Città Metropolitana
di Genova

Direzione Sviluppo Economico e Sociale

Servizio Edilizia

*****

Oggetto : **Rete dei "civic center scolastici" della Città Metropolitana di Genova**

Istituto d'Istruzione Superiore "Primo Levi" via Trento e Trieste 101 e 87C – 16019 Ronco Scrivia (GE)

Realizzazione nuovo edificio palestra

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Indice

1. PREMESSA 2

2. RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA 3

1. PREMESSA

La presente richiesta di autorizzazione riguarda la realizzazione della nuova palestra del Complesso scolastico di Borgo Fornari nel comune di Ronco Scrivia con il contestuale completamento delle sistemazioni esterne e del percorso di accesso al Castello di Borgo Fornari.

Il presente progetto si inserisce in un intervento più ampio previsto ed approvato dalla Città Metropolitana di Genova sull'intero complesso scolastico dell'istituto "Primo Levi" situato in località Borgo Fornari nel Comune di Ronco Scrivia ed ammesso a finanziamento nell'ambito del "Bando Periferie" con graduatoria approvata con D.P.C.M. del 6/12/2016 .

L'intervento aveva già ottenuto a suo tempo le relative autorizzazioni anche dal punto di vista idraulico (vedi allegato) in base alle quali è stato realizzato un primo stralcio progettuale relativo alla realizzazione del muro d'argine in sponda sinistra del Rio del Castello e la passerella pedonale in struttura metallica finalizzata al collegamento delle aree scolastiche dell'istituto poste sulle due sponde del rio, i cui lavori sono stati iniziati in data 18/02/2010, e terminati in data 13/06/2011, con collaudo statico in data 9/09/2011.

Le opere aventi significatività dal punto di vista idraulico (realizzazione di un muro d'argine e nuova passerella che metta in collegamento l'area della vecchia Villa Carpeneto in sponda destra del rivo, con la nuova struttura dell'Istituto scolastico, ubicata in sponda sinistra) risultano quindi già realizzate e la passerella stessa risulta già di proprietà dell'Amministrazione che risulta pertanto intestataria della relativa concessione idraulica (vedi allegato)

La zona oggetto dell'intervento ricade nel bacino del rio del Castello, affluente in sponda sinistra del Torrente Scrivia in località Borgo Fornari, all'interno della delimitazione di *centro urbano*, ai sensi della L. 865/1971e successive mm.ii..

A seguito della modifica approvata dalla Regione Liguria a dicembre 2015 al regolamento regionale n. 3 del 14 luglio 2011, non essendo più prevista la possibilità di derogare dal limite dei 10 ml di distanza da mantenere tra nuove costruzioni ed alvei, si è reso necessario redigere una rielaborazione progettuale per la realizzazione del nuovo corpo palestra con una rivisitazione del posizionamento sul lotto dei volumi da realizzare con un arretramento rispetto al nuovo muro.

Rispetto a quanto sopra, nulla è mutato rispetto alle indagini geognostiche a suo tempo effettuate dalla Ditta GEA S.r.l e alla relativa relazione geologica e geotecnica a firma di tecnico abilitato che vengono integralmente riproposte in allegato alla presente.

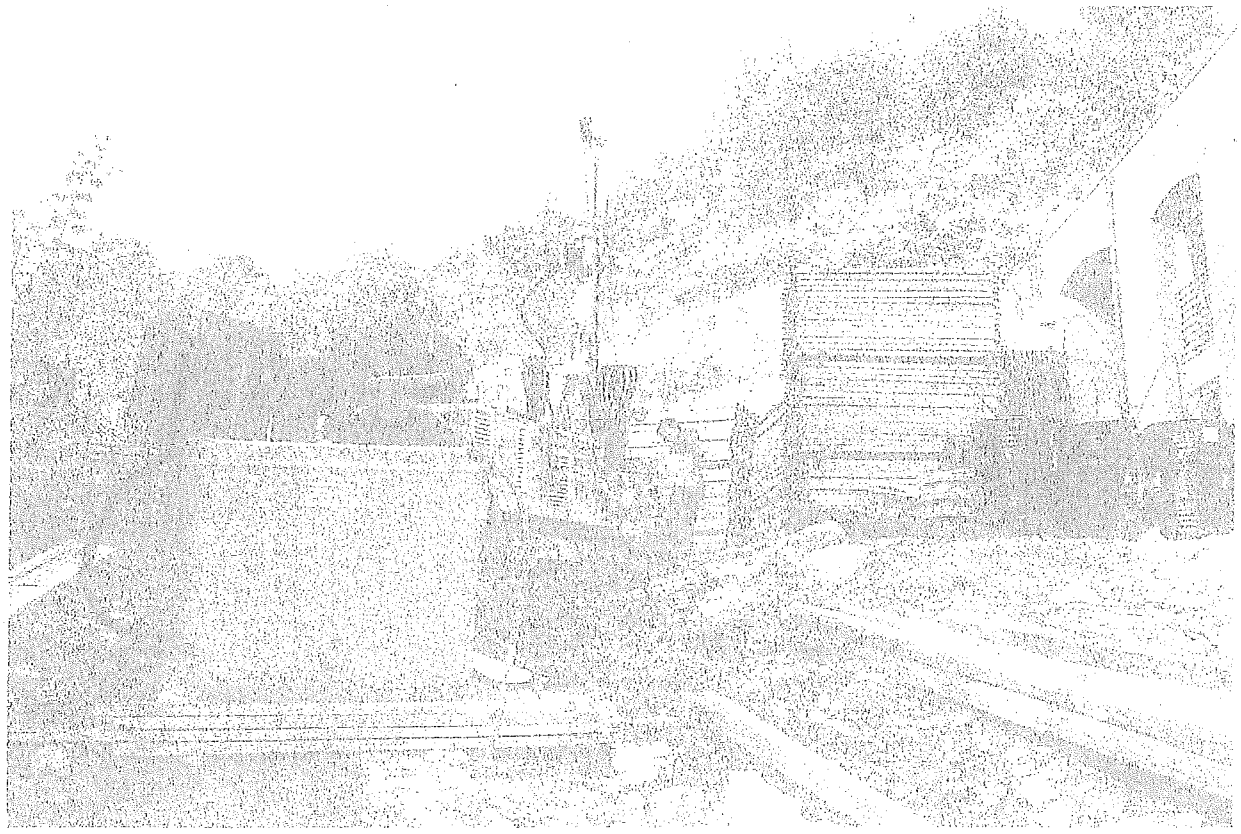
Genova, 10 marzo 2017 IL TECNICO

Arch. Roberta Burroni

2. RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

G.E.A. Srl
Via Cavour, 13
15059 Volpedo (AL)

COMMITTENTE:	PROVINCIA DI GENOVA
PROGETTO:	INDAGINI GEOGNOSTICHE
LOCALITA':	COMUNE DI RONCO SCRIVIA LOCALITÀ BORGO FORNARI



RELAZIONE GEOLOGICA E TECNICA

Data	OTTOBRE 2004
Incarico	G-2004-019
File	SerD:Arc_04\lavori\G_2004_019_Provincia di Genova_Ronco S._Relazione_Geologica
Numero Revisione	0

INDICE

1. QUADRO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 3

1.1. Successioni ofiolitifere pre – cenomaniane 4

2. Classificazione sismica 5

3. Indagini eseguite 5

3.1. Sondaggi geognostici 5
3.1.1. ATTREZZATURA FORI DI SONDAGGIO CON PIEZOMETRO A TUBO APERTO 8

3.2. Prove di permeabilità 9

3.3. INDAGINE SISMICA 10
3.3.1. CARATTERISTICHE ATTREZZATURA 10
3.3.2. ELABORAZIONE ED INTERPRETAZIONE DELLA BASE SISMICA 11
3.3.3. POSSIBILITA' E LIMITI DELLA PROSPEZIONE SISMICA 11
3.3.4. INTERPRETAZIONE DEI DATI ACQUISITI 12

3.4. INDAGINE ELETTRICA 12
3.4.1. Possibilità e limitazioni generali delle prospezioni geoelettriche 12
3.4.2. Interpretazione del modello di inversione 14
3.4.3. Modello elettrostratigrafico 15

4. PROVE DI LABORATORIO 16

4.1. PROVA fRANKLIN 16
4.1.1. Strumentazione 17
4.1.2. Procedura 17
4.1.3. Risultati 19

4.2. Massa volumica 20

5. Calcolo del PARAMETRI GEOTECNICI 20

5.1. Classificazione geomeccanica di Bieniawski 20
5.1.1. Determinazione dei parametri di ingresso 21
5.1.2. Determinazione parametri di uscita 24

STRALCIO CARTA GEOLOGICA
CARTA DEI DISSESTI PAI
UBICAZIONE DELLE INDAGINI
STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI
PROVE DI PERMEABILITA'
INDAGINI GEOFISICHE

1. QUADRO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

La configurazione dell'assetto geografico e geologico del territorio è stata definita attraverso l'analisi della documentazione cartografica esistente, degli studi pregressi e dei rilievi di campagna.

L'area in esame è ubicata in località Borgo Fornari in Comune di Ronco Scrivia (GE).

La formazione geologica che caratterizza il substrato della zona in esame è quella delle Argilliti di Montanesi.

Di seguito si dà una breve descrizione del quadro geologico d'insieme.

La struttura geologica più importante in zona è la "linea" Sestri – Voltaggio che si sviluppa in senso nord – sud.

La zona Sestri – Voltaggio, un tempo interpretata come limite geologico tra Alpi ed Appennini, o come struttura legata a faglie trascorrenti, è costituita da tre diverse Unità tettoniche, allungate in direzione nord – sud, immergenti ad Est al di sotto del Flysch appenninico del Monte Antola e sovrapposte ad Ovest alle ofioliti ed ai calcescisti del Gruppo di Voltri. Il piano di sovrapposizione tettonica è stato fortemente raddrizzato (spesso fin quasi alla verticale) da una fase tardiva di piegamento e successivamente fagliato. A nord le Unità della zona Sestri – Voltaggio ed il contatto con il Gruppo di Voltri sono ricoperti in trasgressione dei depositi oligocenici, che sono a loro volta deformati dalle fasi tardive di fratturazione, posteriori ai principali piegamenti.

La base della successione del Bacino Terziario Piemontese giace con contatto stratigrafico e in complessiva discordanza angolare sui terreni della catena alpino – appenninica. Essa si è depositata dopo che la catena era stata costruita attraverso la sovrapposizione di svariate unità tettoniche, era stata deformata e aveva iniziato a sollevarsi: per questo essa è stata definita come "post – orogena" o "molassa".

La base della successione osservata in valle Scrivia ha un'età oligocenica superiore: l'età dei Flysch del Monte Antola, sul quale appoggia la stessa valle, è presumibilmente campaniano – maastrichtiana; l'evento orogenico deve dunque essersi realizzato, in questa area, nell'intervallo compreso tra il Paleocene e l'Olocene inferiore.

Dominio ligure – piemontese

Da questo dominio si ritiene provengano le falde formate da successioni ofiolitifere pre – cenomaniane e la maggior parte di quelle costituite da successioni flyschoidi, cretaceo superiori – terziarie, con i loro "complessi di base", globalmente note, in letteratura, come "Flysch ad Elmintoidi". Questi ultimi sono sostanzialmente non, o poco, metamorfici; le successioni ofiolitifere presentano invece caratteri metamorfici quasi sempre spiccati, ma variabili da Unità a Unità.

I flysch sono sempre privi dell'originario substrato stratigrafico, perciò la loro presunta collocazione paleogeografica non può essere direttamente verificata. Per alcuni di

essi è opinione corrente che il substrato fosse rappresentato dalle successioni ofiolitifere, analogamente a quanto accade in alcune serie dell'Appennino settentrionale. Per altri è invece forse più probabile che il substrato fosse di tipo piemontese.

1.1. SUCCESSIONI OFIOLITIFERE PRE – CENOMANIANE

Affiorano tutte in posizione interna, settentrionale e nord – orientale, ed appartengono ad Unità (o gruppi di Unità) tettoniche aventi collocazione geometricamente elevata. Tutte iniziano con la classica associazione ofiolitica a peridotiti, gabbri e basalti, che una complessa serie di eventi metamorfici ha più o meno completamente trasformato in serpentiniti, metagabbri e metabasalti. A tetto delle ofioliti esiste per lo più una copertura sedimentaria di età giurassica superiore – cretacea inferiore, costituita da depositi pelagici silicei e carbonatici trasformati durante l'orogenesi alpina rispettivamente in quarzoscisti e calcescisti.

Procedendo da occidente, si incontrano i seguenti gruppi di Unità:

- Unità di Montenotte: è costituita da serpentiniti poco scistose e metagabbri.
- Gruppo di Voltri: comprende numerose Unità che in prima approssimazione si possono ricondurre ad un'unica originaria serie stratigrafica, iniziante con serpentinoscisti contenenti lenti di eclogiti e di gabbri eclogitici; segue una successione di quarzoscisti magnesiferi, marmi e calcescisti.
- Unità Erro – Tobbio: è costituita unicamente da peridotiti parzialmente serpentinizzate, con caratteri metamorfici alpini non dissimili da quelli registrati nel Gruppo di Voltri.
- Unità Cravasco – Voltaggio: affiora nella Zona Sestri – Voltaggio ed è considerata un lembo isolato dell'Unità di Montenotte, con la quale ha in comune sia la successione stratigrafica che i caratteri del metamorfismo alpino.
- Unità di Monte Figogna: affiora anch'essa nella Zona Sestri – Voltaggio. La sua serie inizia con serpentiniti, localmente attraversate da filoni basaltici e dioritici; su queste poggiano, con l'interposizione di serpentiniti brecciate a cemento carbonatico e di più scarse brecce serpentinitiche sedimentarie, basalti in colate o anche in associazioni di filoni e brecce di basalto. I basalti sono ricoperti da scisti siliceo – argillosi, rossi o verdastri, raramente con radiolariti e sempre molto sottili, da calcareniti quarzifere gradate e da argilloscisti con livelli di calcari detritici.

I depositi di versante si accumulano generalmente al piede dei versanti dei rilievi ofiolitici mentre le coltri colluviali prevalgono sui rilievi nei calcescisti e negli scisti argillitici; l'abbondante presenza di argille può essere interpretata come evidenze di paleosuoli pleistocenici.

Attualmente sono in corso studi di compatibilità tra lo strumento urbanistico e il PAI da parte del Comune di Ronco Scrivia (versanti) e della Provincia di Genova (corsi d'acqua).

2. CLASSIFICAZIONE SISMICA

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", il Comune di Ronco Scrivia è stato classificato in zona 3.

3. INDAGINI ESEGUITE

Sono stati eseguiti due sondaggi geognostici a carotaggio continuo attrezzati a piezometro

Sono state effettuate indagini geofisiche e più precisamente una base sismica multicanale ed una tomografia elettrica multielettrodo; le indagini ubicate come in planimetria hanno investigato i primi 5 – 10 m di sottosuolo.

3.1. SONDAGGI GEOGNOSTICI

Le caratteristiche dell'attrezzatura impiegata sono di seguito riportate.

Attrezzatura: Atlas Copco Mustang S 52 CBJ con i seguenti dati tecnici:

Gruppo di rotazione	0 – 614 giri/min
Forza di tiro e di avanzamento	49 kN
Presa di forza	88 kW a 2 300 giri/min
Peso	11.900 Kg

Gli utensili di perforazione comprendono:

- Carotiere semplice, con diametro esterno compreso tra 101 e 240 mm e lunghezza utile compresa tra 150 e 300 cm;
- Carotiere doppio a corona sottile con estrattore, con diametro nominale di 100 mm;
- Carotiere triplo con portacampioni interno estraibile ed apribile longitudinalmente, con estrattore a calice, con diametro nominale di 100 mm;

Corone di perforazione in widia e diamantate;

- Aste di perforazione con filettatura troncoconica aventi diametro esterno compreso tra 60 e 76 mm.

Gli utensili per la pulizia del foro comprendono:

- Carotiere semplice avente lunghezza utile compresa tra 40 e 80 cm;
- Campionatore a pareti grosse, avente diametro di 100 mm e cestello di ritenuta alla base per l'asportazione di eventuali ciottoli.
- Le tubazioni di rivestimento provvisorio hanno le seguenti caratteristiche:

- Spessore tubo compreso tra 8 e 10 mm;
- Diametro interno tra 107 e 162 mm;
- Lunghezza spezzoni compresa tra 150 e 200 cm.

Le manovre di perforazione sono state eseguite a secco nelle terre, escludendo, se possibile, l'impiego di fluidi di circolazione di qualsiasi tipo, onde evitare il dilavamento delle particelle più fini ed ottenere il recupero integrale del terreno attraversato. Unicamente nel caso di perforazione con carotiere doppio, sono stati utilizzati come fluidi di circolazione l'acqua, fanghi bentonitici e/o fanghi polimerici degradabili in 72 ore.

Nella perforazione in roccia è stata utilizzata l'acqua.

Durante l'esecuzione delle prove è stato necessario operare in maniera tale da minimizzare il disturbo provocato ai terreni attraversati ed al fondo del foro e assicurare la stabilità delle pareti e del fondo del foro stesso: per questo è stato impiegato il rivestimento metallico provvisorio, che procedeva a distanza opportuna l'avanzamento del carotiere.

Il rivestimento è stato infisso a rotazione, per quanto possibile senza l'impiego di fluidi di circolazione. I tubi di rivestimento non hanno mai sopravanzato il carotiere.

Le manovre di estrazione dell'attrezzo di perforazione, campionamento, ecc. sono state effettuate a velocità molto basse nel tratto iniziale, onde minimizzare l'effetto pistone, specie in presenza di falda.

Il diametro dell'utensile di perforazione non differiva da quello del rivestimento per più del 10%.

L'utensile di perforazione e le modalità di impiego sono comunque state tali da garantire una percentuale di recupero superiore al 90 per cento.

Tale recupero è stato:

- Per i terreni coesivi, rappresentativo della composizione granulometrica e della struttura;
- Per i terreni sciolti, rappresentativo della composizione granulometrica;
- Per la roccia, spezzoni di roccia rappresentativi dello stato di fratturazione dell'ammasso roccioso.

In base all'esame dei campioni (carote) estratti è stata accuratamente compilata la stratigrafia del sondaggio che comprende:

1. Profondità del piano campagna alle quali si verificano variazioni (litologiche, strutturali, sedimentologiche od altro) della natura del terreno; vengono segnalate, nell'ambito dell'unità, eventuali alternanze e caratteristiche dei terreni, delle rocce e delle masse rocciose;

2. Colore/i prevalente/i;

3. Nei terreni (la cui analisi è stata eseguita su una superficie ottenuta da scotico preventivo della carota):

- Composizione granulometrica
- Caratteristiche di consistenza dei terreni coesivi (molto plastico, compatto, molto compatto)
- Caratteristiche di addensamento dei terreni non coesivi (sciolto, mediamente compatto, compatto)
- Presenza di inclusi organici (torbe, fossili, ecc.) e non (calcinacci, ecc.);
- Grado di arrotondamento o appiattimento e natura di ghiaia e ciottoli;
- Grado di uniformità dei materiali non coesivi (non gradato, gradato, uniforme);
- Resistenza a Pocket penetrometro e Pocket Vane Test;
- Classificazione secondo l'Unified Soil Classification System (USCS)

Nel corso della perforazione è stato rilevato in maniera sistematica il livello della falda nel foro. Le misure sono state eseguite giornalmente, al mattino prima di riprendere la perforazione e alla sera, annotando in particolare quanto segue:

- Livello dell'acqua nel foro rispetto al p.c.;
- Quota del fondo foro;
- Quota della scarpa del rivestimento;
- Data e ora della misura

Tali annotazioni compaiono anche negli elaborati finali consegnati al Committente.

DOCUMENTAZIONE: La restituzione dei dati è fornita in formato cartaceo e anche digitale, secondo le indicazioni fornite dal Committente.

Per ogni foro di sondaggio sono fornite al Committente mediante appositi moduli, oltre alla descrizione stratigrafica del sondaggio, le seguenti indicazioni:

- Denominazione del cantiere;
- Committente, cliente e Prestatore di servizi;
- Quota e coordinate geografiche del punto di indagine;
- Data inizio e fine perforazione;
- Metodo di perforazione;
- Caratteristiche dell'attrezzatura di perforazione e carotiere impiegati nei diversi tratti;
- Velocità di spinta di avanzamento;
- Diametro del foro;
- Provvedimenti adottati per la stabilizzazione del foro ai diversi livelli (fanghi e rivestimento);
- Profondità di prelievo dei campioni (inclusi i prelievi non portati a termine);
- Percentuale di carotaggio;
- RQD (in caso di roccia);
- Profondità e tipo della falda, quota della stabilizzazione dell'acqua nel foro;
- Eventuali franamenti delle pareti, rifluimenti dal fondo, perdite d'acqua e fanghi di circolazione, ecc.;
- Indicazione delle profondità alle quali sono state eseguite eventuali prove in foro;

- Avvenimenti degni di nota.

L'ubicazione dei punti d'indagine è riportata su apposita planimetria tecnica.

La documentazione comprende la relazione nella quale vengono integrate le informazioni di cui sopra, le fotografie a colori (in formato digitale) delle cassette catalogatrici e i risultati di eventuali prove eseguite in foro.

Le ubicazioni delle indagini sono riportate nella tavola allegata; le stratigrafie, i risultati delle prove SPT in foro e gli elementi significativi, sono contenuti negli allegati, così come la documentazione fotografica del materiale carotato.

3.1.1. ATTREZZATURA FORI DI SONDAGGIO CON PIEZOMETRO A TUBO APERTO

L'installazione nei fori di sondaggio dei piezometri del tipo a "tubo aperto" è stata eseguita secondo le specifiche tecniche fornite dalla Committente. In linea generale si è proceduto secondo i punti sotto indicati:

1. Si è riempito con terreno di risulta della perforazione il tratto terminale del foro fino a 150 cm al di sotto della quota di posa del tratto fenestrato;
2. Prima dell'estrazione del rivestimento, si è lavato accuratamente l'interno del foro con acqua pulita ed è stato versato successivamente sul fondo uno strato di 100 cm di ghiaia fine (D=3-6 mm);
3. È stato calato il piezometro interamente assemblato con giunti sigillati in teflon;
4. È stato posizionato il tratto fenestrato in corrispondenza dello strato che si intende captare e monitorare;
5. È stata completata la formazione del filtro tra tubo e perforo fino ad almeno 100 cm al di sopra del tratto fenestrato;
6. È stato eseguito il tappo di sigillatura versando dall'alto bentonite in forma di "pellets" preconfezionate;
7. È stato cementato il tratto superiore del foro con una miscela di cemento/bentonite/acqua (50/25/100 parti in peso);
8. Trascorse 24 ore dal termine dell'installazione, è stato spurgato il tratto fenestrato immettendo acqua nei tubi in leggera pressione.
9. Le operazioni 5), 6), e 7) sopra elencate sono state eseguite estraendo progressivamente la colonna di rivestimento del foro mediante il solo tiro verticale senza ricorrere alla rotazione, neanche manuale.
10. E' stata posta molta cura affinché ultimato il filtro, il piezometro non risalisse per trascinamento insieme alla colonna di rivestimento.

Gli spessori indicati per il filtro e i tappi di sigillatura sono stati controllati mediante scandaglio.

A installazione avvenuta, la testa del tubo di misura è stata chiusa con tappo filettato e protetto da un pozzetto, munito di targa di identificazione e lucchetto ed è stato fissato in un blocco di calcestruzzo gettato contro terra.

E' stata eseguita una lettura piezometrica a 24 ore dall'operazione di spurgo.

3.2. PROVE DI PERMEABILITÀ

Sono state predisposte 2 prove di permeabilità in foro di tipo Lugeon con otturatore semplice (tasca in avanzamento); rispettivamente:

prova n. 1 su S1 da m -10,0 a - 15,0

prova n. 2 su S2 da m - 16,0 m -19,50

La prova 2 è stata impostata con la tasca da -12,0 m a -15,0 m con le stesse pressioni (3,0 5,0 e 7,0) della prova 1, tuttavia dopo l'esecuzione del prima pressione 3,0 bar, è stata sospesa per sifonamento dell'otturatore, per cui la tasca è stata approfondita e le pressioni sono state diminuite.

Esecuzione della prova Lugeon sul sondaggio S2

3.3. INDAGINE SISMICA

3.3. INDAGINE SISMICA

3.3.1. CARATTERISTICHE ATTREZZATURA

La prospezione geofisica è stata eseguita utilizzando un sismografo multicanale ad incrementi di segnale, della P.A.S.I. mod. 16SG12 con sistema d'energizzazione costituito da mazza a massa di 9 kgf attrezzata con piattello di battuta in alluminio.

Le specifiche tecniche dello strumento sono:

-processore: Pentium 200 MMx Intel,
-Trattamento dati: Floating Point 32-Bit,
-Ambiente operative: Windows 3.11,
-Canali: 12/24
-Display: VGA colori LCD_TFT 10,4"
-Supporto memorizz.: Hard Disk 2,1 Gb
-Risoluzione acquisizione: 16/24 bit
-Sonde ambiente interne: temperatura, umidità relativa
-Formato dati: SEG-2,
-Durata acquisizioni: Rifrazione, 32÷2048 ms Riflessione, 32÷16384 ms,
-Tempi campionamento: da 16 μs a 2 ms
-Filtri digitali: Passa alto (25÷400 Hz) Passa Basso (100÷250 Hz) Notch (50÷180 Hz)
-Attivazione filtri: in acquisizione o manualmente
-Trigger: inibizione impulsi dovuti a rimbalzi

Importanti funzioni dello strumento sono:

- possibilità di sommatoria, con/senza previsualizzazione totale/parziale;
- marker fisso o dinamico
- Auto Gain Control
- Delay Time
- Pre e post trigger
- Noise monitor
- Trace size automatica o manuale per ogni canale

Dopo aver computerizzato i dati con un programma specifico, è possibile rivedere i segnali e quindi eventualmente filtrarli od amplificarli per una più corretta acquisizione dei tempi d'arrivo.

La velocità di propagazione delle perturbazioni, indotte energizzando il suolo con i sistemi suddetti, dipende dalle caratteristiche meccaniche di un determinato litotipo ed in particolare dai moduli elastici di: Young, Poisson, d'incompressibilità, di rigidità e dalla densità.

Il metodo sismico a rifrazione fornisce modelli sismostratigrafici che presentano una precisione accurata, tanto più le condizioni naturali si avvicinano alle seguenti:

- Modello semplice costituito da pochi rifrattori, caratterizzati da velocità costanti e ben differenziate nel passaggio da strato a strato;

- Velocità crescente con la profondità, strati lenti o inversioni di velocità costituiscono una limitazione alla tecnica di rifrazione anche se l'esistenza di

formazioni intermedie a bassa velocità è spesso rilevata da disturbi o da discontinuità nelle dromocrone ed affrontate dalle più recenti tecniche interpretative (GRM: Metodo Reciproco Generalizzato);

- Inclinazione degli strati o variazioni di pendenza non eccessive, anche se questi limiti possono essere superati con l'interpretazione GRM.

Un altro fattore limitante è costituito da zone mascherate e/o cieche e cioè quando lo spessore di uno strato intermedio è ridotto oppure la sua velocità è di poco superiore a quella dello strato sovrastante.

3.3.2. ELABORAZIONE ED INTERPRETAZIONE DELLA BASE SISMICA

La prospezione sismica a rifrazione ha consentito di determinare il numero, la profondità e la geometria dei livelli rifrattori.

Per l'interpretazione dei dati ottenuti dalle misure in sito è stata adottata una procedura di calcolo automatica che consente di scegliere ed integrare i dati relativi ai presupposti teorici del metodo tradizionale e cioè: superficie piana del rifrattore, aumento della velocità con la profondità, assenza di discontinuità laterali.

Questo ha permesso di descrivere anche rifrattori o zone di rifrazione di cui non si abbiano ricoperture.

Il programma consente di effettuare interattivamente varie operazioni a partire dalle scelte necessarie ed associare tempi d'arrivo a strati permettendo anche di modificare velocità e tempi reciproci.

La prospezione sismica ha consentito l'individuazione della morfologia del substrato e di eventuali anomalie strutturali nel sottosuolo.

Tale irregolarità risulta comunque anche correlabile alla bassa consistenza del materiale di copertura.

In conseguenza di quanto esposto l'interpretazione deve essere considerata di tipo semiquantitativo.

3.3.3. POSSIBILITA' E LIMITI DELLA PROSPEZIONE SISMICA

Le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo.

Nella prospezione sismica a rifrazione si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali, in altre parole delle onde di compressione e dilatazione, che sono le più veloci tra le diverse onde elastiche.

La velocità di propagazione di dette onde nel suolo é compresa in un ampio campo. Per lo stesso tipo di roccia, essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione o di fratturazione; aumenta per contro, generalmente, con la profondità e l'età geologica.

Nei litotipi sciolti la velocità é più elevata sotto il livello freatico e, nelle alluvioni sature, decresce invece con l'aumentare della porosità.

Il metodo sismico a rifrazione é soggetto alle seguenti limitazioni:

- Un livello potrà essere evidenziato soltanto se la velocità di trasmissione delle onde longitudinali nello stesso risulterà superiore a quella del livello ad esso sovrastante.
- Con le tecniche interpretative normalmente adottate, quali il metodo dell'intercept-time, si suppone che i diversi livelli abbiano velocità costante e che le superfici di separazione fra essi siano piane.

L'interpretazione dei dati é tanto più corretta quanto più per i dati elaborati si conoscono dettagliate correlazioni topografiche.

3.3.4. INTERPRETAZIONE DEI DATI ACQUISITI

Per analizzare le caratteristiche geometriche di massima del substrato e delle coperture presenti nell'area in analisi, in particolare ad integrazione dei sondaggi meccanici eseguiti, è stato eseguito uno stendimento sismico multicanale con 12 geofoni, lungo 48 m ubicato come indicato nella tavola; i cui risultati sono riportati nella scheda *"Prospezione sismica di superficie metodo rifrazione multicanale" RNC1.*

L'esame dei terreni investigati, oscilla mediamente a 8-10 m, di spessore, rispetto all'interfaccia aria – terreno.

Nel contesto dello studio del comportamento geomeccanico dei litotipi formanti il sottosuolo dell'area in oggetto, si osserva la presenza di 1 livello rifrattore.

Gli spessori massimi dello strato areato superficiale, variabili fra 2,60 – 2,80 m, si rilevano nel settore centrale dell'indagine, mentre ai margini, il substrato tende a risalire a – 1,70 – 1,90 m da p.c.

Lo strato aerato più superficiale, presenta una velocità mediamente oscillante tra 230 e 330 m/sec, le velocità registrate denunciando condizioni d'addensamento basse associabili a materiale detritico e/o di copertura.

A seguire, si rileva uno strato, con velocità medie di 3579 m/sec, tranne nel tiro diretto che si presentano valori tendenzialmente più alti 3799 m/sec.

Tale orizzonte sismo-stratigrafico, è attribuibile con tutta probabilità, ad un substrato essenzialmente formato da argilliti e/o argilloscisti a basso grado di fratturazione.

3.4. INDAGINE ELETTRICA

3.4.1. Possibilità e limitazioni generali delle prospezioni geoelettriche

Nell'ambito delle prospezioni geofisiche gli elementi che caratterizzano i terreni sono la resistività o resistenza specifica che dipende dalla loro composizione litologica, stato di aggregazione, grado di saturazione in acqua e resistività di quest'ultima.

Dette proprietà sono utilizzate nella prospezione geoelettrica per determinare, mediante misure di superficie, la successione degli strati elettricamente differenziati presenti nel sottosuolo.

Per distinguere un determinato livello, all'interno di una successione litologica che lo include, è necessario che i rapporti di resistività siano relativamente elevati e che il rapporto spessore-profondità del tetto sia ≥ a 0,35.

Per lo studio geoelettrico dell'area da indagare si è utilizzata la tecnica della Tomografia Elettrica Automatizzata di Superficie.

La tomografia elettrica di superficie (T.E.S.) si basa sull'acquisizione di un elevato numero di misure elettriche, effettuate su un discreto numero di elettrodi posizionati sul terreno, lungo un profilo.

La ricostruzione tomografica della sezione verticale del profilo di terreno investigato è effettuata tramite appositi software di elaborazione che utilizzano generalmente il Metodo degli Elementi Finiti (FEM).

Il terreno al di sotto degli elettrodi è così suddiviso idealmente in un numero finito di maglie o celle (i cosiddetti "elementi finiti"), ciascuna di resistività omogenea ed incognita. La forma degli elementi è generalmente trapezoidale o rettangolare e le loro dimensioni sono determinate in base alla distanza tra gli elettrodi (metà della spaziatura tra due elettrodi adiacenti). La tomografia elettrica di superficie si basa quindi, sull'acquisizione di un elevato numero di misure elettriche, effettuate su un discreto numero di elettrodi sistemati sul terreno, lungo un profilo rettilineo.

In generale, le misure elettriche effettuate possono essere calcolate con la seguente formula:

$$Me = n \times \frac{(n-2)}{3}$$

dove Me = numero misure

n = numero degli elettrodi

quindi nel caso in esame Me = 333 ad ogni stesa di tomografia.

Rimandando ad altra sede la trattazione matematica del problema, si può comunque affermare che nella ricostruzione tomografica, l'incognita è costituita dalla distribuzione della resistività nel terreno, mentre le misure elettriche effettuate sul terreno rappresentano i termini noti.

La determinazione della resistività di ciascuna cella non è lineare, l'errore da minimizzare può presentare molti minimi locali, questo comporta, una volta definita la soglia di errore nei dati sperimentali, la possibilità di ottenere più di una soluzione che soddisfa l'equazione.

Allo scopo di ottenere l'errore minimo assoluto (quindi quello che si avvicina maggiormente alla soluzione teorica dell'equazione) si utilizzano metodologie di calcolo in grado di fissare il campo di variazione della resistività degli elementi finiti.

E' stata utilizzata una strumentazione PASI MOD 16SG12 studiata e progettata per eliminare i tempi morti legati allo spostamento degli elettrodi secondo la successione delle singole acquisizioni, programmata secondo il tipo di stendimento prescelto

(dipolo-dipolo, wenner, ecc..), nel caso in esame è stato scelto un quadripolo misto, tipo Wenner-Shlumberger, per ottimizzare la profondità d'investigazione.

La configurazione di base del sistema, batteria esclusa, risulta costituita da:
unità di acquisizione dati e di gestione dell'hardware
3 dispositivi Link-Box (uno ogni 16 elettrodi da gestire)
cavo di collegamento strumento Link-Box n° 1
prolunga di collegamento al Link Box n° 2
n° 3 cavi di collegamento fra Link-Box e batteria di elettrodi (16 picchetti ogni catena)
48 elettrodi
energizzatore P.A.S.I. Mod. P-300T
cavo di collegamento energizzatore-strumento

Altre funzioni speciali del tomografo impiegato:

- Soppressione automatica dei potenziali spontanei
- Visualizzazione di tutte le acquisizioni memorizzate (ordinate per ora e data)
- Visualizzazione potenziale spontaneo
- Autoranging automatico per la corrente e la tensione
- Calcolo automatico del Coefficiente Geometrico
- Calibrazioni automatiche
- Procedura di test automatico per verificare la funzionalità dei Link-Box e del sistema
- Gestione dell'energizzazione e dell'inversione di polarità dall'unità centrale
- Monitoraggio continuo di batteria e temperatura interna

Gli elettrodi sono stati preliminarmente infissi solidalmente al terreno lungo 1 linea con spaziatura fra ogni singolo picchetto pari a 1,3 metri, è quindi stata realizzata una stesa con lunghezza complessiva di 61,1 m.

Successivamente alla definizione dei parametri di acquisizione (durata impulso di energizzazione, durata pausa di interciclo, numero di commutazioni, numero di misure e corrente di energizzazione, ecc...) che variano in relazione alla presunta stratificazione geoelettrica del sottosuolo in esame, si attiva l'acquisizione automatica delle singole misure elettriche.

Ogni picchetto infisso nel terreno si "trasforma" quindi di volta in volta in elettrodo A, M, N, B o scollegato, secondo la misura effettuata e del tipo di stendimento scelto.

Per ogni configurazione preselezionata lo strumento attiva il ciclo di acquisizioni programmato dall'Utente. I valori via via acquisiti sono visualizzati in tabelle per la verifica immediata dell'andamento della misura e contemporaneamente memorizzati su Hard Disk interno.

In qualsiasi momento è possibile interrompere il sondaggio, visualizzare il diagramma logaritmico o semilogaritmico AB/2-Resistività apparente per i metodi che lo consentono e riprendere la serie di misure.

Tutti i sondaggi effettuati sono memorizzati nell'H.D. dello strumento e quindi possono essere successivamente visualizzati, stampati e/o trasferiti su computer.

3.4.2. INTERPRETAZIONE DEL MODELLO DI INVERSIONE

Il software effettua l'inversione completa 2D di profili elettrici di superficie ottenuti, con qualsiasi array di misura:

-Wenner,
-Schlumberger,
-Dipolo-Dipolo,
-Polo-Dipolo,
-quadripolo generico

utilizzando il metodo degli elementi finiti in due dimensioni, per modellizzare la risposta elettrica del sottosuolo.

Gli elementi della maglia discreta sono trapezoidali per permettere la compensazione di qualsiasi tipo di dislivello tra le posizioni elettrodiche.

La dispersione della corrente nella terza dimensione spaziale (perpendicolare alla sezione di interesse) è tenuta di conto utilizzando le correzioni di Wannamaker.

L'algoritmo iterativo di inversione si basa sulla minimizzazione dell'errore quadratico medio tra i dati di campo ed i dati simulati mediante il F.E.M. (Finite Elements Method), secondo la metodologia proposta da Sasaki (1994).

La convergenza dell'algoritmo è ottenuta con la stima automatica di un parametro di stabilizzazione, eseguita con il metodo dei coefficienti reciproci generalizzati, ripetuta ad ogni iterazione.

La riduzione dell'effetto del rumore presente nei dati è ottenuta con una regressione lineare iterativa (Ward, 1990) che permette di compensare l'impossibilità di conoscere le varianze statistiche di ciascun dato.

Il risultato è l'interpretazione del MODELLO DI INVERSIONE, rappresentato da una sezione di resistività reale ricostruita con precisione (nelle due dimensioni), con possibilità di selezionare le scale di tonalità dei colori per evidenziare in modo ottimale le anomalie elettriche, presenti nel terreno.

I risultati possono anche essere restituiti in forma di curve di isoresistività.

L'assegnazione ad un determinato materiale di un particolare valore di resistività, produce un modello tanto più preciso quanto maggiori sono il numero di informazioni al contorno.

La conoscenza quindi di :

- *una stratigrafia di massima,*
- *del livello di falda presente nel terreno,*
- *di strati con particolari valori di resistività*

possono concorrere a migliorare la risoluzione del modello finale.

3.4.3. MODELLO ELETTROSTRATIGRAFICO

Nel sito in esame è stata eseguita una tomografia elettrica di superficie, con 48 elettrodi spaziati di 1,3 m per un totale di 61,1 m ed una profondità di investigazione massima di 5-6 m dal piano campagna.

Nella tavola allegata denominata "RNC2" sono riportati i risultati delle sezioni 2D del modello di Inversione di resistività.

Per l'elaborazione, interpretazione e restituzione dei dati misurati in situ, mediante le Tomografie elettriche, è stato utilizzato un programma di calcolo e restituzione (RES2D-Inv) basato su di un algoritmo di inversione interattivo, impostato secondo il metodo degli elementi finiti (FEM), un software che effettua l'inversione completa 2D, di profili elettrici di superficie, ottenuti con qualsiasi array di misura (Wenner, dipolo-dipolo, polo-dipolo, polo-polo, array definiti dall'utente, array misti)

Il risultato è dato da una sezione di resistività reale ricostruita con precisione (nelle due dimensioni), pari a metà della più piccola distanza inter-elettrodica, con possibilità di selezionare le scale di tonalità dei colori per evidenziare in modo ottimale le anomalie presenti nel terreno.

In particolare il range dei valori di resistività, registrato nel sito in analisi, presenta valore minimo di 10/20 Ohm×m e massimo di 700÷800 Ohm×m, è stato suddiviso in 14 tonalità, rispettivamente dal blu intenso al giallo-rosso.

La tomografia evidenzia una situazione alquanto complessa dal punto di vista elettrico con presenza di elevate variazioni di resistività in relative brevi distanze, si evidenziano infatti strutture subcircolari ad elevata resistività inglobate e/o ricoperte da un materiale con valori mediamente più bassi ad andamento irregolare. Questa situazione può essere riconducibile o ad un substrato altamente resistivo con superficie fortemente irregolare, ricoperto da un materiale detritico di copertura eterogeneo; o una forte alterazione antropica nei primi metri di terreno, con scavi e riempimenti eseguiti con materiali eterogenei.

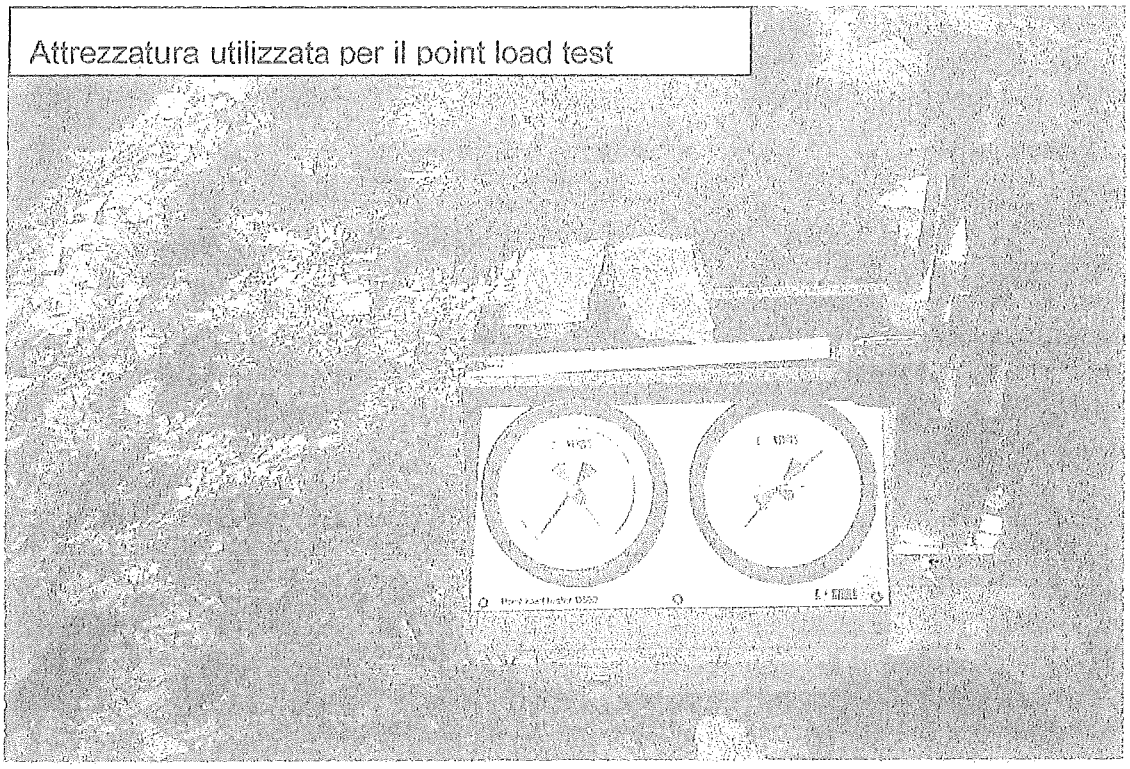
4. PROVE DI LABORATORIO

4.1. PROVA FRANKLIN

La prova per la determinazione della resistenza al punzonamento eseguita secondo le *"Raccomandazioni ISMR per la misura della resistenza al punzonamento"* fornisce un indice di resistenza per la classificazione del materiale roccioso.

La prova misura l'indice di resistenza al punzonamento dei provini in roccia ($I_{s(50)}$) ed il loro indice di anisotropia della resistenza ($I_{a(50)}$), dato dal rapporto tra le resistenze al punzonamento nelle direzioni che forniscono il valore minimo ed il valore massimo.

I provini di roccia possono essere spezzoni di carota (prove diametrali ed assiali), blocchi tagliati (prova su blocco), o pezzi di forma irregolare (prova su pezzi irregolari), e sono rotti tramite l'applicazione di un carico concentrato applicato tramite punzoni conici con la punta sferica. Non è prevista la preparazione del provino. La prova è stata realizzata tramite l'attrezzatura di laboratorio, illustrata nella foto 8.


Attrezzatura utilizzata per il point load test

4.1.1. STRUMENTAZIONE

La macchina di prova comprende una parte predisposta per il caricamento (nella versione portatile raffigurata qui sopra, comprende un telaio di carico, una pompa, i punzoni ed i pistoni), un sistema per la misura del carico P necessario per portare a rottura il provino, ed un sistema per la misura della distanza D tra i due punti di contatto punte-provino.

4.1.2. PROCEDURA

4.1.2.1. Scelta e preparazione del provino

Un campione di prova è costituito da una serie di provini di roccia di resistenza analoga per il quale è determinabile un singolo valore di Resistenza a Carico Puntuale. Il campione di prova da carote o frammenti deve contenere sufficienti provini adeguati ai requisiti di dimensione e forma per la prova diametrale, assiale, su blocco o pezzo irregolare come specificato oltre.

Per prove di routine e classificazione, i provini andrebbero sottoposti a prova sia in condizioni di completa saturazione in acqua che nelle condizioni di contenuto d'acqua naturale.

4.1.2.2. Prove su blocchetti e spezzoni irregolari

I blocchetti o gli spezzoni di dimensione 50 ± 35 mm sono adatti per il tipo di prova su blocchetti o su spezzoni irregolari. Il rapporto D/W dovrebbe variare tra 0.3 e 1, preferibilmente attorno al valore di 1.0.

La distanza L dovrebbe essere di almeno 0.5 W. I provini di questa dimensione e forma possono essere scelti se disponibili oppure possono venire preparati profilando elementi di maggiori dimensioni con taglio al disco o scalpellatura.

Andrebbero preferibilmente condotte almeno 10 prove per campione, di più se la roccia è eterogenea o anisotropa. Il provino viene collocato nell'apparecchiatura di prova e si portano i punzoni a contatto con la dimensione minore dello spezzone o del blocchetto, lontano da lati o spigoli.

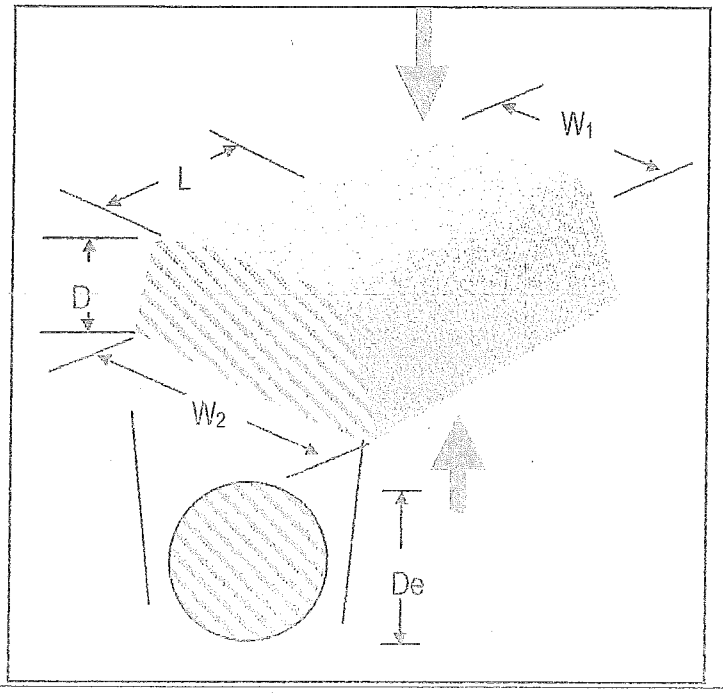
La distanza D tra i punti di contatto dei punzoni è annotata con uno scarto del ± 2%.

La larghezza minore W del provino, perpendicolare alla direzione di carico, è annotata con uno scarto del ± 5%. Se le facce non sono parallele, allora W è calcolato come $(W_1 + W_2)/2$. Questa larghezza minore W viene adottata indipendentemente dal tipo di rottura reale. Il carico è incrementato uniformemente in modo che la rottura si manifesti in 10-60 secondi, annotando il valore di carico di rottura P. La prova viene invalidata se la superficie di frattura passa per uno solo dei punti di applicazione del carico. La procedura è ripetuta per i rimanenti provini del campione

4.1.2.3. Roccia anisotropa

Qualora una roccia sia laminata, stratificata, scistosa o presenti altre anisotropie, vanno condotte prove in direzioni che diano i valori massimi e minimi di resistenza, cioè in generale parallelamente e perpendicolarmente ai piani di anisotropia.

Figura 3 - Schema delle dimensioni di riferimento della prova di Point Load



Se il campione è formato da blocchetti o spezzoni irregolari, si dovrebbe considerarlo ai fini della prova come formato da due sottocampioni, con il carico applicato dapprima in modo perpendicolare e, dopo, lungo i piani di debolezza osservabili. Ancora, il minimo valore di resistenza si ottiene quando i punzoni sono a contatto di un singolo piano di debolezza.

4.1.3. RISULTATI

Tabella 1: valori di Point Load misurati

CAMPIONE sigla	$Is_{(50)}$ [MPa]	DISPOSIZIONE DELLA FESSURAZIONE RISPETTO ALL'ASSE DELLA COMPRESSIONE
S1.1	0,26	Parallela alla scistosità
S1.2	21,15	Perpendicolare alle scistosità
S1.3	0,12	Parallela alla scistosità
S1.4	28,31	Perpendicolare alla scistosità
S1.5	0,36	Parallela alla scistosità
S2.1	1,02	Parallela alla scistosità
S2.2	2,56	Parallela alle scistosità
S2.3	24,86	Perpendicolare alla scistosità
S2.4	30,19	Perpendicolare alla scistosità
S2.5	1,48	Parallela alla scistosità

Il valore medio dell'indice di resistenza $I_{s(50)}$ determinato su 10 prove è di 1,0 Mpa per le prove eseguite con direzione di compressione parallela alla scistosità, e di 26,12 Mpa con direzione di rottura perpendicolare alla scistosità

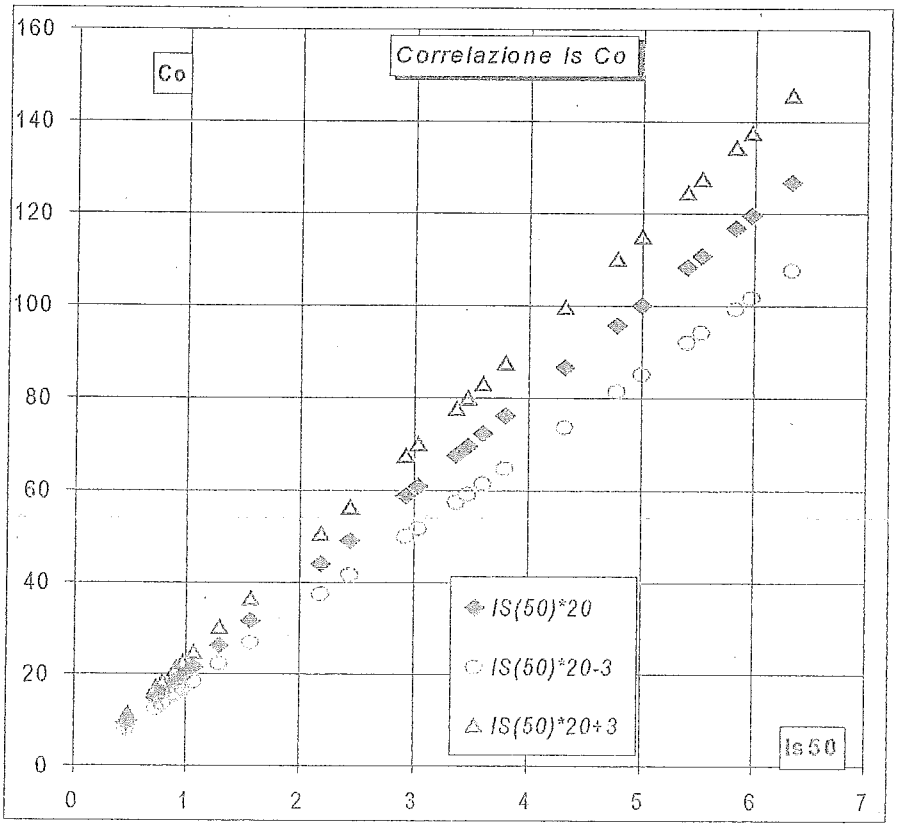


Tabella 2 grafico di correlazione tra i valori del Franklin test con i valori di compressione secondo diverse conversioni di letteratura

4.2. MASSA VOLUMICA

Valore richiesto	Massa volumica apparente
Prova	Determinazione del peso di volume della roccia
Norme di riferimento	UNI 9724/2
Allegato n	

Questa prova determina il peso di volume dei campioni testati.

Tabella 2 Valori di massa volumica apparente misurati

Sigla campione	Massa volumica apparente (daN/m³)
S1.1	2746
S1.2	2814
S2.3	2773
S1.4	2725
S2.5	2789
S1.6	2836

Il valore medio determinato è:

Valore medio	[daN/m³]
Massa volumica apparente	**2780**

5. CALCOLO DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Il dimensionamento di fondazioni dirette poste su un ammasso roccioso viene sviluppata attraverso la classificazione geomeccanica della roccia in cui ricade il piano di posa della fondazione. Alle principali caratteristiche sono attribuiti dei parametri numerici, la somma dei valori ottenuti fa rientrare la roccia in classi predefinite a cui sono assegnati i parametri geomeccanici, coesione e attrito, che consentono il calcolo della capacità portante con le formulazioni classiche.

5.1. CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DI BIENIAWSKI

Si basa sul rilievo di sei parametri; i primi cinque determinano un valore base dell'indice RMR (Rock Mass Rating), mentre il sesto determina una correzione su tale indice.

R_1 - *Resistenza a compressione uniassiale*

R_2 - *Recupero percentuale modificato (RQD)*

R_3 - *Spaziatura delle discontinuità*

R_4 - *Condizioni delle discontinuità*

R_5 - *Condizioni idrauliche*

R_6 - Orientamento delle discontinuità

Dalla somma dei coefficienti numerici dei primi cinque parametri si ottiene:

$$R.M.R.base = R1 + R2 + R3 + R4 + R5$$

Il sesto parametro, R6 stabilisce una correzione dell' RMRbase in funzione del tipo di situazione geomorfologica e di opera in progetto e dell'orientamento delle discontinuità, rispetto alla direzione in cui si sviluppa l'opera progettata. Sommando il coefficiente numerico (negativo) di R6 al valore numerico dell'RMRbase si ottiene il valore numerico:

$$R.M.R.corretto = R.M.R.base + R6$$

La somma algebrica dei coefficienti numerici dei sei parametri può variare in un intervallo di valori compresi tra 0 e 100 suddiviso in cinque parti uguali a cui corrispondono cinque classi dell'ammasso roccioso.

Indice	100 ÷ 81	80 ÷ 61	60 ÷ 41	40 ÷ 21	< 20
Classe n°	I	II	III	IV	V
Descrizione	Ottimo	Buono	Discreto	Scadente	Pessimo
Coesione (KPa)	> 400	300 ÷ 400	200 ÷ 300	200 ÷ 100	< 100
Angolo di attrito	> 45°	35°÷ 45°	25°÷ 35°	15°÷ 25°	< 15°

5.1.1. DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI DI INGRESSO

Nei paragrafi in cui compaiono due valori per lo stesso parametro, significa che sono stati ricavati per due casi - roccia sana in posto e roccia alterata.

5.1.1.1. R1 - Resistenza a compressione uniassiale (uniaxial compressive strength)

Dal capitolo 4.1.3 si riporta il valore di 57,5 Mpa, che porta ad un valore dell'indice R1 di 6, tuttavia a favore di sicurezza si entra con il valore dell' I_{50} di 1,85

RESISTENZA DELLA ROCCIA INTATTA (MPa)	Indice del Point Load Test	> 10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	sconsigliato		
	Compressione monoassiale	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
Indice		15	12	7	4	2	1	0

Utilizziamo pertanto il valore 4 per la roccia sana

R_1 =	4

5.1.1.2. R_2 - Recupero percentuale modificato (Rock Quality Designation (RQD)

Il parametro è stato introdotto da Deere nel 1964 per caratterizzare la qualità degli ammassi rocciosi tenendo conto dello stato di fratturazione delle carote ricavate dai sondaggi a recupero completo. Il valore numerico del parametro RQD può essere ricavato direttamente dai carotaggi oppure indirettamente attraverso metodi analitici proposti da vari autori, come il metodo di empirico di Jager e Cook, che mette in correlazione l'RQD con il numero delle fratture per metro.

I valori medi geometrici dei due sondaggi sono

Sondaggio	S1	S2
RQD (%)	44	69

Anche in questo caso il valore è stato determinato con l'abaco riportato in Bieniawski, anche se si riporta la tabella di riferimento, utilizzando a favore di sicurezza S1

RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25
Indice	20	17	13	8	3

R_2 =	8

5.1.1.3. R_3 - Spaziatura delle discontinuità

E' la distanza media che intercorre tra i piani di giacitura di due discontinuità successive della stessa famiglia. Più il valore della spaziatura è basso, più l'ammasso roccioso ha qualità scadenti. Tale valore è stato determinato sia sulle carote dei sondaggi S1 e S2, sia dai rilievi geologici e geomeccanici eseguiti sugli affioramenti rocciosi della zona.

Da cui:

SPAZIATURA DELLA DISCONTINUITA'	> 2 m	0.6 ÷ 2 m	200 ÷ 600 mm	60 ÷ 200 mm	< 60 mm
Indice	20	15	10	8	5

R_3 =	5	2

5.1.1.4. R_4 - Condizioni delle discontinuità

La forma e le dimensioni del blocco elementare generico in cui è suddiviso l'ammasso roccioso dipendono dal numero di famiglie di discontinuità e dalla loro disposizione preferenziale.

CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITÀ	Superfici molto scabre non continue non separate; roccia non alterata	Superfici scabre, apertura <1 mm; roccia poco alterata	Superfici scabre, apertura <1mm ; roccia molto alterata.	Superfici lisce o laminate; riempimento < 5 mm o apertura 1-5 mm. Giunti continui.	Riempimento tenero spessore > 5 mm o giunti aperti 5 mm. Giunti continui
Indice	30	25	20	10	0

R_4 =	8

5.1.1.5. R5 - Condizioni idrauliche

L'acqua di riempimento e di percolazione del reticolo di discontinuità e l'acqua interstiziale possono esercitare un effetto lubrificante lungo le discontinuità stesse. Possono quindi causare una riduzione o addirittura l'annullamento dell'attrito interno del materiale. Nei rilievi si è sempre constatata l'assenza d'acqua o addirittura d'umidità sui giunti in superficie, tuttavia, a scopo cautelativo e considerando le condizioni peggiori, il valore d'uscita considera l'ammasso come molto umido

CONDIZIONI IDRAULICHE	Condizioni generali	Asciutto	Umidità	Bagnato	Stillicidio	Venute d'acqua
	INDICE	15	10	7	4	0

R_5 =	8	7

5.1.1.6. R6 - Orientamento delle discontinuità

Questo parametro stabilisce una correzione dell'RMR_{base} in funzione dell'orientamento delle discontinuità rispetto alla direzione in cui si sviluppa l'opera progettata: galleria, fondazioni, stabilità di un pendio. Si tratta cioè delle discontinuità che rappresentano potenziali piani di scivolamento.

Molto favorevole	assenza di direzioni critiche
Favorevole	condizioni limite
mediocre	una direzione critica
Sfavorevole	due direzione critiche
Molto sfavorevole	tre o più direzione critiche

Si sottolinea che i valori sono negativi, in quanto determinano un aggravio delle condizioni di stabilità

ORIENTAZIONE DISCONTINUITA'		Molto favorevole	Favorevole	mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole
INDICI	Pendii	0	- 5	- 25	- 50	- 60

$R_6 = -5$

Dai risultati ottenuti è possibile ricavare in prima analisi:

$$R.M.R._{base} = R_1+R_2+R_3+R_4+R_5 = 33$$

$$R.M.R._{corretto} = R.M.R._{base} + R_6 = 28$$

$$R.M.R._{base} = R_1+R_2+R_3+R_4+R_5 = 29$$

$$R.M.R._{corretto} = R.M.R._{base} + R_6 = 24$$

Il parametro RMRcorretto consente di entrare nella classificazione di Bieniawski classificando l'ammasso roccioso in questione come segue:

60

Tabella 4 Classificazione di Bieniawski

Formazione	ARGILLITI DI MONTANESI	
	Roccia sana	*Roccia alterata*
Località	BORGO FORNARI	BORGO FORNARI
Classe	IV	IV
Qualità	scadente	pessima

5.1.2. DETERMINAZIONE PARAMETRI DI USCITA

Noto L'RMR, Bieniawski ha fornito tre relazioni dalle quali è possibile ricavare i parametri di resistenza e deformabilità dell'ammasso roccioso (coesione, angolo di attrito).

Considerando che essi rappresentano caratteristiche intrinseche dell'ammasso stesso indipendenti quindi da condizioni giaciturali (orientazione ed immersione) se ne deduce che la determinazione di tali parametri va fatta utilizzando l'indice RMR_{base}.

Sulla base di dati sperimentali rintracciabili in letteratura, i valori C e ϕ ricavabili da Bieniawski possono essere intesi come valori residui, che vengono proposti come 2/3 dei corrispondenti valori dei parametri di resistenza al taglio in condizioni di picco.

I parametri sono stati determinati per la roccia in posto sana e per quella alterata, le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso in esame possono essere quindi così sintetizzate:

Tabella 5 parametri della classificazione di Bieniawski

			Roccia sana	Roccia alterata
Peso dell'unità di volume	γs	DaN/m³]	2780	2500
Coesione	C	KPa	165	140
Angolo di resistenza al taglio	ϕr	°	21	18

nel livello di pertinenza degli scavi e delle fondazioni, vanno considerati i parametri della roccia alterata, quando il piano di posa è ad una quota inferiore di 3,00 m dal piano campagna.

BIBLIOGRAFIA

- Carta geologica d'Italia, *Foglio n. 82 - Genova e note illustrative*
- Carta geologica d'Italia, *Foglio n. 83 Rapallo e note illustrative*
- *A.G.I.* Associazione geotecnica italiana *1977, Raccomandazioni sulla progettazione e sulla esecuzione delle indagini geotecniche*
- Cestari F.1992, *Prove geotecniche in sito*
- Desio A. 1988, *Geologia d'Italia*
- Francani V. 1988, *Idrogeologia generale*
- Lancelotta R. 3° 1991, *Geotecnica*
- Società Geologica Italiana 1991 – Guide geologiche regionali: Alpi Liguri
- Z.T. Bieniawski, Engineering Rock Mass Classifications 1989

COMMITTENTE: PROVINCIA DI GENOVA AREA 07	DATA INIZIO: 29/09/2004	ATTREZZATURA: ATLAS COPCO B 52	RILIEVO FALDA IN PERFORAZIONE
PROGETTO: BORGO FORNARI	DATA FINE: 29/09/2004	OPERATORI: L. Remotti C Mazzei	Foro / Rivest. / Sera (gg, h) / Mattina (gg, h)
SITO: SOPRA PIANORO OVEST	COORD. X:	TECNICO DI CANTIERE: Bonadeo	
FORO n°: 1 QUOTA P.C.:	COORD. Y:		

Data	Metodo di perforazione	Attrezzo di perforazione	Corona	Rivestimento	Campioni	Profondità [m]	Descrizione litologica e stratigrafica	S.P.T. Profondità	S.P.T. Colpi	S.P.T. Numero	Carotaggio % 20 40 60 80	R.Q.D. 20 40 60 80	Manovre	Lung. Spezzoni	Petrografia	Descrizione Giunti: Superficie	Inclinazione	Discontinuità	Scabrezza JRC	Riempimento	Miloniti/Cataclasiti	Alterazione	Fratturazione	Tubo piezometrico Ø 2'	Prova Lefranc
29/09	Carotaggio continuo Ø 101 mm	Carotiere semplice Ø 101 mm	Semplice in widia	Ø 133 mm		0,00	Riporto costituito da laterizi e scarti cls copertura vegetale nulla																		
						0.40	Riempimento e riporto costituito da argilloscisti grigi, alterati, sabbie ghiaie e ciottoli poligenici da spigolosi a sub arrotondati in matrice sabbbioso limosa																		
							Argilloscisti grigi alterati																		
						4,50	Argilloscisti grigi																		
						5,50	Roccia argillosiltosa a strati nerastri con presenza di calcite di riempimento in livelli centimetrici. Superfici di discontinuità subverticali rispetto alla perforazione																		Tasca di prova in avanzamento da -10,00 a fondo foro
		Carotiere doppio Ø 101 mm	Doppio in diamante	Assente		13,50	Roccia argillosiltosa, nerastra, con calcite in laminazioni piano parallele e convolute, più dura																		-10,00
																									-15,00
						25,00	FINE PERFORAZIONE																	25,00	

REDATTO IL: 08/10/04	RIFERIMENTO FILE:	NOTA*	G.E.A. S.r.l.
REDATTO DA: Tosonotti	Server/D/Arc_04/Gea/Lavori/G_2004_019_Sondaggi_Ronco/Ronco_Sondaggio_1.dwg		
VERIFICATO DA: Bonadeo			

COMMITTENTE: PROVINCIA DI GENOVA AREA 07
PROGETTO: BORGO FORNARI
SITO: SOPRA PIANORO OVEST
FORO n°: 2 QUOTA P.C.:

DATA INIZIO: 30/09/2004
DATA FINE: 1/10/2004
COORD. X:
COORD. Y:

ATTREZZATURA: ATLAS COPCO B 52
OPERATORI: L. Remotti C Mazzei
TECNICO DI CANTIERE: Bonadeo

RILIEVO FALDA IN PERFORAZIONE					
Foro	Rivest.	Sera		Mattina	
		gg	h	gg	h

Data	Metodo di perforazione	Attrezzo di perforazione	Corona	Rivestimento	Campioni	Profondità [m]	Descrizione litologica e stratigrafica
30/09	Carotaggio continuo Ø 101 mm	Carotiere semplice Ø 101 mm	Semplice in widia	Ø 133 mm		0,00	Riporto costituito da laterizi e scarti cls
						0.75	Riempimento e riporto costituito da argilloscisti grigi, alterati, sabbie ghiaie e ciottoli poligenici da spigolosi a sub arrotondati in matrice sabbbioso limosa
						4,10	Roccia argillo-scistosa da dura a molto dura, grigia, marcatamente siltosa, con superfici di discontinuità subverticali alla perforazione. Laminazioni calcitiche di circa 1 mm, piano parallele
		Carotiere doppio Ø 101 mm	Doppio in diamante	Assente		5,50	Roccia argilloscistosa a strati nerastri con presenza di calcite di riempimento in livelli centimetrici. Superfici di discontinuità subverticali rispetto alla perforazione
						10,00	Roccia argilloscistosa, grigio - scura, con laminazioni da piano - parallele a convolute, calcite in livelli millimetrici
						13,85	Roccia argilloscistosa, nerastra, con calcite sia in laminazioni piano parallele che convulte, a tratti a friabile
						16,90	Roccia argillosiltosa, nerastra, più dura
						25,00	FINE PERFORAZIONE

Profondità	S.P.T. Colpi	S.P.T. Numero	Carotaggio % 20 40 60 80	R.Q.D. 20 40 60 80	Manovre	Lung. Spezzoni	Petrografia	Descrizione Giunti: Superficie	Inclinazione	Discontinuità	Scabrezza JRC	Riempimento	Miloniti/Cataclasiti	Alterazione	Fratturazione	Tubo piezometrico Ø 2"	Prova Lefranc
																Tasca di prova in avanzamento da -16,00 a fondo foro(19,50) -16,00 -19,50 25,00	

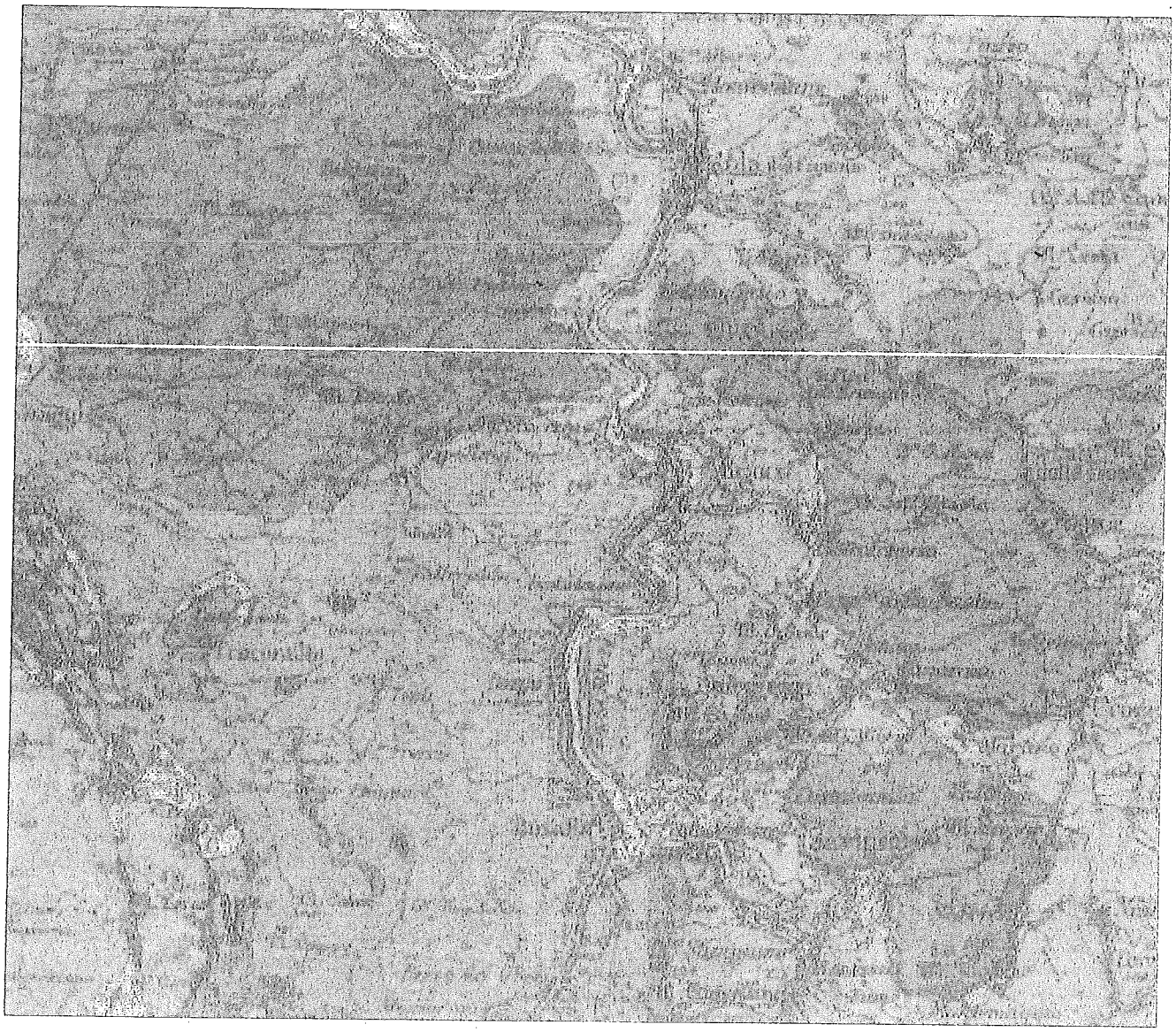
REDATTO IL: 08/10/04
REDATTO DA: XXXX
VERIFICATO DA: Bonadeo

RIFERIMENTO FILE:
Server/D/Arc_04/Gea/Lavori/G_2004_019_Sondaggi_Ronco/Ronco_Sondaggio_2.dwg

NOTA*

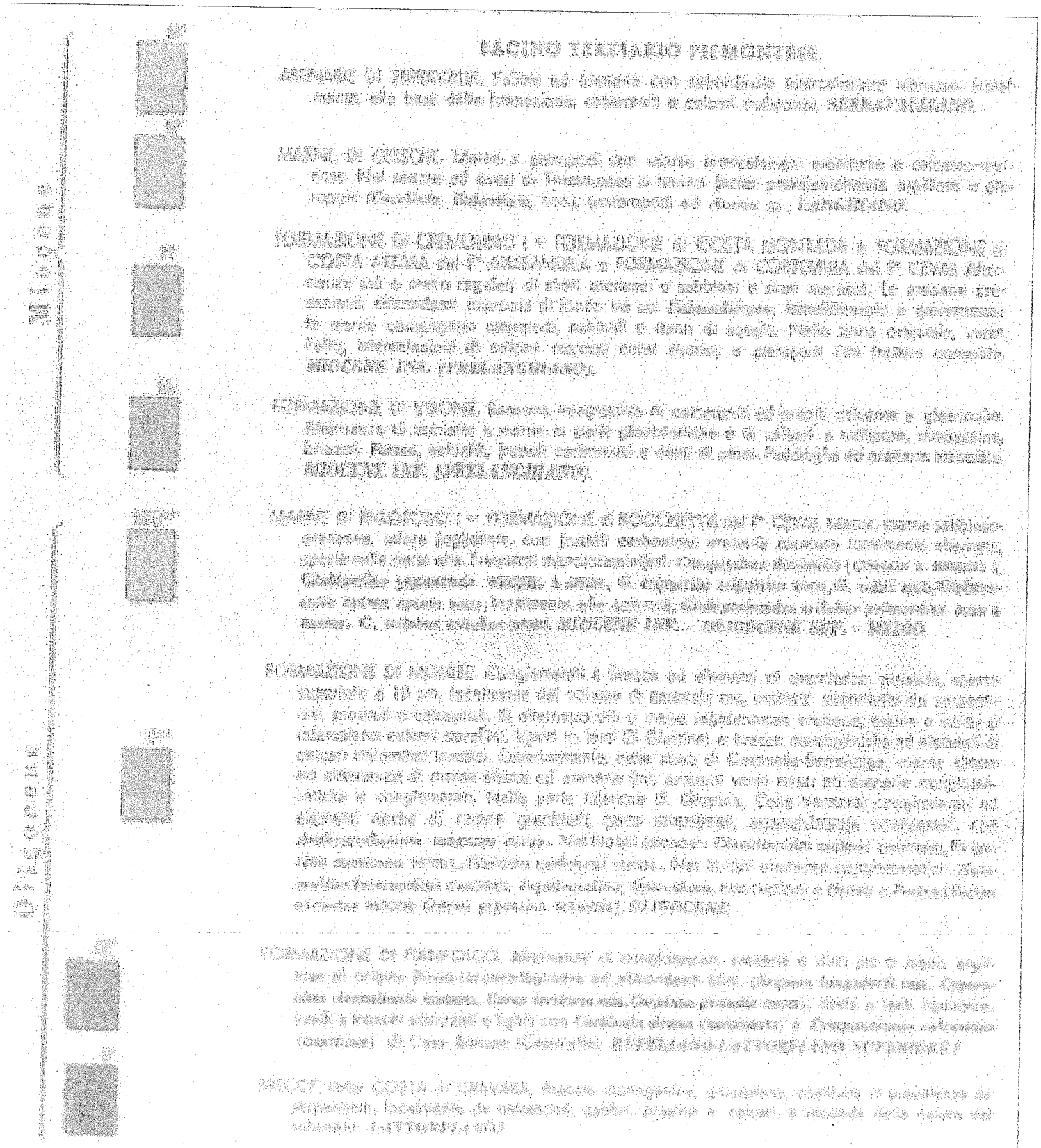
G.E.A. S.r.l.

STRALCIO CARTA GEOLOGICA
scala 1 : 100.000



STRALCIO CARTA GEOLOGICA
scala 1 : 100.000

LEGENDA

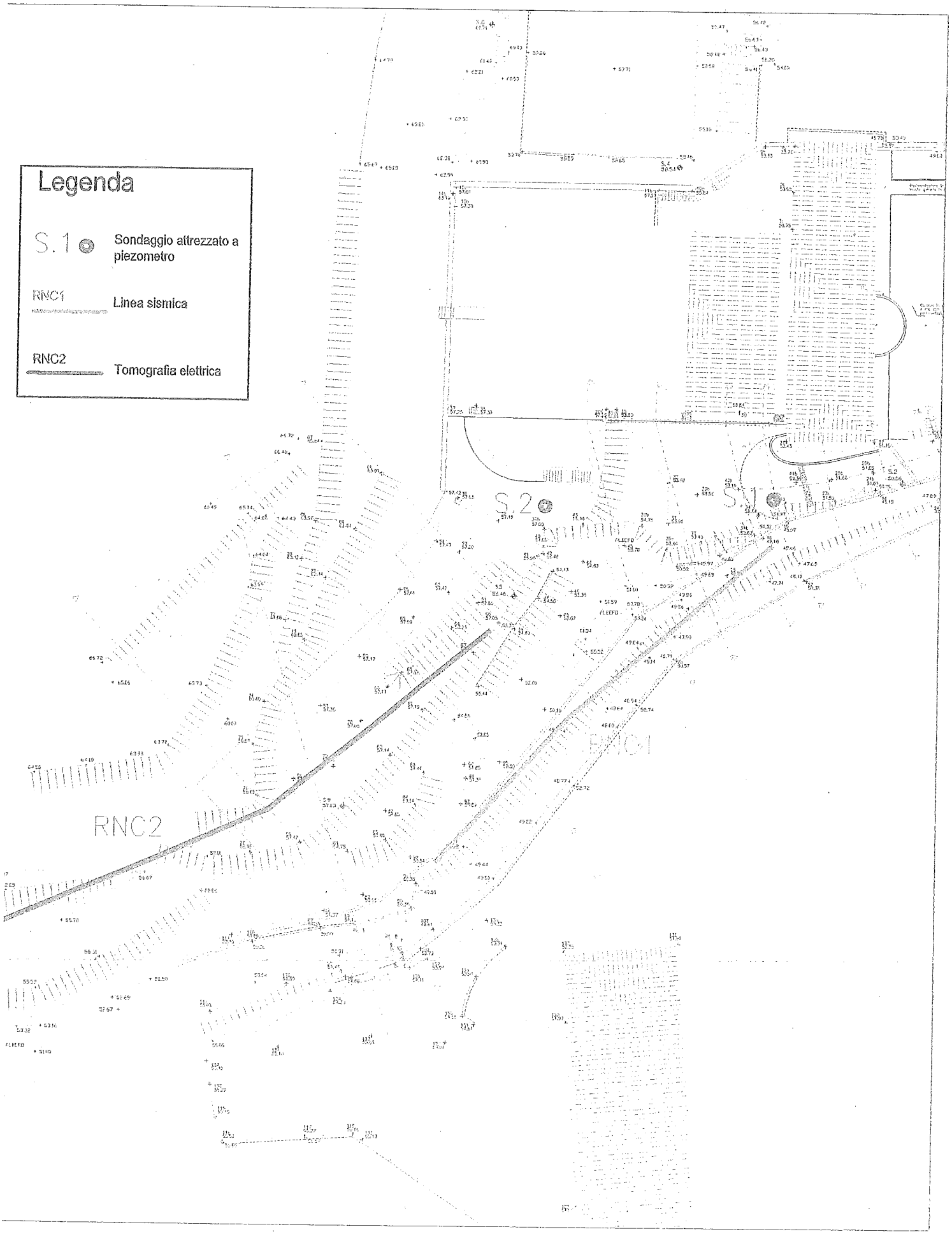

BACINO TERZIARIO PIEMONTESE
FORMAZIONE DI CASTELLARO
FORMAZIONE DI MONTE BOLLO
FORMAZIONE DI MONTE GAZZO
FORMAZIONE DI MONTE GAZZO
FORMAZIONE DI MONTE GAZZ

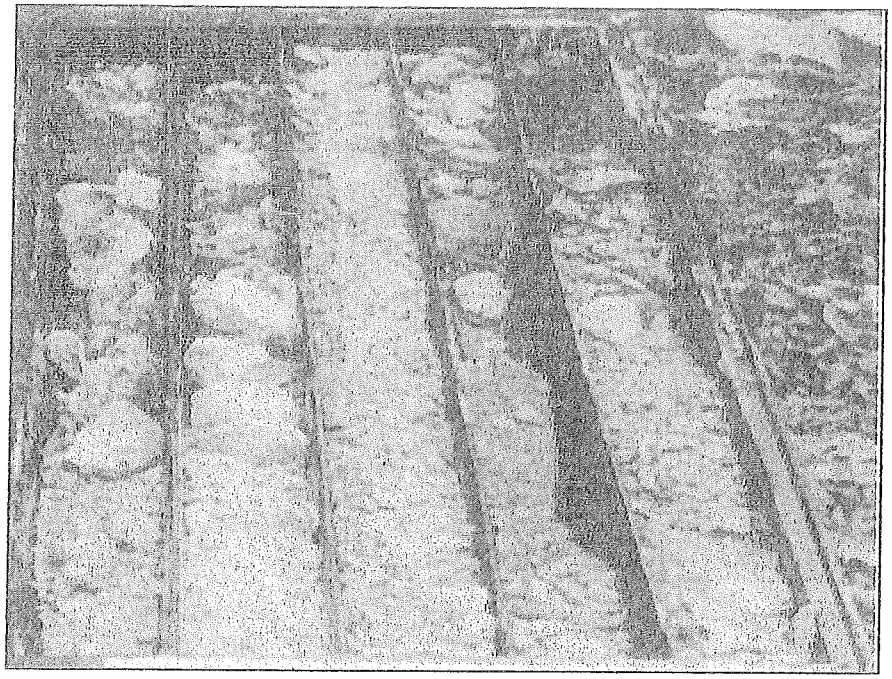
ZONA SESTRI-VOLTAGGIO E ZONA DELL'APPENNINO LIGURE

CALCARI DI MONTE ANTOLA. Calcari marnosi di colore [illegible], con intercalazioni arenacee più frequenti alla base; [illegible] [illegible] [illegible]

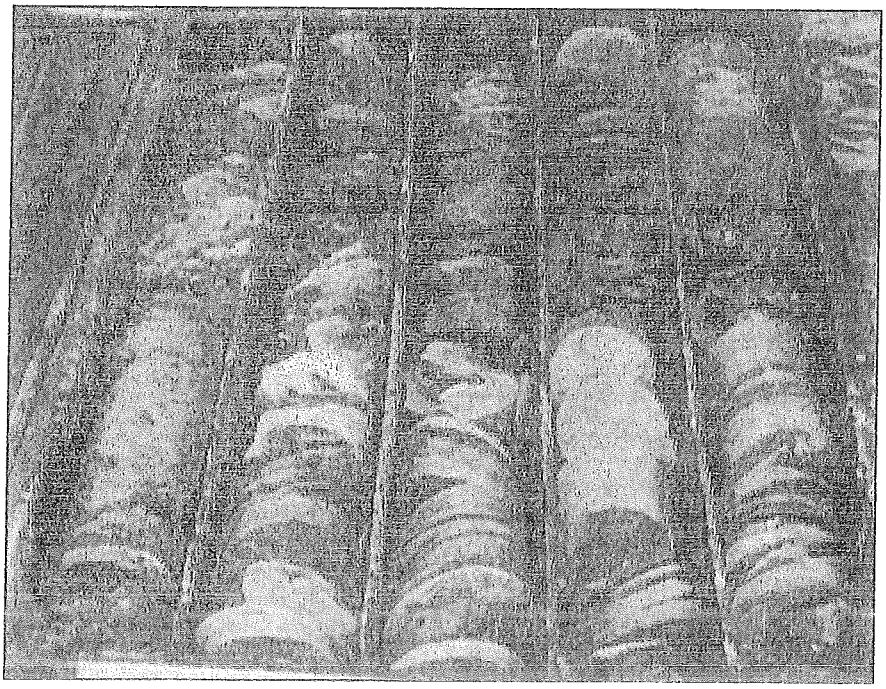
CARTA DEI DISSESTI PAI
scala 1 : 10.000

UBICAZIONE DELLE INDAGINI
scala 1 : 500

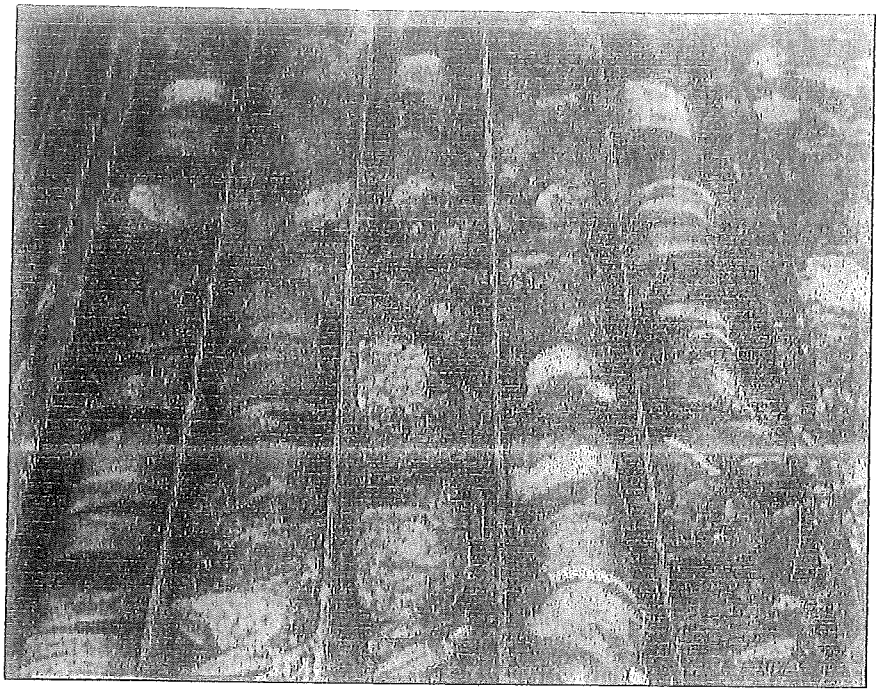




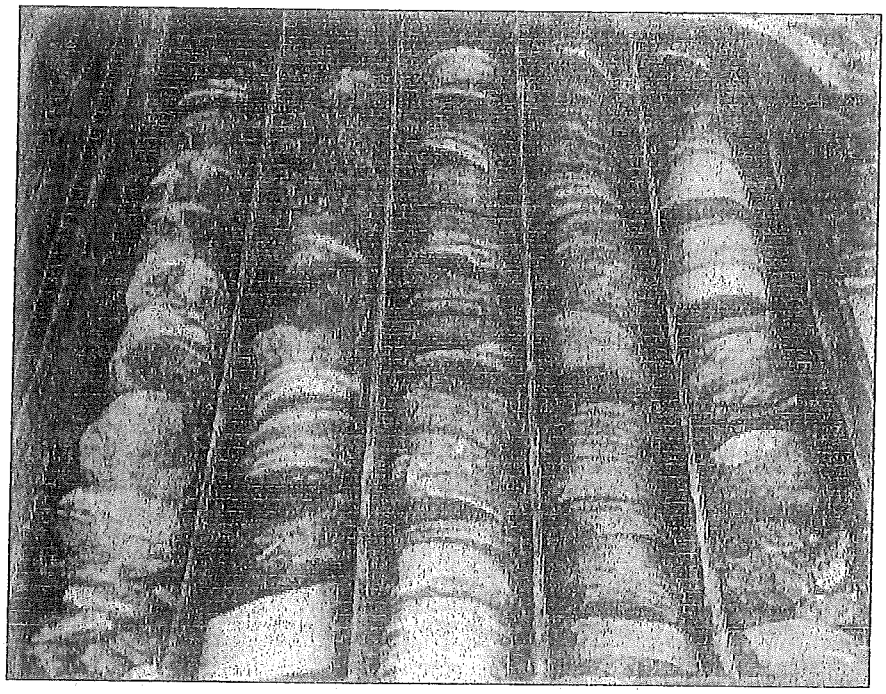
Sondaggio 1 da m 0,00 a m 5,00



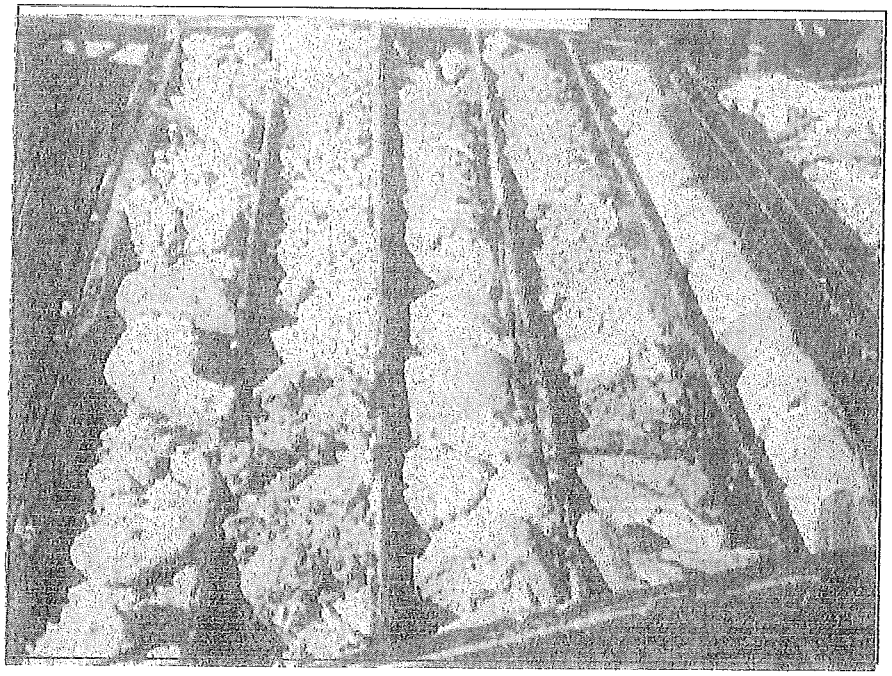
Sondaggio 1 da m 5,00 a m 10,00



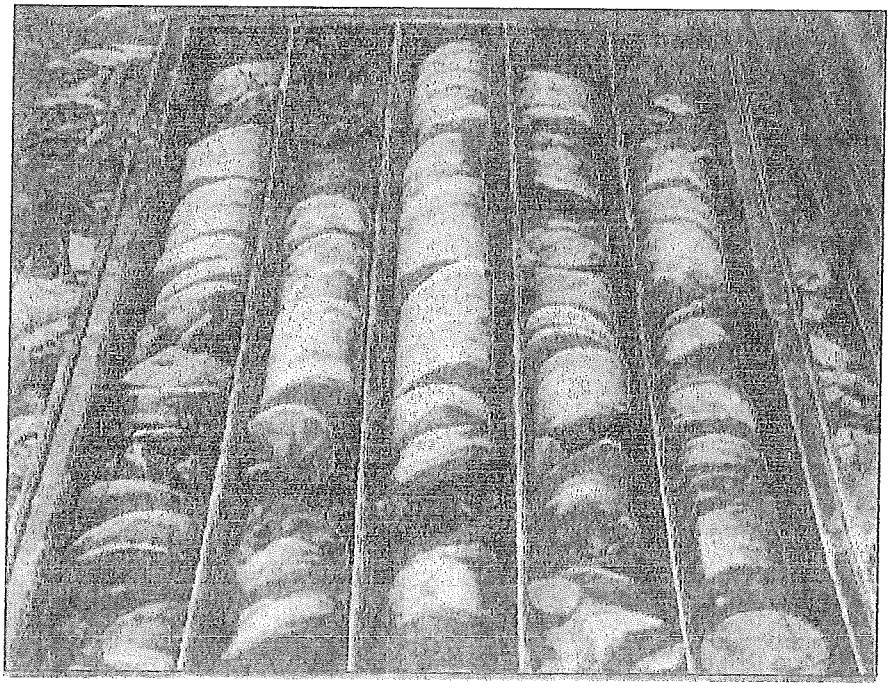
Sondaggio 1 da m 10,00 a m 15,00



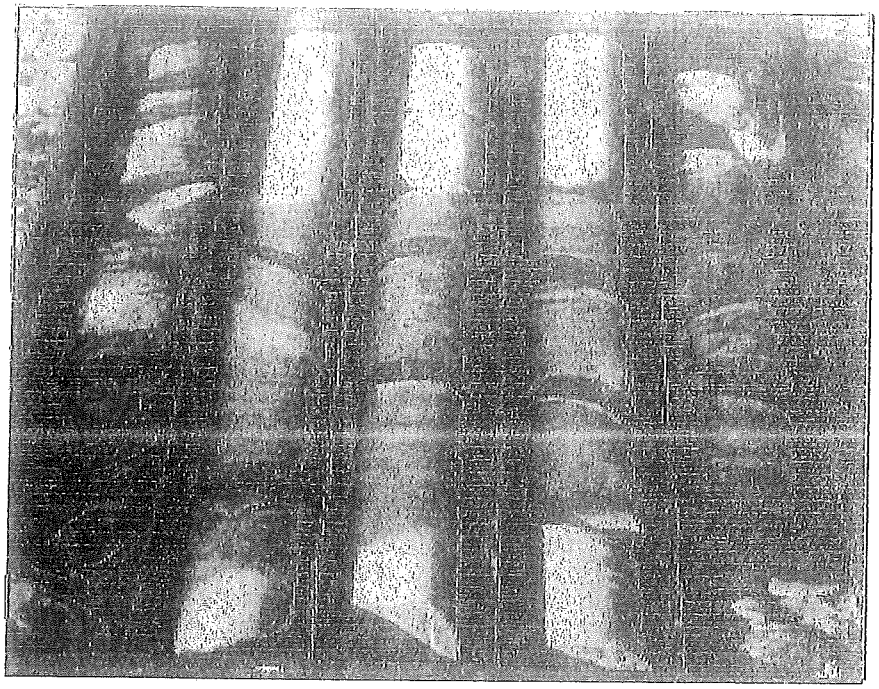
Sondaggio 1 da m 15,00 a m 20,00



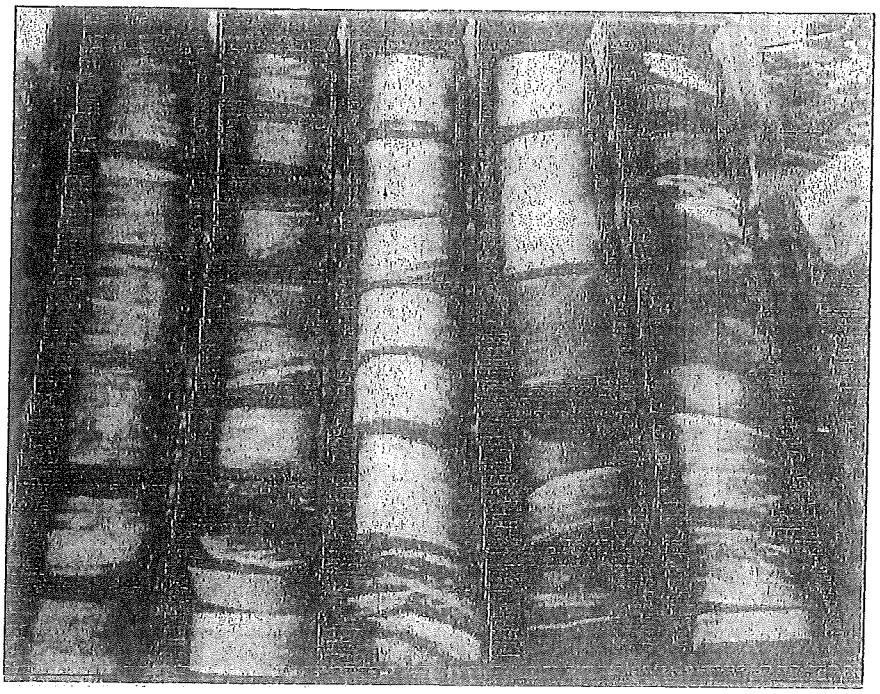
Sondaggio 2 da m 0,00 a m 5,00



Sondaggio 2 da m 5,00 a m 10,00



Sondaggio 2 da m 10,00 a m 15,00



Sondaggio 2 da m 15,00 a m 20,00

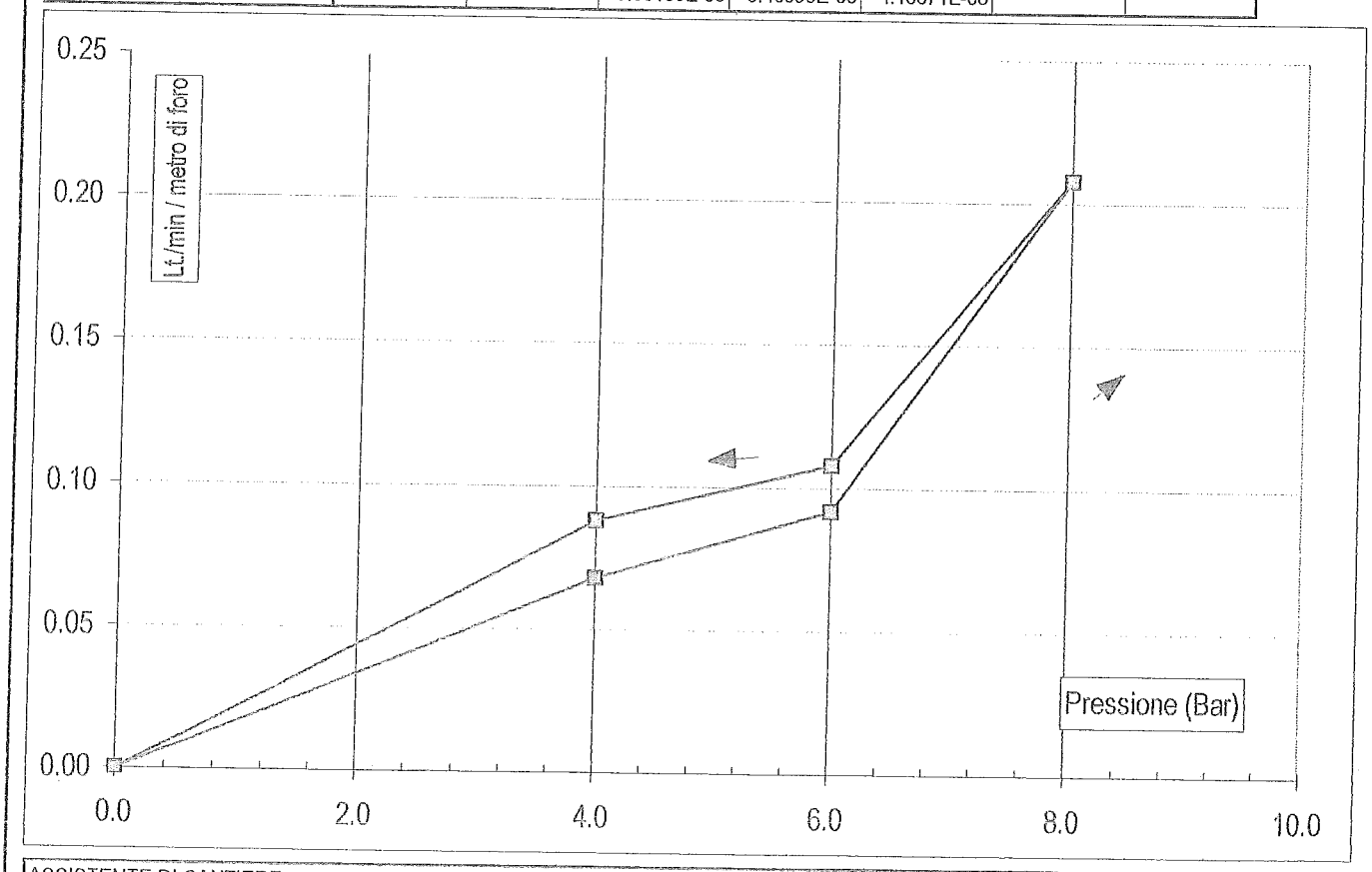
PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LUGEON

Committente	Provincia Di GENOVA Area 07 edilizia e manutenzione civile			
Località	Ronco Scrivia	sito	edificio scolastico	
Sondaggio	S1	Profondità	da m. 10.00	a m. 15.00
Data di esecuzione	29/09/04	D.int. perfor. r = mm.	101	

G. e A. Srl
Geologia e Ambiente
v. Cavour 13 Volpedo (AL)
TEL e FAX (0131)806588

Prova eseguita in avanzamento con packer semplice

		ASSORBIMENTI (litri)						
Pressione	Letta	3.00	5.00	7.00	5.00	3.00		
(Bar)	Effettiva	4.25	6.25	8.25	6.25	4.25		
TEMPO (minuti)	0	731.00	732.70	735.20	740.50	743.30		
	2	731.40	733.10	735.80	741.00	743.60		
	4	731.80	733.50	737.00	741.60	744.10		
	6	732.20	734.00	738.20	742.10	744.60		
	8	732.40	734.50	739.20	742.30	745.00		
	10	732.70	735.00	740.40	743.20	745.50		
PORTATA	L/min/m	0.068	0.092	0.208	0.108	0.088		
	U.lugeon	0.08	0.0736	0.126060606	0.0864	0.103529412		
PERMEABILITA'		3.212E-08	2.95504E-08	5.06133E-08	3.46896E-08	4.15671E-08		



ASSISTENTE DI CANTIERE Dott. A. Bonadeo

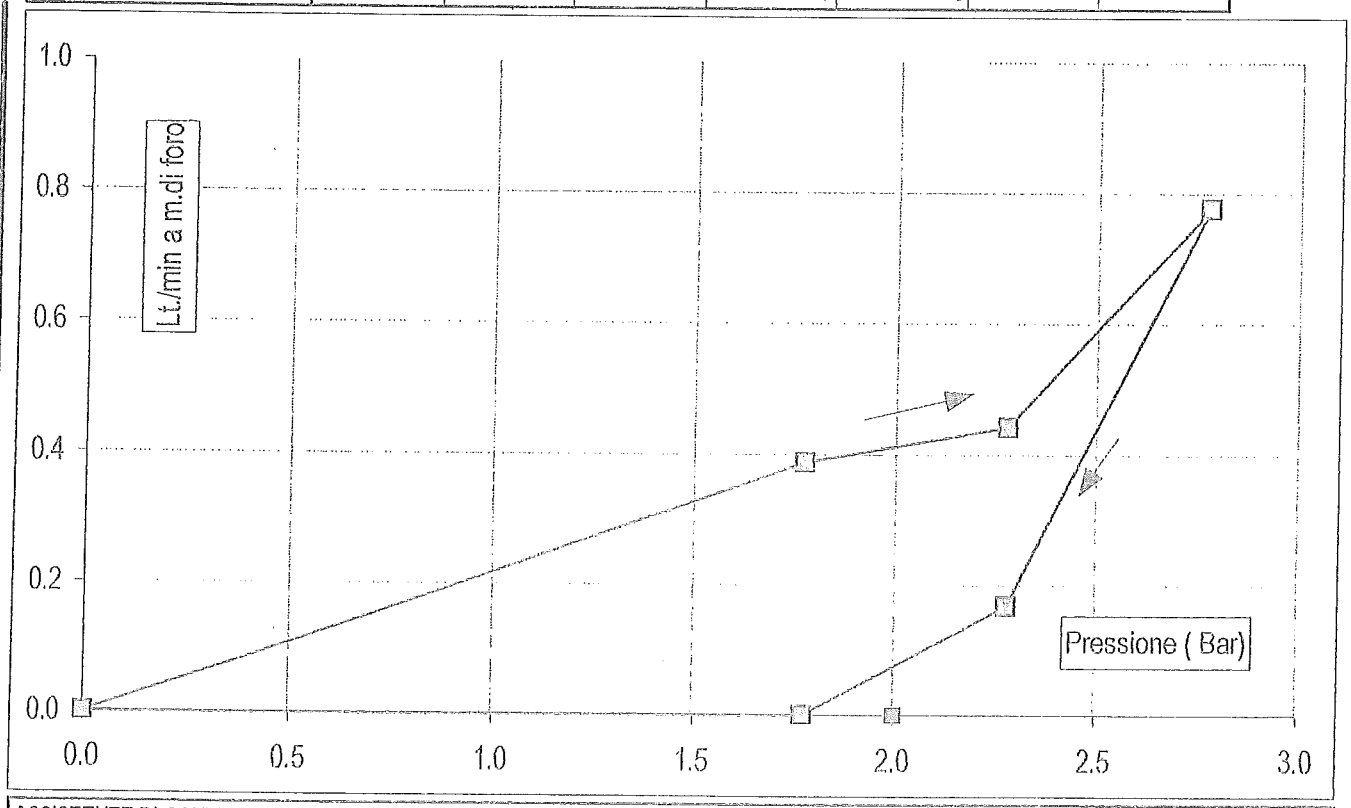
NOTE

File: G-2004_019_LUGEONScheda:LUGEON_10÷15

PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LUGEON

Committente	Provincia Di GENOVA Area 07 edilizia e manutenzione civile		G. e A. Srl
Località	Ronco Scrivia	sito edificio scolastico	Geologia e Ambiente
Sondaggio	S2	Profondità da m. 16.00 a m. 19.50	v. Cavour 13 Volpedo (AL)
Data di esecuzione	30/09/04	D.int. perfor. r = mm. 101	TEL. e FAX (0131)806588

Prova eseguita in avanzamento con packer semplice		ASSORBIMENTI (litri)						
Pressione	Letta	0.00	0.50	1.00	0.50	0.00		
(Bar)	Effettiva	1.78	2.28	2.78	2.28	1.78		
TEMPO (minuti)	0	910.10	931.50	991.10	1023.40	1048.90		
	1	911.70	933.20	993.90	1025.20	1048.90		
	2	913.20	934.90	996.80	1026.70			
	3	914.70	936.50	999.60	1028.60			
	4	916.00	938.10	1002.40	1020.10			
	5	917.40	939.60	1005.20	1021.60			
	6	918.70	941.10	1007.90	1023.20	1048.90		
	7	919.90	942.60	1010.60	1024.70			
	8	921.20	944.00	1013.30	1026.20			
	9	922.50	945.40	1015.00	1027.80			
	10	923.70	947.00	1018.30	1029.30	1048.90		
PORTATA	L/min/m	0.388571429	0.442857143	0.777142857	0.168571429	0		
	U.lugeon	2.189134809	1.946624804	2.800514801	0.740973312	0		
PERMEABILITA'		1.86441E-06	2.38511E-06	2.38511E-06	6.31062E-07	0		



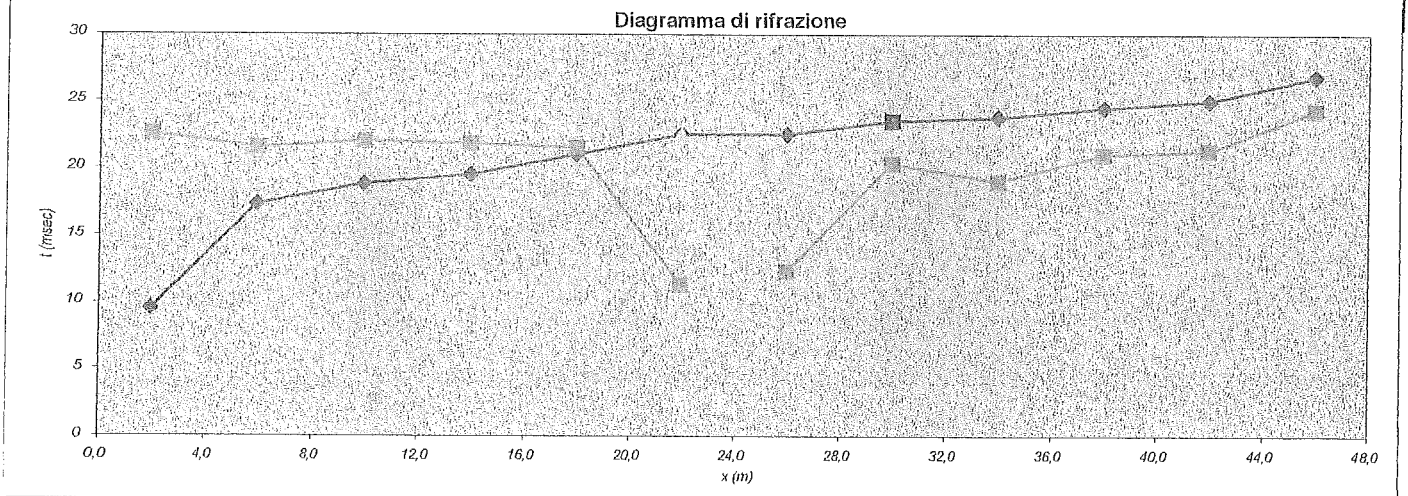
ASSISTENTE DI CANTIERE Dott. A. Bonadeo

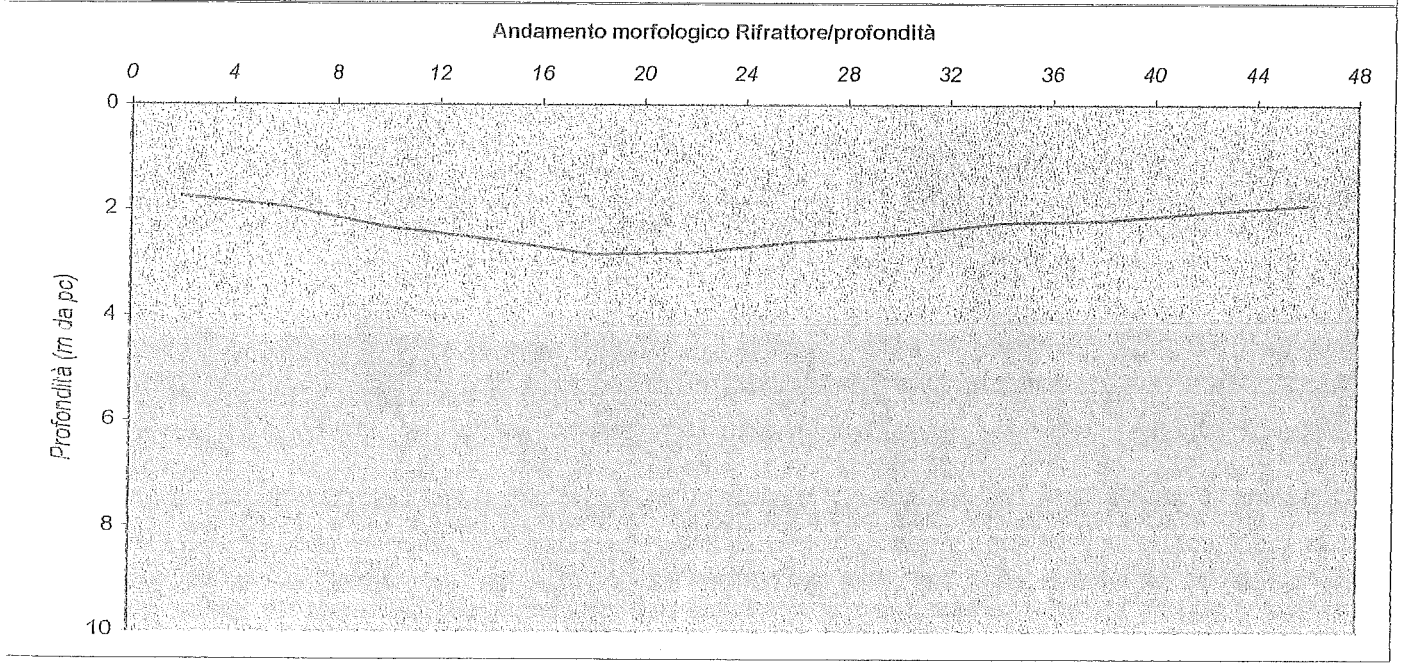
NOTE

File: G-2004_019_LUGEONScheda:LUGEON_16÷19,50)

G.EA. S.r.l.	Prospezione Sismica di superficie Metodo Rifrazione Multicanale Base Sismica n° *RNC 1*	COMMITTENTE: Provincia di Genova
LAVORO: *Indagine geofisica*	CANTIERE: *Roncoscrivia*	DATA: *settembre-04*
STRUMENTO: *Pasi mod. 16SG24*	PUNTI DI ENERGIZZAZIONE : *Scoppio x1= 0 m x2= 24 m x3= 48 m*	Lunghezza base = 48 m

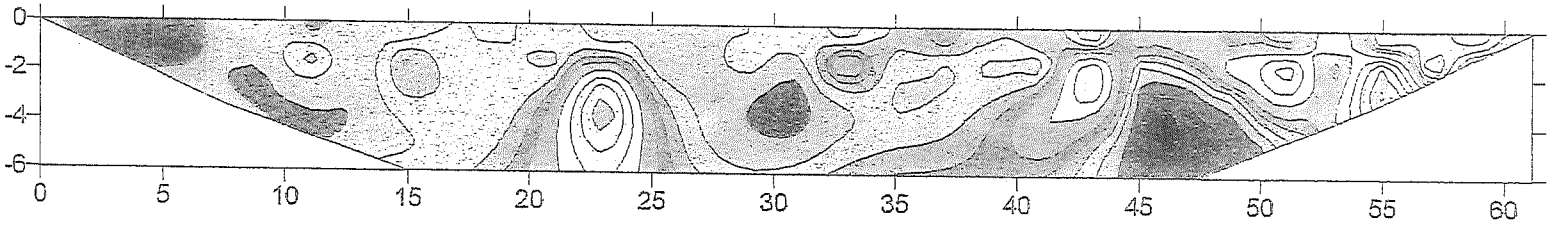
				PROFONDITA' (m)			VELOCITA' (m/sec)		
Posizione	*t arrivi (x1)*	*t arrivi (x2)*	*t arrivi (x3)*	*1° rifrattore*	*2° rifrattore*	*3° rifrattore*	*1° strato*	*2° strato*	*3° strato*
2,0	9,5	22,5	26,3	1,75			235,00	3799,00	
6,0	17,3	21,5	26,0	1,95			261,00	3579,00	
10,0	18,8	22,0	25,8	2,34			288,00	3579,00	
14,0	19,5	21,8	25,0	2,57			314,00	3579,00	
18,0	21,0	21,5	24,3	2,84			340,00	3579,00	
22,0	22,5	11,3	22,5	2,81			332,00	3579,00	
26,0	22,5	12,3	19,3	2,61			325,00	3579,00	
30,0	23,5	20,3	18,3	2,48			317,00	3579,00	
34,0	23,8	19,0	16,3	2,25			309,00	3579,00	
38,0	24,5	21,0	16,5	2,21			301,00	3579,00	
42,0	25,0	21,3	14,8	2,04			294,00	3579,00	
46,0	26,8	24,3	6,8	1,91			294,00	3579,00	





TOMOGRAFIA ELETTRICA 48 PICCHETTI
SPAZIATURA 1,3 M

NOME:RNC2



LEGENDA

Resistività in Ohm x m

INDAGINE GEOFISICA		
Località : Roncoscrivia (GE)		
Committente: Provincia di Genova		
TOMOGRAFIA ELETTRICA		
	Setembre 2004	G.EA. S.r.l.