,29	3,30
4,20	9	0,794	21,43	27,00	1,07	1,35
4,30	27	0,693	56,10	81,00	2,80	4,05
4,40	39	0,591	69,20	117,00	3,46	5,85
4,50	21	0,690	41,82	60,58	2,09	3,03
4,60	13	0,739	27,72	37,50	1,39	1,88
4,70	13	0,738	27,68	37,50	1,38	1,88
4,80	24	0,687	47,57	69,23	2,38	3,46
4,90	26	0,686	51,45	75,00	2,57	3,75
5,00	25	0,685	49,40	72,12	2,47	3,61
5,10	18	0,734	38,11	51,92	1,91	2,60
5,20	19	0,733	40,17	54,81	2,01	2,74
5,30	16	0,732	33,79	46,15	1,69	2,31
5,40	18	0,731	37,96	51,92	1,90	2,60
5,50	19	0,730	38,53	52,78	1,93	2,64
5,60	18	0,729	36,46	50,00	1,82	2,50
5,70	23	0,678	43,33	63,89	2,17	3,19
5,80	25	0,677	47,03	69,44	2,35	3,47

5,90	22	0,676	41,33	61,11	2,07	3,06
6,00	33	0,625	57,34	91,67	2,87	4,58
6,10	45	0,575	71,82	125,00	3,59	6,25
6,20	70	0,574	111,56	194,44	5,58	9,72

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.B

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
Strato 1	11,53	6,20	0,78	1,44	0,50	0,46	1,13	1,36	1,01	1,33	0,58	1,17	1,44

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)	
Strato 1	11,53	6,20	Robertson (1983)	23,06

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
Strato 1	11,53	6,20	52,90	--	119,39	115,30

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
Strato 1	11,53	6,20	112,20	115,30

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	11,53	6,20	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	11,53	6,20	Meyerhof ed altri	2,01

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	11,53	6,20	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
Strato 1	11,53	6,20	32,38	61,99	54,77	36,27

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
Strato 1	11,53	6,20	11,53	30,29	23,29	31,23	29,99	34,24	36,68	<30	28,15	30,46	28,03	30,19

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
Strato 1	11,53	6,20	11,53	242,37	92,24	136,75	266,48	132,65

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Strato 1	11,53	6,20	11,53	69,18	51,15	81,86	89,42

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	11,53	6,20	11,53	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	11,53	6,20	11,53	Meyerhof ed altri	1,78

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	11,53	6,20	11,53	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	11,53	6,20	11,53	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
Strato 1	11,53	6,20	11,53	647,19	556,79

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità (m/s)
Strato 1	11,53	6,20	11,53	Ohta & Goto (1978) Limi	129,912

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	11,53	6,20	11,53		

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	11,53	6,20	11,53		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	11,53	6,20	11,53		---

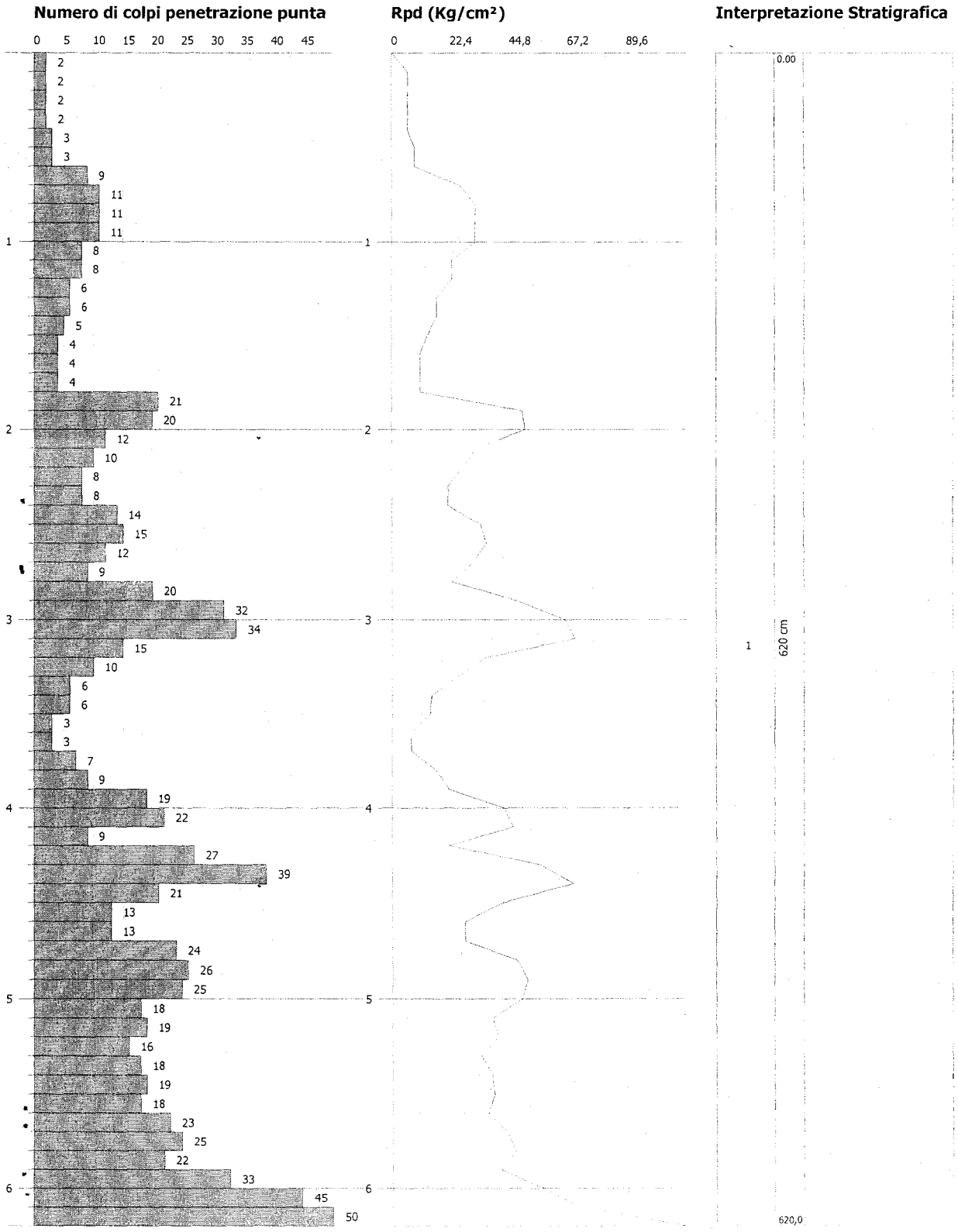
Geostru Software
www.geostru.com
geostru@geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.B
Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Airone
Cantiere : cava Giambrigne
Località : Bormida

Data :28/08/2008

Scala 1:31



PROVA ... Nr.C

Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)
Prova eseguita in data 28/08/2008
Profondità prova 3,60 mt
Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - (Kg/cm²)
0,10	3	0,857	9,18	10,71	0,46	0,54
0,20	5	0,855	15,26	17,86	0,76	0,89
0,30	3	0,853	9,14	10,71	0,46	0,54
0,40	3	0,851	9,12	10,71	0,46	0,54
0,50	13	0,799	35,40	44,32	1,77	2,22
0,60	11	0,847	31,76	37,50	1,59	1,88
0,70	8	0,845	23,05	27,27	1,15	1,36
0,80	8	0,843	23,00	27,27	1,15	1,36
0,90	7	0,842	20,08	23,86	1,00	1,19
1,00	5	0,840	14,31	17,05	0,72	0,85
1,10	5	0,838	14,28	17,05	0,71	0,85
1,20	9	0,836	25,66	30,68	1,28	1,53
1,30	19	0,785	50,82	64,77	2,54	3,24
1,40	24	0,733	59,96	81,82	3,00	4,09
1,50	38	0,681	84,41	123,91	4,22	6,20
1,60	34	0,680	75,34	110,87	3,77	5,54
1,70	20	0,778	50,73	65,22	2,54	3,26
1,80	14	0,776	35,44	45,65	1,77	2,28
1,90	9	0,825	24,20	29,35	1,21	1,47
2,00	20	0,773	50,43	65,22	2,52	3,26
2,10	25	0,722	58,83	81,52	2,94	4,08
2,20	22	0,720	51,66	71,74	2,58	3,59
2,30	48	0,619	96,83	156,52	4,84	7,83
2,40	50	0,617	100,62	163,04	5,03	8,15
2,50	34	0,666	70,73	106,25	3,54	5,31
2,60	30	0,714	66,96	93,75	3,35	4,69
2,70	26	0,713	57,92	81,25	2,90	4,06
2,80	22	0,711	48,91	68,75	2,45	3,44
2,90	17	0,760	40,38	53,13	2,02	2,66
3,00	18	0,759	42,68	56,25	2,13	2,81
3,10	22	0,707	48,63	68,75	2,43	3,44
3,20	14	0,756	33,08	43,75	1,65	2,19
3,30	16	0,755	37,73	50,00	1,89	2,50
3,40	17	0,753	40,02	53,13	2,00	2,66
3,50	18	0,752	40,61	54,00	2,03	2,70
3,60	70	0,601	126,18	210,00	6,31	10,50

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.C

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
Strato 1	14,95	3,60	1,01	1,87	0,50	0,59	1,47	1,90	1,30	1,62	0,75	2,14	1,87

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)	
Strato 1	14,95	3,60	Robertson (1983)	29,90

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
Strato 1	14,95	3,60	68,59	--	64,27	149,50

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia

Strato 1	14,95	3,60	151,53	149,50

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	14,95	3,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	14,95	3,60	Meyerhof ed altri	2,07

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	14,95	3,60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
Strato 1	14,95	3,60	42,18	78,4	57,84	42,93

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATIO	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
Strato 1	14,95	3,60	14,95	31,27	24,27	32,19	31,53	35,45	38,98	30-32	29,97	31,49	29,11	32,29

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
Strato 1	14,95	3,60	14,95	275,99	119,60	177,11	292,12	149,75

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Strato 1	14,95	3,60	14,95	89,70	58,17	106,14	104,68

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	14,95	3,60	14,95	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	14,95	3,60	14,95	Meyerhof ed altri	1,88

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	14,95	3,60	14,95	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	14,95	3,60	14,95	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi
Strato 1	14,95	3,60	14,95	826,18	652,55

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità (m/s)
Strato 1	14,95	3,60	14,95	Ohta & Goto (1978) Limi	122,349

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	14,95	3,60	14,95		

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	14,95	3,60	14,95		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	14,95	3,60	14,95		---

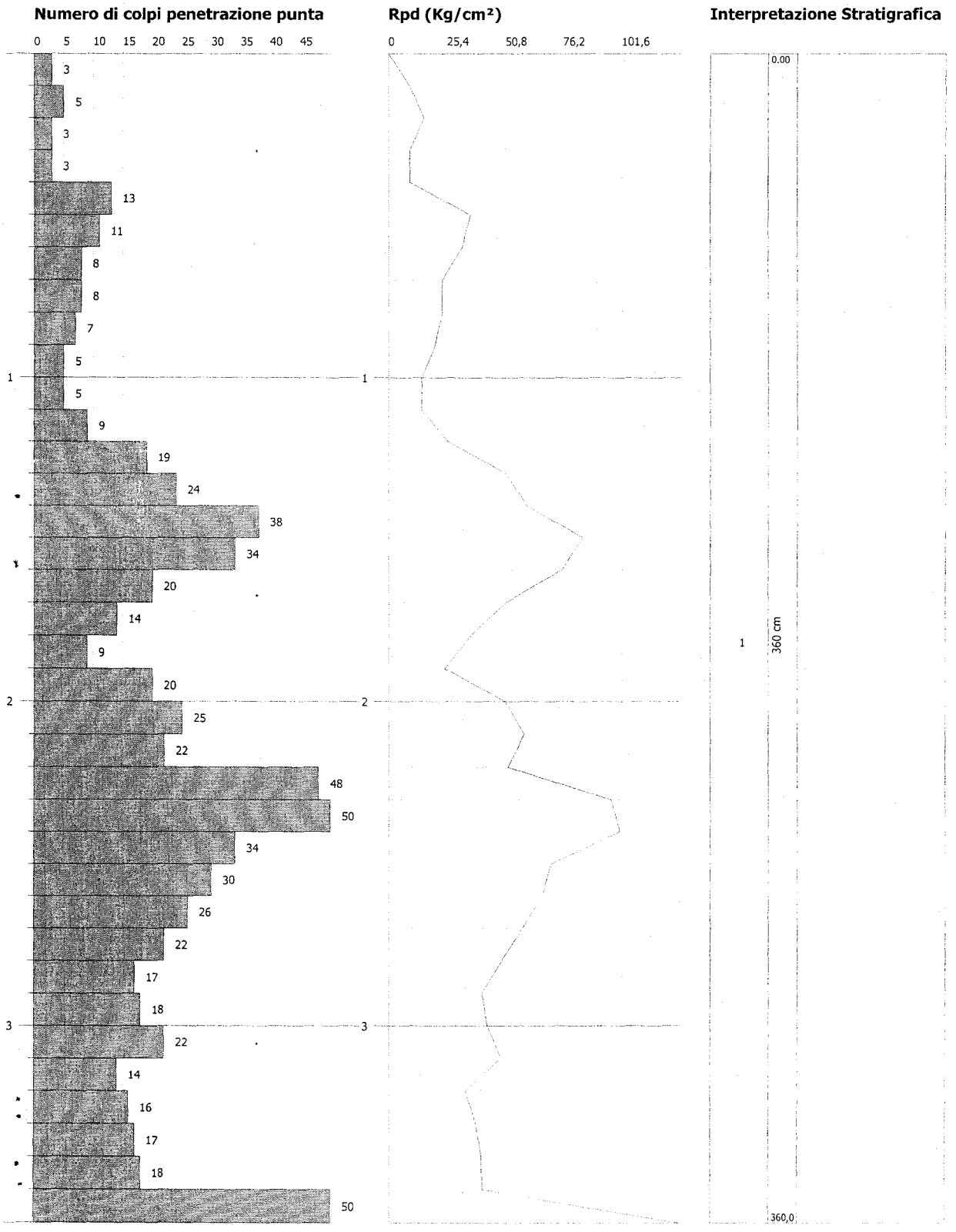
Geostru Software
www.geostru.com
geostru@geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.C
Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

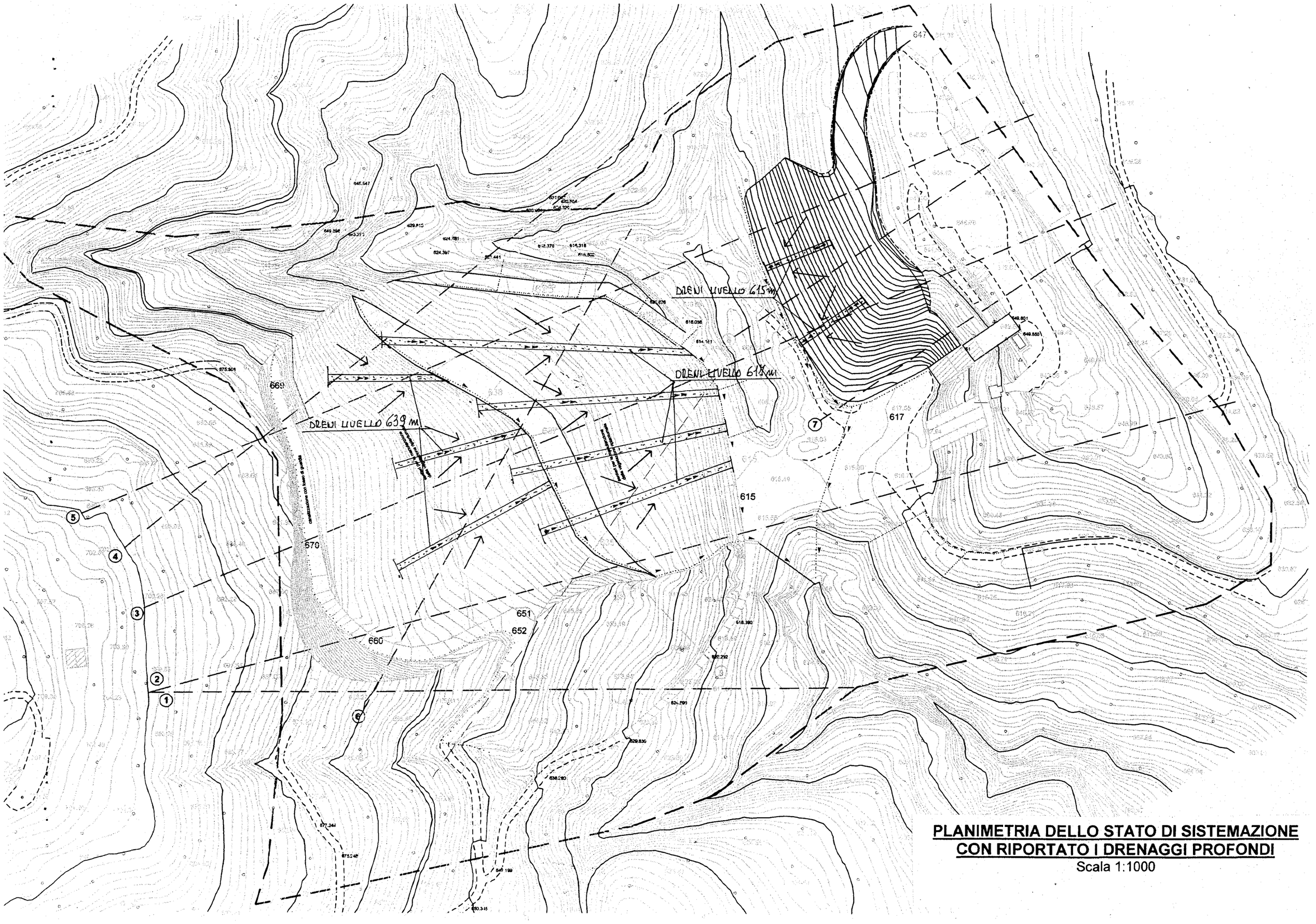
Committente : Airone
Cantiere : cava Giambrigne
Località : Bormida

Data :28/08/2008

Scala 1:18

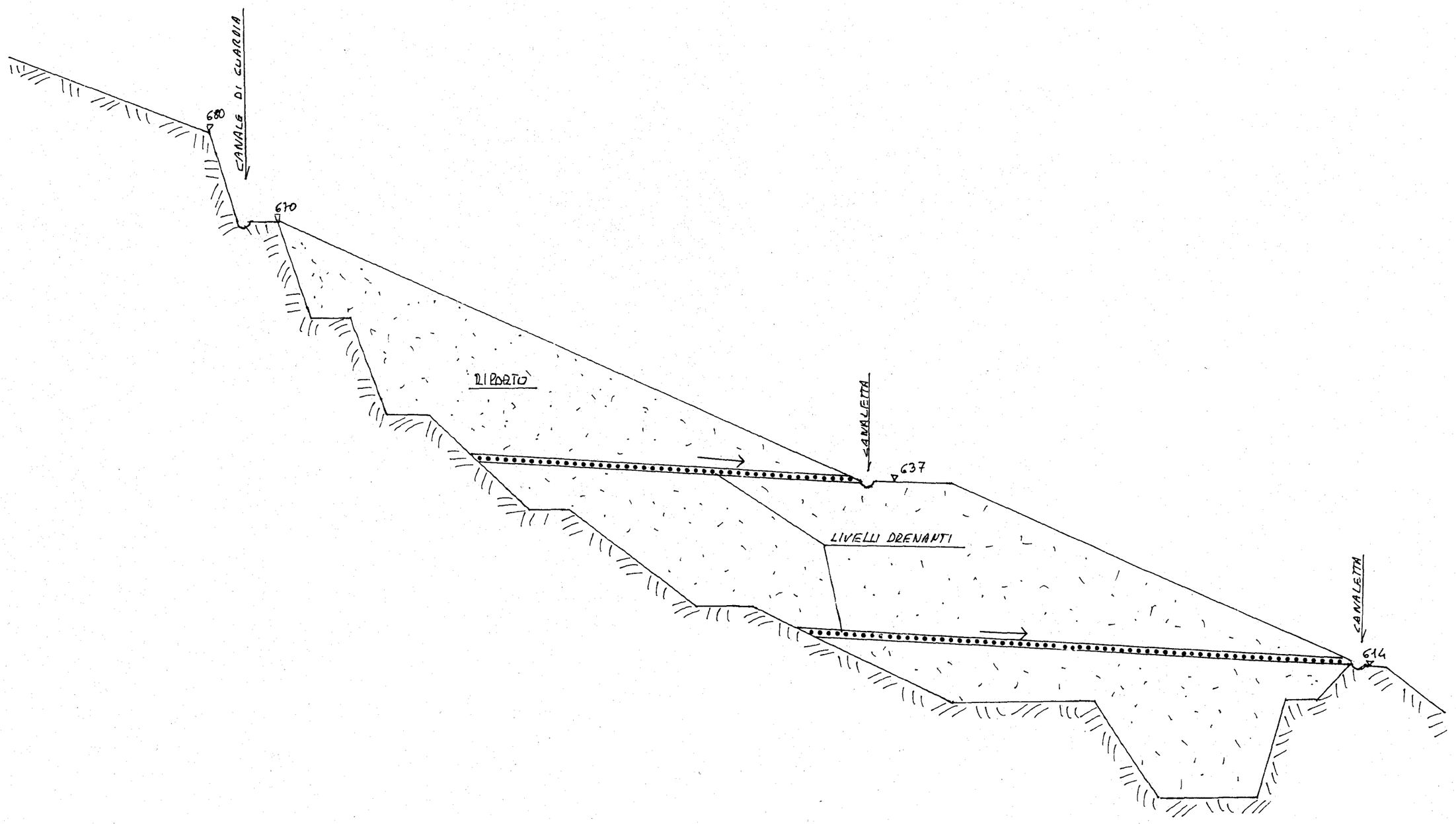


DRENAGGIO PROFONDO DELLE ACQUE DI INFILTRAZIONE NEI RILEVATI

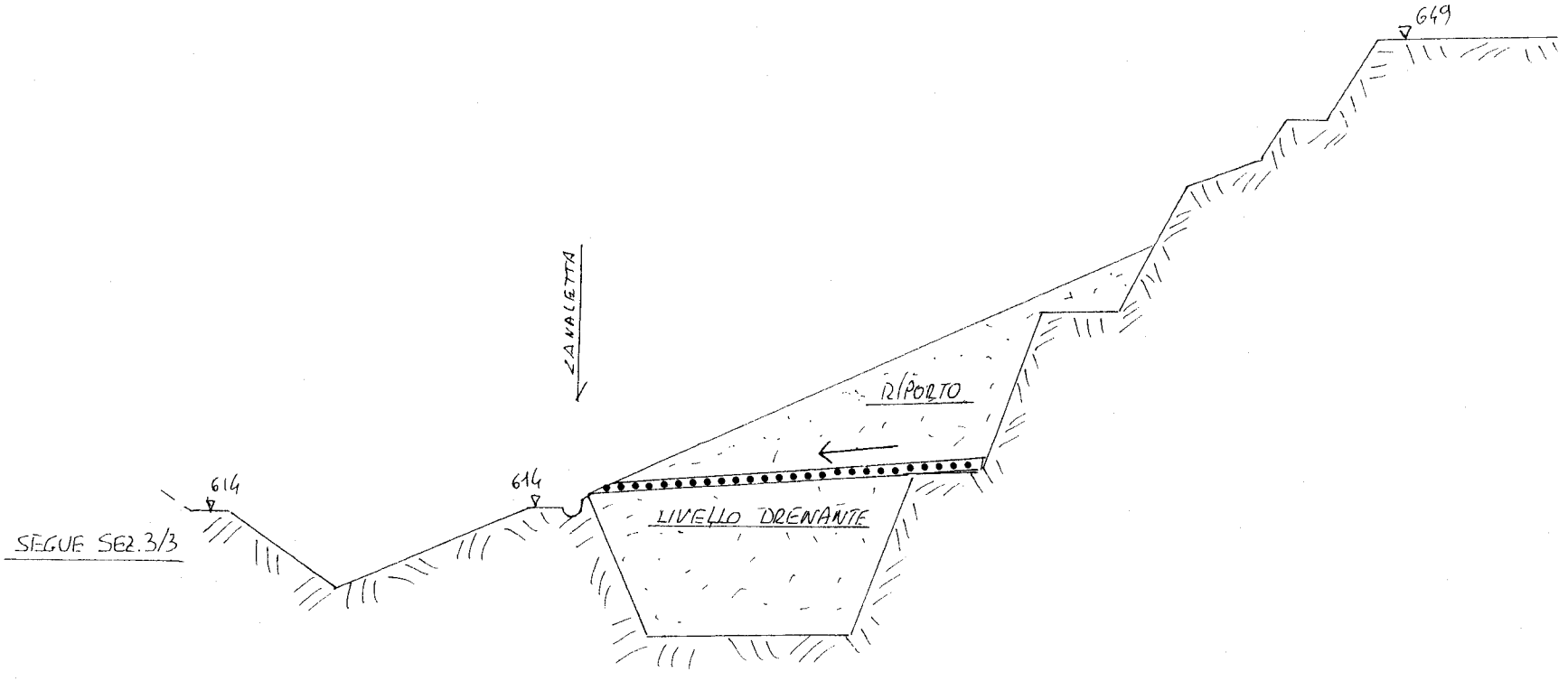


PLANIMETRIA DELLO STATO DI SISTEMAZIONE CON RIPORTATO I DRENAGGI PROFONDI

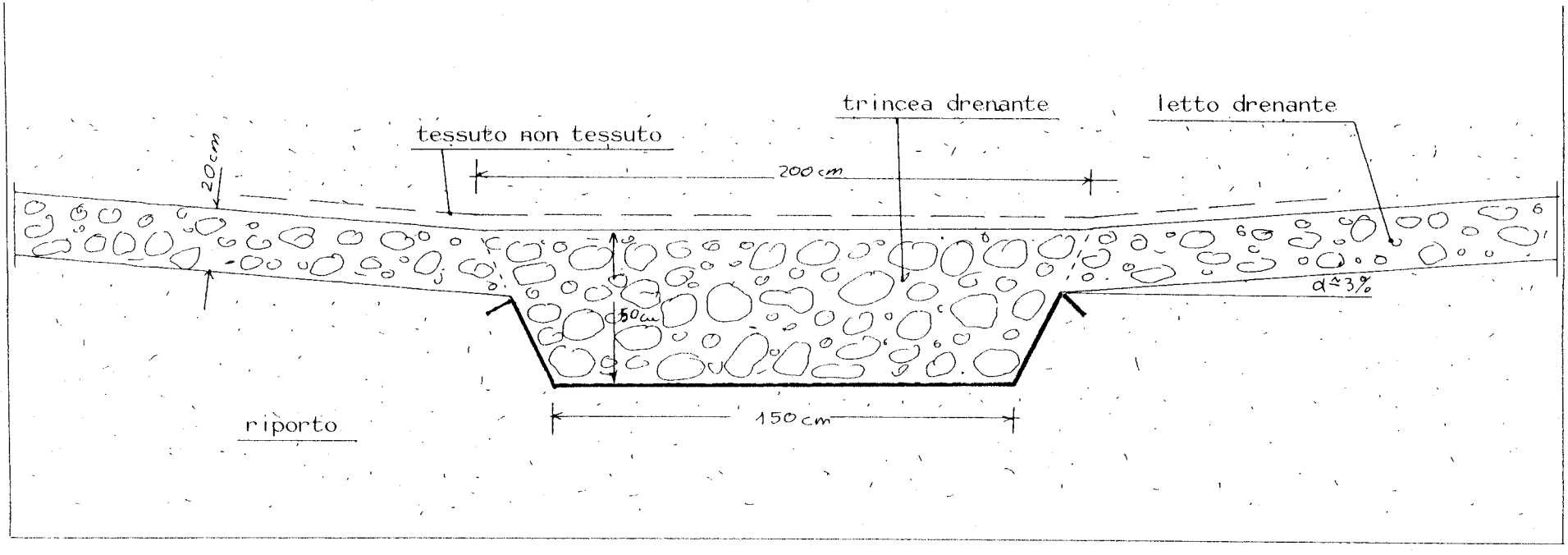
Scala 1:1000



SEZIONE DI SISTEMAZIONE 3 - 3
CON RIPORTATO IL DRENAGGIO PROFONDO NEL RILEVATO
Scala 1:500



SEZIONE DI SISTEMAZIONE 3 - 3
CON RIPORTATO IL DRENAGGIO PROFONDO NEL RILEVATO
Scala 1:500



SEZIONE TIPO DEL DRENAGGIO PROFONDO

Scala 1:20

VERIFICHE DI STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO E DEL RILEVATO

Verifica di stabilità globale del versante – sezione 5-5 di progetto

Pendii in roccia *(Metodo di Hoeck e Bray)*

Per i versanti in roccia, diversamente da quelli in terra, il criterio di rottura di Mohr-Coulomb non può essere impiegato per definire la resistenza del materiale; tuttavia con questo metodo viene descritta una procedura che consente l'applicazione dei metodi classici dell'Equilibrio Limite anche nei versanti rocciosi. A tale scopo vengono definiti l'angolo di resistenza a taglio e la coesione che si mobilitano lungo la superficie di scorrimento secondo le seguenti espressioni:

$$tg\varphi = AB\left(\frac{N}{\sigma_c} - T\right)^{B-1}$$

$$c = A\sigma_c\left(\frac{N}{\sigma_c} - T\right)^{B} - Ntg\varphi$$

dove:

σ_c è la resistenza a compressione monassiale della roccia;

A, B, T costanti in funzione del litotipo e della qualità della roccia *(riportati in tabella);*

N sforzo normale alla base del concio.

Le costanti A, B e T sono vengono determinate in funzione della classificazione della roccia secondo Bieniawski (indice RMR) e secondo Barton (indice Q). Tra i due sistemi di classificazione, sulla base di 111 esempi analizzati, è stata trovata la seguente correlazione:

$$RMR = 9\ lnQ + 44$$

	Calcari Dolomie Marne	Argilliti Siltiti Scisti	Areniti Quarziti	Andesiti Basalti Rioliti	Anfiboliti Gneiss Graniti
RMR =100 Q = 500	A = 0.816 B = 0.658 T = -0.140	A = 0.918 B = 0.677 T = -0.099	A = 1.044 B = 0.692 T = -0.067	A = 1.086 B = 0.696 T = -0.059	A = 1.220 B = 0.705 T = -0.040
RMR = 85 Q = 100	A = 0.651 B = 0.679 T = -0.028	A = 0.739 B = 0.692 T = -0.020	A = 0.848 B = 0.702 T = -0.013	A = 0.883 B = 0.705 T = -0.012	A = 0.998 B = 0.712 T = -0.008
RMR = 65 Q = 10	A = 0.369 B = 0.669 T = -0.006	A = 0.427 B = 0.683 T = -0.004	A = 0.501 B = 0.695 T = -0.003	A = 0.525 B = 0.698 T = -0.002	A = 0.603 B = 0.707 T = -0.002
RMR = 44 Q = 1	A = 0.198 B = 0.662 T = -0.0007	A = 0.234 B = 0.675 T = -0.0005	A = 0.280 B = 0.688 T = -0.0003	A = 0.295 B = 0.691 T = -0.003	A = 0.346 B = 0.700 T = -0.0002
RMR = 3 Q = 0.1	A = 0.115 B = 0.646 T = -0.0002	A = 0.129 B = 0.655 T = -0.0002	A = 0.162 B = 0.672 T = -0.0001	A = 0.172 B = 0.676 T = -0.0001	A = 0.203 B = 0.686 T = -0.0001
RMR = 3 Q = 0.01	A = 0.042 B = 0.534 T = 0	A = 0.050 B = 0.539 T = 0	A = 0.061 B = 0.546 T = 0	A = 0.065 B = 0.548 T = 0	A = 0.078 B = 0.556 T = 0

Analisi di stabilità dei pendii con FELLENIUS

Numero di strati	1.0
Numero dei conci	20.0

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24.28 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	84.46 m
Ascissa vertice destro superiore xs	61.4 m
Ordinata vertice destro superiore ys	116.21 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	44.28
Longitudine:	8.22
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	35.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	21.0	0.2	2.63	0.16
S.L.D.	35.0	0.22	2.6	0.17
S.L.V.	332.0	0.58	2.59	0.29
S.L.C.	682.0	0.76	2.6	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.24	0.2	0.0049	0.0024
S.L.D.	0.264	0.2	0.0054	0.0027
S.L.V.	0.696	0.2	0.0142	0.0071

-	S.L.C.	0.912	0.2	0.0186	0.0093

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.014
Coefficiente azione sismica verticale 0.007

Vertici profilo

N	X m	y m
1	17.35	31.67
2	50.73	31.3
3	55.65	42.8
4	59.3	42.61
5	64.77	54.29
6	69.52	54.29
7	74.99	66.32
8	79.0	66.69
9	83.38	78.18
10	87.94	78.0
11	91.4	88.94
12	96.51	88.94
13	100.16	100.98
14	104.35	100.98
15	106.54	107.73
16	120.4	113.75
17	134.55	119.42

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (t/m³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm²)	Texture	Descrizione
1	2.6	0.369	0.669	-0.006	261		Calcare

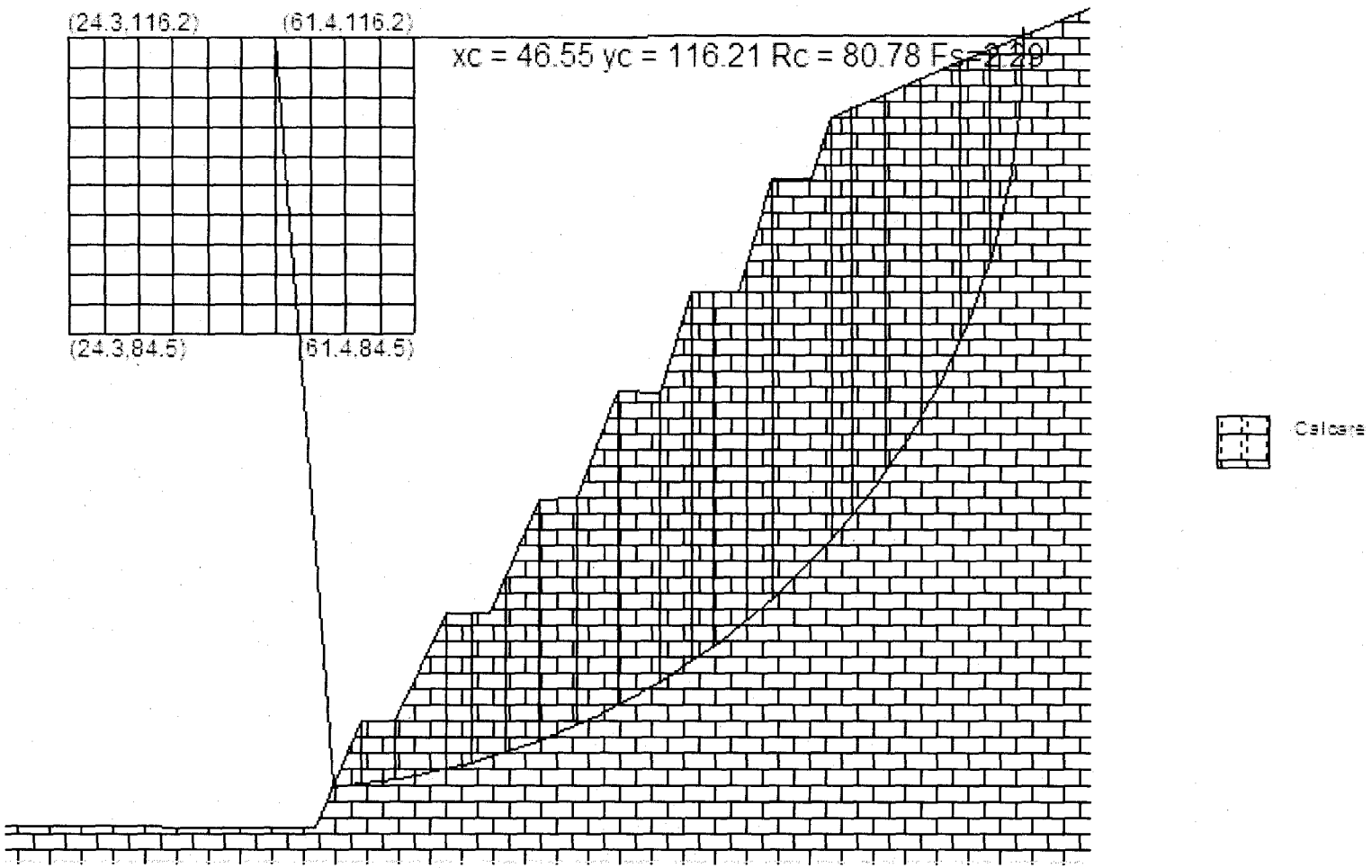
Risultati analisi pendio

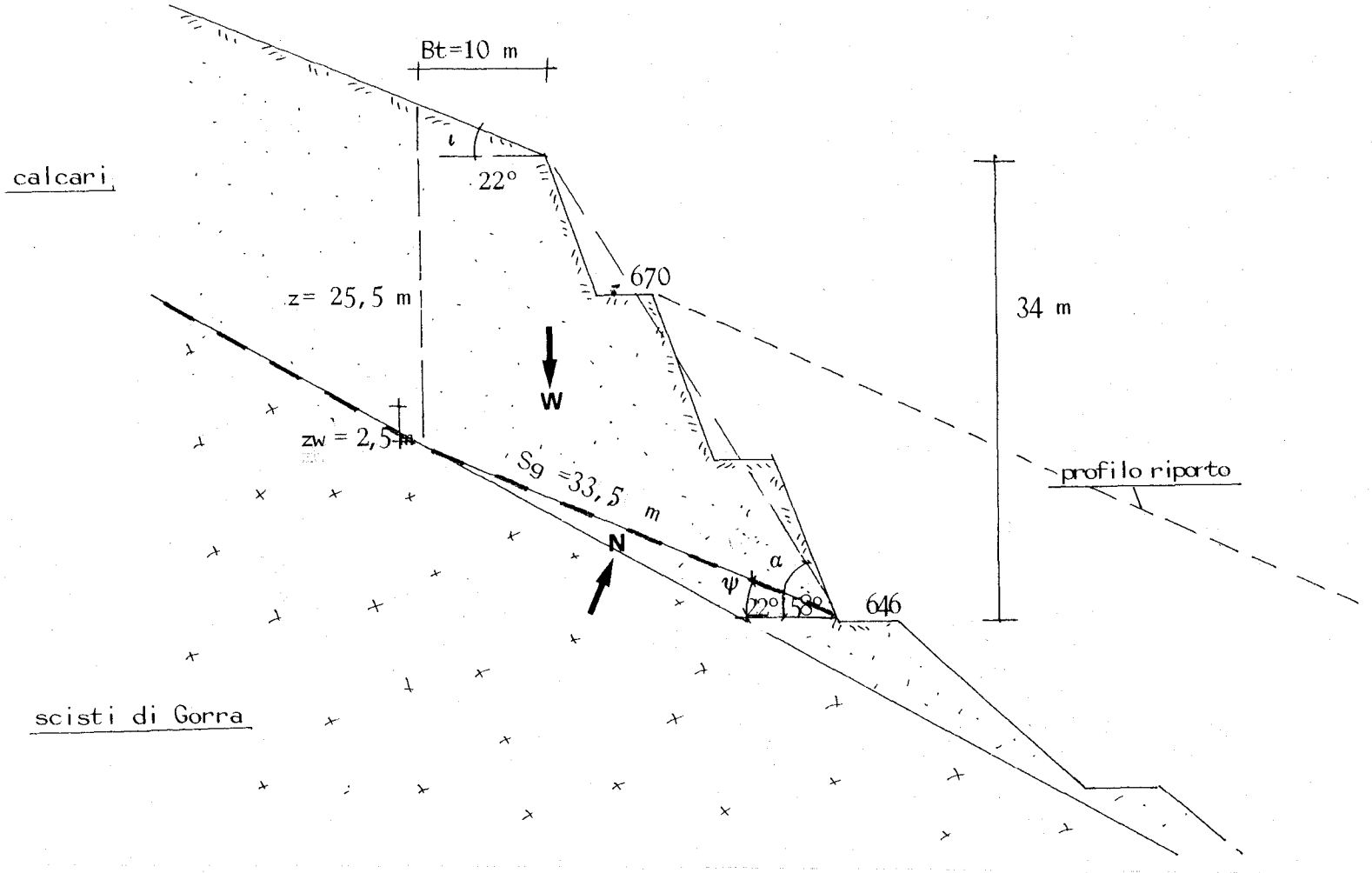
Fs minimo individuato	2.29
Ascissa centro superficie	46.55 m
Ordinata centro superficie	116.21 m
Raggio superficie	80.78 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 46.549 yc = 116.207 Rc = 80.779 Fs=2.2923

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3.06	5.4	3.07	27380.72	383.33	191.67	3.22	49.2	0.0	27414.9	2949.6
2	3.65	7.8	3.68	61967.73	867.55	433.77	3.34	46.6	0.0	61710.1	9245.6
3	5.47	11.1	5.58	163934.0	2295.08	1147.54	3.58	43.5	0.0	161574.4	33704.6
4	2.77	14.1	2.85	118270.0	1655.78	827.89	3.82	41.4	0.0	115132.8	30319.1
5	3.74	16.4	3.9	151135.7	2115.9	1057.95	3.75	41.9	0.0	145369.8	44811.7
6	3.71	19.2	3.93	215303.8	3014.25	1507.13	4.06	39.6	0.0	203734.7	73721.2
7	4.01	22.2	4.33	262096.5	3669.35	1834.68	4.15	39.1	0.0	243069.5	102217.6
8	4.38	25.4	4.85	332364.8	4653.11	2326.55	4.27	38.3	0.0	300328.2	146795.5
9	4.56	29.0	5.21	386049.6	5404.69	2702.35	4.33	38.0	0.0	337480.1	191731.0
10	3.47	32.3	4.1	320488.7	4486.84	2243.42	4.36	37.8	0.0	270470.0	174933.0
11	2.29	34.7	2.79	233378.2	3267.3	1633.65	4.41	37.5	0.0	191307.6	135607.7
12	3.74	37.4	4.7	358907.1	5024.7	2512.35	4.25	38.5	0.0	284155.3	221869.2
13	2.72	40.3	3.57	296718.3	4154.06	2077.03	4.3	38.2	0.0	225153.3	195129.9
14	6.38	44.8	8.99	700569.1	9807.97	4903.98	4.13	39.1	0.0	493935.6	500347.9
15	2.1	49.1	3.21	245228.4	3433.2	1716.6	4.02	39.9	0.0	159093.2	187602.0
16	3.74	52.4	6.13	413680.8	5791.53	2895.77	3.84	41.2	0.0	249522.9	331333.8
17	3.74	57.0	6.86	378270.0	5295.78	2647.89	3.6	43.3	0.0	202917.5	320193.1
18	4.29	62.8	9.37	376685.5	5273.6	2636.8	3.37	46.1	0.0	168819.4	337380.5
19	3.19	69.3	9.02	223977.7	3135.69	1567.84	3.22	49.2	0.0	76775.7	210632.7
20	3.74	81.4	24.89	163650.9	2291.11	1145.56	3.14	52.8	0.0	22478.4	162139.7


(24.3,116.2)
(61.4,116.2)
xc = 46.55 yc = 116.21 Rc = 80.78 Fs=2.29
(24.3,84.5)
(61.4,84.5)
Calcare



SEZIONE DI STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO A CONTATTO CALCARE - SCISTO RIFERITA ALLA SEZIONE 3-3 DI PROGETTO

Scala 1:500

Verifica di stabilità del rilevato di ricomposizione ambientale

Metodo dei conci
La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a *n*, il problema presenta le seguenti incognite:

n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i
(n-1) forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
(n-1) forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
n valori della coordinata *a* che individua il punto di applicazione delle E_i;
(n-1) valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i;
una incognita costituita dal fattore di sicurezza *F*.

Complessivamente le incognite sono *(6n-2)*.

mentre le equazioni a disposizione sono:
Equazioni di equilibrio dei momenti *n*
Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale *n*
Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale *n*
Equazioni relative al criterio di rottura *n*
Totale numero di equazioni *4n*

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2)-(4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a *(n-2)* in quando si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.
I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le *(n-2)* indeterminazioni.

Metodo di FELLENIUS (1927)
Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:
n valori delle forze normali N_i;
n valori delle forze da taglio T_i;
1 fattore di sicurezza.
Incognite (2n+1)

Le equazioni a disposizione sono:
n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
n equazioni relative al criterio di rottura;
1 equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\Sigma\{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos\alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan\varphi_i \}}{\Sigma W_i \times \sin\alpha_i}$$

Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

Metodo di BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.
Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$\Sigma F_V = 0, \Sigma M_0 = 0,$ Criterio di rottura.

$$F = \frac{\Sigma\{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\} \times \frac{\sec\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin\alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di ***Bishop ordinario,*** gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di *Bishop* a superfici si scorrimento di forma qualsiasi.
Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\} \times \frac{\sec^2\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.
Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:
$F_{corretto} = f_0 F$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.
Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.
Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:
F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
W: peso concio
K_O: Coefficiente sismico orizzontale
K_V: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici
Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_O e K_V in dipendenza di vari fattori:

$$K_O = \beta s \times (a_{max}/g)$$

$$K_V = \pm 0{,}5 \times K_O$$

Con

βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq Ss \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1$(S_T = 1.0)$ ***T2***$(S_T = 1.20)$ ***T3***$(S_T = 1.20)$ ***T4***$(S_T = 1.40)$.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$T_R = -V_R / \ln(1-PVR)$
Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Con l'**OPCM 3274** e successive modifiche, i coefficienti sismici orizzontale Ko e verticale Kv che interessano tutte le masse vengono calcolatati come:

$$K_O = S \cdot (a_g/g) \quad K_V = 0.5 \cdot K_O$$

S: fattore dipendente dal tipo di suolo secondo lo schema:

tipo A - S=1;
tipo B - S=1.25;
tipo C - S=1.25;

tipo E - S=1.25;
tipo D - S=1.35.

Per pendii con inclinazione superiore a 15° e dislivello superiore a 30 m, l'azione sismica deve essere incrementata moltiplicandola per il coefficiente di amplificazione topografica S_T:

$S_T \geq 1,2$ per siti in prossimità del ciglio superiore di pendii scoscesi isolati;
$S_T \geq 1,4$ per siti prossimi alla sommità di profili topografici aventi larghezza in testa molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media > 30°; $S_T \geq 1,2$ per siti dello stesso tipo ma pendenza media inferiore.

L'applicazione del **D.M. 88** e successive modifiche ed integrazioni è consentito mediante l'inserimento del coefficiente sismico orizzontale Ko in funzione delle Categorie Sismiche secondo il seguente schema: I Cat. Ko=0.1; II Cat. Ko=0.07; III Cat. Ko=0.04

Per l'applicazione dell'**Eurocodice 8** (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$K_O = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S / (g)$$

a_{gR} : accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante,
γ_I: fattore di importanza,
S: soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E).

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$$

è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale K_V è definito in funzione di K_O, e vale:

$$K_V = \pm 0.5 \cdot K_O$$

Ricerca della superficie di scorrimento critica
In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.
Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con JANBU

Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	16.79 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	73.04 m
Ascissa vertice destro superiore xs	58.8 m
Ordinata vertice destro superiore ys	95.93 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	44.28
Longitudine:	8.22
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.2	2.63	0.16
S.L.D.	50.0	0.26	2.55	0.2
S.L.V.	475.0	0.66	2.6	0.3
S.L.C.	975.0	0.86	2.61	0.32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.288	0.2	0.0059	0.0029
S.L.D.	0.3744	0.2	0.0076	0.0038
S.L.V.	0.9504	0.2	0.0194	0.0097
S.L.C.	1.2384	0.2	0.0253	0.0126

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.019
Coefficiente azione sismica verticale	0.01

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	17.5
2	5.0	17.5
3	51.5	41.0
4	61.5	41.0
5	139.36	73.0
6	139.5	73.0
7	144.5	73.0
8	147.5	84.0
9	157.0	87.0

Falda

Nr.	X m	y m
1	0.0	16.28
2	4.57	17.24
3	52.99	27.45
4	118.25	46.43
5	157.0	57.71

Vertici strato 1

N	X m	y m
1	0.0	17.5
2	6.0	17.5
3	9.0	12.0
4	15.0	11.5
5	18.0	0.0
6	27.0	0.0
7	37.0	11.5
8	53.5	12.0
9	80.0	24.0
10	86.0	24.0
11	101.0	36.0
12	106.5	36.0
13	120.0	47.5
14	125.5	47.5
15	129.5	60.5
16	135.0	60.5
17	139.5	73.0
18	144.5	73.0
19	147.5	84.0
20	157.0	87.0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (Vk) (kg/cm²)	Fi (Vk) (°)	G (t/m³)	Gs (t/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0	37.5	1.9	2.10	0.00		
2	0	33	2.45	2.45	0.00		

NOTA: I valori riportati sono valori caratteristici (Vk); il programma calcola automaticamente i valori di progetto (Vd) adottando i coefficienti di riduzione secondo quanto prescritto dalle NTC (esempio: angolo di attrito strato 1: Vk= 37.5° diventa Vd=31,5° – come visibile nella tabella sottostante e come è ben spiegato nel capitolo 10).

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.38
Ascissa centro superficie	20.99 m
Ordinata centro superficie	91.35 m
Raggio superficie	58.98 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 20.994 yc = 91.354 Rc = 58.983 Fs=1.3849

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (Vd) (kg/cm²)	Fi(Vd) (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.94	21.7	1.01	93.88	1.78	0.94	0.0	31.5	0.0	83.4	47.7
2	0.94	22.7	1.02	256.73	4.88	2.57	0.0	31.5	0.0	227.7	131.2
3	0.94	23.7	1.02	385.76	7.33	3.86	0.0	31.5	0.0	341.6	198.3
4	0.94	24.7	1.03	480.22	9.12	4.8	0.0	31.5	0.0	424.7	248.5
5	0.94	25.7	1.04	539.28	10.25	5.39	0.0	31.5	0.0	476.5	281.2
6	0.94	26.7	1.05	562.05	10.68	5.62	0.0	31.5	0.0	496.4	295.4
7	0.94	27.7	1.06	547.58	10.4	5.48	0.0	31.5	0.0	483.5	290.4
8	0.94	28.8	1.07	494.82	9.4	4.95	0.0	31.5	0.0	436.9	265.0
9	0.94	29.8	1.08	402.64	7.65	4.03	0.0	31.5	0.0	355.7	217.9
10	0.94	30.9	1.09	269.82	5.13	2.7	0.0	31.5	0.0	238.5	147.7

