

REGIONE EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

**COMUNE DI REGGIO EMILIA**

**NUOVO FABBRICATO COMMERCIALE NEL  
SUB COMPARTO 1 DEL P.P.  
(AREA BARAGALLA) IN VIA TENNI  
A REGGIO EMILIA**

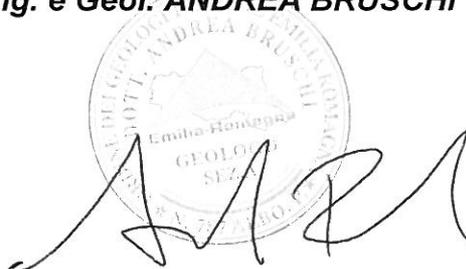
**RELAZIONE GEOLOGICA**

**Comm.: Immobiliare Nord Est S.p.A.**

**Loc.: Baragalla – Z.I. Gagarin**

**DICEMBRE 2012**

**Dott. Ing. e Geol. ANDREA BRUSCHI**

The image shows a circular professional seal for a geologist. The text inside the seal includes "ORDINE DEI GEOLONOMI DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA", "DOTT. ANDREA BRUSCHI", "Emilia-Romagna", "GEOLOGO", and "SEZ. 1". Overlaid on the seal is a handwritten signature in black ink.

28 NOV. 2005



## **VARIANTE AL PIANO PARTICOLAREGGIATO**

**“AREA BARAGALLA” –PG N. 21490/92**

*(convenzionato il 04/08/2003 con atto n. 41530 di repertorio)*

**PREGRESSO P.R.G. '99**

# **Relazione di screening ambientale eseguita in ottemperanza all'art. 51 delle N.T.A. di PRG**

*Committente:*

**COOPSETTE S.C.R.L.**

*cantiere:*

**Area industriale Gagarin – Capoluogo**

*Il geologo incaricato*

**Dott. Andrea Bruschi**

*Timbro  
del tecnico incaricato*



Maggio 2004

## PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto uno studio di carattere ambientale, eseguito in ottemperanza all'art. 51 delle Norme di Attuazione del PRG del Comune di Reggio Emilia, nell'area di Variante al Piano Particolareggiato denominata "Area Baragalla".

Lo studio, eseguito per conto di **COOPSETTE s.c. a r.l.** - via San Biagio, 75 Castelnovo Sotto - Reggio Emilia, si è articolato in indagini mirate alla caratterizzazione litostratigrafica del suolo e sottosuolo al fine di verificare la natura della matrice ambientale caratteristica, lo spessore e la natura dello strato di copertura dell'area sedime della discarica per inerti, e la compatibilità con le opere edilizie in progetto previste sul sedime della discarica stessa.

Lo studio litostratigrafico del suolo e sottosuolo si è eseguito in base al D.M. 11/03/1988 e circ. LL.PP. N° 30483 del 24/09/88.

## INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO E CATASTALE (tav. 1-2)

L'area di variante denominata "Area Baragalla" dal punto di vista cartografico è situata nel settore settentrionale dell'elemento *CASTELLO CANALI N° 200123* delle basi C.T.R. E.R. in scala 1:5.000, appartenente alla tavoletta REGGIO NELL'EMILIA III SE del F° REGGIO NELL'EMILIA N° 74 I.G.M. quadrato PQ zona 32 T. Nella fattispecie essa si colloca nel settore Sud Occidentale del capoluogo di Reggio Emilia a Nord Est dell'area industriale "Gagarin": confina a Est con la variante S.S. 63, a Ovest con via Tenni, a Sud con via Tazio Nuvolari e a Nord con altre zone agricole.

Dal punto di vista catastale essa è individuata ai mappali n. 369-371-504-505-506-507-508-509-510-511-641 del foglio 208, ai mappali n. 715-716-969-970-971-972-973-974-975-976-978-979-980 del foglio 209 e ai mappali n. 755-756-757-758-759-760 del foglio 210 appartenenti tutti al NCT del Comune di Reggio Emilia.

## STATO DI FATTO E CENNI STORICI (tav. 3)

La superficie costituente il comparto oggetto di piano particolareggiato denominato "Area Baragalla" in passato è stato oggetto di attività sia agricola che estrattiva. In particolare l'area individuata nel rettangolo a bordo verde come visualizzato in tav. 3, evidenzia il perimetro della antica cava a fossa che, successivamente al suo esaurimento, fu autorizzata a discarica di inerti mentre la restante superficie è da sempre stata oggetto d'attività agricola.

Per quanto riguarda l'area della discarica per inerti, si è eseguita una breve ricostruzione storica fino allo stato attuale: tale ricostruzione è stata eseguita mediante la presa visione della documentazione gentilmente messa a disposizione dall'ARPA.

La documentazione evidenzia che all'inizio del 1990 per ripristinare la cava a fossa, prodotta dall'attività di estrazione che si era svolta nell'area, la proprietà di allora presentò un progetto per utilizzare la fossa come discarica per inerti: tale progetto prevedeva di rivestire il fondo scavo e le pareti di uno spessore di 50 cm di terreno argilloso e di riempire la fossa, successivamente, con rifiuto inerte fino ad arrivare a circa -1 m dal piano topografico originale quindi, ripristinare il piano campagna con terreno agrario. Il progetto fu approvato e mediante Ordinanza n. 19698 del 19/07/1990 il Comune autorizzò la messa in gestione della discarica per inerti. Successivamente la Provincia il 05/10/1990 estese l'autorizzazione, anche ai rifiuti definiti come terre di fonderia e lastre di eternit.

In data del 21/09/1992 venne comunicato la cessazione dell'attività della discarica e successivamente il 28/05/1993 iniziarono i lavori di ripristino ambientale, come da progetto

originario, consistiti nel ricoprire il tetto della discarica con terreno agrario per uno spessore medio di circa 1 m al fine di ripristinare la topografia naturale originaria del sito, che attualmente è apprezzabile.

Attualmente l'area si presenta sub pianeggiante, declinate territorialmente verso SW-NE e ricoperta da vegetazione spontanea.

### ***Piano Regolatore Generale (tav. 4 e 5)***

Dal punto di vista urbanistico l'area in oggetto è classificata al Piano Regolatore Generale vigente come "Tessuto Produttivo Polifunzionale" art. 43 delle N.T.A.. Nella fattispecie nel comparto è prevista la realizzazione di edifici per la maggior parte ad uso produttivo e terziario ed una percentuale minore residenziale. Ai fini della presente relazione è di primaria importanza mettere in evidenza, come illustrato nella tavola 5 allegata, la zonizzazione del comparto in differenti sub compartimenti in relazione agli interventi edilizi cui saranno sottoposti; in particolare si evince che il sedime della discarica e/o della vecchia cava, sarà adibita, per la maggior parte, a parcheggio pubblico mentre una porzione minore sarà soggetta ad opere di urbanizzazione primaria.

## **CENNI SULLA CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA**

### ***Geologia***

Il territorio di Reggio Emilia appartiene al bacino subsidente Pliocenico Quaternario della Pianura Padana che forma un'ampia depressione sinclinalica a stile tettonico globalmente compressivo, che, nel sottosuolo della zona in analisi, è contraddistinto dalla sinclinale di Reggio Emilia. In corrispondenza di questi ultimi, la base dei sedimenti pliocenico quaternari si approfondisce anche oltre i 5.000 m dal piano campagna (AGIP; 1986).

Il complesso geologico in oggetto è composto, nella parte superiore, da sequenze litologiche prevalentemente argilloso sabbioso ghiaiose di ambiente continentale che costituiscono le formazioni Oloceniche e Pleistoceniche. Tale serie è seguita da una unità inferiore formata da successioni essenzialmente argilloso marnose - sabbioso arenacee, di ambiente marino, di età Plio-Pleistocenica.

L'insieme più superficiale, rappresentato dagli orizzonti sedimentari più recenti, è formato dai depositi alluvionali dei fiumi alpini ed appenninici. Questi ultimi, nelle passate esondazioni, hanno depositato materiali con diversa granulometria in rapporto alle distanze dalle fasce pedemontane. A ciò è conseguita una conformazione ad orizzonti a vario grado di lenticolarità formati da miscele ternarie di terreni sabbioso limoso argillosi che presentano passaggi generalmente gradualmente in senso laterale e chiaramente differenziati in quello verticale. A questi complessi, nella zona di Reggio Emilia, si interpongono frequentemente orizzonti ghiaioso sabbiosi - limoso argillosi, lenticolari, contraddistinti da conformazioni ed andamenti estremamente irregolari.

### ***Geomorfologia***

L'assetto geomorfologico dell'area circostante l'abitato di Reggio Emilia, è legato alle passate vicende fluviali dei torrenti Modolena, Crostolo, Lavezza, Rodano, Tresinaro. Questi ultimi, costretti tra i coni alluvionali dei fiumi Secchia ed Enza, hanno generato la fascia dei coni alluvionali di torrenti minori. Detto insieme è caratterizzato da sequenze di livelli

prevalentemente limoso argilloso - limoso sabbioso argilloso ai quali si intercalano orizzonti ghiaioso sabbiosi di spessore variabile ed a spiccata struttura lentiforme.

Gli agenti modellanti principali, che hanno contribuito alla conformazione territoriale del settore occidentale di Reggio Emilia sono il T. Crostolo, Quaresimo ed il T. Modolena, i quali, unitamente all'azione dell'uomo, alle canalizzazioni e bonifiche, hanno generato una morfologia blandamente ondulata in senso ovest est, ed assetto territoriale coniforme. Tale unità sedimentaria si origina con apice circa in località il Cantone - Orologia ed evidenzia la fascia di terminazione frontale in prossimità dell'asse ferroviario Reggio - Ciano d'Enza.

La parte di territorio oggetto dell'intervento si ubica nel settore mediano del cono alluvionale del T. Crostolo contraddistinto litologicamente da ghiaie e ghiaie in matrice limosa, ricoperte da una paleosuperficie ocracea, che tende ad aumentare di spessore lateralmente allontanandosi dal vecchio percorso del torrente.

### *Idrogeologia*

L'area esaminata appartiene al bacino Idrogeologico Padano costituito dai depositi alluvionali dei fiumi appenninici ed alpini che hanno generato un insieme di livelli più o meno lentiformi assemblati in alternanze a spiccata struttura lenticolare.

Dal punto di vista locale il sottosuolo della medio alta pianura appenninica reggiana è formato da alternanze di orizzonti argilloso - limoso argilloso e livelli sabbiosi ghiaioso fini, che, in prossimità delle fasce di conoide, si arricchiscono percentualmente nei litotipi a granulometria maggiore. In tali corpi sedimentari si distinguono banchi ghiaiosi, con intercalazioni sabbiose e limoso argillose, che presentano spessore variabile in senso laterale e componenti granulometriche differenziate.

L'assetto idrogeologico descritto è ascrivibile all'unità idrogeologica della conoide alluvionale minore del T. Crostolo.

Nell'area in esame particolare importanza riveste la struttura lentiforme che identifica un corpo di paleoalveo che costituisce una propaggine nastriforme verso settentrione del conoide sopra indicato.

### *Serie Idrogeologica Locale*

In base all'analisi di sondaggi a carotaggio continuo e di colonne litostratigrafiche di perforazioni per pozzi ed a studi a carattere territoriale, la successione litostratigrafica locale è caratterizzata da una coltre alluvionale prevalentemente limosa - argilloso limosa con intercalati orizzonti ghiaioso sabbiosi - sabbiosi, a spessore variabile e più o meno continui lateralmente. Tali depositi poggiano generalmente su di un substrato costituito da formazioni marine del Quaternario o più antiche, poco permeabili.

Il sito di intervento si colloca nel settore mediano della conoide del T. Crostolo, nella fascia di transizione con l'Unità Idrogeologica dell'Alta Pianura Padana Appenninica.

### **Successione Idrogeologica locale**

- Sequenze essenzialmente argillose - argilloso limose. lo spessore è mediamente compreso tra 2 e 5 m e costituisce il primo orizzonte poco permeabile di protezione dei livelli acquiferi più profondi: la profondità va da -0,5 a -4 ÷ -5 m p.c.
- Alternanze sostanzialmente ghiaioso sabbiose - sabbioso ghiaiose a spiccata lenticolarità che includono subordinate sottili lenti limose - limoso argillöse; lo spessore varia da 1,5 ÷ 2 a 4 ÷ 5 ÷ 7 m; tale orizzonte è alimentato da infiltrazioni dalla superficie e da perdite laterali e di subalveo degli assi idrici presenti nel territorio; la profondità va da -4 ÷ -5 a -8 ÷ -10 ÷ -11,5 m p.c.
- Sequenza essenzialmente argilloso limosa - limoso argillosa contenente subordinate sottili intercalazioni lentiformi sabbiose - ghiaioso sabbiose; profondità da -8 ÷ -11 a -25 m p.c.
- Alternanze prevalentemente sabbioso ghiaiose - sabbiose continue lateralmente; lo spessore varia tra 2 ÷ 3 e 5 m e si rinviene generalmente tra -25 e -30 m p.c..
- Sequenze essenzialmente argillose - limoso argillose di colore grigio con potenza media di 10 m; profondità da -30 a -40 m p.c.
- Orizzonte prevalentemente sabbioso - sabbioso ghiaioso con spessore mediamente variabile tra 2 e 4 m; profondità da -40 a -45 m p.c.
- Alternanze essenzialmente argillose - argilloso limose complessivamente spesse 15 m; profondità da -45 a -60 m p.c.
- Sequenze prevalentemente ghiaioso sabbiose - sabbiose con potenza oscillante in media tra 3 e 5 m; profondità da -60 a -65 m p.c.
- Orizzonte sostanzialmente argilloso - argilloso limoso con spessore di 18 ÷ 20 m; profondità da -65 a -85 m p.c.
- Alternanze essenzialmente ghiaioso sabbiose - sabbiose con spessore mediamente compreso tra 3 e 5 m; profondità da -85 a -90 m p.c.
- Sequenza prevalentemente argillosa - limoso argillosa, spessa circa 20 m; profondità da -90 a -110 m p.c.
- Orizzonte sostanzialmente ghiaioso sabbioso - sabbioso con spessore oscillante in media tra 3 e 10 m; profondità da -110 a -120 m p.c.

Superati i -120 m p.c. sono presenti altri livelli acquiferi con spessore variabile, in genere rinvenibili a -140 ÷ -150 m p.c.; -180 m p.c.; -210 m p.c.

Gli orizzonti idrogeologici descritti sono contraddistinti da una blanda inclinazione in senso sud - sud ovest. nord - nord est, procedendo verso settentrione si differenziano sempre più nettamente e sono sostituiti da litotipi prevalentemente sabbiosi.

### ***Soggiacenza prima falda sotterranea***

La soggiacenza della falda idrica all'intorno del sito oggetto di intervento si è riscontrata nella tavola della Carta della Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento a circa -20÷23 m da p.c..

### **Cenni sulla vulnerabilità naturale delle falde**

Definiti i principali parametri relativi alle caratteristiche litologiche del sottosuolo ed all'assetto idrogeologico sotterraneo, è stato valutato il grado di vulnerabilità naturale delle falde.

Per la sua valutazione vengono considerati, secondo le indicazioni metodologiche proposte dall'Unità Operativa 4.8 del GNDCI ( Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche) del C.N.R.:

- La idro-litologia in rapporto al tipo e grado di permeabilità verticale e orizzontale, che condiziona la velocità di percolazione di un eventuale inquinante nel sottosuolo;
- La profondità del tetto dell'acquifero (Sabbie-Ghiaie-Limj Sabbiosi) rapportato a condizioni di falde confinate, semiconfinate o freatiche;
- La soggiacenza della superficie piezometrica dell'acquifero, vale a dire lo spessore dell'insaturo;
- La cadente piezometrica in condizioni non perturbate.

In un'area quale quella in esame, mediamente caratterizzata da una falda confinata da uno strato sovraconsolidato di terreni argillosi e limosi, a bassa permeabilità, e a gradiente idraulico medio, la vulnerabilità dipende soprattutto dalle caratteristiche idro-litologiche del terreno compreso tra la superficie piezometrica e topografica, ossia dalla costituzione litologica e dallo spessore dell'insaturo.

Quest'ultima svolge l'importante ruolo di modificare le caratteristiche iniziali di un eventuale inquinante, attraverso la capacità autodepurante naturale dei suoli, che si esplica tramite i seguenti meccanismi:

- *Fisici (miscibilità e solubilità in acqua delle sostanze);*
- *Chimici (stabilità dei composti, scambio ionico, adsorbimento, ecc.);*
- *Idrodinamici (tempo di permanenza, dispersione).*

Alla luce delle indagini effettuate, la vulnerabilità della prima falda sotterranea all'inquinamento risulta media e medio elevata.

### **CARATTERIZZAZIONE DELLA MATRICE SUOLO E SOTTOSUOLO (tav. 3 e 5)**

Le indagini geologiche esplorative eseguite mediante prove penetrometriche CPT e saggi meccanici hanno permesso di ricostruire la stratigrafia del sottosuolo dell'area in studio e di verificare lo spessore del terreno vegetale a copertura della discarica. Nella fattispecie le Cpt 1 e 2 sono state eseguite sul sedime della discarica, mentre le altre indagini e saggi esplorativi hanno interessato la restante superficie dell'Area Baragalla.

### ***Campagna Geognostica***

Allo scopo di caratterizzare la matrice suolo e sottosuolo del comparto Area Baragalla, quindi di verificare lo spessore di terreno vegetale a copertura del sedime della discarica si sono eseguite le seguenti indagini:

- *N° 5 Prove Penetrometriche tipo CPT*: Di cui n. 2 eseguite sul sedime dell'area della discarica e n. 3 sul sedime del futuro intervento edificatorio di tipo commerciale;
- *N° 8 Saggi meccanici*: eseguiti esternamente al sedime della discarica per accertarsi direttamente della natura del suolo e sottosuolo e tarare le penetrometrie.

### **Successione Litostratigrafia**

In base alle indagini eseguite, e in funzione dei terreni riconosciuti, si è utilizzato come metodo di classificazione granulometrica il metodo del filo armonico e le classi di riferimento sono quelle della scala Wentworth, parzialmente modificata:

LITOTIPO	DIAMETRO (mm)
<i>Sabbie grossolane</i>	<b>0,5 ÷ 1,0</b>
<i>Sabbie medie</i>	0,25 ÷ 0,5
<i>Sabbie fini</i>	0,074 ÷ 0,25
<i>Limi</i>	0,0042 ÷ 0,074
<i>Argille</i>	< 0,0042

### **Settore Area sedime della discarica per inerti**

Al fine di verificare lo spessore di terreno vegetale di copertura della discarica presente nel comparto "Area Baragalla" e, contestualmente, non alterare lo stato in essere quindi di muovere il rifiuto sottostante, si sono eseguite n. 2 prove penetrometriche statiche le quali permettono di valutare la litologia senza essere troppo invasivi. Infatti le prove CPT 1 e 2 hanno messo in evidenza due strati:

- Uno strato superficiale di circa 1 ÷ 1,2 m di terreno limoso argilloso molto consistente;
- Successivamente si rileva uno strato con valori di rottura alla punta elevati che mettono in evidenza una tipologia di materiale grossolano confermando la tipologia del materiale stoccato nella discarica.

### **Restante settori dell'Area Baragalla**

Il sottosuolo esterno alla discarica per inerti è caratterizzato da una stratigrafia che dall'alto verso il basso è così costituita

- Strato superficiale costituito da paleosuolo ocreo molto consistente a litologia limoso argillosa a tratti limoso sabbiosa che si rileva da piano campagna a -2 m;
- Successivamente si riscontra uno strato argilloso limoso discretamente consistente che sfuma lateralmente in terreni sabbiosi - sabbioso limosi o ghiaiosi: profondità da -2 a -4 m da p.c.;
- Successivamente si rileva la presenza di un'orizzonte ghiaioso in matrice sabbiosa e limo-sabbiosa.

Dalle stratigrafie desunte sia direttamente, mediante saggi esplorative, che indirettamente, mediante penetrometrie statiche, si evince che lo strato di suolo a copertura della discarica e la matrice suolo e sottosuolo della restante superficie del comparto, non presentano alcuna traccia di contaminazione dall'attività pregressa. Pertanto di seguito si valuterà la compatibilità dell'intervento previsto nel sedime della discarica.

## COMPATIBILITA' TRA STATO DI PROGETTO E STATO DI FATTO

In relazione allo spessore di terreno vegetale a protezione del rifiuto inerte stoccato nella discarica presente nel comparto in analisi, si è progettato lo spessore del pacchetto costituente il parcheggio pubblico da realizzarsi sul suo sedime.

Come si evince dalla tavola 6 allegata, la sezione tipica del parcheggio comprende sia il parcheggio in senso stretto che la rete fognaria di servizio: relativamente al pacchetto del parcheggio si prevede uno scavo massimo di 70 cm dal piano campagna attuale, da cui si inizierà a posare i vari strati fino alla pavimentazione del parcheggio e della viabilità interna mentre, in corrispondenza della rete fognaria, si prevede la realizzazione di uno scavo massimo di 90 cm dal piano campagna attuale.

Pertanto, le opere da realizzarsi sul sedime della discarica per inerti presente nel comparto dell'Area Baragalla, non andranno ad interferire con il rifiuto sottostante, mantenendosi comunque almeno 10 cm al di sopra del rifiuto stoccato (tetto della discarica).

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

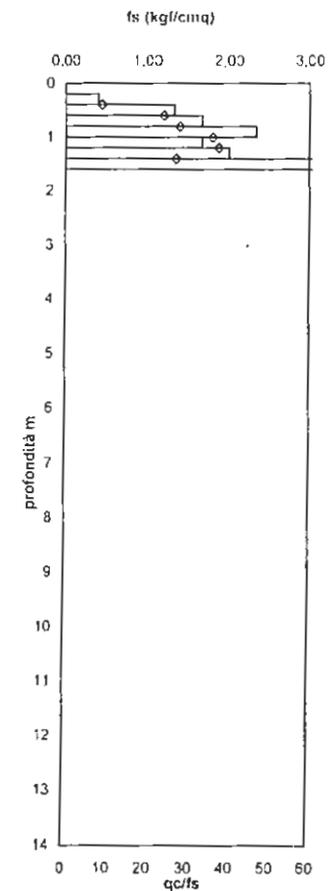
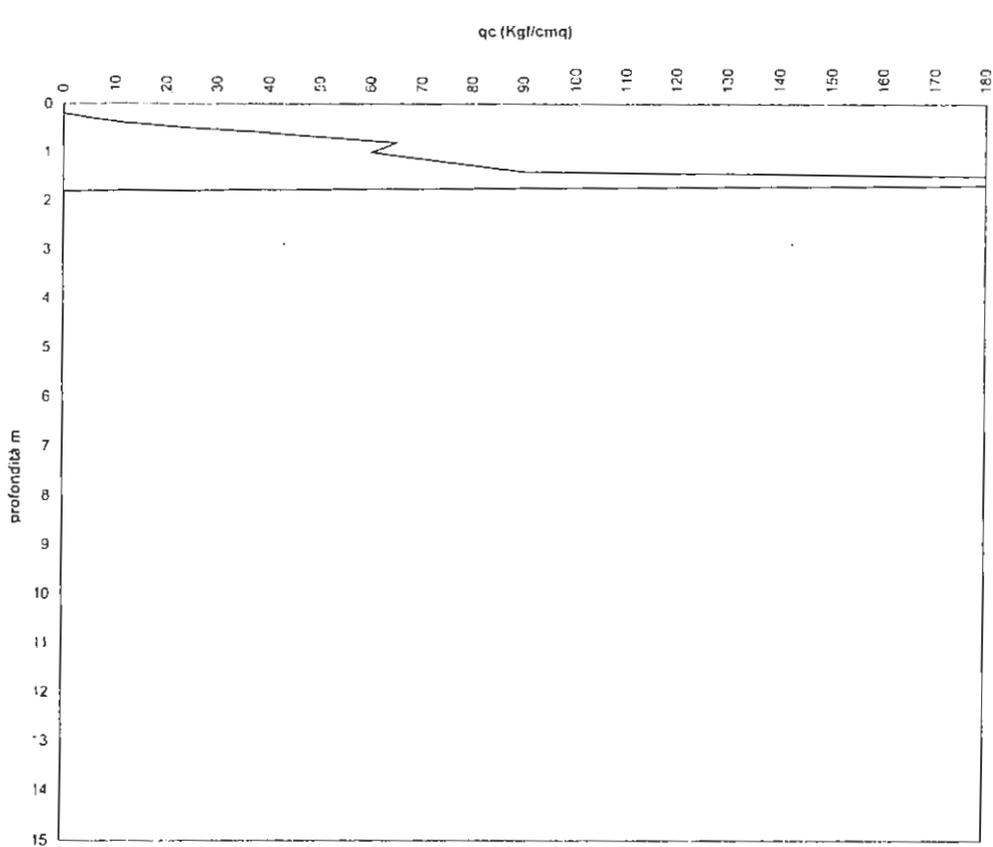
Lo studio ambientale eseguito in ottemperanza all'art. 51 delle Norme Tecniche Attuative di PRG nell'area di Variante al Piano Particolareggiato denominata "Area Baragalla" ha permesso di caratterizzare la matrice suolo e sottosuolo e di valutare la compatibilità delle opere previste in relazione alla discarica presente in parte dell'area stessa.

Le indagini geologiche costituite da prove penetrometriche statiche (CPT) e saggi esplorativi hanno permesso di costruire la stratigrafia del sottosuolo e di verificare lo spessore (100 cm circa) di terreno vegetale a copertura della discarica per inerti presente in parte dell'area stessa. Quindi, sulla base delle prescrizioni del PRG che prevede la realizzazione, al di sopra del sedime della discarica, di un parcheggio pubblico e opere di urbanizzazione primaria, si è confrontato la sezione tipica del pacchetto, costituenti tale opere, con lo spessore di copertura della discarica stessa. Da cui, visto che per la realizzazione di tali opere le quote massime di scavo, oscilleranno tra 70 e 90 cm, non si andrà mai ad interferire con il rifiuto lasciando quindi un strato di almeno 10 cm di terreno tra la base del pacchetto delle opere in progetto (parcheggio e strada) ed il tetto della discarica.

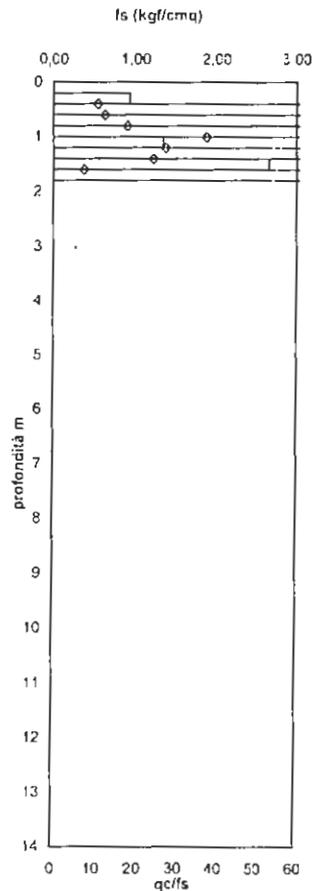
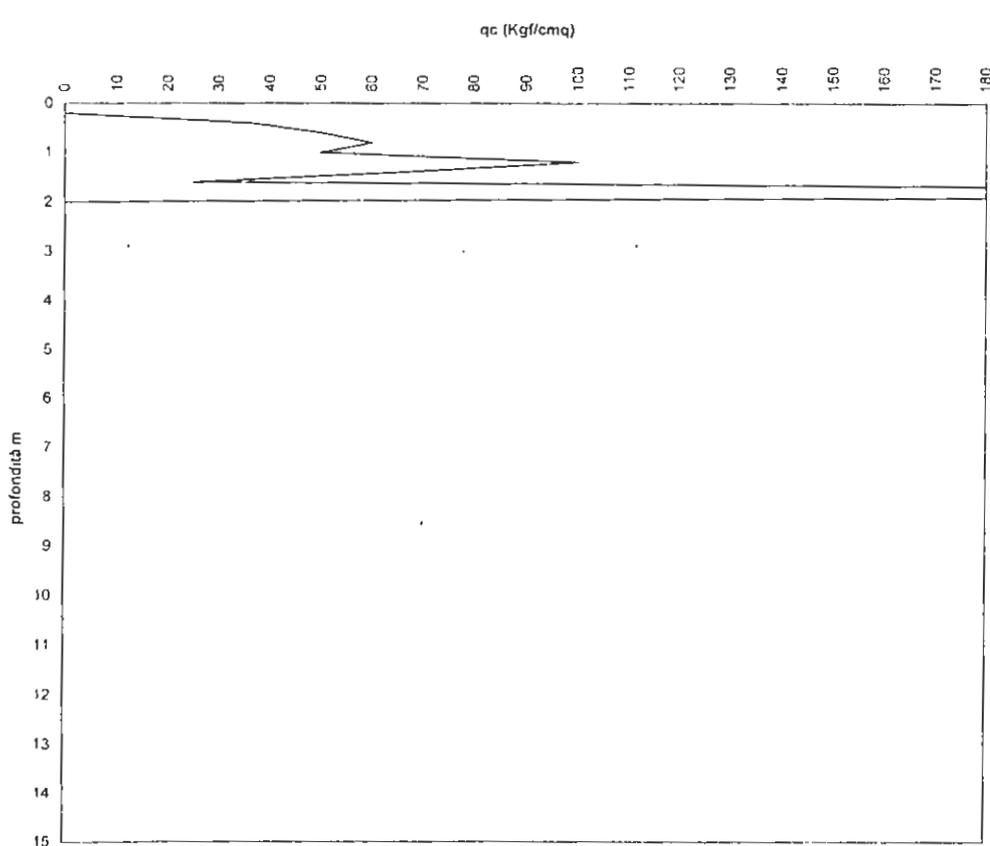
Per quanto riguarda l'area esterna al sedime della discarica, essendo sempre stata adibita ad attività agricola, si è eseguita la caratterizzazione del suolo e sottosuolo mediante scavi e prove penetrometriche che hanno messo alla luce la presenza di strati a caratteristiche granulometriche tipiche della zona e privi di qualsiasi rifiuto legato alla passata attività di discarica



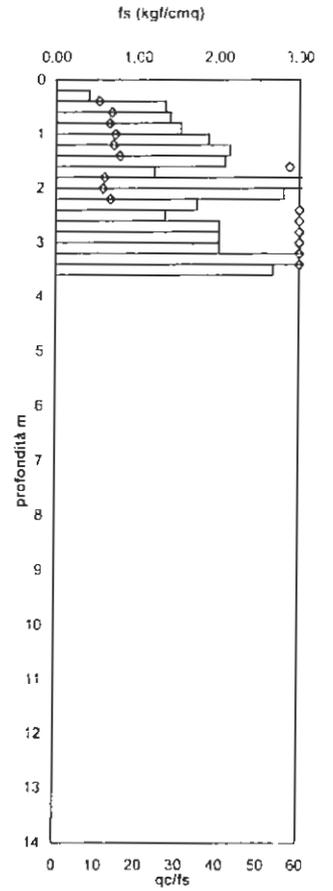
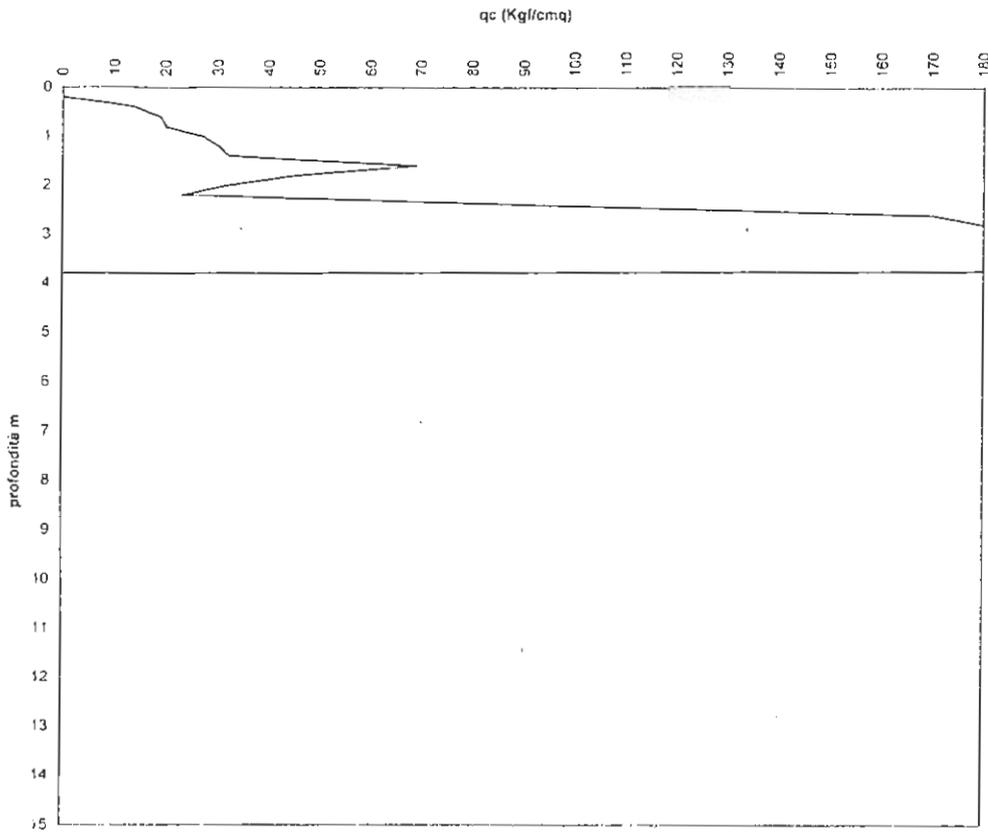
Dott. Geol. BRUSCHI ANDREA viale Timavo 85/1 Reggio Emilia 349/5290396-0522436624		PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° 1	COMMITTENTE COOPSETTE S.c. a r.l.
OPERATORE Dr Bruschi	ATTREZZO Pen. statico Pancani 20 ton	CANTIERE Baragalla	
QUOTA piano campagna	Profondità falda > -1 m p c	DATA 18/09/02	



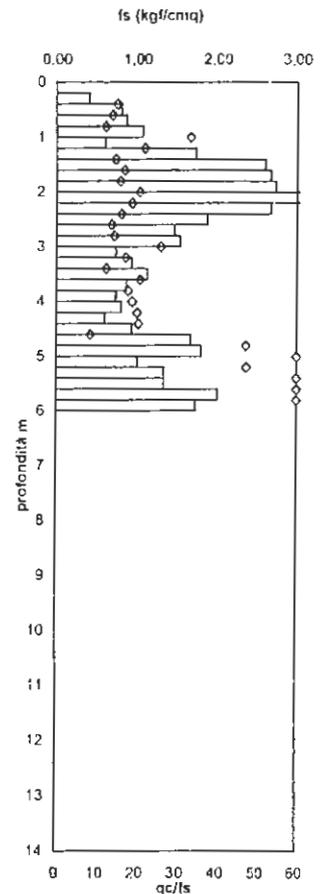
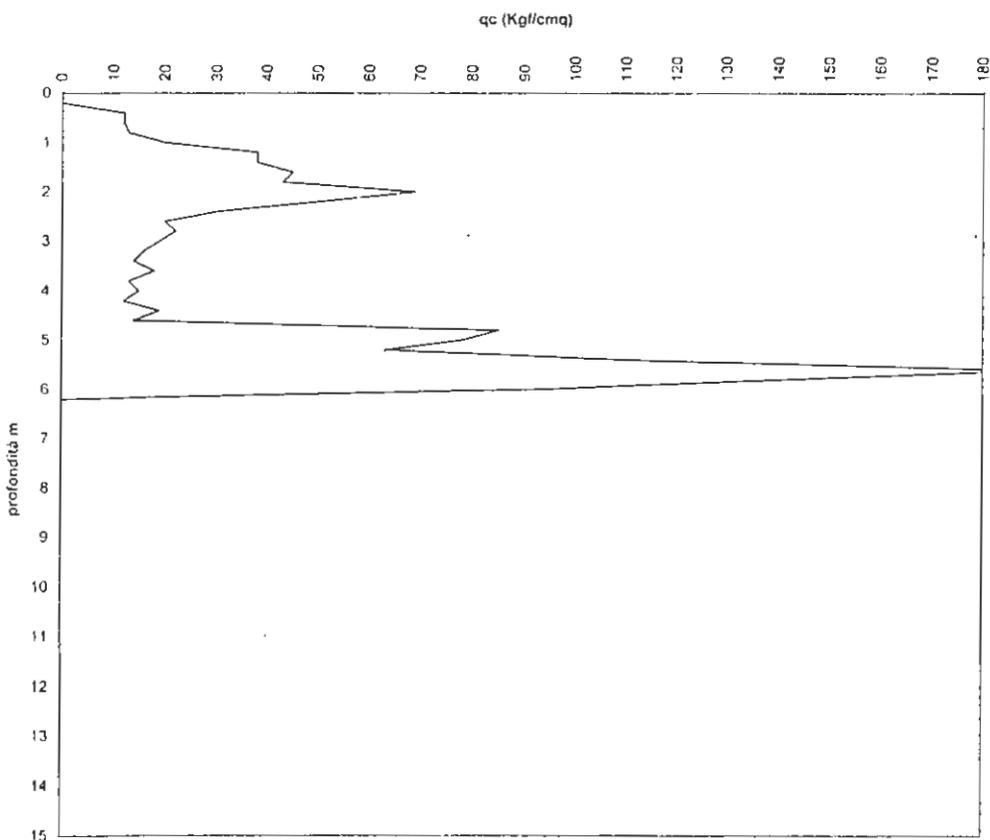
Dott. Geol. BRUSCHI ANDREA viale Timavo 85/1 Reggio Emilia 349/5290396-0522436624		PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° 2	COMMITTENTE COOPSETTE S.c. a r.l.
OPERATORE Dr Bruschi	ATTREZZO Pen. statico Pancani 20 ton	CANTIERE Baragalla	
QUOTA piano campagna	Profondità falda > -1,8 m p c	DATA 18/09/02	



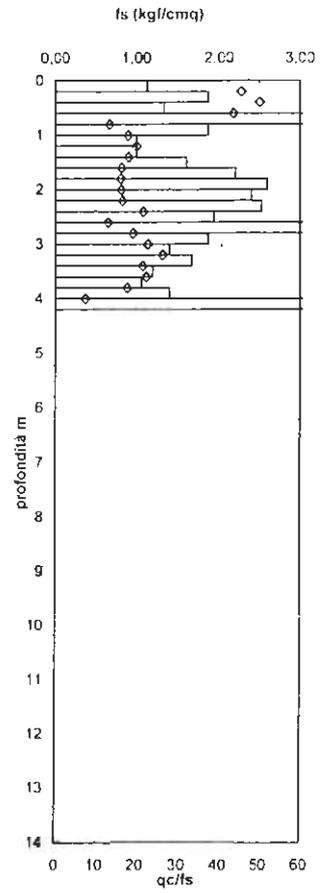
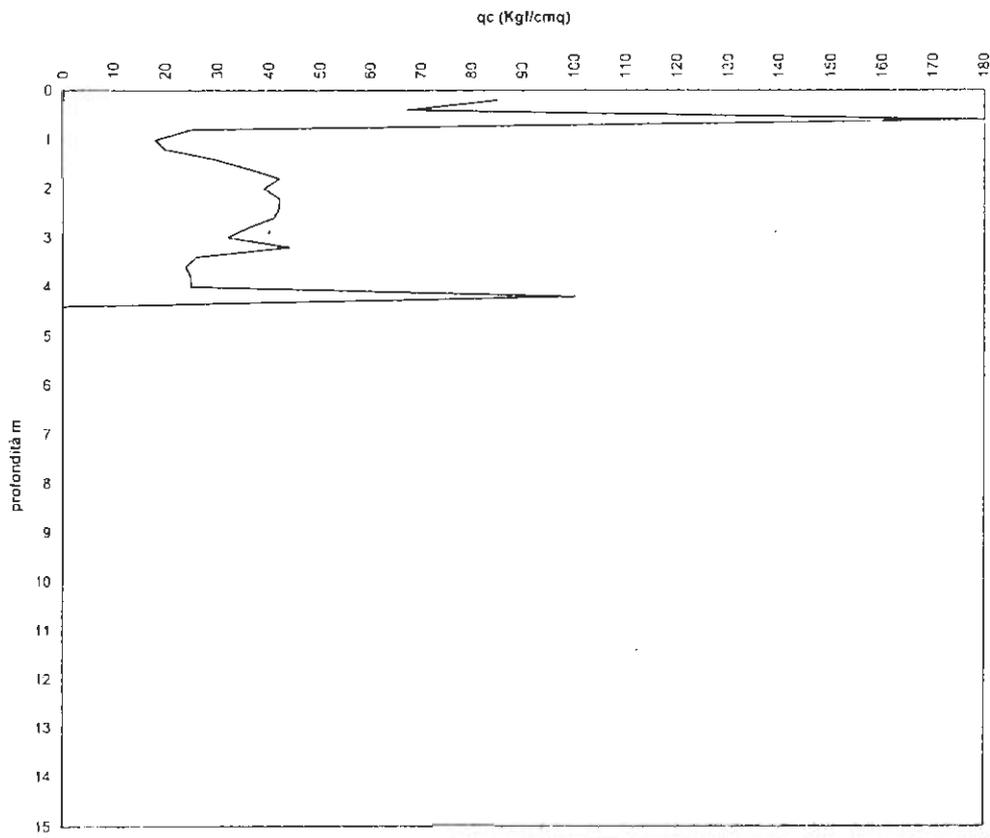
<b>Dott. Geol. BRUSCHI ANDREA</b> viale Timavo 85/1 Reggio Emilia 349/5290396-0522436624		PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° <b>4</b>	COMMITTENTE <b>COOPSETTE S.c. a.r.l.</b>
OPERATORE	Dr Bruschi	ATTREZZO: Pen statico Pancani 20 ton	CANTIERE Baragalla
QUOTA	piano campagna	Profondità falda > -4,6 m p.c.	DATA 18/09/02



<b>Dott. Geol. BRUSCHI ANDREA</b> viale Timavo 85/1 Reggio Emilia 349/5290396-0522436624		PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° <b>3</b>	COMMITTENTE <b>COOPSETTE S.c. a.r.l.</b>
OPERATORE	Dr Bruschi	ATTREZZO: Pen statico Pancani 20 ton	CANTIERE Baragalla
QUOTA	piano campagna	Profondità falda > -6 m p.c.	DATA: 18/09/02



Dott. Geol. BRUSCHI ANDREA viale Timavo 85/1 Reggio Emilia 349/5290396-0522436624		PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° 5	COMMITTENTE COOPSETTE S.c. a r.l.
OPERATORE Dr. Bruschi	ATTREZZO Pen. statico Pancani 20 ton	CANTIERE Baragalla	DATA 18/09/02
QUOTA piano campagna	Profondità falda > -4 m p.c.		



Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio viale Fungineo 43 - 1 Raggio Misura 4922 - 41042 via Mecenate, 51 - Montecatini 41019		SCHEDA STRATIGRAFICA		Committente: COOPSETTE S.C.R.L.	
		<b>Saggio 1</b>		Data di esecuzione: MAGGIO 2004	
		Attrezzo: Escavatore meccanico		Cantiere: Lotizzazione "AREA BARAGALLA" Tecnico: Dott. Bruschi Andrea	
Prof. in metri	stratigrafia	car. campione	Descrizione stratigrafia		
0.3			terreno vegetale marrone a natura limoso argillosa		
1.3			Argille limose ocracee con limi debolmente sabbiosi		
1.6			Livello ghiaioso in matrice argillosa sabbiosa ocracea		
2.3			Argille limose ocracee con limi debolmente sabbiosi		
2.9			Ghiaie media - medio piccola alterate con ciottoli		
3					

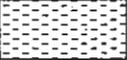
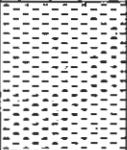
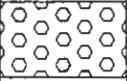
Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio viale Fungineo 43 - 1 Raggio Misura 4922 - 41042 via Mecenate, 51 - Montecatini 41019		SCHEDA STRATIGRAFICA		Committente: COOPSETTE S.C.R.L.	
		<b>Saggio 2</b>		Data di esecuzione: MAGGIO 2004	
		Attrezzo: Escavatore meccanico		Cantiere: Lotizzazione "AREA BARAGALLA" Tecnico: Dott. Bruschi Andrea	
Prof. in metri	stratigrafia	car. campione	Descrizione stratigrafia		
0.3			terreno vegetale marrone a natura limoso argillosa		
1.9			Argille limose ocracee con limi e sabbiosie medio grosse		
2.9			Ghiaie media - medio piccola alterate con ciottoli in matrice sabbioso grossolana		
3					

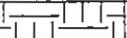
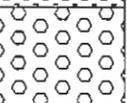
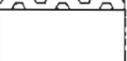
Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio <small>Viale Trieste 13 - 41012 Asolo (PD) - Italia          Tel. 049/841111 - Fax 049/841112 - E-mail: info@geotec.it</small>		SCHEDA STRATIGRAFICA		Committente: COOPSETTE S.C.R.L.
		<b>Saggio 3</b>		Data di esecuzione: MAGGIO 2004
		Attrezzo: Escavatore meccanico		Cantiere: Lottizzazione "AREA BARAGALLA" Tecnico: Dott. Bruschi Andrea
Prof. in metri	stratigrafia	campione	Descrizione stratigrafia	
0.6			terreno vegetale marrone a natura limoso argillosa	
			Argille limose ocracee con limi debolmente sabbiosi	
			Sabbie limose e limi sabbiosi nocciola	
			Ghiaie media - medio piccola alterate con ciottoli	
3				

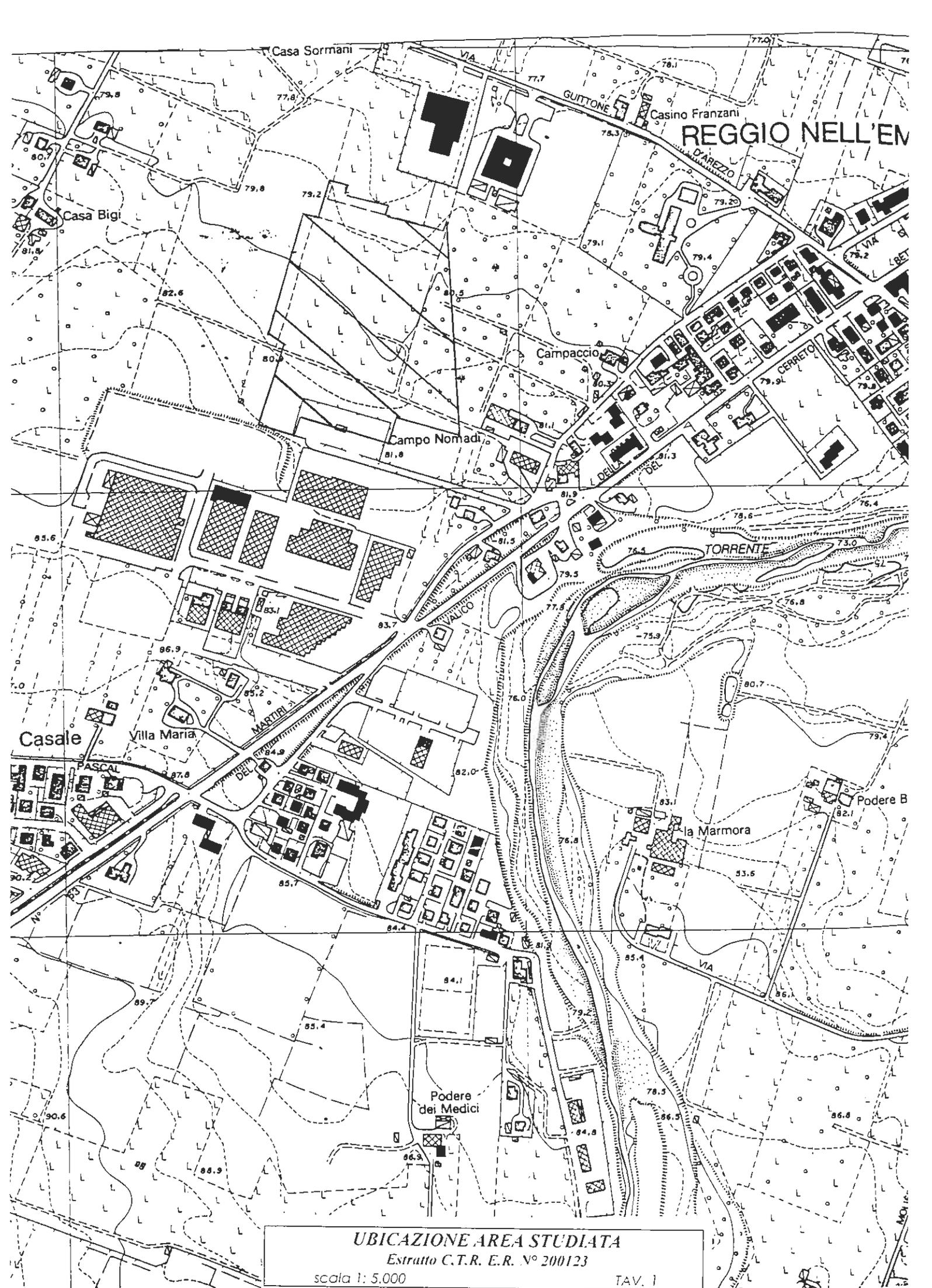
Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio <small>Viale Trieste 13 - 41012 Asolo (PD) - Italia          Tel. 049/841111 - Fax 049/841112 - E-mail: info@geotec.it</small>		SCHEDA STRATIGRAFICA		Committente: COOPSETTE S.C.R.L.
		<b>Saggio 4</b>		Data di esecuzione: MAGGIO 2004
		Attrezzo: Escavatore meccanico		Cantiere: Lottizzazione "AREA BARAGALLA" Tecnico: Dott. Bruschi Andrea
Prof. in metri	stratigrafia	campione	Descrizione stratigrafia	
0.3			terreno vegetale marrone a natura limoso argillosa	
			Argille limose ocracee con limi sabbiosi	
			Ghiaia piccola in matrice argilloso nocciola nerastra	
			Ghiaie media - medio piccola alterate in abbondante matrice limoso argillosa	
3				

Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio <small>Via Feltrina 35 - Reggio Emilia 41012 - Tel. 0522 436624          fax per posta: 0522 436624</small>			SCHEDA STRATIGRAFICA	Committente: COOPSETTE S.C.R.L.	
			<b>Saggio 5</b>		Data di esecuzione: MAGGIO 2004
			Attrezzo: Escavatore meccanico		Cantere: Lotizzazione "AREA BARAGALLA" Tecnico: Dott. Bruschi Andrea
Prof. in metri	stratigrafia	campione	Descrizione stratigrafia		
0.5			terreno vegetale marrone a natura limoso argillosa		
2.4			Argille limose ocracee con limi debolmente sabbiosi		
3			Ghiaie media - medio piccola alterate con ciottoli in matrice sabbiosa		

Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio <small>Via Feltrina 35 - Reggio Emilia 41012 - Tel. 0522 436624          fax per posta: 0522 436624</small>			SCHEDA STRATIGRAFICA	Committente: COOPSETTE S.C.R.L.	
			<b>Saggio 6</b>		Data di esecuzione: MAGGIO 2004
			Attrezzo: Escavatore meccanico		Cantere: Lotizzazione "AREA BARAGALLA" Tecnico: Dott. Bruschi Andrea
Prof. in metri	stratigrafia	campione	Descrizione stratigrafia		
0.5			terreno vegetale marrone a natura limoso argillosa		
1.2			Argille limose ocracee con limi sabbiosi		
2.8			Ghiaia piccola in abbondante matrice argilloso limosa e limoso sabbiosa		
3			Ghiaie media - medio piccola alterate in abbondante matrice limoso argillosa		

Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio viale T. Aulo N° 1 Reggio Emilia 41100 tel. 0521/241111 fax 0521/241112 www.geotec.it			SCHEDA STRATIGRAFICA	Committente: COOPSETTE S.C.R.L.	
			<b>Saggio 7</b>	Data di esecuzione: MAGGIO 2004	
			Attrezzo: Escavatore meccanico	Cantiere: Lotizzazione "AREA BARAGALLA" Tecnico: Dott. Bruschi Andrea	
Prof. in metri	stratigrafia	campione	Descrizione stratigrafia		
0.4			terreno vegetale marrone a natura limoso argillosa		
0.8			Argille limose ocracee con limi debolmente sabbiosi		
1.5			Sabbie e ghiaie fini in matrice limosa		
2.5			Argille limose ocracee con limi debolmente sabbiosi		
2.5			Ghiaie media - medio piccola alterate con ciottoli in matrice sabbiosa		
3					

Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio viale T. Aulo N° 1 Reggio Emilia 41100 tel. 0521/241111 fax 0521/241112 www.geotec.it			SCHEDA STRATIGRAFICA	Committente: COOPSETTE S.C.R.L.	
			<b>Saggio 8</b>	Data di esecuzione: MAGGIO 2004	
			Attrezzo: Escavatore meccanico	Cantiere: Lotizzazione "AREA BARAGALLA" Tecnico: Dott. Bruschi Andrea	
Prof. in metri	stratigrafia	campione	Descrizione stratigrafia		
0.3			terreno vegetale marrone a natura limoso argillosa		
2.3			Argille limose ocracee con limi debolmente sabbiosi		
2.3			Ghiaie media - medio piccola alterate con ciottoli		
3					



**UBICAZIONE AREA STUDIATA**

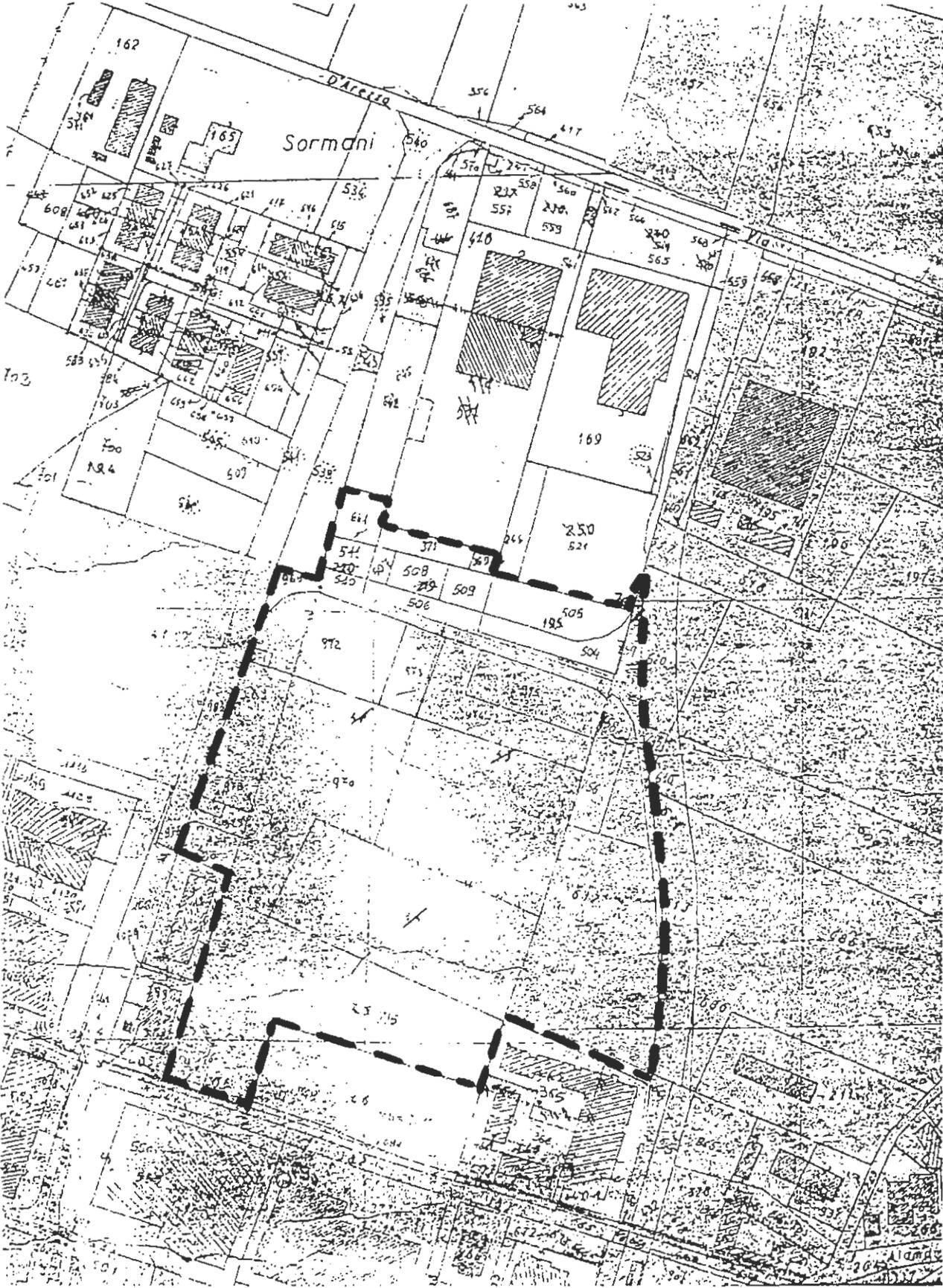
Estratto C.T.R. E.R. N° 200123

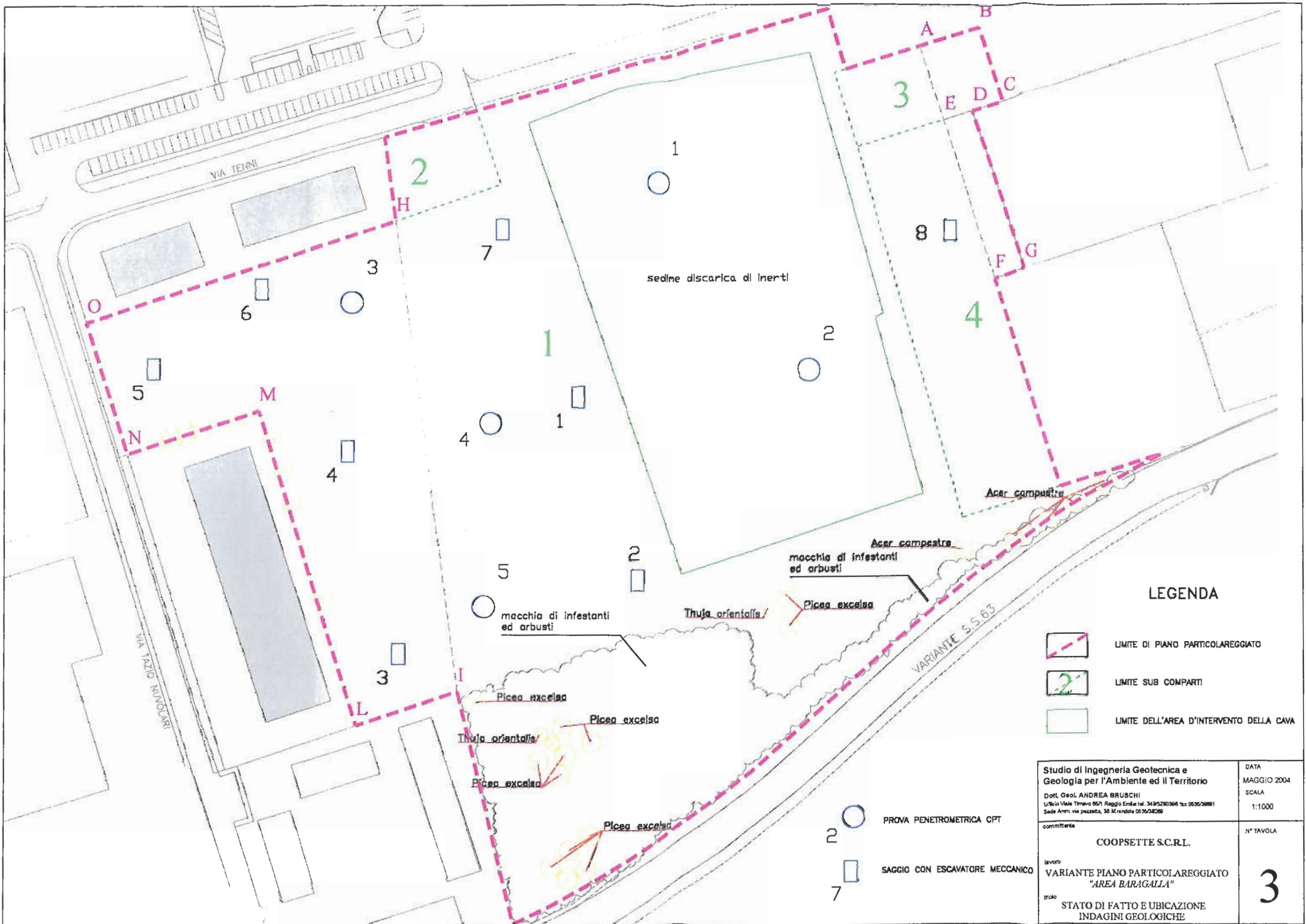
scala 1: 5.000

TAV. 1

INDIVIDUAZIONE CATASTALE AREA STUDIATA

TAV. 2



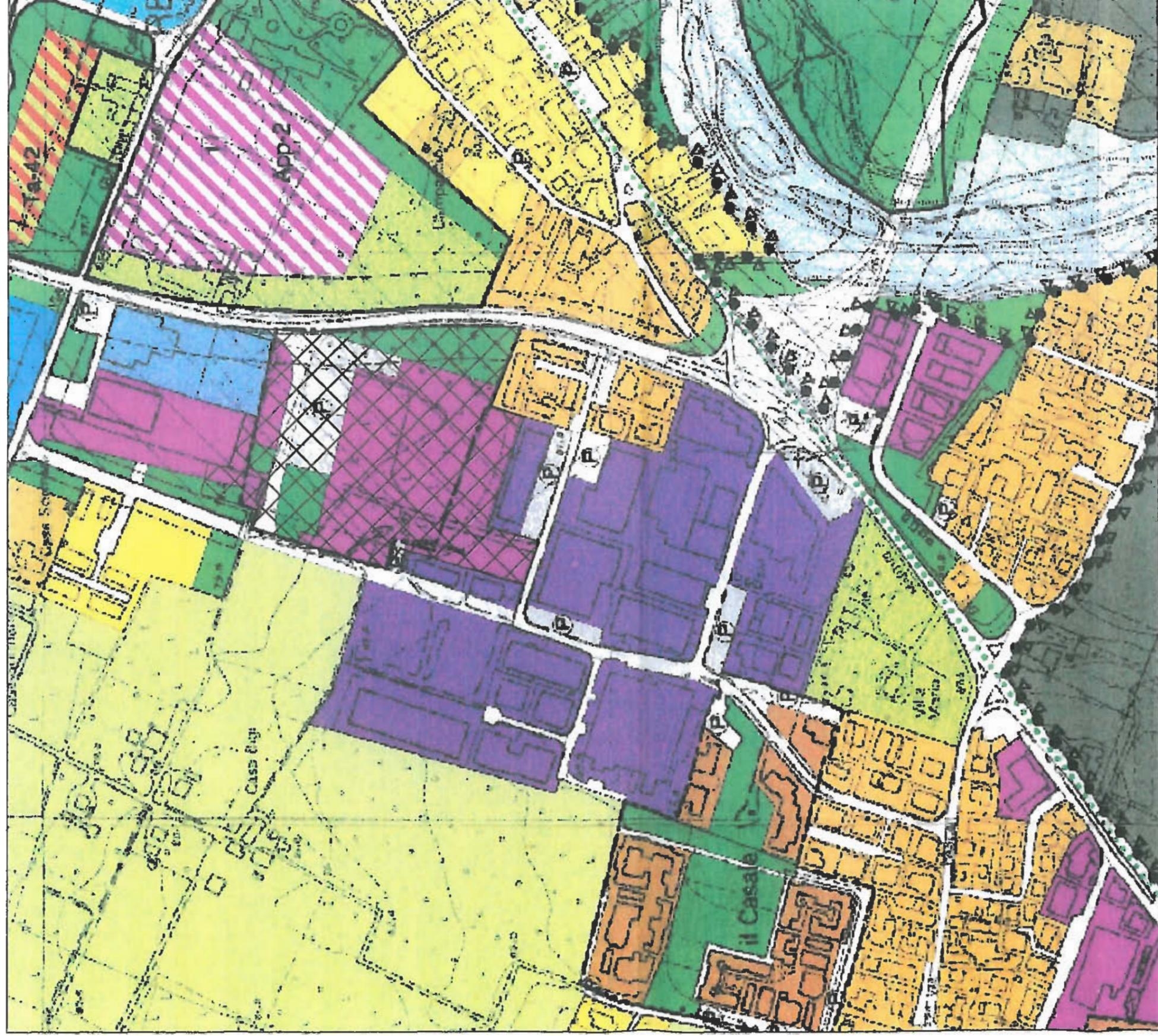


**LEGENDA**

-  LIMITE DI PIANO PARTICOLAREGGIATO
-  LIMITE SUB COMPARTI
-  LIMITE DELL'AREA D'INTERVENTO DELLA CAVA

-  PROVA PENETROMETRICA CPT
-  SAGGIO CON ESCAVATORE MECCANICO

Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio Dott. Geol. ANDREA BRUSCHI Ufficio Viale Tiziano 85/1, Reggio Emilia tel. 349/5290366 fax 0535/29881 Sede Amm. via pezzetta, 36 M. Randole 0535/34289	DATA MAGGIO 2004 SCALA 1:1000
committente <b>COOPSETTE S.C.R.L.</b> lavoro <b>VARIANTE PIANO PARTICOLAREGGIATO "AREA BARAGALLA"</b> titolo <b>STATO DI FATTO E UBICAZIONE INDAGINI GEOLOGICHE</b>	N° TAVOLA <div style="font-size: 2em; text-align: center;"><b>3</b></div>



Comparto "Area Baraggialla"

DATA  
MAGGIO 2004

Studio di Ingegneria Geotecnica e  
Geologia per l'Ambiente ed il Territorio

Dott. Geol. ANDREA BRUSCHI  
Ufficio: Milano, Corso Matteotti n. 34/36, 20122 (MI)  
Sede Amm.: Via Prati, 35, 20122 (MI)

committente

COOPSETTE S.C.R.L.

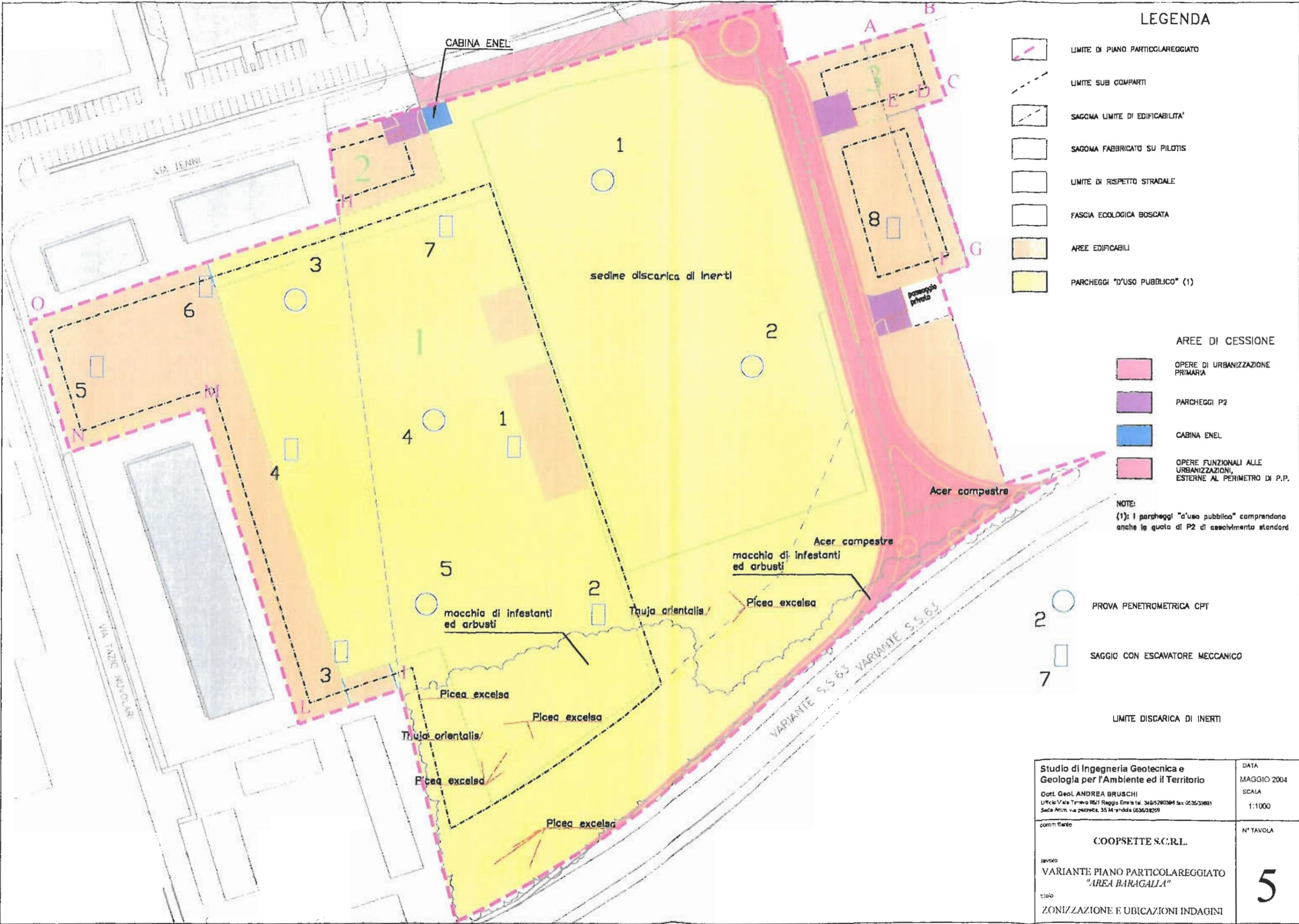
lavoro  
VARIANTE PIANO PARTICOLAREGGIATO  
"AREA BARAGGIALLA"

tipo

Estratto di PRG

N° TAVOLA

4



**LEGENDA**

- LIMITE DI PIANO PARTICOLAREGGIATO
- LIMITE SUB COMPARTI
- SAGOMA LIMITE DI EDIFICABILITA'
- SAGOMA FABBRICATO SU PILOTIS
- LIMITE DI RISPETTO STRADALE
- FASCIA ECOLOGICA BOSCATO
- AREE EDIFICABILI
- PARCHEGGI "D'USO PUBBLICO" (1)

**AREE DI CESSIONE**

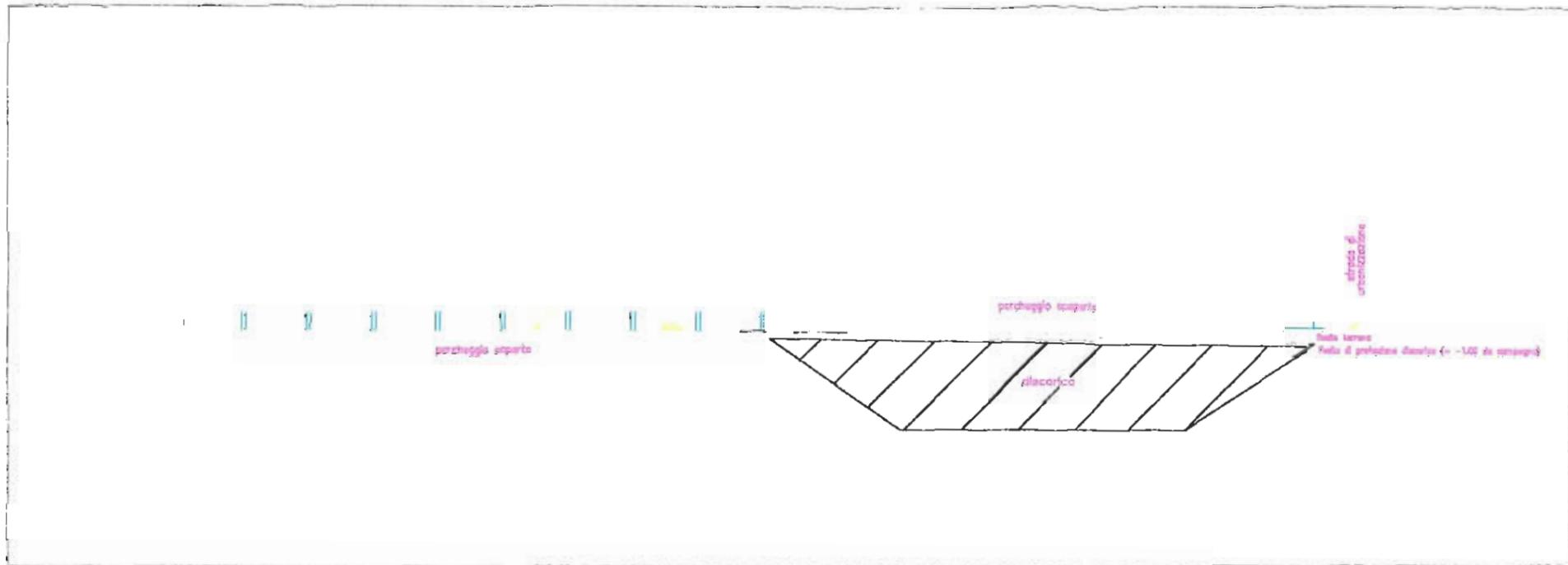
- OPERE DI URBANIZZAZIONE PRIMARIA
- PARCHEGGI P2
- CABINA ENEL
- OPERE FUNZIONALI ALLE URBANIZZAZIONI, ESTERNE AL PERIMETRO DI P.P.

NOTE:  
 (1): I parcheggi "d'uso pubblico" comprendono anche le quote di P2 di assolvimento standard

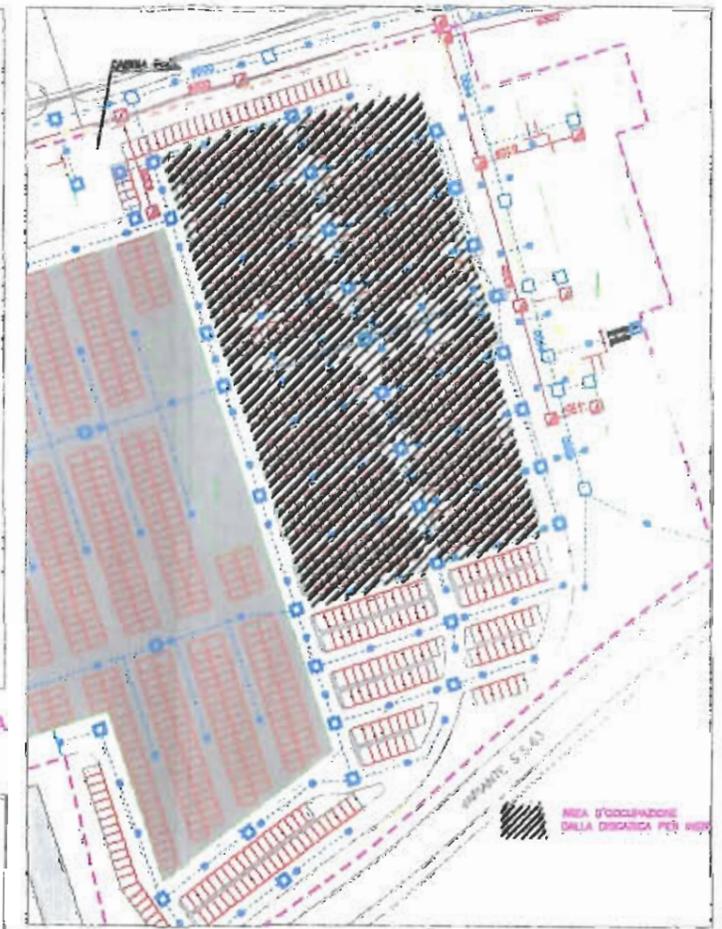
- PROVA PENETROMETRICA CPT
- SAGGIO CON ESCAVATORE MECCANICO

LIMITE DISCARICA DI INERTI

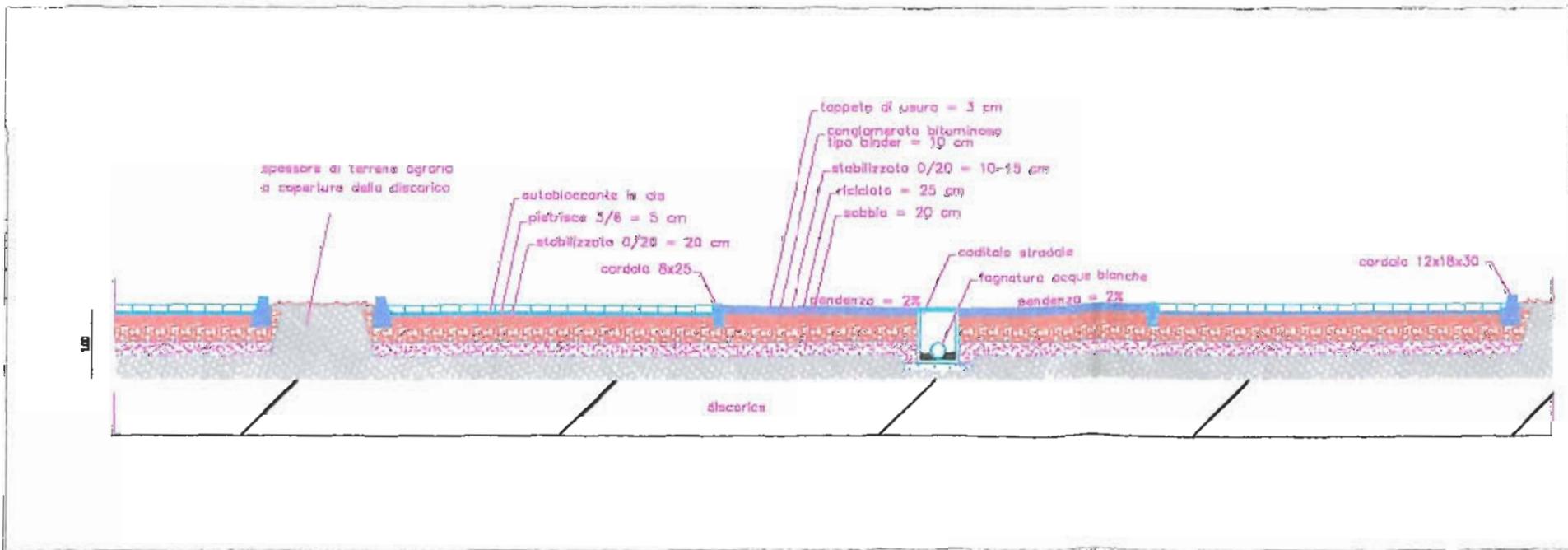
Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio Dott. Geol. ANDREA BRUSCHI Ufficio: Viale Torino 85/1 Reggio Emilia tel. 3465280389 fax 053535881 Sede Amm. via piacentina, 35 Montebello 053639229	DATA MAGGIO 2004 SCALA 1:1000
con il cliente <b>COOPSETTE S.C.R.L.</b> lavoro VARIANTE PIANO PARTICOLAREGGIATO "AREA BARAGALLA" titolo ZONIZZAZIONE E UBICAZIONI INDAGINI	N° TAVOLA <b>5</b>



SEZIONE SCHEMATICA SULLA DISCARICA



SCHEMA RETE FOGNARIA



PARTICOLARE STRATIGRAFIA PARCHEGGI SOPRASTANTI LA DISCARICA

<p><b>Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio</b>  <b>Dott. Ing. ANDREA BRUSCHI</b>          Ufficio: Via S. Maria del Reggione, 27 - 41013 REGGIO EMILIA (PR) - Tel. 0535/29881          Sede: Amm. via Pizzardi, 25 - 41100 MODENA (MO) - Tel. 0535/29880</p>	<p>DATA MAGGIO 2004</p>
<p>co. realizzante <b>COOPSETTE S.C.R.L.</b></p> <p>lavoro <b>VARIANTE PIANO PARTICOLAREGGIATO "AREA BARAGALLA"</b></p> <p>titolo <b>STATO DI PROGETTO PARCHEGGIO PUBBLICO</b></p>	<p>N° TAVOLA <b>6</b></p>

REGIONE EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

COMUNE DI REGGIO EMILIA

## COSTRUZIONE DEL CENTRO COMMERCIALE "LA RENA"

# RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

Comm.: COOPSETTE soc. cooperativa

Loc.: Baragalla – Z.I. Gagarin

GIUGNO 2007



## PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto studio geologico-geotecnico di supporto al progetto di edificazione del centro Commerciale LA RENA previsto nell'area di Variante al Piano Particolareggiato denominata "Area Baragalla" nel settore Sud Ovest del centro abitato di Reggio Emilia fra via tenni a Ovest, via T.Nuvolari a Sud e la S.S. 63 a Est.

Lo studio, eseguito su commissione di: *COOPSETTE soc. coop.* è stato eseguito in ottemperanza ai dettati delle seguenti norme in materia:

- L.R. 47/78 art. 49 e succ. mod;
- D.M. 11/03/1988;
- Circ. LL.PP. 24/09/88 N° 30483;
- D.M. 16/01/1996;
- Ordinanza PCM n. 3274 del 20/03/2003 e succ. mod. ed integraz.;
- D.M. 14/09/2005;
- Delibera giunta regionale n. 1677 del 24/10/2005.

Esso è consistito nella realizzazione di n. 5 prove penetrometriche statiche tipo CPT spinte fino a rifiuto, n. 8 pozzetti esplorativi mediante escavatore, n. 2 stendimenti geofisici a tomografia elettrica di superficie e n. 1 stendimento sismico mediante sismica a rifrazione.

## INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO E CATASTALE (tav. 1)

L'area indagata, appartenente alla variante di Piano Particolareggiato denominata "Area Baragalla" dal punto di vista cartografico è situata nel settore settentrionale dell'elemento *CASTELLO CANALI N° 200123* delle basi C.T.R. E.R. in scala 1:5.000, appartenente alla tavoletta REGGIO NELL'EMILIA III SE del F° REGGIO NELL'EMILIA N° 74 I G.M. quadrato PQ zona 32 T. Nella fattispecie essa si colloca nel settore Sud Occidentale del capoluogo di Reggio Emilia a Nord Est dell'area industriale "Gagarin": confina a Est con la variante S.S. 63, a Ovest con via Tenni, a Sud con via Tazio Nuvolari e a Nord con altre zone agricole.

Dal punto di vista catastale essa è individuata ai mappali n. 369-371-504-505-506-507-508-509-510-511-641 del foglio 208, ai mappali n. 715-716-969-970-971-972-973-974-975-976-978-979-980 del foglio 209 e ai mappali n. 755-756-757-758-759-760 del foglio 210 appartenenti tutti al NCT del Comune di Reggio Emilia.

## PROGRAMMA E METODOLOGIA D'INDAGINE

Allo scopo di caratterizzare dal punto di vista sia geotecnico che geofisico il sottosuolo dell'area di piano particolareggiato e di identificare le condizioni ambientali al contorno, sono state eseguite le seguenti indagini e determinazioni geotecniche visualizzate in allegato 2 e di seguito riassunte:

- *Ricerca Bibliografica* di lavori già eseguiti nell'area medesima ed integrazioni dei dati preesistenti con quelli di nuova elaborazione,
- Esecuzione di n. 5 *prove penetrometriche statiche CPT*, spinte a profondità di -2--4--6 m da p. campagna;

- *Indagine Tomografica* mediante n. 2 stendimenti (Baragalla 1 e Baragalla 2) per definire l'assetto litologico bidimensionalmente (x-z) per i primi 15 m di sottosuolo;
- *Indagine sismica a rifrazione* mediante stendimento di 96 m al fine di discretizzare il sottosuolo, dal punto di vista sismico, secondo i dettati del PCM n.3274 e succ. mod. e integraz.

## CENNI SULLA CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA

### *Geologia*

Il territorio di Reggio Emilia appartiene al bacino subsidente Pliocenico Quaternario della Pianura Padana che, forma un'ampia depressione sinclinalica a stile tettonico globalmente compressivo, che, nel sottosuolo della zona in analisi, è contraddistinto dalla sinclinale di Reggio Emilia. In corrispondenza di questi ultimi, la base dei sedimenti pliocenico quaternari si approfondisce anche oltre i 5.000 m dal piano campagna (AGIP; 1986).

Il complesso geologico in oggetto è composto, nella parte superiore, da sequenze litologiche prevalentemente argilloso sabbioso ghiaiose di ambiente continentale che costituiscono le formazioni Oloceniche e Pleistoceniche. Tale serie è seguita da una unità inferiore formata da successioni essenzialmente argilloso marnose - sabbioso arenacee, di ambiente marino, di età Plio-Pleistocenica.

L'insieme più superficiale, rappresentato dagli orizzonti sedimentari più recenti, è formato dai depositi alluvionali dei fiumi alpini ed appenninici. Questi ultimi, nelle passate esondazioni, hanno deposto materiali con diversa granulometria in rapporto alle distanze dalle fasce pedemontane. A ciò è conseguita una conformazione ad orizzonti a vario grado di lenticolarità formati da miscele ternarie di terreni sabbioso limoso argillosi che presentano passaggi generalmente gradualmente in senso laterale e chiaramente differenziati in quello verticale. A questi complessi, nella zona di Reggio Emilia, si interpongono frequentemente orizzonti ghiaioso sabbiosi - limoso argillosi, lentiformi, contraddistinti da conformazioni ed andamenti estremamente irregolari.

### *Geomorfologia*

L'assetto geomorfologico dell'area circostante l'abitato di Reggio Emilia, è legato alle passate vicende fluviali dei torrenti Modolena, Crostolo, Lavezza, Rodano, Tresinaro. Questi ultimi, costretti tra i coni alluvionali dei fiumi Secchia ed Enza, hanno generato la fascia dei coni alluvionali di torrenti minori. Detto insieme è caratterizzato da sequenze di livelli prevalentemente limoso argillosi - limoso sabbioso argillosi ai quali si intercalano orizzonti ghiaioso sabbiosi di spessore variabile ed a spiccata struttura lentiforme.

Gli agenti modellanti principali, che hanno contribuito alla conformazione territoriale del settore occidentale di Reggio Emilia sono il T. Crostolo, Quaresimo ed il T. Modolena, i quali, unitamente all'azione dell'uomo, alle canalizzazioni e bonifiche, hanno generato una morfologia blandamente ondulata in senso ovest est, ed assetto territoriale coniforme. Tale unità sedimentaria si origina con apice circa in località il Cantone - Orologia ed evidenzia la fascia di terminazione frontale in prossimità dell'asse ferroviario Reggio - Ciano d'Enza.

La parte di territorio oggetto dell'intervento si ubica nel settore mediano del cono alluvionale del T. Crostolo contraddistinto litologicamente da ghiaie e ghiaie in matrice limosa, ricoperte da una paleosuperficie ocracea, che tende ad aumentare di spessore lateralmente allontanandosi dal vecchio percorso del torrente.

### ***Idrogeologia***

L'area esaminata appartiene al bacino Idrogeologico Padano costituito dai depositi alluvionali dei fiumi appenninici ed alpini che hanno generato un insieme di livelli più o meno lentiformi assemblati in alternanze a spiccata struttura lenticolare.

Dal punto di vista locale il sottosuolo della medio alta pianura appenninica reggiana è formato da alternanze di orizzonti argillosi - limoso argillosi e livelli sabbiosi ghiaioso fini, che, in prossimità delle fasce di conoide, si arricchiscono percentualmente nei litotipi a granulometria maggiore. In tali corpi sedimentari si distinguono banchi ghiaiosi, con intercalazioni sabbiose e limoso argillose, che presentano spessore variabile in senso laterale e componenti granulometriche differenziate.

L'assetto idrogeologico descritto è ascrivibile all'unità idrogeologica della conoide alluvionale minore del T.Crostolo.

Nell'area in esame particolare importanza riveste la struttura lentiforme che identifica un corpo di paleoalveo che costituisce una propaggine nastriforme verso settentrione del conoide sopra indicato.

### ***Serie Idrogeologica Locale***

In base all'analisi di sondaggi a carotaggio continuo e di colonne litostratigrafiche di perforazioni per pozzi ed a studi a carattere territoriale, la successione litostratigrafica locale è caratterizzata da una coltre alluvionale prevalentemente limosa - argilloso limosa con intercalati orizzonti ghiaioso sabbiosi - sabbiosi, a spessore variabile e più o meno continui lateralmente.

Tali depositi poggiano generalmente su di un substrato costituito da formazioni marine del Quaternario o più antiche, poco permeabili.

Il sito di intervento si colloca nel settore mediano della conoide del T.Crostolo, nella fascia di transizione con l'Unità Idrogeologica dell'Alta Pianura Padana Appenninica.

### ***Successione Idrogeologica locale***

- Sequenze essenzialmente argillose - argilloso limose, lo spessore è mediamente compreso tra 2 e 5 m e costituisce il primo orizzonte poco permeabile di protezione dei livelli acquiferi più profondi; la profondità va da -0,5 a -4 ÷ -5 m p.c.
- Alternanze sostanzialmente ghiaioso sabbiose - sabbioso ghiaiose a spiccata lenticolarità che includono subordinate sottili lenti limose - limoso argillose; lo spessore varia da 1,5 ÷ 2 a 4 ÷ 5 ÷ 7 m; tale orizzonte è alimentato da infiltrazioni dalla superficie e da perdite laterali e di subalveo degli assi idrici presenti nel territorio; la profondità va da -4 ÷ -5 a -8 ÷ -10 ÷ -11,5 m p.c.
- Sequenza essenzialmente argilloso limosa - limoso argillosa contenente subordinate sottili intercalazioni lentiformi sabbiose - ghiaioso sabbiose; profondità da -8 ÷ -11 a -25 m p.c.

- Alternanze prevalentemente sabbioso ghiaiose - sabbiose continue lateralmente; lo spessore varia tra 2 ÷ 3 e 5 m e si rinviene generalmente tra -25 e -30 m p.c..
- Sequenze essenzialmente argillose - limoso argillose di colore grigio con potenza media di 10 m; profondità da -30 a -40 m p.c.
- Orizzonte prevalentemente sabbioso - sabbioso ghiaioso con spessore mediamente variabile tra 2 e 4 m; profondità da - 40 a -45 m p.c.
- Alternanze essenzialmente argillose - argilloso limose complessivamente spesse 15 m; profondità da -45 a -60 m p.c.
- Sequenze prevalentemente ghiaioso sabbiose - sabbiose con potenza oscillante in media tra 3 e 5 m; profondità da -60 a -65 m p.c.
- Orizzonte sostanzialmente argilloso - argilloso limoso con spessore di 18 ÷ 20 m; profondità da -65 a -85 m p.c.
- Alternanze essenzialmente ghiaioso sabbiose - sabbiose con spessore mediamente compreso tra 3 e 5 m; profondità da -85 a -90 m p.c.
- Sequenza prevalentemente argillosa - limoso argillosa, spessa circa 20 m; profondità da -90 a -110 m p.c.
- Orizzonte sostanzialmente ghiaioso sabbioso - sabbioso con spessore oscillante in media tra 3 e 10 m; profondità da -110 a -120 m p.c.

Superati i -120 m p.c. sono presenti altri livelli acquiferi con spessore variabile, in genere rinvenibili a -140 ÷ -150 m p.c.; -180 m p.c.; -210 m p.c.

Gli orizzonti idrogeologici descritti sono contraddistinti da una blanda inclinazione in senso sud - sud ovest, nord - nord est, procedendo verso settentrione si differenziano sempre più nettamente e sono sostituiti da litotipi prevalentemente sabbiosi.

### ***Soggiacenza prima falda sotterranea***

La soggiacenza della falda idrica all'intorno del sito oggetto di intervento si è riscontrata nella tavola della Carta della Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento a circa -20÷23 m da p.c..

### **CLASSIFICAZIONE SISMICA**

In base alla nuova Ordinanza PCM n. 3274 del 20/03/2003 e succ. mod. ed integraz. il territorio in oggetto, appartenente al Comune di Reggio Emilia, è classificato in zona sismica n. 3.

## DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE SISMICO DI FONDAZIONE

Per le aree situate in zone sismiche come quella in analisi sulla base del D.M. 3/3/1978 par. C.G. 1.1 e al D.M. 16/01/1996 par. C.6.1., per le opere in progetto il calcolo strutturale deve tener conto di sollecitazioni orizzontali maggiorate del “coefficiente sismico di fondazione”

$$\varepsilon = C_1 \cdot C_2$$

ove:

$C_1$  = coefficiente litostratigrafica;

$C_2$  = coefficiente morfologico.

### ***Coefficiente Litostratigrafico***

Il coefficiente litostratigrafico è funzione delle caratteristiche elastiche, in particolare la sua rigidità sismica esprime la risposta all'azione orizzontale del terremoto determinata come prodotto della velocità delle onde sismiche longitudinali con la densità del mezzo. Nella fattispecie essendo la struttura fondale poggiate su un deposito di roccia sciolta compatta di spessore <50 m il valore del coefficiente litostratigrafico sulla base della classificazione dell'Applied Technology Council (A.T.C.) il valore assunto è:

$$C_1 = 1$$

### ***Coefficiente Morfologico***

Il coefficiente morfologico è in funzione dell'assetto geomorfologico e tettonico al contorno dell'area in analisi: quindi in relazione alla caratterizzazione geologica del sito l'area in analisi non presenta caratteristiche tettoniche particolari ne condizioni di instabilità geomorfologica. Pertanto il coefficiente morfologico risulta:

$$C_2 = 1$$

Quindi il coefficiente sismico di fondazione risulta pari a:

$$\varepsilon = C_1 \cdot C_2 = 1$$

## CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

### ***Sismica a rifrazione (scheda in allegato n. 3)***

Lo scopo dello studio, è la determinazione in sito della velocità delle onde *trasversali* o di taglio dei terreni in esame, per definire la classe sismica del sottosuolo come indicato nella nuova Ordinanza del PCM n° 3274 del marzo 2003 pubblicata Supl. Ord. N° 72 della G.U. n° 105 del 8/5/03 dell'area in oggetto.

L'indagine geofisica è stata impostata, mediante metodologia sismica a rifrazione, con rilevazione delle onde di taglio (onde S) ed a comparazione e verifica, sullo stesso stendimento (A-B) anche delle onde longitudinali (onde P).

### Caratteristiche attrezzature

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 esploditore sismico ad alta energia d'impatto.

Le specifiche tecniche dello strumento sono:

- processore: Pentium 200 MMx Intel,
- Trattamento dati: Floating Point 32-Bit,
- Ambiente operativo: 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

Successivamente, 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, vale a dire quando lo spessore di uno strato intermedio, è ridotto oppure la sua velocità è di poco superiore a quella dello strato sovrastante.

## *ELABORAZIONE E INTERPRETAZIONE DELLE BASI SISMICHE*

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 d'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.

## *POSSIBILITÀ E LIMITAZIONI 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 è compresa in un ampio campo. Per lo stesso tipo di roccia, essa diminuisce col grado d'alterazione, di fessurazione o di fratturazione; aumenta per contro, generalmente, con la profondità e l'età geologica.

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

Il metodo sismico a rifrazione è 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 è tanto più corretta quanto più per i dati elaborati si conoscono dettagliate correlazioni topografiche.

## *METODOLOGIA D'INDAGINE*

Per caratterizzare il sito dal punto di vista della conoscenza delle velocità delle onde sismiche (onde P e S) è stato eseguito uno stendimento sismico A-B di 96 m nell'area in oggetto con direzione Ovest – Est.

La stesa sismica sub parallela al lato lungo dell'area in studio è ubicata in allegato 2; per la rilevazione delle onde P e S è stato utilizzato un sismografo multicanale ad incrementi di segnale, della P.A.S.I. mod. 16SG12 come sopra descritto.

Come apparato di ricezione per la registrazione delle onde sismiche sono stati utilizzati 12 geofoni elettromagnetici, dotati di bobina mobile in posizione orizzontale e verticale rispetto al terreno, a

seconda si voglia registrare onde S od onde P, che convertono gli spostamenti del terreno in segnali elettrici.

Per generare le onde sismiche è stato utilizzato un apposito fucile sismico che utilizza cartucce industriali calibro 8. L'impulso di sparo ad alta energia, si propaga nel terreno secondo fronti d'onda semisferici, è immediatamente rilevato da un sensore piezoelettrico (starter) solidalmente infisso nel terreno e trasmesso immediatamente al sismografo per consentire una registrazione sincronizzata del tempo 0.

Sono acquisiti i tempi d'arrivo delle onde S (utilizzando geofoni a bobina orizzontale) sia con polarità positiva che negativa (tiri diretto e reciproco), per avere una maggiore qualità e congruenza dei dati acquisiti.

Nella stessa posizione e con analoga geometria di stendimento (con geofoni a bobina verticale) sono state anche registrati i tempi d'arrivo delle onde P (tiro diretto, centrale e reciproco).

### *INTERPRETAZIONE DEI DATI ACQUISITI*

Per analizzare le caratteristiche geometriche di massima delle stratificazioni geofisiche e/o delle coperture presenti nel sito in analisi, in particolare lungo la sezione analizzata, è stato eseguito uno stendimento sismico, per rilevazione multipla delle onde sismiche, come sopra descritto.

In prima battuta è stato realizzato l'esame dei terreni investigati, con riferimento alle velocità di propagazione delle onde P, lo spessore investigato, in relazione anche alla lunghezza della stesa sismica, oscilla mediamente da 13÷15 m, sino ad un massimo di 16÷25/30 m di spessore, rispetto all'interfaccia aria - terreno.

In base all'analisi ed all'interpretazione del diagramma di rifrazione, sono stati riconosciuti 2 livelli rifrattori, che separano rispettivamente:

- lo strato più superficiale (in geofisica strato aerato) dallo strato intermedio,
- quest'ultimo ed il substrato di fondo a spessore indeterminato (in relazione alla lunghezza delle dromocrone proprie di tale orizzonte ed alla lunghezza complessiva dell'indagine sismica eseguita, lo spessore può essere stimato in 10/15 m)

Lo strato aerato più superficiale, a spessore medio di 3,54 m, presenta velocità delle onde P, mediamente oscillanti tra, 557 e 570 m/sec, evidenziando per i terreni in analisi medie condizioni d'addensamento.

Successivamente, si rileva lo strato intermedio, a spessore variabile fra 1.5÷2 m, con velocità P, oscillante mediamente tra 1550÷1580 m/sec, evidenziando un'elevata omogeneità ed uniformità laterale del settore indagato. Tale velocità è attribuibile con tutta probabilità, allo strato ghiaioso in matrice argillosa, ben addensata, con possibile presenza negli orizzonti più consolidati di alterazione.

Lo strato di fondo, è caratterizzato da velocità sismiche delle onde P, pari a 1860 m/sec attribuibile alle argille sovraconsolidate sottostanti lo strato ghiaioso.

In relazione alle profondità ed alla velocità sismica di tale substrato, si ritiene utile puntualizzare quanto segue:

- dalla morfologia e geometria delle dromocrone, si osserva che, non è presente un netto cambio di pendenza tra il secondo e terzo tratto delle dromocrone, testimoniato anche dal non elevato scarto fra le velocità sismiche, del secondo strato e del substrato;

➤ quest'andamento lascia presupporre la mancanza di un vero e proprio orizzonte rifrattore che caratterizza il passaggio ad un substrato vero e proprio, ma più che altro, si tratta di una graduale diminuzione con la profondità, del grado d'alterazione della formazione in esame.

I dati di tutte le prospezioni eseguite, tempi d'arrivo, profondità relativa di ciascun rifrattore, velocità sismiche dei vari strati, diagrammi di rifrazione (dromocrone tempi-distanze) e andamento morfologico Rifrattore-Profondità, sono contenuti nelle allegata scheda: *Prospezione Sismica di Superficie n° 1*.

Da questa prima disamina, è stata assunta la stratificazione sismica del sito di studio come sotto riassunto:

1° strato: profondità da pc a  $-1,5 \div -2$  m - velocità media onde P 550/570 m/sec;

2° strato: prof. fino a  $-5 \div -15$  m velocità media onde P 1540/1580 m/sec;

3° strato: prof.  $> -5 \div 15$  m - velocità media onde P 1860 m/sec;

Sono quindi stati analizzati i tempi d'arrivo delle onde S sia in polarità positiva sia in polarità negativa, al fine di avere un confronto ed una congruenza dei valori ottenuti, anche in relazione alle esperienze di McDonald (58) e Kudo e Shima (70) che individuano il coefficiente d'attenuazione  $\alpha$  come una funzione lineare della frequenza dell'onda analizzata:

$$\alpha = Ca * f$$

dove:

Ca= costante di attenuazione

f= frequenza

da tale espressione è stato possibile trarre le seguenti conclusioni:

1) l'attenuazione dell'onda sismica è  $>$  per le onde S e  $<$  per le onde P;

2) l'attenuazione è  $>$  per terreni alluvionali ed è  $<$  per le rocce lapidee.

Da tali postulati in base anche alla lieve dispersione dei dati ottenuti nella rilevazione dei tempi di arrivo delle onde S in polarità opposta, al fine di ottenere una parametrizzazione ed un confronto diretto delle velocità sismiche ottenute dalle 2 metodologie (onde P ed onde S) sono state calcolate le velocità S in corrispondenza dei rilevatori (geofoni), utilizzando la media dei tempi di arrivo misurati, imponendo il percorso dell'onda sismica, utilizzando la profondità dei rifrattori sopra individuati.

Da tale analisi comparativa sono state ottenute velocità delle onde S, per i vari livelli individuati, come sotto esposto:

1° strato: velocità media onde S 105/145 m/sec

2° strato: velocità media onde S 290/340 m/sec

3° strato: velocità media onde S 358/380 m/sec

A conferma e confronto dei valori ottenuti, in base alle leggi che governano la propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo (legge di Hooke), ed in relazione alle relazioni tra i vari moduli elastici ottenibili:

- Modulo di Young (o di elasticità) E [kg/cmq]

- Coefficiente di Poisson  $\nu$

- Modulo di Taglio (o di rigidità) R [Kg/cmq]

- Modulo di Incompressibilità (o di Bulk) [Kg/cmq]

Imponendo come dati di partenza le velocità delle onde P, i valori della densità misurati con analisi di laboratorio geotecnico ed attribuendo valori al modulo di Poisson, in base ad indagini sismiche comparative fra onde P ed S da prove in foro, eseguite in litotipi a caratteristiche analoghe a quelli in esame, sono state ottenute con inversione del metodo, le velocità delle onde S, di seguito esposte:

1° strato: velocità rappresentativa onde S 112 m/sec

2° strato: velocità rappresentativa onde S 308 m/sec

3° strato: velocità rappresentativa onde S 315 m/sec

### **Categoria di suolo di fondazione**

In base a quanto sopra la classificazione delle categorie dei suoli di fondazione come da All. 2 (cfr. Ord. Pres. Consiglio dei Ministri 3274 del 20-3-2003), ai vari strati sismostratigrafici individuati, ottenuti sia dal valore della velocità delle onde S sia dai valori di  $N_{spt}$  equivalenti ottenuti, ha evidenziato un'elevata convergenza e congruenza dei dati.

In particolare in base ai dati sopra esposti, si ricorda che volendo ottenere la  $V_{S30}$ , cioè la velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo, si applica l'espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

dove

$h_i$  = spessore dello strato i-esimo

$V_i$  = velocità onde S nello strato i-esimo

N = numero strati considerati

Da cui si rileva un valore medio di:

$$V_{S30} = 279 \text{ m/sec}$$

Tale valore permette di definire il profilo stratigrafico del suolo di fondazione nella categoria C che, nella fattispecie è definita come:

*C – Argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine di metri, caratterizzati da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 180 e 360 m/s.*

### **Determinazione azione sismica di progetto**

Il comune di Cavriago è classificato sismicamente come zona 3 da cui l'accelerazione sismica  $a_g = 0,15g = 1.47 \text{ m/sec}^2$  mentre per la definizione dello spettro di risposta elastico la determinazione della componente orizzontale si dovrà considerare :

$S = 1.25$ ;  $T_B = 0.15$ ;  $T_C = 0.5$ ;  $T_D = 2$ .

Mentre la determinazione della componente verticale risulta:

$S = 1$ ;  $T_B = 0.05$ ;  $T_C = 0.15$ ;  $T_D = 1$ .

### **VERIFICA ALLA SUSCETTIBILITA' A LIQUEFAZIONE**

In base alla normativa vigente nel caso di edifici con fondazioni superficiali la verifica della suscettibilità a liquefazione deve essere eseguita quando la falda si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda anche se contenenti una frazione fine limo argillosa. Quindi nel caso in analisi la falda risulta a -20 m da p.c. pertanto la verifica di suscettibilità alla liquefazione può essere omessa in quanto non sussistono condizioni litologiche di suscettibilità alla liquefazione.

## TOMOGRAFIA ELETTRICA

L'indagine tomografica è stata realizzata per definire bidimensionalmente lungo l'asse dello stendimento (Est-Ovest) e secondo la profondità z l'andamento litostratigrafico secondo le direzioni Baragalla 1 e Baragalla 2. L'elaborazione dei dati è visualizzata nelle schede in allegato 3 mentre l'interpretazione dei dati è riassunta nelle sezioni in tavola 3 - allegato 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 d'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 diversi 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  $\geq 0,35$ .

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:

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

dove Me = numero misure

n = numero degli elettrodi

quindi nel caso in esame Me = 464 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.

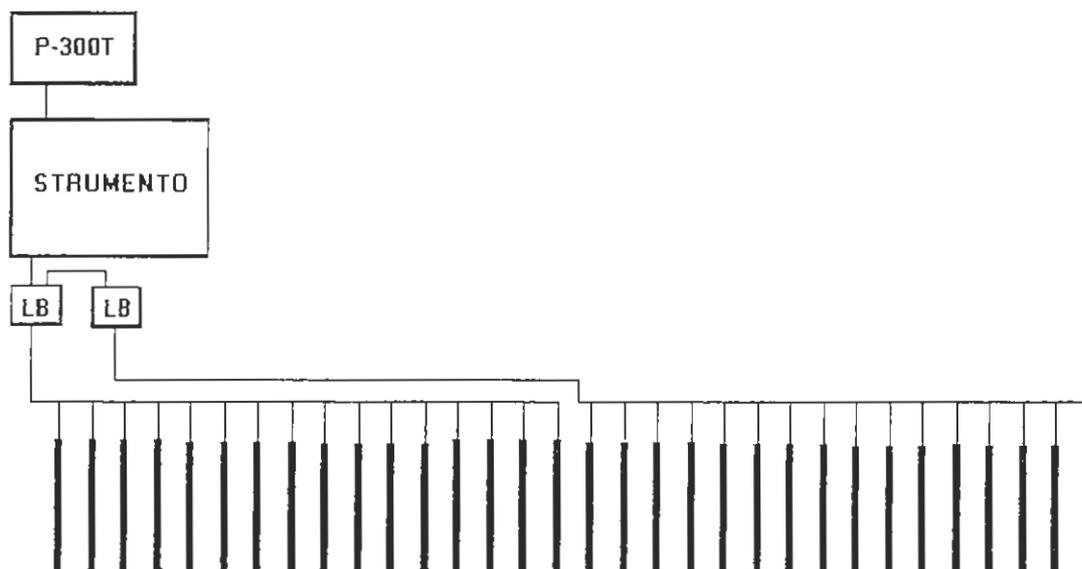
La determinazione della resistività di ciascuna cella non è lineare, l'errore da minimizzare può presentare molti minimi locali, questo comporta, una volta definita la soglia di errore nei dati sperimentali, la possibilità di ottenere più di una soluzione che soddisfa l'equazione.

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.

Per eseguire l'indagine 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  
2 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° 2 cavi di collegamento fra Link-Box e batteria di elettrodi (16 picchetti ogni catena)  
32 elettrodi  
energizzatore P.A.S.I. Mod. P-300T  
cavo di collegamento energizzatore-strumento

La Figura di seguito esposta mostra schematicamente la disposizione di lavoro utilizzata nel sito in analisi provvista di 32 elettrodi



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

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.

### ***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

scaie 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 iso-resistività.

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

o quant'altro, possono concorrere a migliorare la risoluzione del modello finale.

### **Risultati indagine tomografica**

Nel sito in esame, sono state eseguite 2 tomografie elettriche di superficie, ubicate come indicato dalla committenza, per un totale di 217 ml con le caratteristiche indicate in tabella:

Nome	Picchetti n	Spaziatur a m	Lunghezz a m	Direzione	Note
Baragalla1	32	3,5	108,5	Est - Ovest	
Baragalla2	32	3,5	108,5	Est - Ovest	

Nell'allegato X sono riportati i risultati delle sezioni 2D di ogni singolo modello di Inversione di resistività.

Per l'elaborazione, interpretazione e restituzione dei dati misurati in situ, mediante le Tomografie elettriche, è stato utilizzato il programma RES2DINV; quest'ultimo è 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)

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

In particolare il range dei valori di resistività, registrato nel sito in analisi, presenta valore minimo di 20 Ohm×m e massimo di 95÷>100 ohm×m, è stato suddiviso in 17 tonalità, rispettivamente dal blu intenso al giallo-rosso.

Per la taratura delle Tomografie elettriche di superficie e per risolvere problemi di incertezza propri delle indagini indirette di tipo elettrico, quindi per una corretta ricostruzione del modello elettrostratigrafico della zona investigata, è indispensabile conoscere anche i dati di indagini dirette.

In geofisica o nelle indagini indirette in generale, per la soluzione del problema della non univocità di appartenenza del dato misurato occorre disporre di tarature, cioè di sondaggi elettrici ubicati in corrispondenza di sondaggi meccanici a stratigrafia nota perché conoscendo una delle due variabili, si può determinare la resistività propria di ciascuno strato.

Ciò poiché, nell'ambito di una stessa unità formazionale ad analoga litologia, la resistività può variare anche sostanzialmente in funzione del grado di saturazione in acqua o di altri eventuali fluidi presenti e dalla conducibilità intrinseca di questi ultimi.

Per stabilire le correlazioni fra sondaggio e sondaggio e per la soluzione del problema occorre disporre di tarature, quindi occorre conoscere, almeno in alcuni punti, anche questi due parametri che sono lo spessore degli orizzonti litologici e/o la conducibilità dei fluidi di saturazione. Ciò permette nei casi di incertezza o di maggior indeterminazione, conoscendo una delle due variabili, cioè lo spessore dei singoli strati, di risalire al valore di resistività proprio di ciascuno di essi.

Dall'analisi delle tomografie elettriche eseguite si possono rilevare alcune interessanti indicazioni:

I valori di resistività apparente compresi fra 20 e 35/40 Ohm×m, sono presumibilmente associabili a litologie prevalentemente argillose ed argilloso limose; da 40 a 90 Ohm×m i valori sono associabili a litologie sabbioso – ghiaiose in matrice a vario grado di addensamento. I livelli tendenzialmente più sabbiosi o formati da ghiaia con abbondante matrice possono essere associati a valori variabili da circa 40 a 65 Ohm×m; mentre valori superiori (>70 Ohm×m) sono associabili a litologie prevalentemente ghiaiose.

In base ai valori misurati, le tomografie Baragalla 1 e 2 evidenziano la presenza di un orizzonte ghiaioso – sabbioso che tende ad assottigliarsi aumentando in matrice fine, verso il settore occidentale e presenta uno spessore variabile che da Est verso Ovest oscilla 12÷13 m nella sezione Baragalla 2 fino a 4÷10 nella sezione Baragalla 1 con un trend che mostra un assottigliamento andando da Sud verso Nord.

## CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica del sottosuolo dell'area di futura edificabilità è stata definita sulla base di n. 5 prove penetrometriche statiche tipo CPT spinte fino a -4÷-6 m da p.c.: l'ubicazione delle indagini sono in allegato 2, ed i risultati appaiono visualizzati nei diagrammi allegati:

*Profondità (m):*

- Resistenza alla punta ( $q_c$ ; Kgf/cm<sup>2</sup>) log di sinistra a tratto continuo.
- Resistenza ad attrito laterale locale ( $q_f$ ; Kgf/cm<sup>2</sup>) istogramma di destra a tratto continuo.
- Rapporto di Begemann ( $q_c/q_f$ ) log di destra a triangoli pieni:

In base al rapporto di Begemann che indica la componente litologica dei terreni sondati dal penetrometro, si è riconosciuta la seguente stratigrafia del sottosuolo descritta dall'alto in basso rispetto al piano campagna:

### Successione Geotecnica

- I° Unità: Unità presente da 0 a -2 m p.c. e da -5÷-15 a -20 m p.c. costituita da uno strato limo argilloso fortemente sovraconsolidato che dal punto di vista della resistenza alla penetrazione i valori medi misurati variano fra  $q_c = 20÷30$  kgf/cm<sup>2</sup>;
- II° Unità: Unità che da -2 si estende fino a -5÷-15 m da p.c. ed è contraddistinta da uno strato ghiaioso in matrice limoso argillosa sabbiosa che verso Est tende ad aumentare in percentuale di Argilla. I valori di  $q_c$  che variano fra 100 e 200 kgf/cm<sup>2</sup>, ove prevalgono nettamente le ghiaie.

### Parametrizzazione geomeccanica delle unità geotecniche

La parametrizzazione geomeccanica delle unità geotecniche rilevate è stata eseguita per ciascuna unità geotecnica individuata sulla base delle seguenti relazioni:

- Coesione non drenata ( $c_u$ ) mediante la relazione di Begemann di seguito esposta:

$$C_u = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_c}$$

ove:

$q_c$  = resistenza alla punta (kgf/cm<sup>2</sup>);

$\sigma_{vo}$  = pressione litostatica totale (kgf/cm<sup>2</sup>);

$N_c$  = coefficiente in funzione della resistenza alla punta

L'angolo d'attrito interno efficace ( $\Phi'$ ) è stato scelto sulla base sia della relazione di l'Herminier:

$$\Phi' = 0.3 \cdot q_c / 4 + 27$$

ove:

$N_q$  = coefficiente funzione dell'angolo d'attrito interno;

$R_p$  = resistenza alla punta (kgf/cm<sup>2</sup>);

$\sigma'_{vo}$  = pressione litostatica efficace (kgf/cm<sup>2</sup>);

### MODULO DI YOUNG PER I TERRENI COESIVI (E)

Il modulo è stato ricavato secondo la nota relazione di Bowles:

$$E \text{ (Kg cmq)} = 150c_u$$

### MODULO DI YOUNG PER I TERRENI NON COESIVI (E)

Il modulo è stato ricavato come media di relazioni riconosciute a livello internazionali:

I° unità	II° unità
<b>Sforzi totali UU</b>	
$C_u = 0.8 \text{ kgf/cm}^2$	
<b>Sforzi efficaci CD</b>	<b>Sforzi efficaci CD</b>
$C' = 0.15 \text{ kgf/cm}^2$	$C' = 0 \text{ kgf/cm}^2$
$\Phi' = 24^\circ$	$\Phi' = 36^\circ$
$\gamma_n = 0.002 \text{ kgf/cm}^2$	$\gamma_n = 0.002 \text{ kgf/cm}^2$
$E = 120 \text{ kgf/cm}^2$	$E = 700 \text{ kgf/cm}^2$
$\nu = 0.35$	$\nu = 0.29$

### Problema geotecnico

Nell'area in analisi è prevista la realizzazione di un edificio commerciale industriali con fondazioni a plinto isolati superficiali.

### **Determinazione della portata ammissibile**

Tale determinazione risulta comunque indicativa in quanto la portanza è funzione della struttura in elevazione da eseguire che, a questo momento non risulta definita. Tuttavia al fine di fornire un valore minimo di capacità portante del terreno quindi la possibilità edificatrice dell'area si è eseguito il seguente calcolo mediante la relazione di *Brinch-Hansen (1970)* ipotizzando edifici a fondazioni dirette, a plinto isolati con carichi normali poggianti sullo strato ghiaioso posto a -2 m dal p.c.:

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

dove:

$N'_c, N'_q, N'_{\gamma}$  = coefficienti di capacità portante in funzione di  $\phi$ .  
 $s_{\gamma}, s_c, s_q$  = coefficienti di forma della fondazione;  
 $i_{\gamma}, i_c, i_q$  = coefficienti che tengono conto dell'inclinazione del carico;  
 $b_{\gamma}, b_c, b_q$  = coefficienti che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione;  
 $g_{\gamma}, g_c, g_q$  = coefficienti che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna;  
 $d_c, d_q$  = coefficienti dipendenti dalla profondità del piano di posa  
 $q'$  = sovraccarico totale agente ai bordi della fondazione;  
 $\gamma$  = peso di volume del terreno interessato al taglio in kgf/cm<sup>3</sup>;  
 $c'$  = coesione drenata del terreno in kgf/cm<sup>2</sup>  
 $B$  = larghezza della fondazione in cm

con FS = 3

Verifica in condizioni drenate – tensioni efficaci

$$\Phi' = 36^{\circ}$$

D = -2 m dal piano campagna

H<sub>w</sub> = -20 m da p.c.

$\gamma_n = 0,002$  kgf/cm<sup>3</sup>

$N'_q = 14.5$ ;  $N'_{\gamma} = 13.5$ .

$$q_{LIM} = \frac{1}{2} \cdot 0.002 \cdot 150 \cdot 0.8 \cdot 13.5 + 0.002 \cdot 200 \cdot 14.5_q = 7,42 \text{ kgf/cm}^2$$

$$q_{amm} \approx 7.42/3 = 2,47 \text{ kgf/cm}^2 \approx 2,5 \text{ kgf/cm}^2$$

### **Verifica ai cedimenti**

La pressione massima agente sul terreno è fondamentale che determini abbassamenti dei litotipi di sottofondazione tollerabili nel contesto dell'interazione terreno struttura.

Il calcolo dei cedimenti è stato eseguito secondo la teoria della consolidazione utilizzando la relazione:

$$\Delta H = H_o \cdot \Delta p \cdot mv$$

dove:

$\Delta H$  = cedimento totale in cm

$H_o$  = spessore degli strati considerati in cm

$\Delta p$  = sovraccarico residuo sullo strato considerato in base al modello matematico di Jelinek,

$mv$  = coefficiente di compressibilità di volume

Il calcolo dei cedimenti è stato eseguito per i diversi corpi di fabbrica in progetto utilizzando un carico ammissibile e/o ultimo depurato dagli alleggerimenti prodotti sia dall'asportazione del terreno, che quei carichi accidentali e sollecitazione sismica non influenti ai fini del cedimento.

Il cedimento considerato è quello che ha interessato lo spessore di terreni nel quale la pressione residua è risultata superiore al 10% del carico geostatico, in funzione dell'effetto sommatoria dei bulbi di pressione, poiché al di sotto di tale valore le tensioni indotte dalle fondazioni che contribuiscono al cedimento sono praticamente trascurabili rispetto a quelle determinate dai terreni in sito.

Portanza da verificare	Carico netto ai fini del cedimento	Cedimenti (cm) della fondazione	
		150	300
2,5 kgf/cm <sup>2</sup>	2.1	2.1	3.22

In relazione alla tipologia di fabbricato in analisi i valori risultano consoni alle caratteristiche geotecniche del sito. Tali cedimenti dovranno essere verificati ai differenziali e distorsioni angolari che sono evidentemente in relazione alla struttura in elevazione in progetto.

## CONCLUSIONE

Lo studio geologico e geotecnico relativo all'area di variante al Piano particolareggiato "Area Baragalla" a Reggio Emilia settore Sud Ovest del località Baragalla, realizzato per conto della proprietà: *COOPSETTE soc. cooperativa* ha permesso di caratterizzare l'area stessa sia dal punto di vista geologico, idrogeologico e sismico sia dal punto di vista geotecnico in ottemperanza alle normative vigenti e alla luce del nuovo intervento edificatorio in progetto e relativo alla realizzazione di un centro commerciale LA RENA.

Lo studio geologico e idrogeologico ha messo in evidenza la fattibilità dell'intervento ricostruendo il sottosuolo sia dal punto di vista litostratigrafico-geomeccanico che sismico come individuato in tavole 3 e 4 allegate ed individuando la prima falda idrica sotterranea a  $-20\div-22$  m dal p.c..

Lo studio geofisico mediante sismica a rifrazione ha permesso di zonizzare il sito in oggetto dal punto di vista della normativa antisismica ovvero dell'OPCM 3274, successivo DM 14/09/2005 e rispetto alla Delibera della giunta regionale n. 1677 del 24/10/2005 nella zona 3 con terreno di fondazione classificato secondo la tipologia C.

Dal punto di vista geotecnico la successione stratigrafica tipica dell'area ha messo in evidenza litotipi ghiaiosi da  $-2$  a  $-5\div-15$  m dal p.c. ed un substrato argilloso limoso sovraconsolidato fino a  $-20$  m da p.c.: ciò ha permesso di escludere che il sito sia suscettibile a fenomeni di liquefazione.

Mentre dal punto di vista delle strutture previste in costruzione si è ipotizzato fabbricati con fondazioni superficiali a plinto isolati con piano di posa fondale a  $-200$  cm dall'attuale p.c. ovvero sulle ghiaie determinandone la portata ammissibile di circa  $q_a = 2,5$  kgf/cmq.

Tutto ciò dovrà essere verificato in fase esecutiva dai carichi effettivi delle strutture e delle dimensioni fondali verificando l'interazione terreno-fondazione.

Dr. Geol. ANDREA BRUSCHI



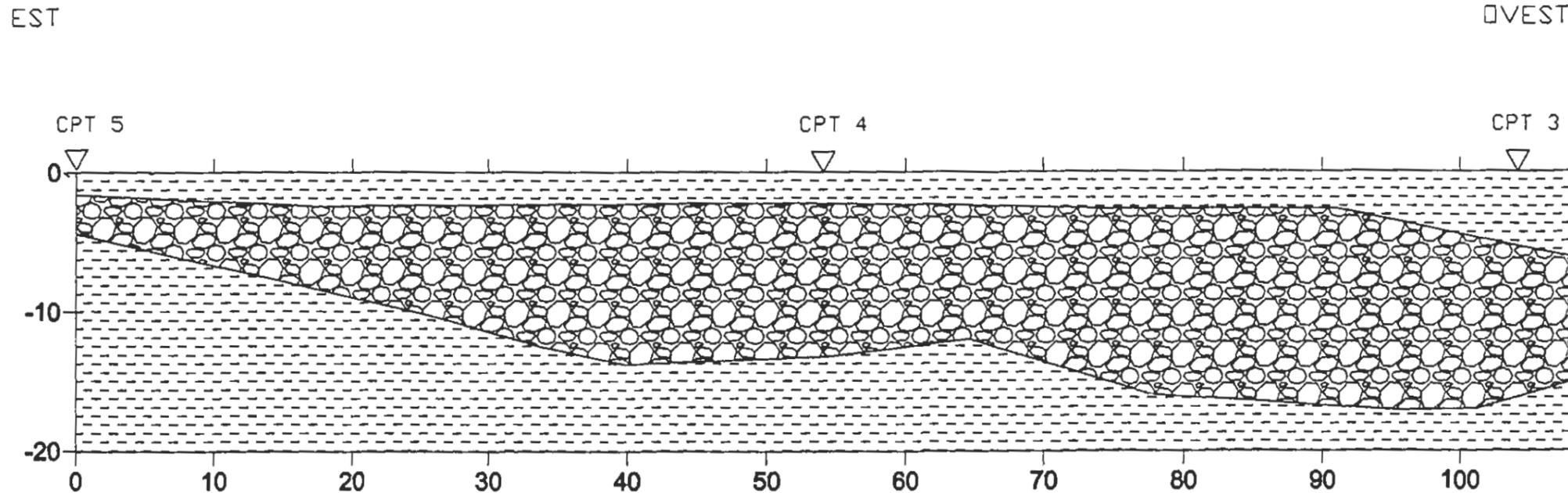
## Allegato 1 - Tavole



Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio Dott. Geol. ANDREA BRUSCHI Ufficio Viale Timone 80/1 Reggio Emilia tel. 3405290396 fax 0535409861 Sede Anon. via pazzani, 36 Mirandola 0535408298		DATA GIUGNO 2007 SCALA 1:5000
committente <b>COOPSETTE Soc. Coop.</b>		N° TAVOLA <b>1</b>
lavoro Studio Geologico-geotecnico Centro Commerciale "LA RENA"		
sito Ubicazione area da estratto di CTR n. 200123		

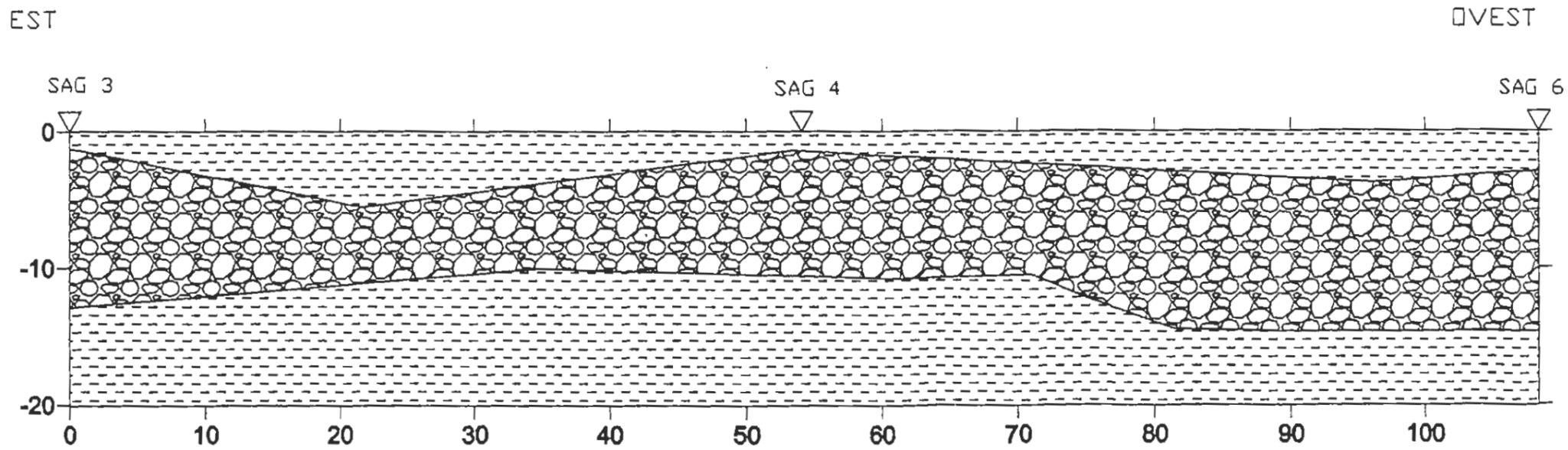


BARAGALLA 1



-  Ghiaia ben addensata in matrice Limo argilloso sabbiosa
-  Limo argilloso sovraconsolidato
- CPT 3  Prova penetrometrica statica tipo CPT
- SAG 6  Saggio con escavatore meccanico

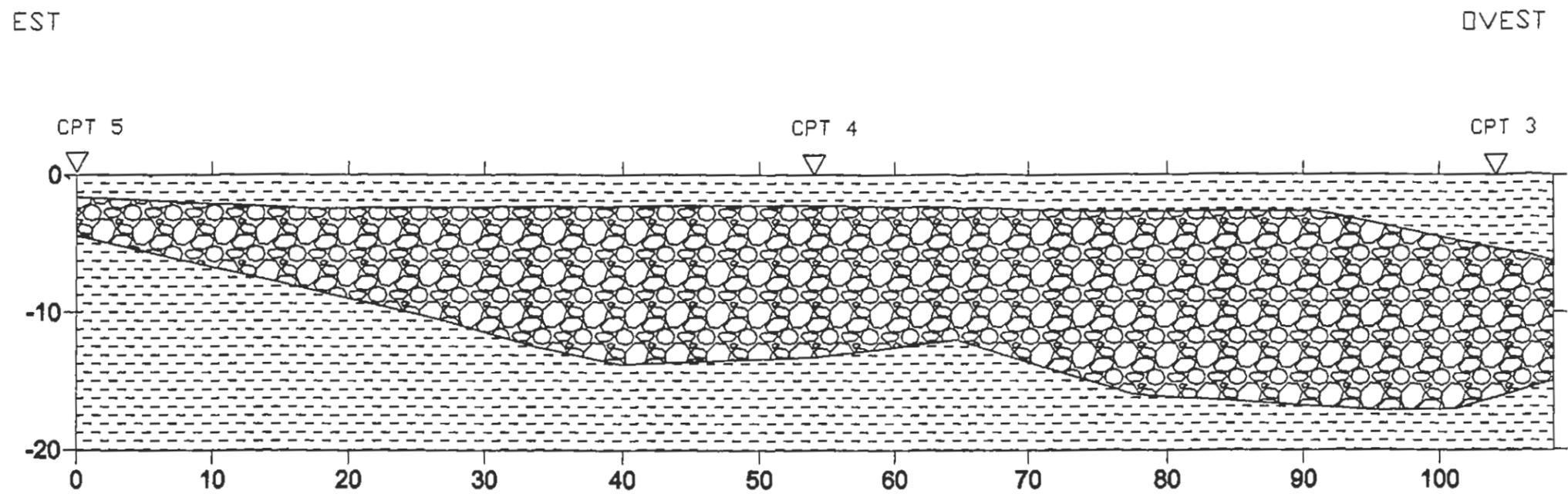
BARAGALLA 2



Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio Dott. Geol. ANDREA BRUSCHI Ufficio Viale Timavo 85/1 Reggio Emilia tel. 349/529056 fax 0535/29881 Sede Amm. via Bezzecca, 35 Maranello tel. 0535/28298	DATA GIUGNO 2007 SCALA 1:400
Committente COOPSETTE Soc. Coop. Lavoro Studio Geologico-geotecnico Centro Commerciale "LA RENA" Sito Sezioni Litostratigrafiche	N° TAVOLA 3

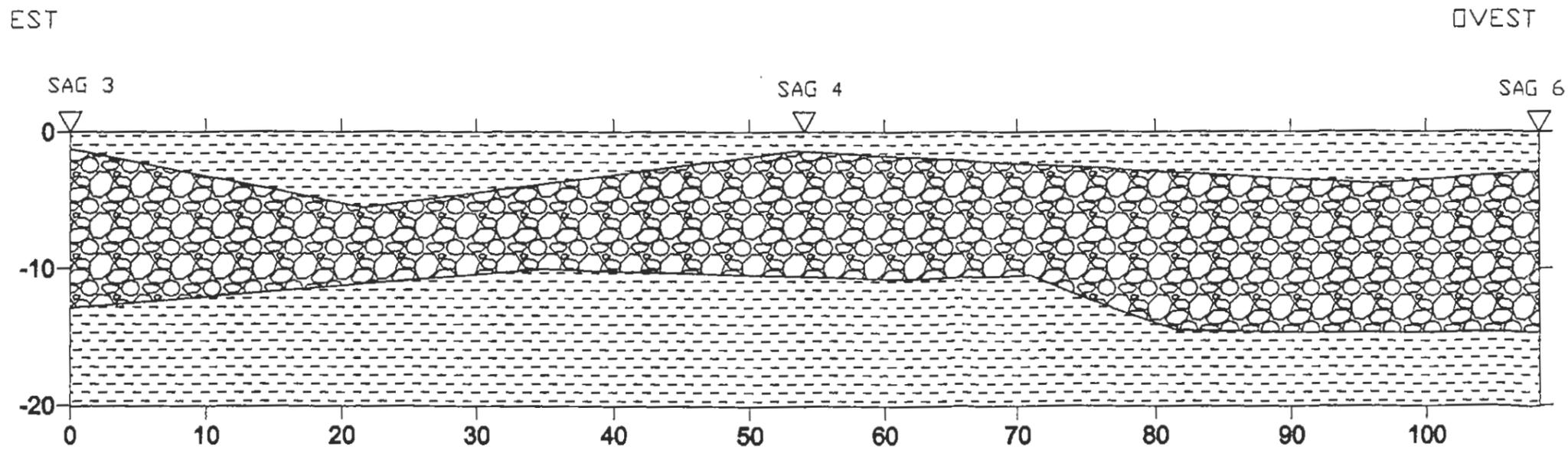
LEGENDA

BARAGALLA 1



-  I Unità Geotecnica:  $\gamma = 0.002 \text{ kg/cm}^3$   
 $C_u = 0.8 \text{ kg/cm}^3$ ;  $C' = 0.15 \text{ kg/cm}^3$ ;  
 $F_i = 24$ ;  $E = 120 \text{ kg/cm}^3$ ;  $\nu = 0.35$
-  II Unità Geotecnica:  $\gamma = 0.002 \text{ kg/cm}^3$   
 $F_i = 36$ ;  $E = 700 \text{ kg/cm}^3$ ;  $\nu = 0.29$

BARAGALLA 2

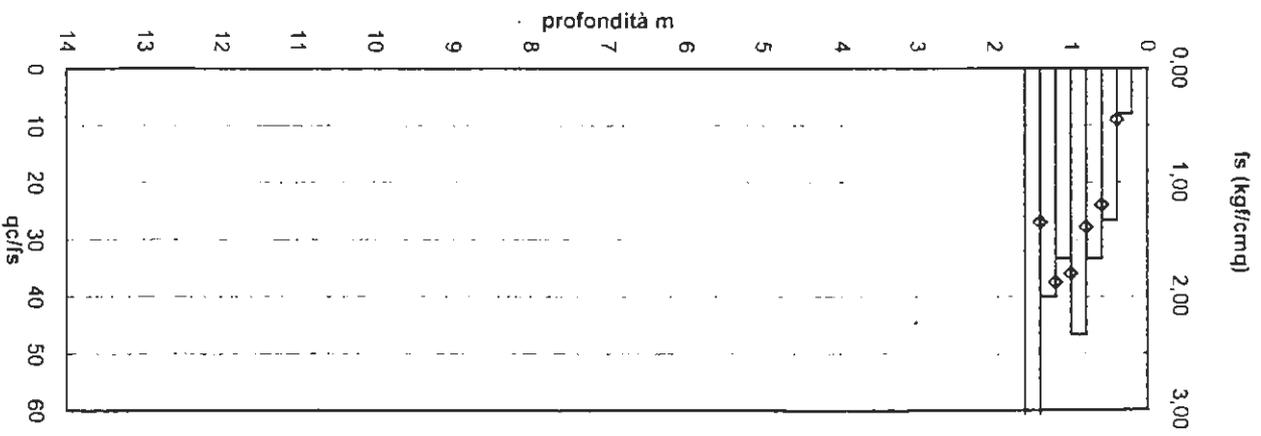
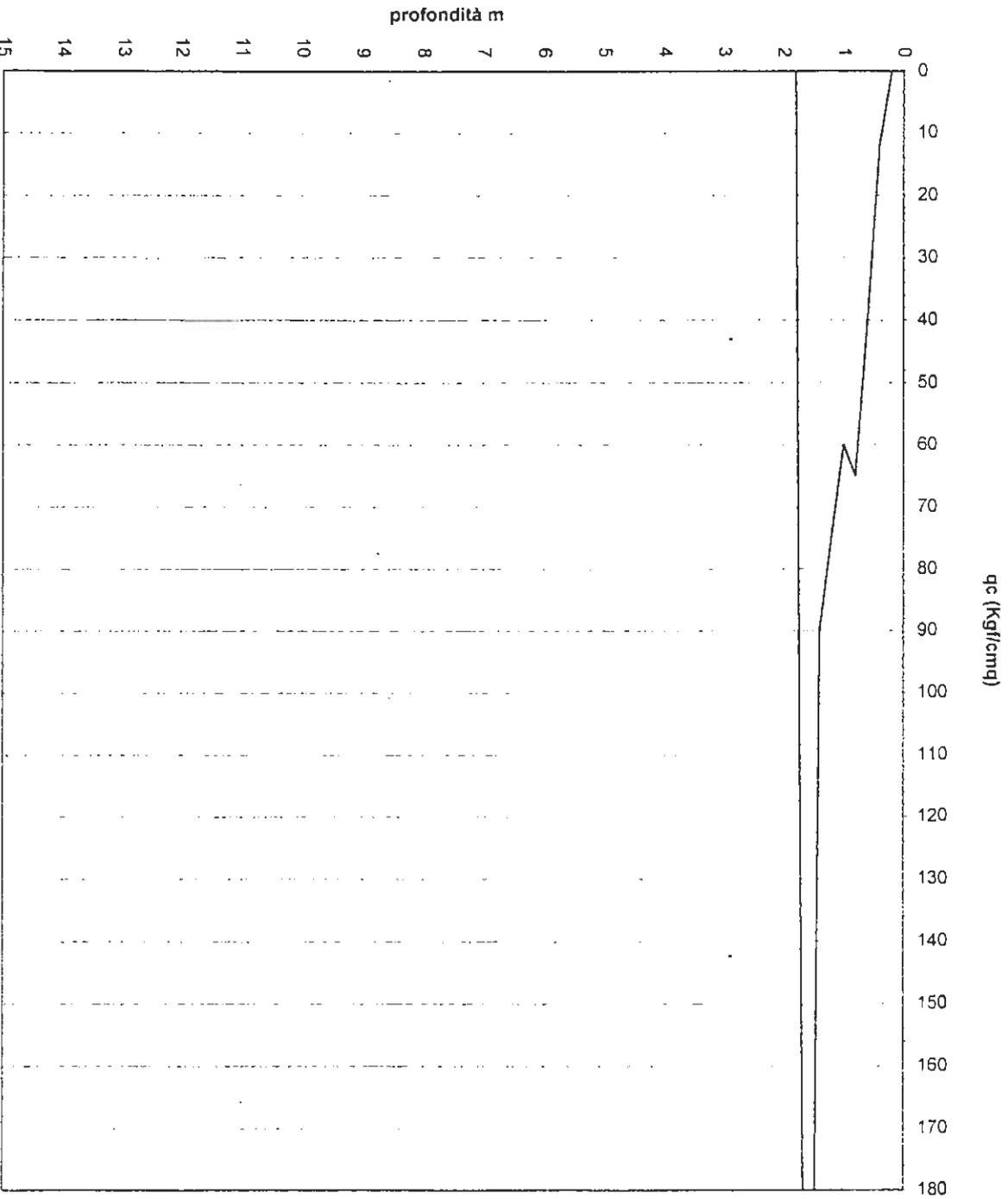


Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio Dott. Geol. ANDREA BRUSCHI Ufficio Viale Trento 95/1 Reggio Emilia tel. 3495200398 fax 053520881 Sede Amm. via pezzetti, 35 Mirandola 053528299	DATA GIUGNO 2007 SCALA 1:400
committente COOPSETTE Soc. Coop.	N° PAG. CLA 4
lavoro Studio Geologico-geotecnico Centro Commerciale "LA RENA"	
titolo Sezioni Geotecniche	

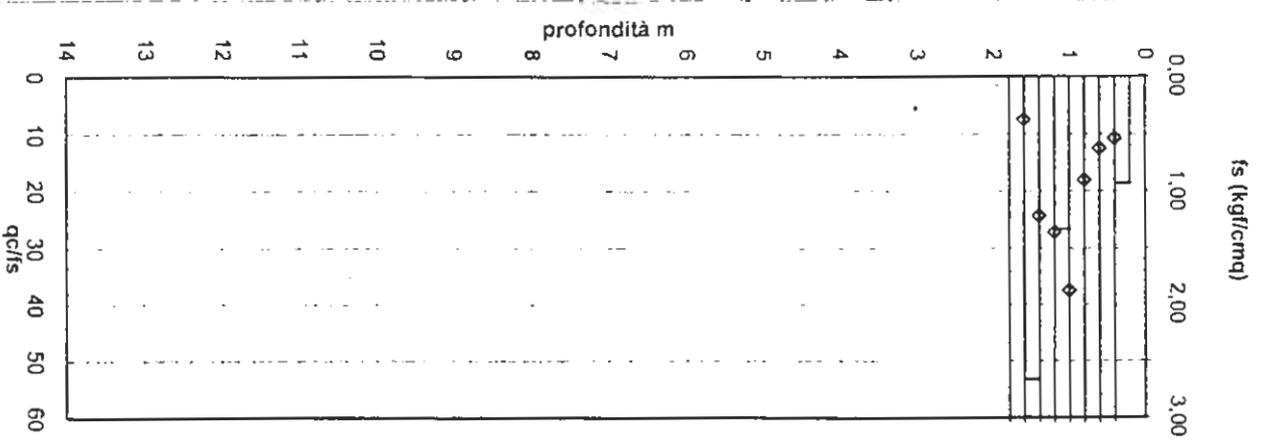
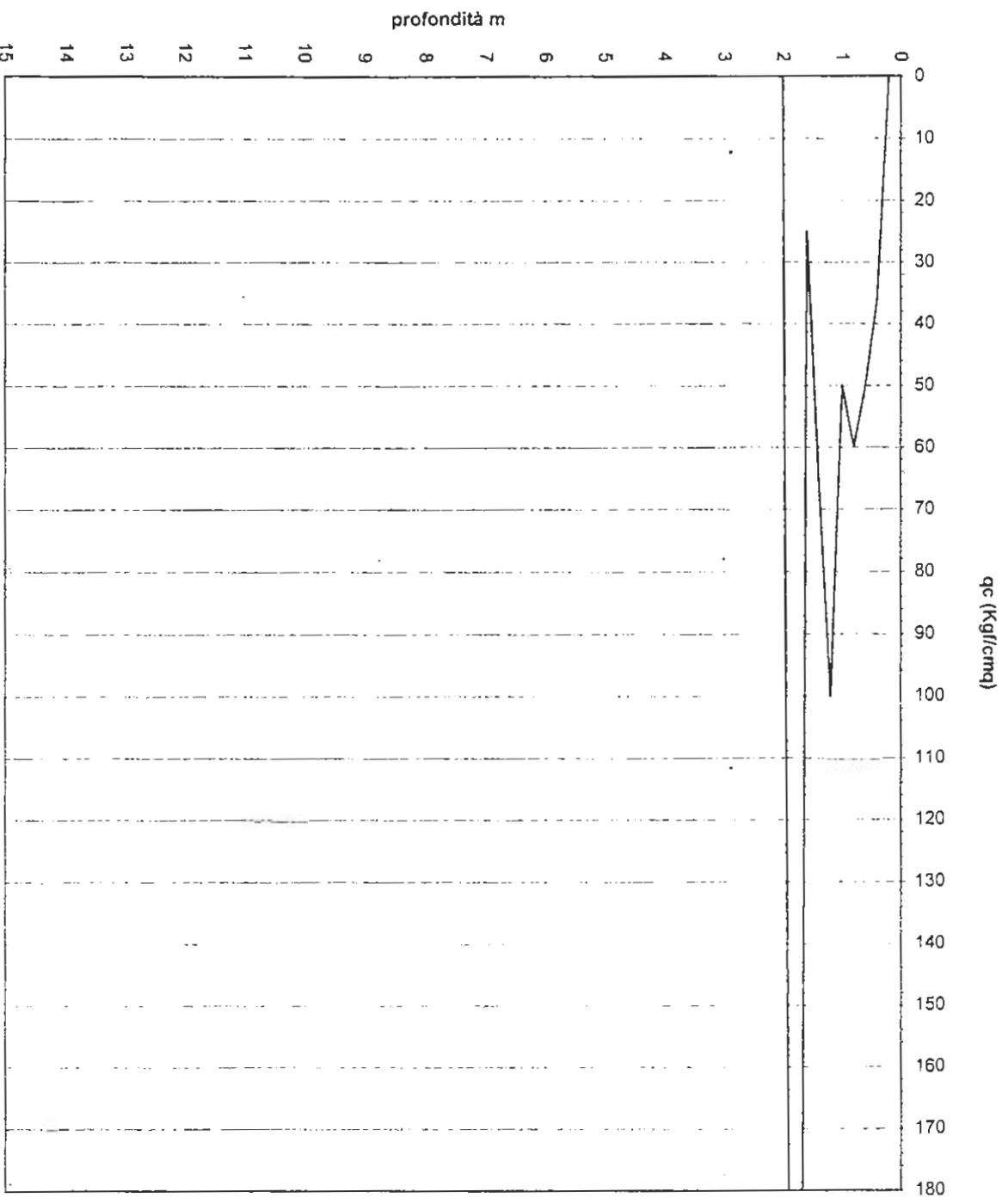
Allegato 2 –

Schede penetrometriche e stratigrafiche

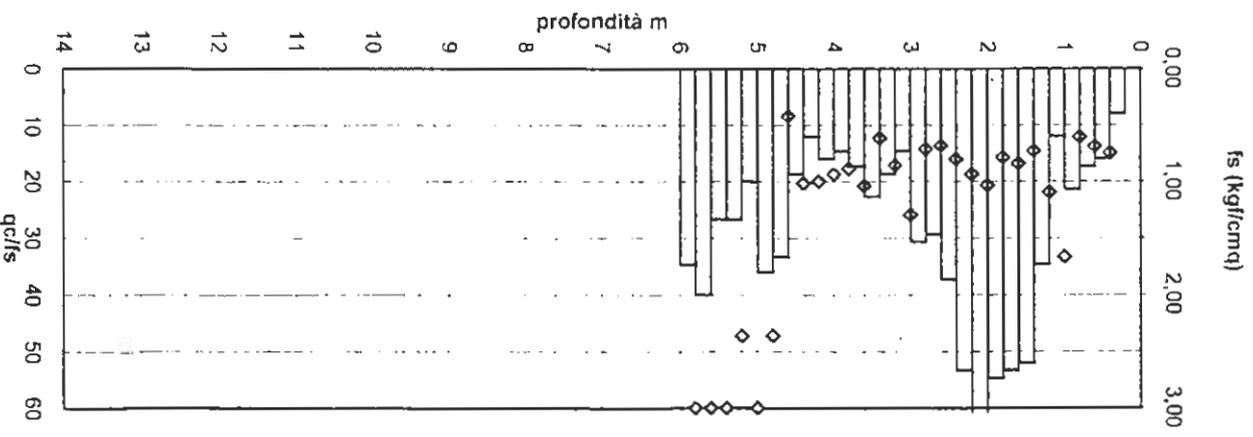
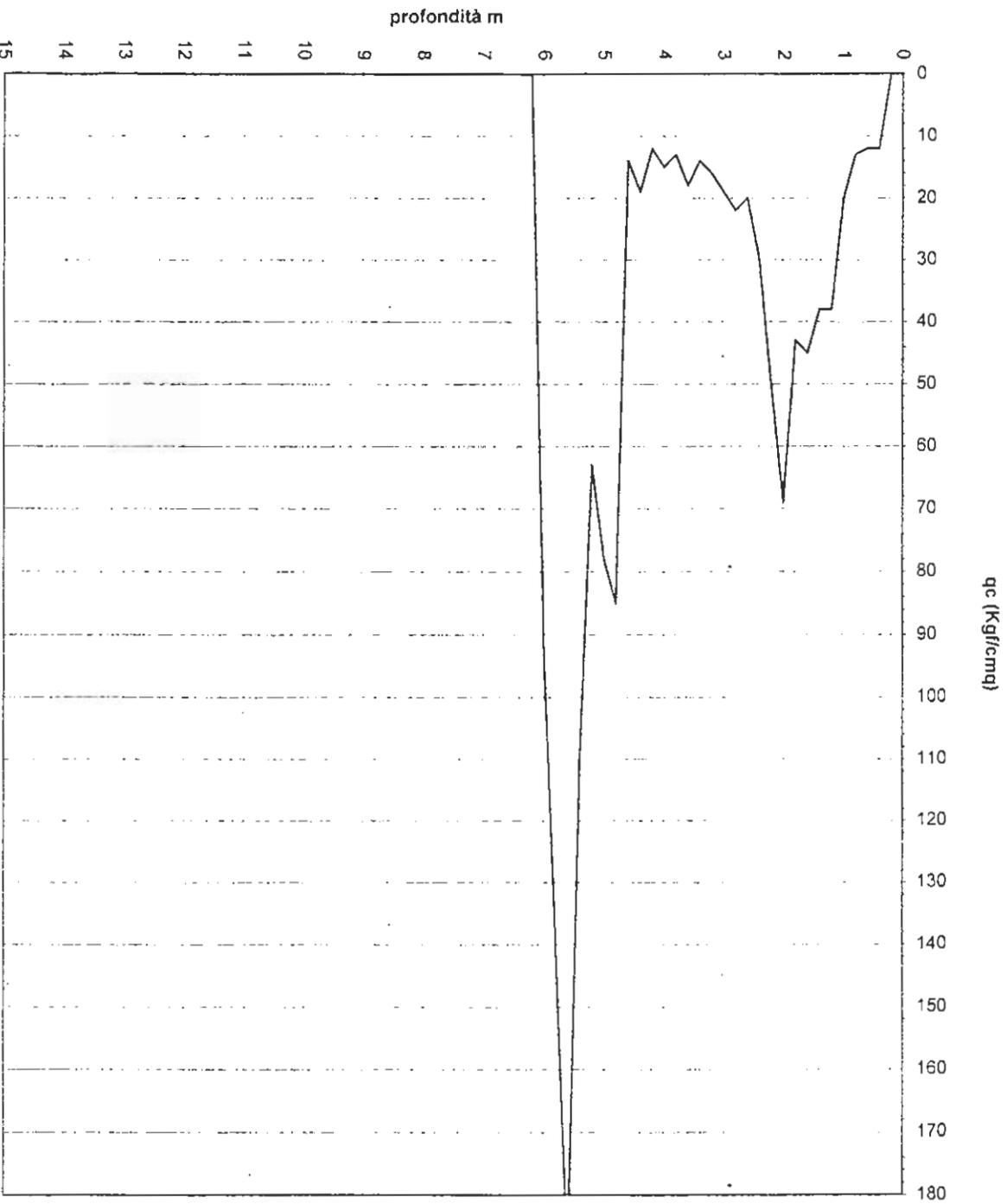
<b>Dot. Geol. BRUSCHI ANDREA</b> viale Timavo 85/1 Reggio Emilia 349/5290396-0522436624		<b>PROVA PENETROMETRICA</b> C.P.T. N° 1	<b>COMMITTENTE:</b> <b>COOPSETTE S.c. a r.l.</b>
<b>OPERATORE:</b> Dr. Bruschi	<b>ATTREZZO:</b> Pen. statico Pancani 20 ton.	<b>CANTIERE:</b> Baragalla	<b>DATA:</b> 18/09/02
<b>QUOTA:</b> piano campagna	<b>Profondità falda:</b> > -1 m p.c.		



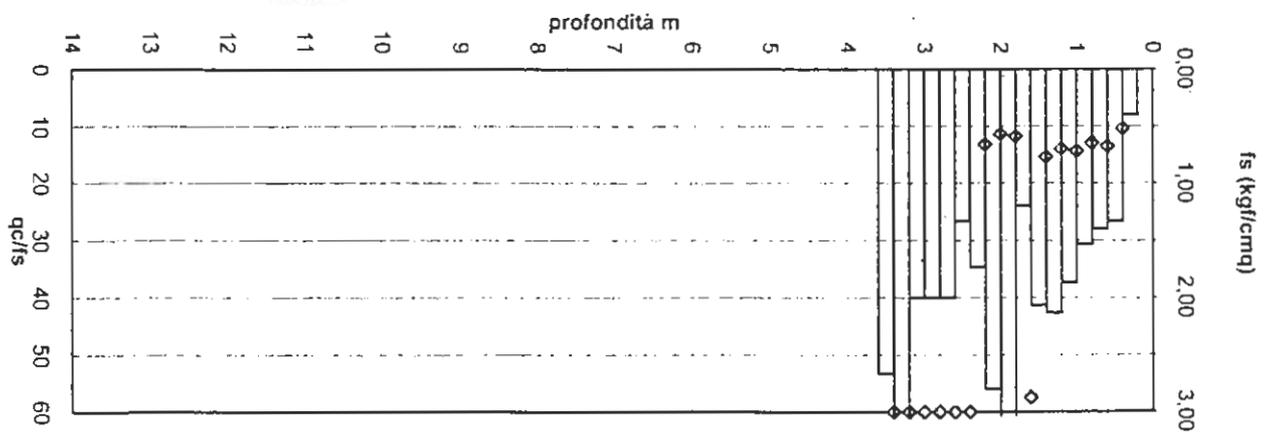
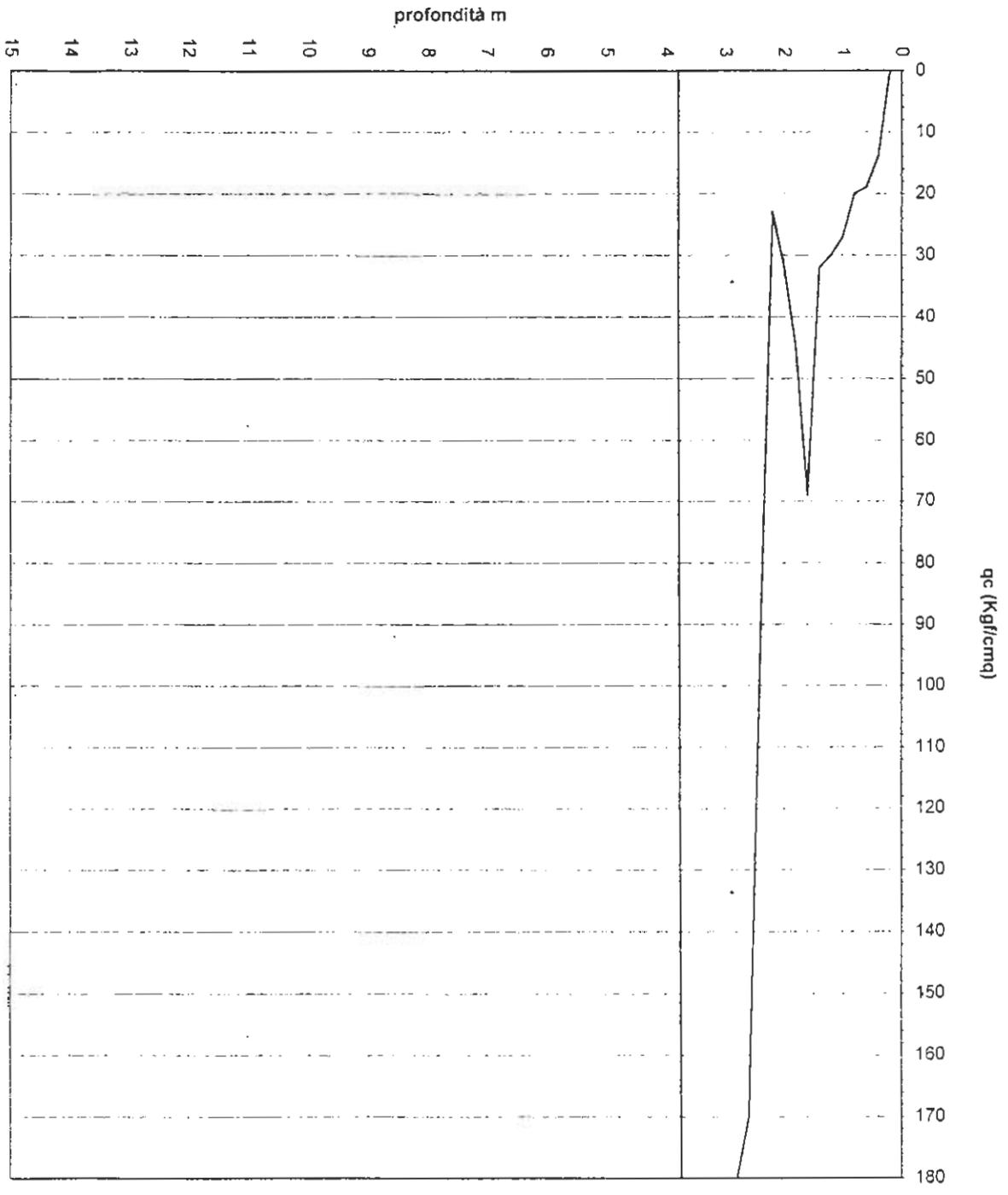
<b>Dott. Geol. BRUSCHI ANDREA</b>		<b>PROVA PENETROMETRICA</b>		<b>COMMITTENTE:</b>	
viale Timavo 85/1 Reggio Emilia 349/5290396-0522436624		C.P.T. N° 2		<b>COOPSETTE S.c. a r.l.</b>	
<b>OPERATORE:</b> Dr. Bruschi		<b>ATTREZZO:</b> Pen. statico Parcani 20 ton.		<b>CANTIERE:</b> Baragalla	
<b>QUOTA:</b> piano campagna		Profondità falda: > -1,8 m p.c.		<b>DATA:</b> 18/09/02	



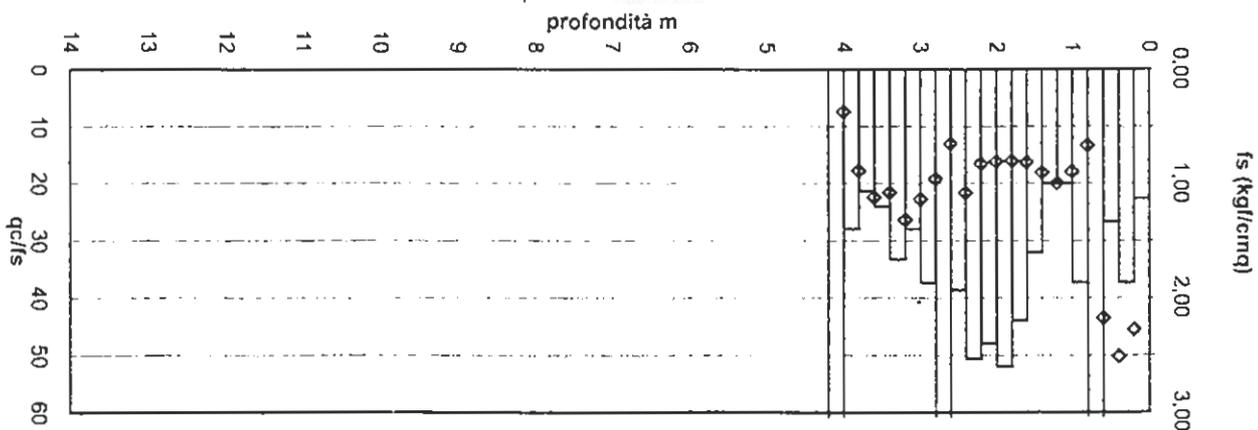
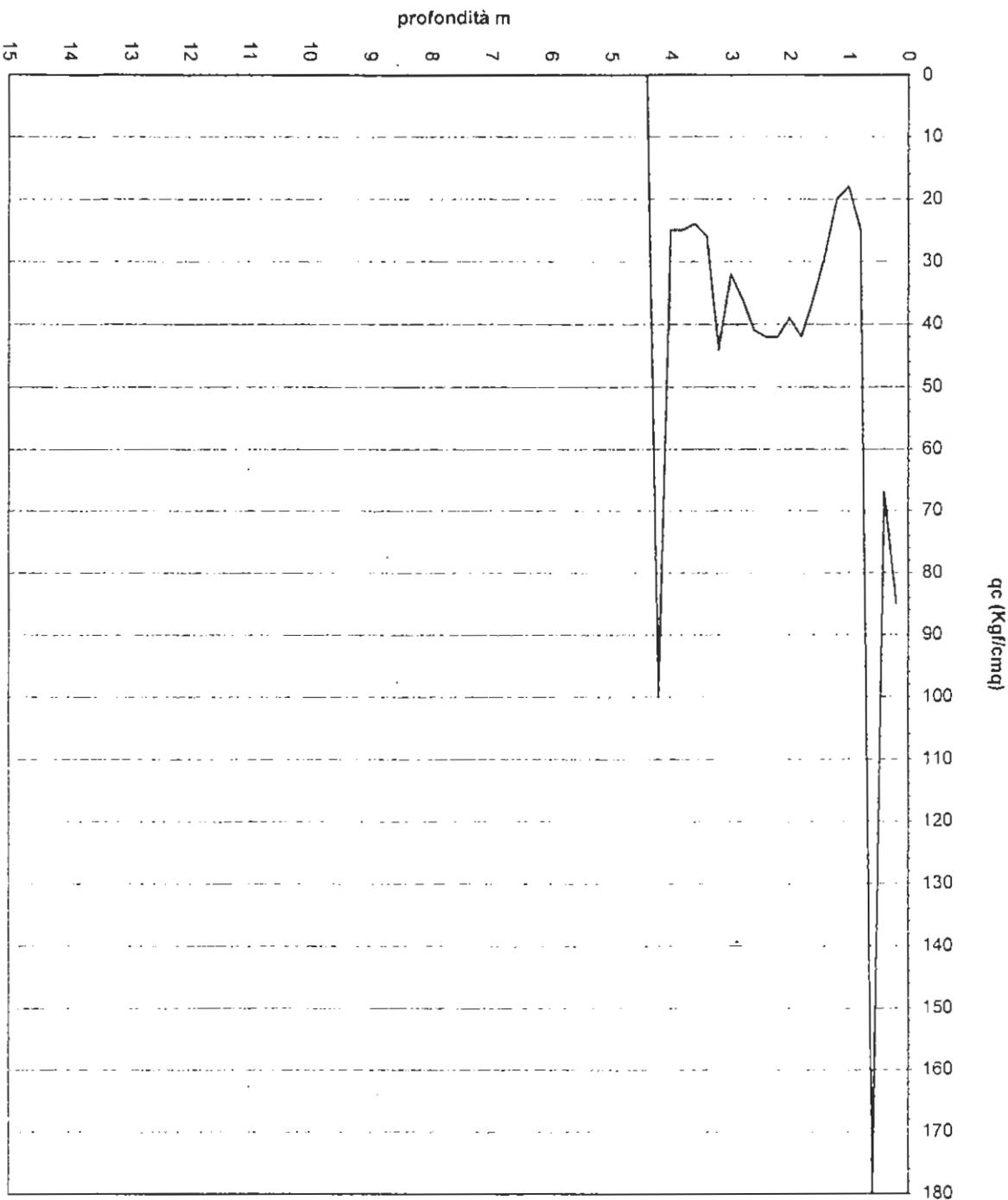
<b>Dott. Geol. BRUSCHI ANDREA</b>		<b>PROVA PENETROMETRICA</b>		<b>COMMITTENTE:</b>	
viale Timavo 85/1 Reggio Emilia 349/5290396-0522436624		C.P.T. N° 3		<b>COOPSETTE S.c. a r.l.</b>	
<b>OPERATORE:</b> Dr. Bruschi		<b>ATTREZZO:</b> Pen. statico Pancani 20 ton.		<b>CANTIERE:</b> Barragalla	
<b>QUOTA:</b> piano campagna		Profondità falda: > -6 m p.c.		<b>DATA:</b> 18/09/02	



<b>Dot. Geol. BRUSCHI ANDREA</b> Viale Timavo 85/1 Reggio Emilia 34915290398-0522438624		<b>PROVA PENETROMETRICA</b> C.P.T. N° <b>4</b>		<b>COMMITTENTE:</b> <b>COOPSETTE S.c. a r.l.</b>	
<b>OPERATORE:</b> Dr. Bruschi		<b>ATTREZZO:</b> Pen. statico Pancani 20 ton.		<b>CANTIERE:</b> Baragalla	
<b>QUOTA:</b> piano campagna		Profondità falda: > 4,6 m p.c.		<b>DATA:</b> 18/09/02	

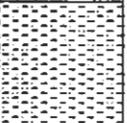
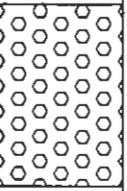


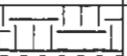
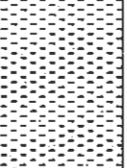
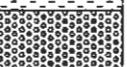
<b>Dot. Geol. BRUSCHI ANDREA</b> viale Timavo 85/1 Reggio Emilia 34915290396-0522436624		<b>PROVA PENETROMETRICA</b> C.P.T. N° 5		<b>COMMITTENTE:</b> <b>COOPSETTE S.c. a r.l.</b>	
<b>OPERATORE:</b> Dr. Bruschi		<b>ATTREZZO:</b> Pen. statico Pancani 20 ton.		<b>CANTIERE:</b> Baragalla	
<b>QUOTA:</b> piano campagna		Profondità falda: > -4 m p.c.		<b>DATA:</b> 18/09/02	



Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio <small>Viale Trieste 45/1 - Reggio Emilia 42100 - Tel. 0522/434624          Fax 0522/434624 - e-mail: info@geotecnicar.it</small>		SCHEMA STRATIGRAFICA		Committente: COOPSETTE S.C.R.L.	
		<b>Saggio 1</b>		Data di esecuzione: MAGGIO 2004	
		Attrezzo: Escavatore meccanico		Cantiere: Lottizzazione "AREA BARAGALLA" Tecnico: Dott. Bruschi Andrea	
Prof. in metri	stratigrafia	carotazione	Descrizione stratigrafia		
0.0			terreno vegetale marrone a natura limoso argillosa		
1.3			Argille limose ocracee con limi debolmente sabbiosi		
1.6			Livello ghiaioso in matrice argillosa sabbiosa ocracea		
2.0			Argille limose ocracee con limi debolmente sabbiosi		
3			Ghiaie media - medio piccola alterate con ciottoli		

Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio <small>Viale Trieste 45/1 - Reggio Emilia 42100 - Tel. 0522/434624          Fax 0522/434624 - e-mail: info@geotecnicar.it</small>		SCHEMA STRATIGRAFICA		Committente: COOPSETTE S.C.R.L.	
		<b>Saggio 2</b>		Data di esecuzione: MAGGIO 2004	
		Attrezzo: Escavatore meccanico		Cantiere: Lottizzazione "AREA BARAGALLA" Tecnico: Dott. Bruschi Andrea	
Prof. in metri	stratigrafia	carotazione	Descrizione stratigrafia		
0.0			terreno vegetale marrone a natura limoso argillosa		
1.9			Argille limose ocracee con limi e sabbiosie medio grosse		
3			Ghiaie media - medio piccola alterate con ciottoli in matrice sabbioso grossolana		

Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio viale Tommaso 85 - Reggio Emilia 42027 (0521) 434021 tel. per telex: 35 Mirafiora 0521 98226			SCHEDA STRATIGRAFICA	Committente: COOPSETTE S.C.R.L.
			<b>Saggio 3</b>	Data di esecuzione: MAGGIO 2004
			Attrezzo: Escavatore meccanico	Cantiere: Lotizzazione "AREA BARAGALLA" Tecnico: Dott. Bruschi Andrea
Prof. in metri	stratigrafia	caratteristiche	Descrizione stratigrafica	
0.6			terreno vegetale marrone a natura limoso argillosa	
1.5			Argille limose ocracee con limi debolmente sabbiosi	
1.8			Sabbie limose e limi sabbiosi nocciola	
3			Ghiaie media - medio piccola alterate con ciottoli	

Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio viale Tommaso 85 - Reggio Emilia 42027 (0521) 434021 tel. per telex: 35 Mirafiora 0521 98226			SCHEDA STRATIGRAFICA	Committente: COOPSETTE S.C.R.L.
			<b>Saggio 4</b>	Data di esecuzione: MAGGIO 2004
			Attrezzo: Escavatore meccanico	Cantiere: Lotizzazione "AREA BARAGALLA" Tecnico: Dott. Bruschi Andrea
Prof. in metri	stratigrafia	caratteristiche	Descrizione stratigrafica	
0.3			terreno vegetale marrone a natura limoso argillosa	
1.5			Argille limose ocracee con limi sabbiosi	
1.9			Ghiaia piccola in matrice argilloso nocciola nerastra	
3			Ghiaie media - medio piccola alterate in abbondante matrice limoso argillosa	

Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio <small>Viale Trieste 43 - 41013 Parma (PR) - Tel. 0521/430624          Via per Parma 15 - 41013 Parma (PR) - Tel. 0521/430624</small>			SCHEDA STRATIGRAFICA	Committente: COOPSETTE S.C.R.L.	
			<b>Saggio 5</b>		Data di esecuzione: MAGGIO 2004
			Attrezzo: Escavatore meccanico		Cantiere: Lottizzazione "AREA BARAGALLA"
					Tecnico: Dott. Bruschi Andrea
Prof. in metri	stratigrafia	campione	Descrizione stratigrafia		
0,6			terreno vegetale marrone a natura limoso argillosa		
2,4			Argille limose ocracee con limi debolmente sabbiosi		
3			Ghiaie media - medio piccola alterate con ciottoli in matrice sabbiosa		

Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio <small>Viale Trieste 43 - 41013 Parma (PR) - Tel. 0521/430624          Via per Parma 15 - 41013 Parma (PR) - Tel. 0521/430624</small>			SCHEDA STRATIGRAFICA	Committente: COOPSETTE S.C.R.L.	
			<b>Saggio 6</b>		Data di esecuzione: MAGGIO 2004
			Attrezzo: Escavatore meccanico		Cantiere: Lottizzazione "AREA BARAGALLA"
					Tecnico: Dott. Bruschi Andrea
Prof. in metri	stratigrafia	campione	Descrizione stratigrafia		
0,5			terreno vegetale marrone a natura limoso argillosa		
1,2			Argille limose ocracee con limi sabbiosi		
2,8			Ghiaia piccola in abbondante matrice argilloso limosa e limoso sabbiosa		
3			Ghiaie media - medio piccola alterate in abbondante matrice limoso argillosa		

Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio viale Tiburtina 451 - Reggio Emilia 41122 - 0521 viale Venezia 55 - Mirandola 0521 - 052104		<b>SCHEDA STRATIGRAFICA</b>		Committente: <b>COOPSETTE S.C.R.L.</b>	
		<b>Saggio 7</b>		Data di esecuzione: <b>MAGGIO 2004</b>	
		Attrezzo: <b>Escavatore meccanico</b>		Cantiere: <b>Lottizzazione "AREA BARAGALLA"</b> Tecnico: <b>Dott. Bruschi Andrea</b>	
Prof. in metri	stratigrafia	campione	<b>Descrizione stratigrafia</b>		
0.4			terreno vegetale marrone a natura limoso argillosa		
0.8			Argille limose ocracee con limi debolmente sabbiosi		
1.5			Sabbie e ghiaie fini in matrice limosa		
2.5			Argille limose ocracee con limi debolmente sabbiosi		
3			Ghiaie media - medio piccola alterate con ciottoli in matrice sabbiosa		

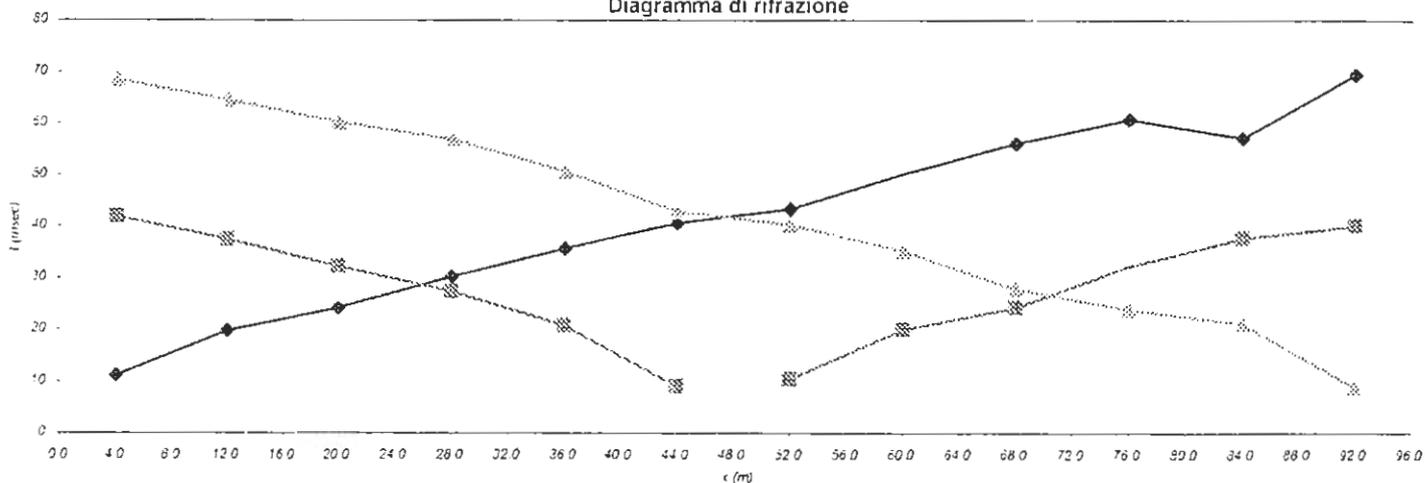
Studio di Ingegneria Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio viale Tiburtina 451 - Reggio Emilia 41122 - 0521 viale Venezia 55 - Mirandola 0521 - 052104		<b>SCHEDA STRATIGRAFICA</b>		Committente: <b>COOPSETTE S.C.R.L.</b>	
		<b>Saggio 8</b>		Data di esecuzione: <b>MAGGIO 2004</b>	
		Attrezzo: <b>Escavatore meccanico</b>		Cantiere: <b>Lottizzazione "AREA BARAGALLA"</b> Tecnico: <b>Dott. Bruschi Andrea</b>	
Prof. in metri	stratigrafia	campione	<b>Descrizione stratigrafia</b>		
0.3			terreno vegetale marrone a natura limoso argillosa		
2.3			Argille limose ocracee con limi debolmente sabbiosi		
3			Ghiaie media - medio piccola alterate con ciottoli		

Allegato 3 –  
Schede indagini geofisiche

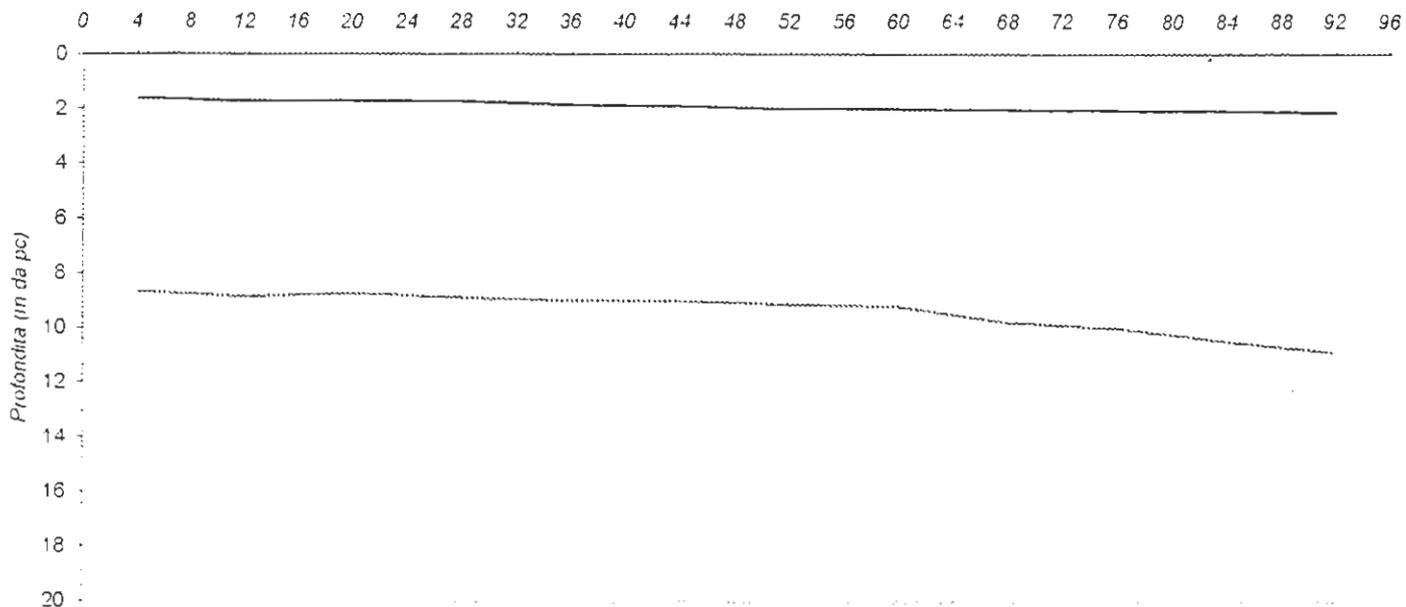
<b>Studio di Ing. Geotecnica e Geologia per l'Ambiente ed il Territorio</b> viale Tinavo 85/1 Reggio Emilia tel. 0522/436624 - cell 349/5290396	<b>Prospezione Sismica di superficie Metodo Rifrazione Multicanale</b>	<b>COMMITTENTE:</b>  <i>COOPSETTE Soc. Coop.</i>
	<b>Base Sismica</b>	
<b>LAVORO:</b> <i>Indagine geofisica</i>	<b>LOCALITA':</b> <b>Baragalla - Area La Rena</b>	<b>DATA:</b> <i>maggio-04</i>
<b>STRUMENTO</b> <i>Pasi mod. 16SG24</i>	<b>PUNTI DI ENERGIZZAZIONE:</b> <i>Scoppio x1= 0 m x2= 30 m x3= 60 m</i>	<b>Direttore dei lavori</b> <b>Dr. Geol. Bruschi Andrea</b>

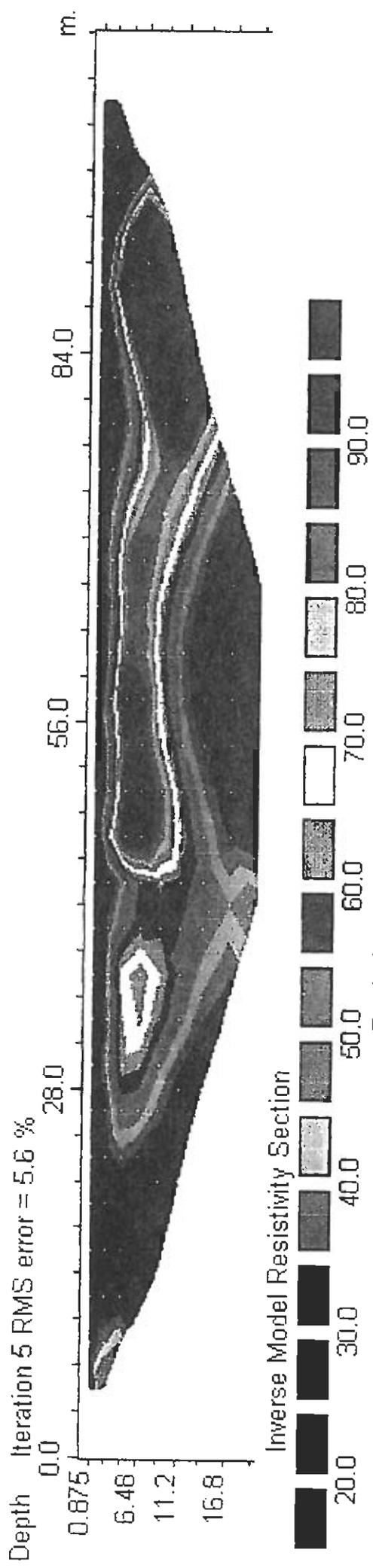
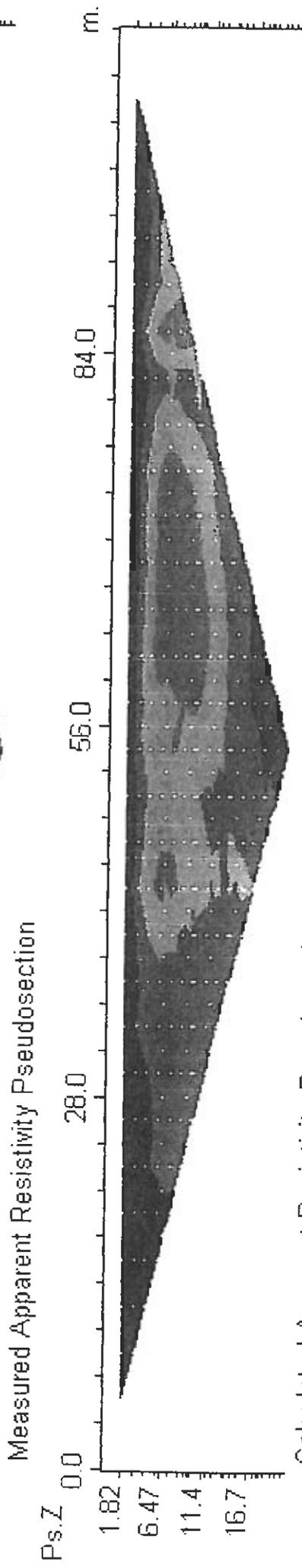
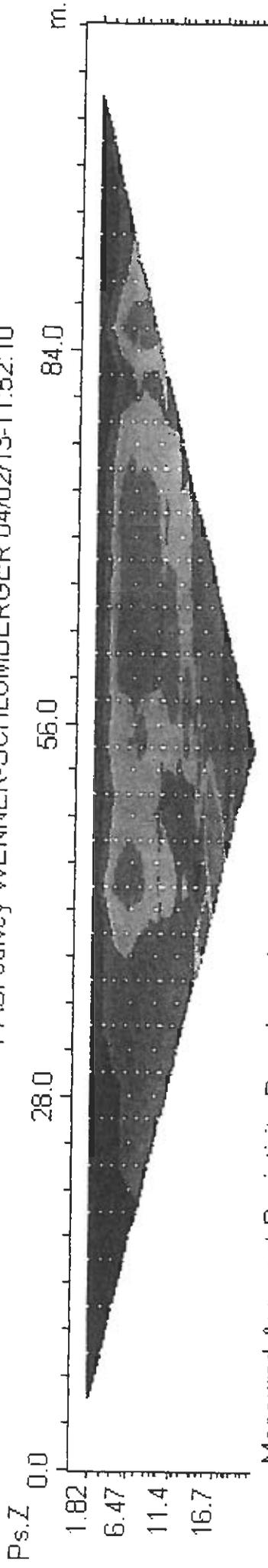
Posizione	PROFONDITA' (m)						VELOCITA' (m/sec)		
	t arrivi (x1)	t arrivi (x2)	t arrivi (x3)	1° rifrattore	2° rifrattore	3° rifrattore	1° strato	2° strato	3° strato
4.0	11.2	41.9	68.4	1.63	8.70		572.30	1580.22	1860.44
12.0	19.8	37.4	64.5	1.73	8.85		571.35	1577.87	1860.44
20.0	24.2	32.2	60.3	1.71	8.75		570.37	1575.53	1860.44
28.0	30.2	27.3	56.9	1.75	8.90		569.39	1573.19	1860.44
36.0	35.6	20.8	50.7	1.85	9.02		568.40	1570.84	1860.44
44.0	40.6	9.1	42.9	1.90	9.03		566.57	1536.98	1860.44
52.0	43.4	10.4	40.3	2.00	9.15		564.74	1536.98	1860.44
60.0	50.2	20.0	35.1	2.01	9.20		562.91	1536.98	1860.44
68.0	56.2	24.2	27.8	2.02	9.80		560.25	1544.35	1860.44
76.0	60.8	32.2	23.9	2.05	10.00		561.08	1551.73	1860.44
84.0	57.1	37.7	21.1	2.07	10.50		559.25	1559.10	1860.44
92.0	69.4	40.0	8.8	2.15	10.90		557.42	1558.25	1860.44

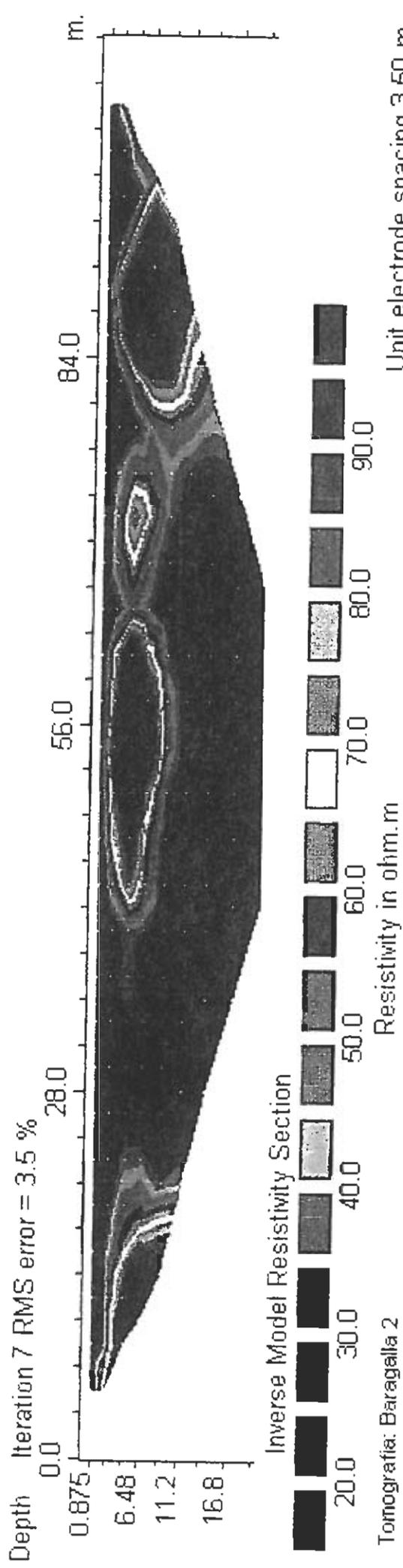
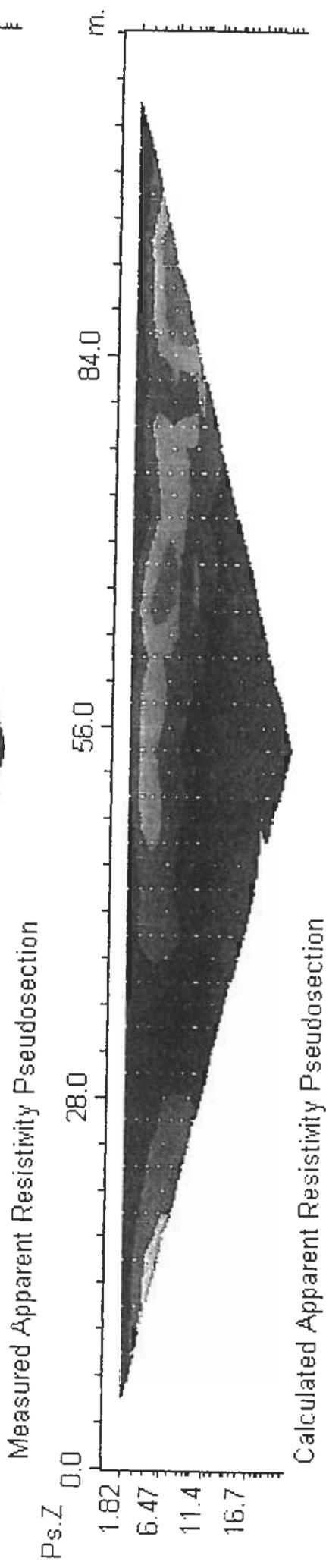
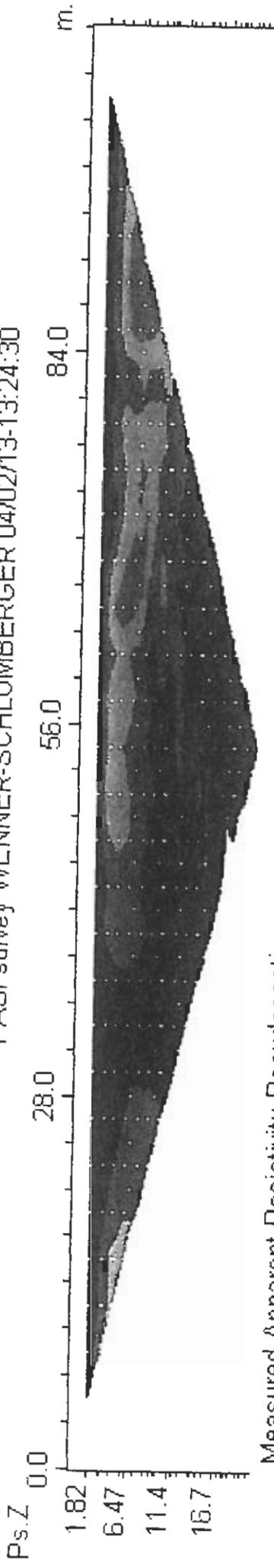
Diagramma di rifrazione



Andamento morfologico Rifrattore/profondità







REGIONE EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

**COMUNE DI REGGIO EMILIA**

# COSTRUZIONE DEL CENTRO COMMERCIALE “LA RENA”

## INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

**Comm.: IMMOBILIARE NORDEST SPA**

**Loc.: Baragalla – Z.I. Gagarin**

**MAGGIO 2012**

**Dott. Ing. e Geol. ANDREA BRUSCHI**



---

**Studio di Ingegneria – Geotecnica - Geologia**

Ufficio: via pezzetta, 35 Mirandola (MO) tel 0535/38269 – fax: 0535/39881

viale Timavo 85/1 Reggio Emilia tel. 0522/436624 cell: 349/5290396

## PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto l'integrazione allo studio geologico-geotecnico eseguito nel Giugno 2007 a supporto del progetto di edificazione del centro Commerciale LA RENA previsto nell'area di Variante al Piano Particolareggiato denominata "Area Baragalla" nel settore Sud Ovest del centro abitato di Reggio Emilia fra via tenni a Ovest, via T.Nuvolari a Sud e la S.S. 63 a Est.

Lo studio che è stato redatto su commissione di: **Immobiliare Nordest spa** è stato eseguito in risposta alla richiesta della provincia di Reggio Emilia per ottemperare al DGR 1661/2009, punto B 2.1.8 eseguendo l'analisi di "terzo livello" così come specificato al punto 4.2 della DAL 112/07.

Le normative e le linee guida seguite nella redazione del presente elaborato sono le seguenti:

- Ord. Pres. Consiglio dei Ministri 3274 del 20-3-2003;
- Delibera assemblea legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 02/05/2007
- Decreto 14 gennaio 2008 (NTC08): Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni e successiva circolare C.S.LL.PP. 2.02.2009 n. 617;
- L.R. 30 Ottobre 2008 n. 19;
- DGR 1661/2009
- Linee Guida: ASPETTI GEOTECNICI DELLA PROGETTAZIONE IN ZONA SISMICA (AGI, 2005).

## RIASSUNTO INDAGINI PREESISTENTI

Nello studio pregresso furono realizzati allo scopo di caratterizzare l'area in analisi, dal punto di vista sia geotecnico e geofisico:

- Esecuzione di n. 5 prove *penetrometriche statiche CPT*, spinte a profondità di  $-2\div-4\div-6$  m da p. campagna;
- *Indagine Tomografica* mediante n. 2 stendimenti (Baragalla 1 e Baragalla 2) per definire l'assetto litologico bidimensionalmente (x-z) per i primi 15 m di sottosuolo;
- *Indagine sismica a rifrazione* mediante stendimento di 96 m al fine di discretizzare il sottosuolo, dal punto di vista sismico, secondo i dettati del PCM n.3274 e succ. mod. e integraz.

Da tali indagini emerse che il sottosuolo del sedime di futura edificazione è, dal punto di vista geotecnico caratterizzato dalla seguente successione:

- I° Unita: Unità presente da 0 a -2 m p.c. e da  $-5\div-15$  a -20 m p.c. costituita da uno strato limo argilloso fortemente sovraconsolidato che dal punto di vista della resistenza alla penetrazione i valori medi misurati variano fra  $q_c = 20\div30$  kgf/cmq;

- II° Unità: Unità che da -2 si estende fino a -5÷-15 m m da p.c. ed è contraddistinta da uno strato ghiaioso in matrice limoso argillosa sabbiosa che verso Est tende ad aumentare in percentuale di Argilla. I valori di qc che variano fra 100 e 200 kgf/cmq, ove prevalgono nettamente le ghiaie.

Tali strati risultano avere i seguenti parametri meccanici caratteristici:

I° unità	II° unità
<b>Sforzi totali UU</b>	
$Cu_k = 0.8 \text{ kgf/cmq}$	
<b>Sforzi efficaci CD</b>	<b>Sforzi efficaci CD</b>
$C'_k = 0.15 \text{ kgf/cmq}$	$C'_k = 0 \text{ kgf/cmq}$
$\Phi'_k = 24^\circ$	$\Phi'_k = 36^\circ$
$\gamma_{nk} = 0.002 \text{ kgf/cmq}$	$\gamma_{nk} = 0.002 \text{ kgf/cm}$
$E = 120 \text{ kgf/cmq}$	$E = 700 \text{ kgf/cmq}$
$\nu = 0.35$	$\nu = 0.29$

Relativamente alla falda idrica sotterranea, essa risulta stazionaria e, il livello della tavola d'acqua rispetto al piano campagna del sedime in studio si assesta ad una quota media variabile tra -20÷23 m da p.c..

Dal punto di vista sismico si è caratterizzato il suolo di fondazione mediante indagine sismica a rifrazione dalla quale si è misurato la velocità delle onde di taglio "s" nei primi 30 m:

$$Vs_{30} = 279 \text{ m/sec}$$

Tale valore ha permesso di classificare il profilo stratigrafico del suolo di fondazione nella categoria C che, nella fattispecie è definita come:

*C – Argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine di metri, caratterizzati da valori di  $Vs_{30}$  compresi tra 180 e 360 m/s.*

## MICROZONAZIONE SISMICA

### **Amplificazione segnale sismico (metodo semplificato NTC 08 art. 3.2.2 e 3.2.3.2.1)**

Da quanto sopra è possibile quindi realizzare la previsione delle modificazioni locali del moto sismico che possono essere indotte nel terreno dal passaggio delle onde sismiche.

L'obiettivo è la suddivisione del territorio o dell'area in esame in sottozone, con l'indicazione delle aree sismicamente critiche durante i terremoti.

In generale i siti sismicamente critici possono essere contraddistinti da aspetti scatenanti dell'amplificazione sismica dovuta a:

- 1) aspetti legati alla presenza nel sito di faglie sismogenetiche e/o faglie attive che possano mobilizzarsi in occasione di eventi sismici e generare possibili scorrimenti e rotture del terreno in superficie
- 2) aspetti legati al verificarsi di fenomeni di instabilità durante l'evento sismico e quindi costituire zone potenzialmente instabili per frana
- 3) aspetti legati a possibili fenomeni d'amplificazione del moto sismico

Nel sito in esame **non sono presenti**, scenari correlabili ai primi 2 punti sopra indicati.

L'unico aspetto da prendere in considerazione per la zonazione del sito, in relazione a possibili effetti locali d'amplificazione, sono quelli dovuti alla presenza di un deposito alluvionale stratificato che ricopre il bedrock sismico, presente però probabilmente a profondità > 100 m, nel sottosuolo.

A tale scopo è possibile valutare i valori d'accelerazione massima al suolo, di ciascuna categoria (sismica) di sottosuolo cui è associato un fattore d'amplificazione denominato fattore di sottosuolo S (Soil factor - per sottosuoli da B ad E), che moltiplica l'accelerazione max su affioramento rigido (sottosuolo tipo A) indicata da EC8 come  $a_{gR}$

$$a_{max} = S \times a_{gR}$$

I valori del Soil factor "S" sono desumibili da tabelle (Del. 112-07) e/o suddivise a seconda della magnitudo come in EC8 (terremoti di tipo 1:  $M > 5,5$  e terremoti di tipo 2  $M \leq 5,5$ ), oppure possono essere calcolati analiticamente ed in particolare:

$$S = S_S \times S_T$$

Dove  $S_S$  = coeff. d'amplificazione stratigrafica     $S_T$  = coeff. d'amplificazione topografica

Come indicato da **Tabella 3.2.IV (DM 14-1-08)**, ove in base alla morfologia, il sito in esame è in categoria topografica T1, cui è assegnato un valore di  $S_T = 1$ , quindi ininfluenza nel calcolo di effetti locali di amplificazione del segnale sismico.

La caratterizzazione sismica, per la definizione delle categorie di suolo di fondazione, ha evidenziato un sottosuolo di tipo C, con  $V_{s30}$  corrispondente a 279 m/sec, quindi il calcolo del fattore di amplificazione (FA) è stato ricavato, per maggior dettaglio, come previsto da tab 3.2V del DM 14-01-08 NTC, con caratterizzazione numerica del parametro  $S_S$ :

$$S_S = 1.70 - 0.6 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g}$$

Ove  $F_0$  = valore del fattore amplificazione spettrale massima, in accelerazione orizzontale

Per una determinazione numerica, del Valore di  $F_0$  è stato utilizzato un particolare simulatore (SPETTRI-NTC vers. 1.0.3), che è in grado di interpolare i dati di una maglia elementare di almeno 4 epicentri sismici all'intorno del sito d'interesse, inserendo le coordinate di latitudine e longitudine in gradi con notazione decimale del sito da analizzare.

I risultati di tale elaborazione, con cui si definisce analiticamente con precisione, il valore di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  del sito d'interesse, sono riportati in figura con indicazione:

In riferimento all'area in analisi le coordinate sono:

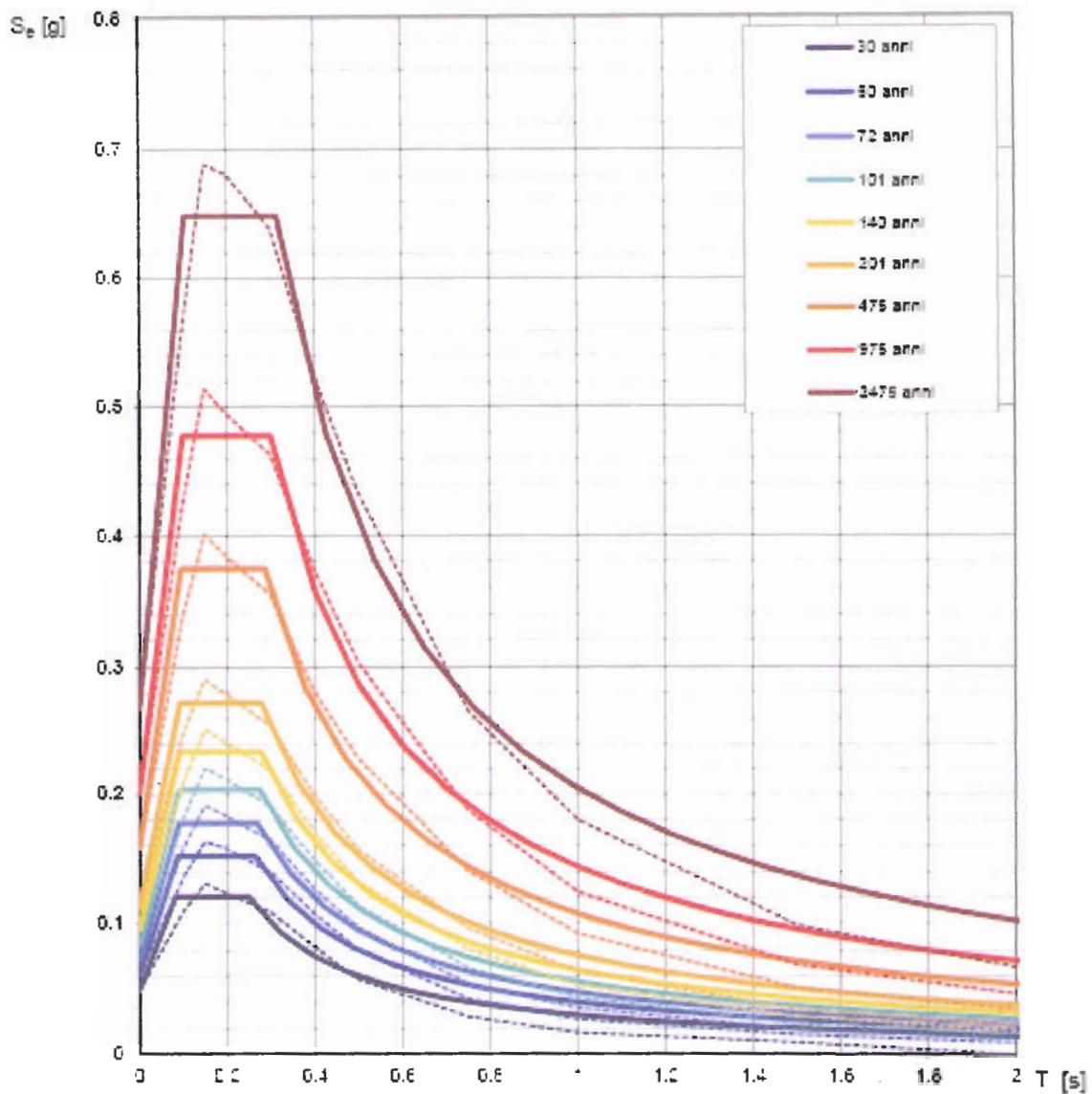
Longitudine 10°5991 (10°35'56,93''); Latitudine 44°6708 (44°40'15,02'') da cui vengono determinati i seguenti valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per differenti periodi di ritorno ed i relativi spettri di risposta elastici.

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

---

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.049	2.471	0.249
50	0.061	2.497	0.263
72	0.072	2.473	0.269
101	0.083	2.469	0.274
140	0.095	2.45E	0.277
201	0.112	2.429	0.279
475	0.156	2.374	0.297
975	0.201	2.379	0.301
2475	0.265	2.45C	0.315

### Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento



**NOTA:**

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

In particolare considerando il fabbricato che verrà realizzato caratterizzato da un tipo di struttura n. 2 e classe d'uso II:

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

---

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="60"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="101"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="949"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="1950"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

Stato Limite	Strategia per costruzioni ordinarie ( $T_R$ [anni])	Strategia scelta ( $T_R$ [anni])
SLO	60	60
SLD	101	101
SLV	949	640
SLC	1950	1950

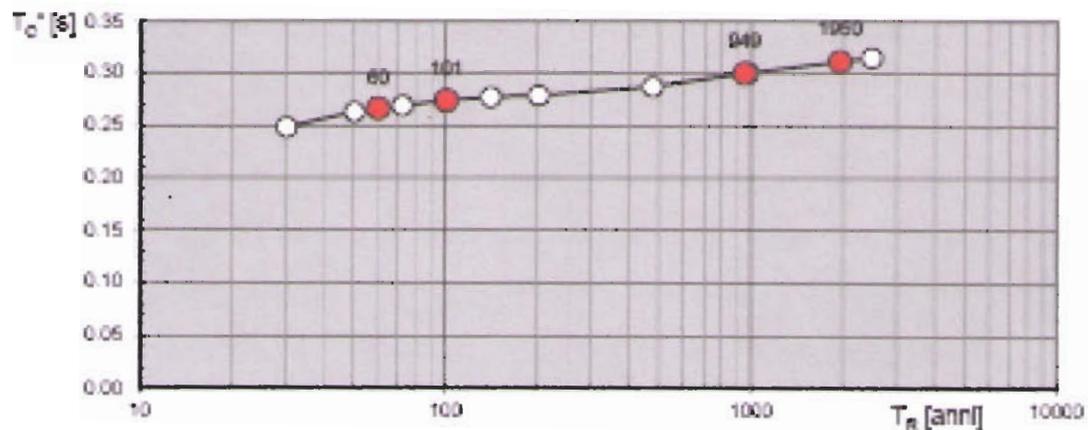
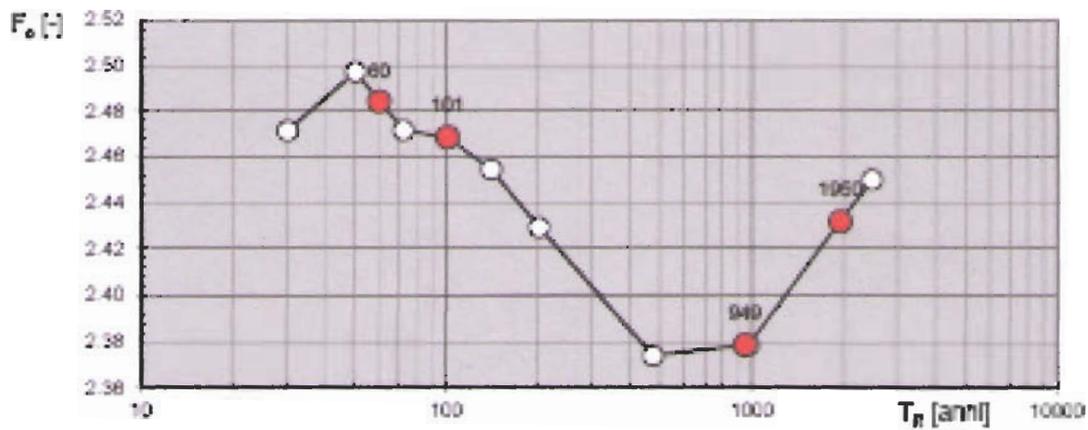
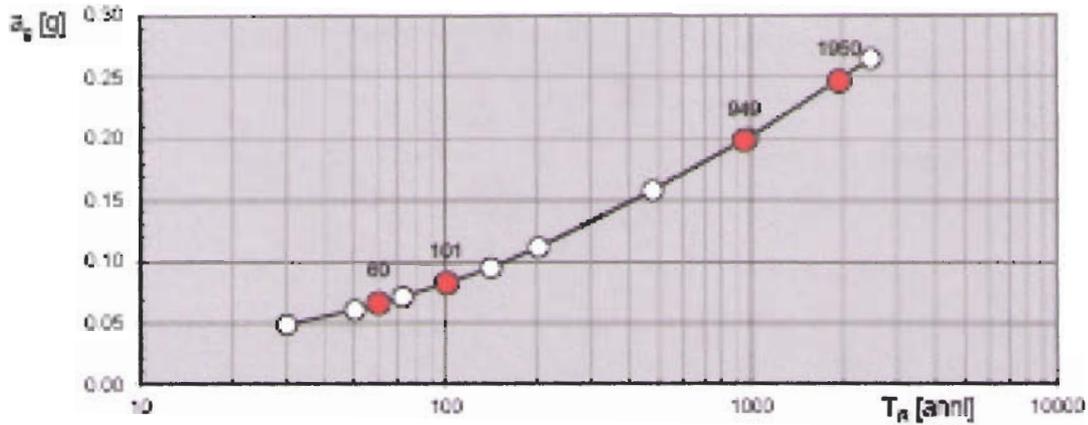
**LEGENDA GRAFICO**

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

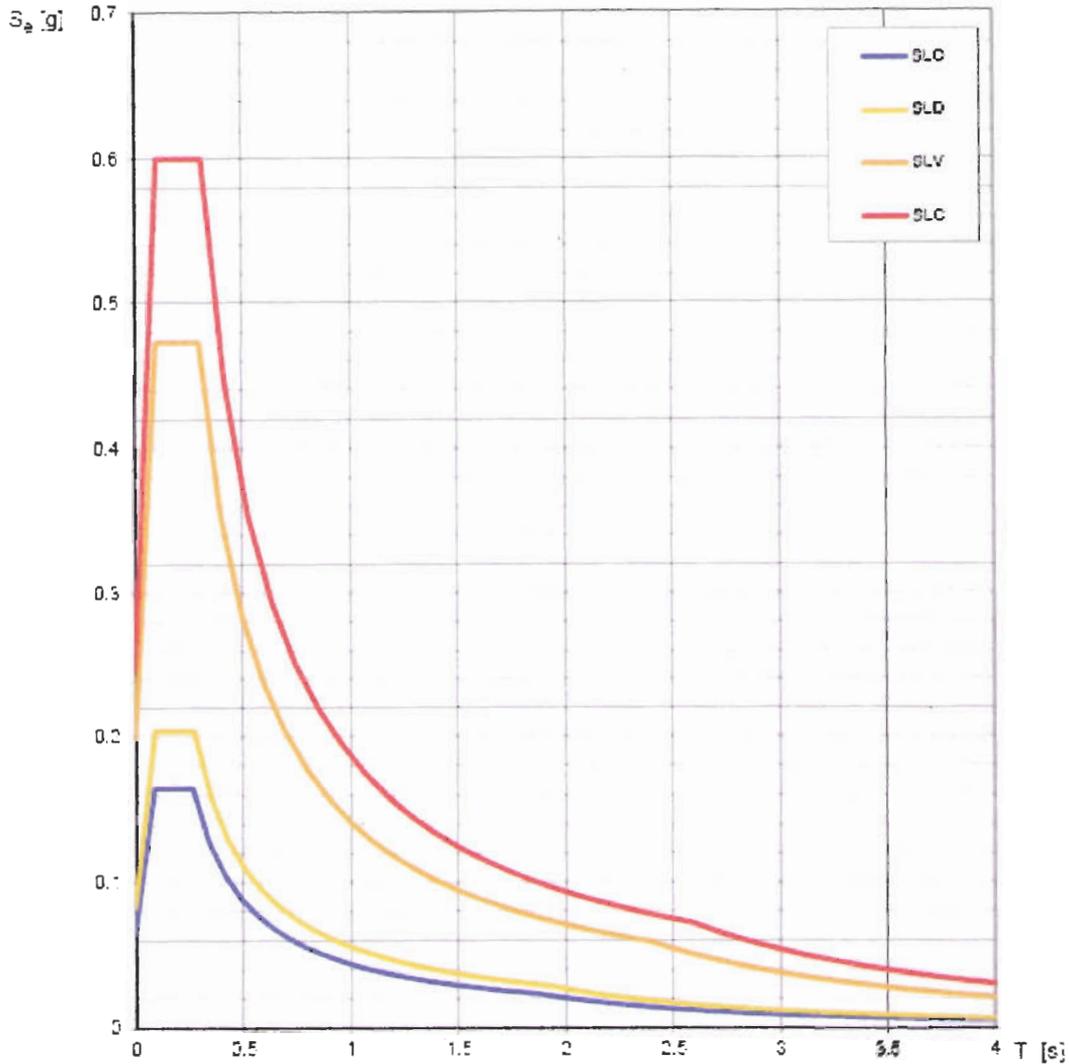
INTRO      FASE 1      **FASE 2**      FASE 3

Quindi per le caratteristiche sito specifiche i valori di riferimento sono quelli per un tempo di ritorno di 475 anni:

**Valori di progetto dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$**



**Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite**



**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	60	0.066	2.484	0.266
SLD	101	0.083	2.469	0.274
SLV	949	0.199	2.379	0.300
SLC	1950	0.247	2.432	0.312

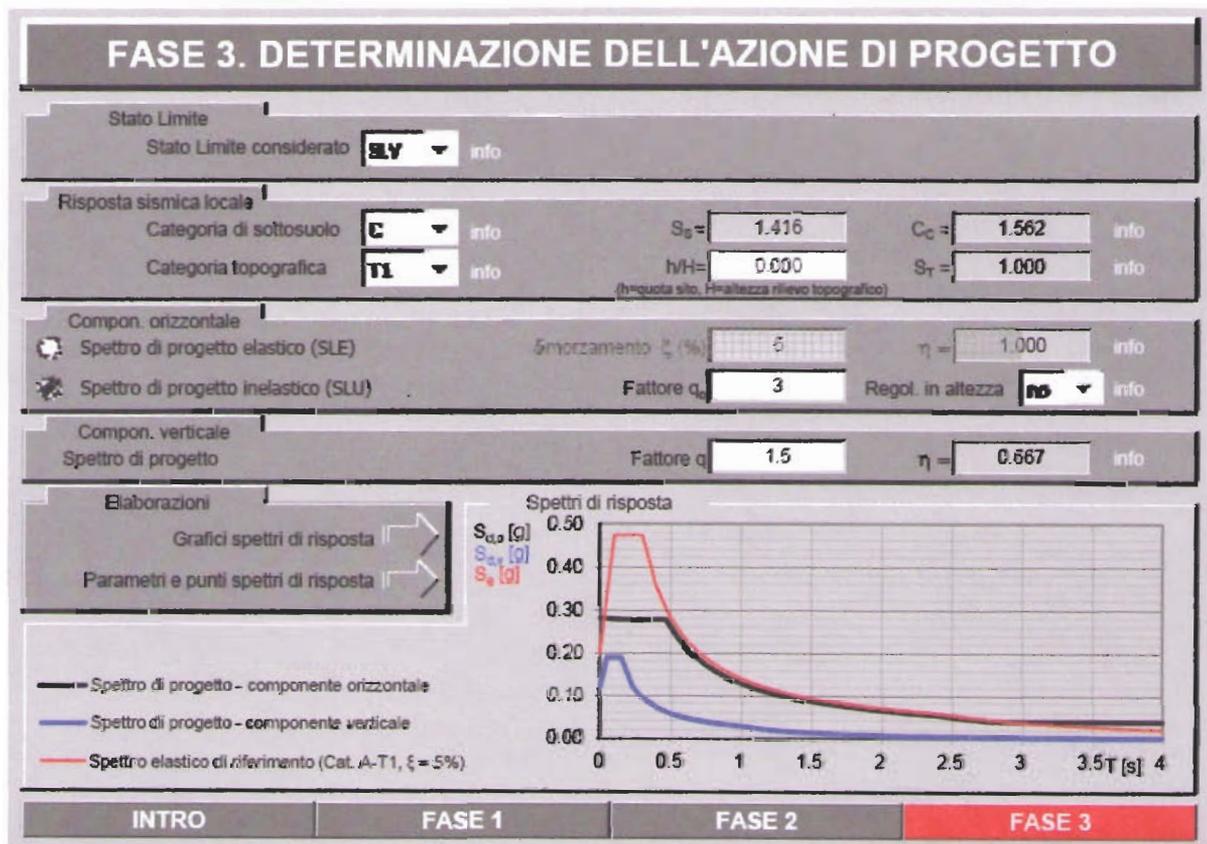
Dai dati sopra esposti si ottiene  $S_s = 1.70 - 0.6 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} = 1.416$  da cui l'accelerazione max superficiale per l'area d'intervento, può essere assunta pari a:

$$a_{max} = 0.224 \text{ g}$$

### Stima analitica degli spettri di risposta (NTC 08)

Dai dati sopra ottenuti è possibile simulare lo spettro di risposta elastico in accelerazione riferito convenzionalmente ad uno smorzamento del 5%, validi per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4 sec.

### Spettro di risposta inelastico (SLU)



Per la definizione dello spettro di risposta sono stati calcolati i periodi  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$  per i quali è necessario conoscere i parametri  $C_C$  (da Tab 3.2V del Dm 14-1-08) e  $T_C^*$  (calcolato e sopra esposto) tramite le seguenti formule:

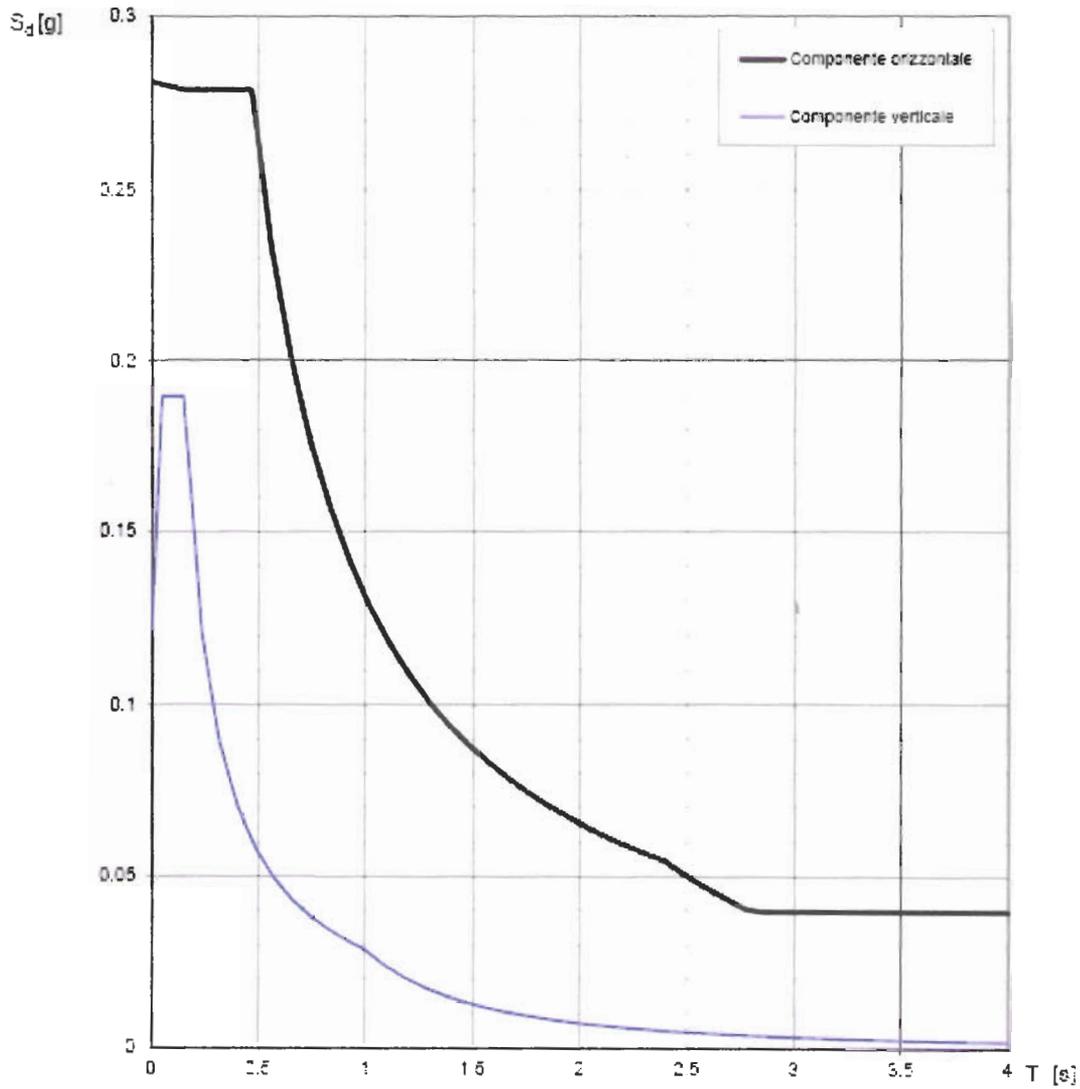
$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

$$T_D = 4 \times a_g / g + 1.6$$

il cui grafico dello spettro inelastico è visualizzato nella seguente figura:

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



Cui corrispondono le seguenti accelerazioni spettrali  $S_C(T)$ :

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.199 g
$F_g$	2.379
$T_C$	0.300 s
$S_g$	1.416
$C_C$	1.562
$S_T$	1.000
$q$	2.400

**Parametri dipendenti**

$S$	1.416
$\eta$	0.417
$T_B$	0.156 s
$T_C$	0.469 s
$T_D$	2.395 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_g \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (S - g)} \geq 0.55; \eta = 1 \cdot q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.6})$$

$$T_B = C_C \cdot T_C \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T = 4.0 \cdot a_g / g - 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_g \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_g} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_g$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_g \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_g \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

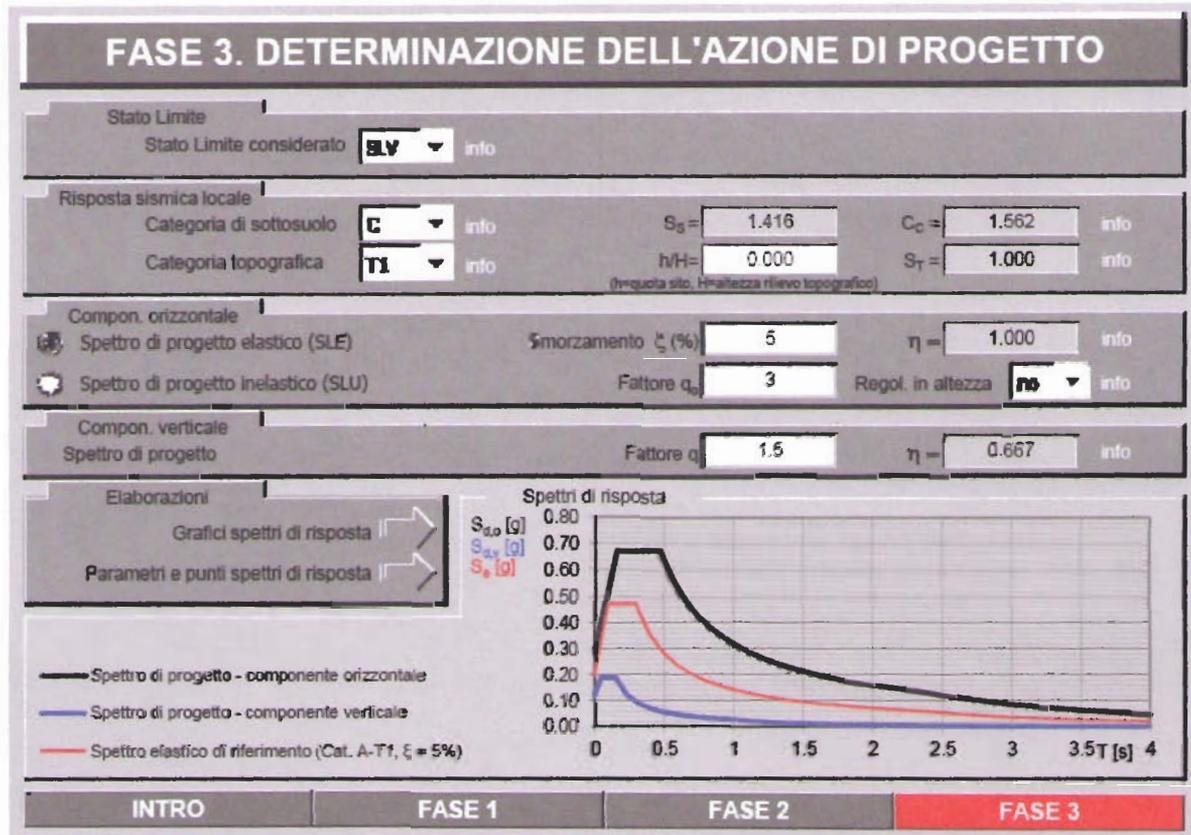
Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5.)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	$S_e$ [g]
	0.000	0.292
$T_B$ ←	0.156	0.279
$T_C$ ←	0.469	0.279
	0.560	0.233
	0.662	0.201
	0.744	0.176
	0.836	0.157
	0.927	0.141
	1.019	0.126
	1.111	0.116
	1.203	0.109
	1.294	0.101
	1.386	0.094
	1.478	0.089
	1.570	0.083
	1.661	0.079
	1.753	0.076
	1.845	0.071
	1.937	0.068
	2.028	0.064
	2.120	0.062
	2.212	0.059
	2.304	0.057
$T_D$ ←	2.395	0.055
	2.472	0.051
	2.548	0.048
	2.625	0.046
	2.701	0.043
	2.777	0.041
	2.854	0.040
	2.930	0.040
	3.007	0.040
	3.083	0.040
	3.159	0.040
	3.236	0.040
	3.312	0.040
	3.389	0.040
	3.465	0.040
	3.542	0.040
	3.618	0.040
	3.694	0.040
	3.771	0.040
	3.847	0.040
	3.924	0.040
	4.000	0.040

Considerando invece lo spettro elastico ovvero lo SLE si hanno i seguenti risultati:

**Spettro di risposta elastico (SLE)**



**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.166 g
$F_a$	2.379
$T_c$	0.300 s
$S_g$	1.416
$C_c$	1.662
$S_T$	1.000
$q$	CCC

**Parametri dipendenti**

$S$	1.416
$\eta$	1.000
$T_n$	0.166 s
$T_c$	0.469 s
$T_D$	2.398 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_g \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6.})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (S - S_g)} \geq 0.55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6.; § 3.2.3.5.})$$

$$T_n = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.6.})$$

$$T_c = C_c \cdot T_n^2 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7.})$$

$$T_D = 4.0 \cdot a_g / g - 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9.})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4.)**

$$0 \leq T < T_n \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[ \frac{T}{T_n} + \frac{1}{\eta \cdot F_a} \left( 1 - \frac{T}{T_n} \right) \right]$$

$$T_n \leq T < T_c \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$$

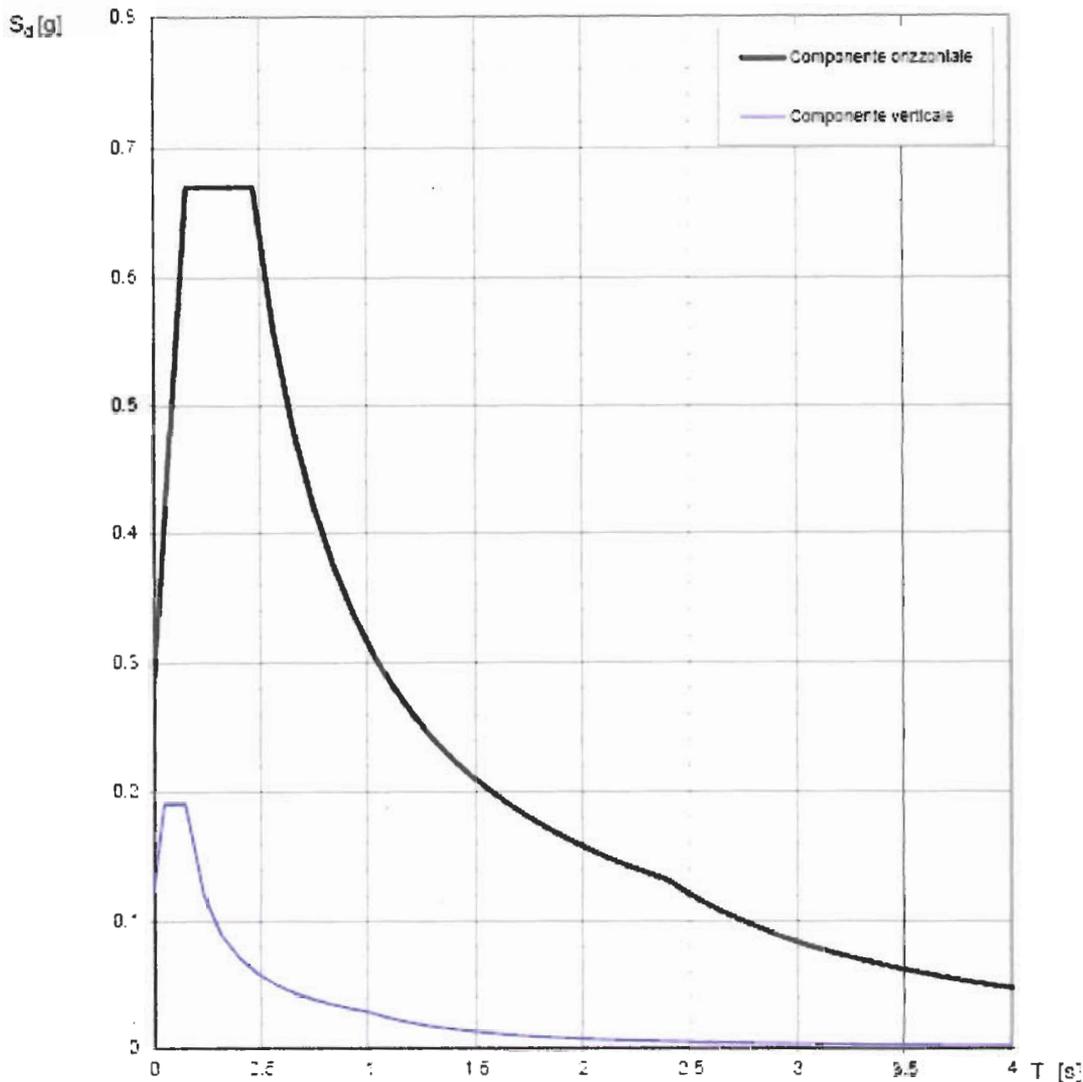
$$T_D \leq T \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left( \frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_a(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $\eta/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5.)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.282
$T_n$ ←	0.166	0.670
$T_c$ ←	0.469	0.670
	0.560	0.560
	0.662	0.481
	0.744	0.422
	0.836	0.376
	0.927	0.339
	1.019	0.308
	1.111	0.283
	1.203	0.261
	1.294	0.243
	1.386	0.227
	1.478	0.212
	1.570	0.200
	1.661	0.189
	1.753	0.179
	1.845	0.170
	1.937	0.162
	2.028	0.155
	2.120	0.148
	2.212	0.142
	2.304	0.136
$T_D$ ←	2.396	0.131
	2.472	0.123
	2.548	0.116
	2.625	0.109
	2.701	0.103
	2.777	0.097
	2.854	0.092
	2.930	0.088
	3.007	0.083
	3.083	0.079
	3.159	0.075
	3.236	0.072
	3.312	0.069
	3.389	0.066
	3.465	0.063
	3.542	0.060
	3.618	0.057
	3.694	0.055
	3.771	0.053
	3.847	0.051
	3.924	0.049
	4.000	0.047

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



**Amplificazione segnale sismico verifica di III Livello (NTC 08 art. 3.2.3.6 e Del RER n. 112/07 art. 4.2 all A3)**

Come previsto dai riferimenti indicati, è stata svolta anche un'analisi di risposta sismica approfondita mediante impiego di accelerogrammi.

Per far ciò è stato utilizzato un particolare programma sviluppato da Iervolino I, Galasso C. Cosenza E. (2009). *Rexel (v. 3.2β) computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. Bulletin of Earthquake Engineering, 8:339-362*, che consente la ricerca di combinazioni di accelerogrammi naturali compatibili con gli spettri delle norme NTC08 (NTC – CS LL.PP., 2008) ed Eurocodice 8 (EC8-CEN 2003).

In particolare i database inclusi nel software citato (Rexel) possono consentire la scelta di accelerogrammi estratti da:

- European Strong-motion Database (ESD) aggiornato a luglio 2007

- Italian Accelerometric Archive (ITACA) aggiornato a Ottobre 2010
- Selected Input Motions for displacement-Based Assessment and Design (SIMBAD) agg. a Giugno 2011

di cui, i primi 2 considerano registrazioni di terremoti con magnitudo maggiore di 4 in condizioni di free-field, mentre il database SIMBAD fa riferimento a registrazioni di terremoti mondiali con magnitudo non minore di 5 e distanza epicentrale non maggiore di 30 Km.

In particolare per ottenere gli accelerogrammi spettro compatibili con quelli determinati da NTC 08, sono state seguite ed utilizzate le seguenti procedure descritte per step:

- Costruzione spettro "target" di risposta elastico in accelerazione per il sito di interesse secondo i parametri sopra descritti nel paragrafo "Amplificazione segnale sismico" e "Stima analitica spettri di risposta" mediante inserimento delle coordinate geografiche del sito di interesse: Latitudine: 44,6708 Longitudine: 10,5991.
- Procedura di disaggregazione per conoscere il contributo alla sismicità (hazard) di un dato sito, riferito ad ogni coppia di magnitudo (M) e distanza (R) considerati per l'ordinata spettrale (Sa) di T=1 sec e per un  $T_R$  di 475 anni. (la disaggregazione ottenuta da *Rexel* fa riferimento ad un studio indipendente; per identificazione di valori di hazard da fonte ufficiale si deve fare riferimento a Ist. Naz. Vulcanologia [INGV]).

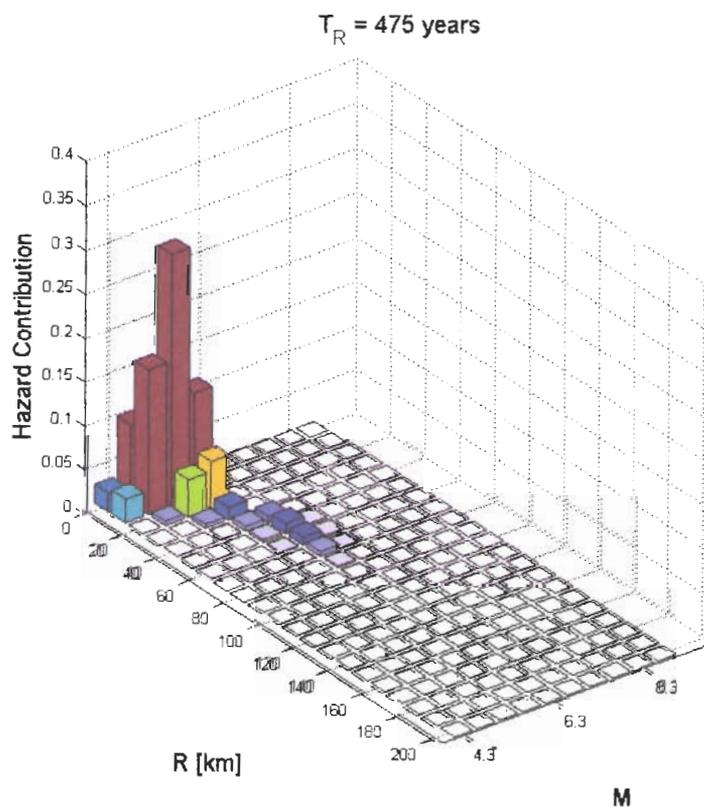


Fig. A disaggregazione per il sito in analisi in termini di Sa (1 sec) e per periodo di ritorno di 475 anni.

- Pericolosità per  $I_D$  condizionata alla PGA di progetto: è un indice ricavato dal rapporto tra l'integrale delle accelerazioni al quadrato diviso per la PGA ed per il picco di velocità al suolo (PGV)

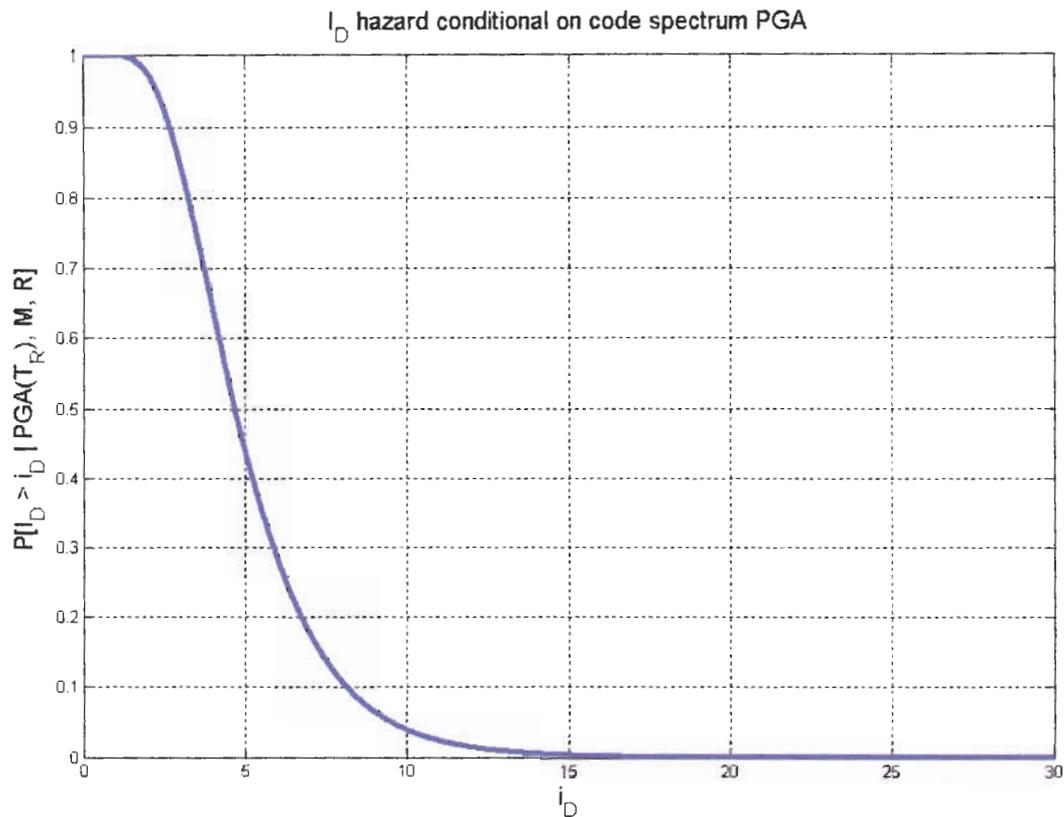


Fig. B : *Indice di Cosenza e Manfredi*

- Scelta delle coppie di M ed R e dei relativi range per la ricerca degli spettri di riferimento e il confronto con gli spettri target: M tra 4.8 e 6.1 con raggio max 20 km.

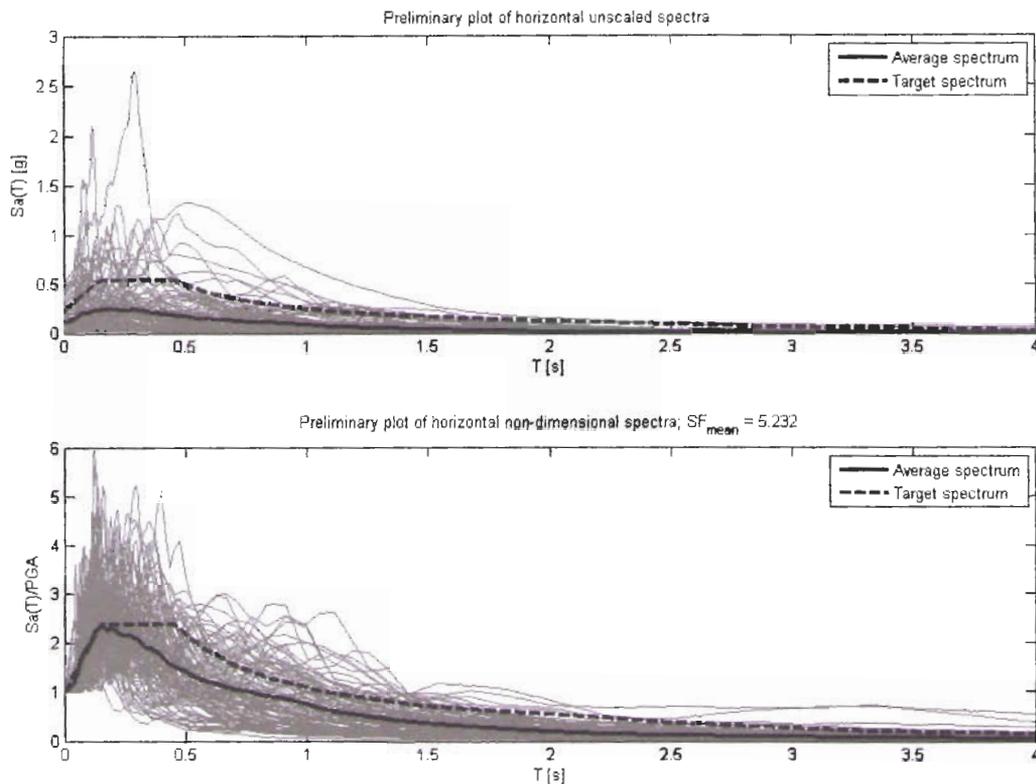


Fig. C - plot preliminare ottenuto per combinazione di eventi con  $M$  (4.8-6.1) e raggio  $R$  (0-20) km, adottando come opzione spettro come quello di target, ottenuti dal database ESD (European Strong-motion database).

- Scelta della tolleranza da adottare per lo spettro medio ottenuto al punto precedente e l'intervallo di periodo di interesse ( $T_1$ - $T_2$ ) che consentono di ottenere le combinazioni di accelerogrammi compatibili con lo spettro di normativa (non scalati e/o scalati linearmente cioè normalizzati rispetto alla propria PGA).

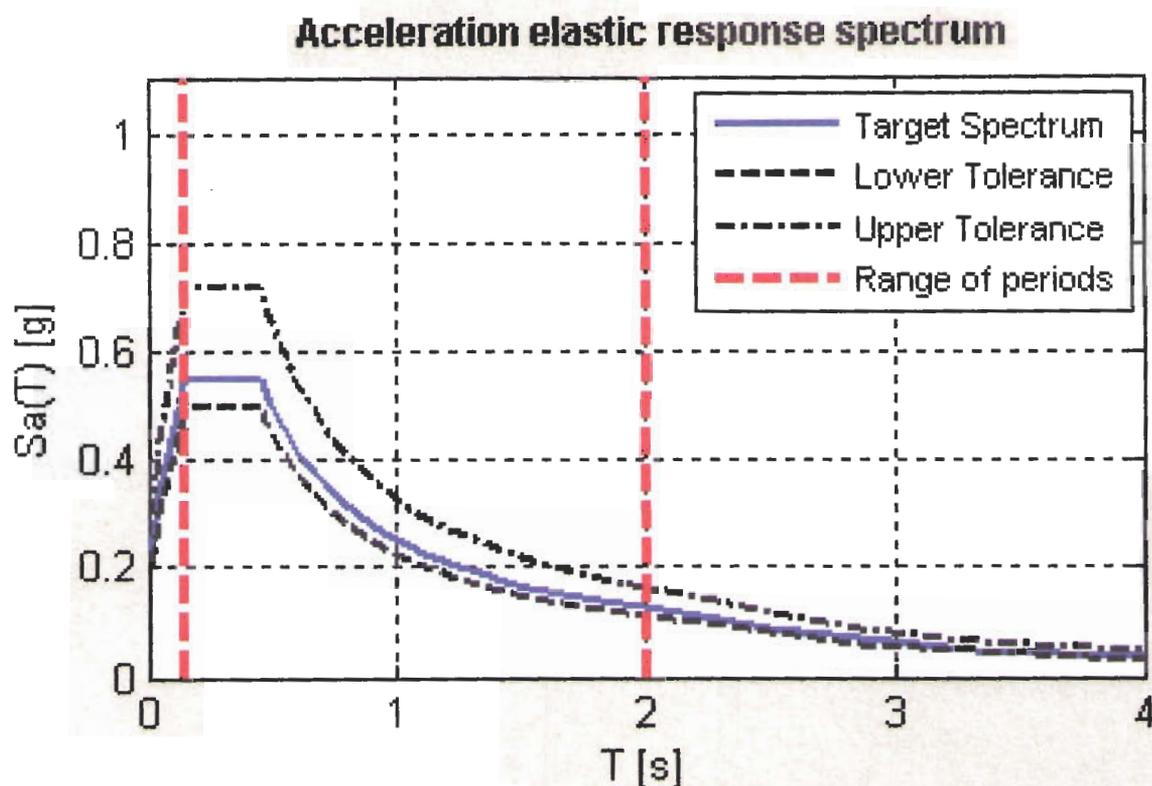


Fig. D - combinazione (componente orizzontale) di segnali a tre componenti spettro compatibili (combinazione n.1). [tolleranza 10/30 intervallo  $T_1/T_2$  0.15/2]

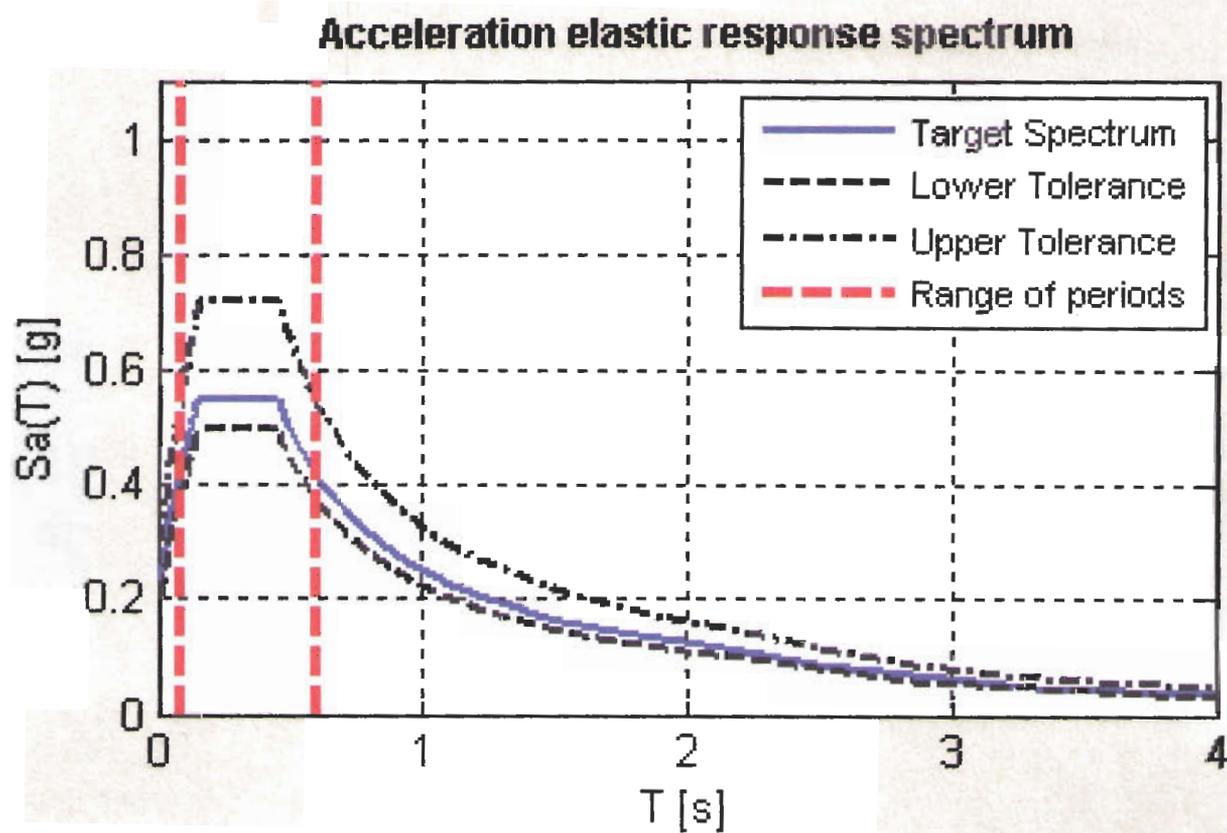


Fig. E - combinazione (componente orizzontale) di segnali a tre componenti spettro compatibili (combinazione n.1) tolleranza 10/30 intervallo T1/T2 0.08/0.6]

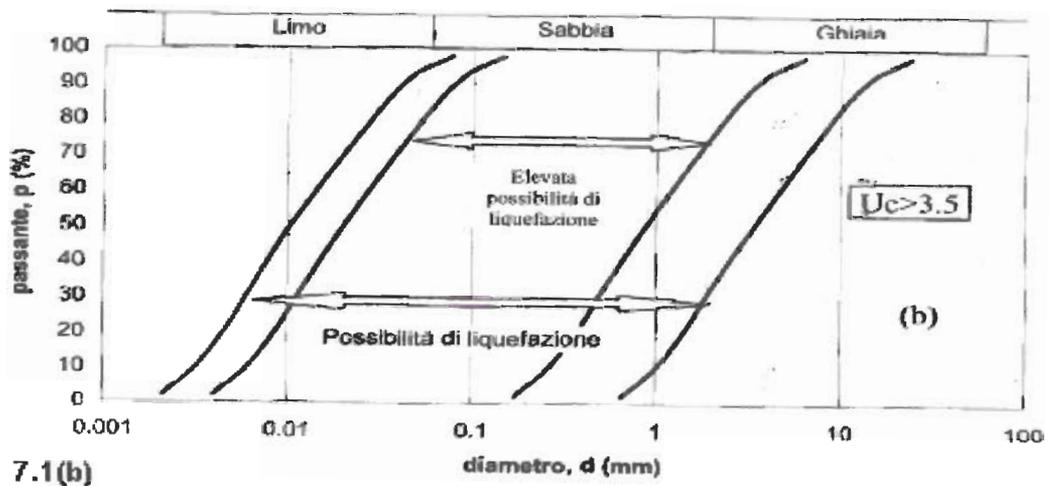
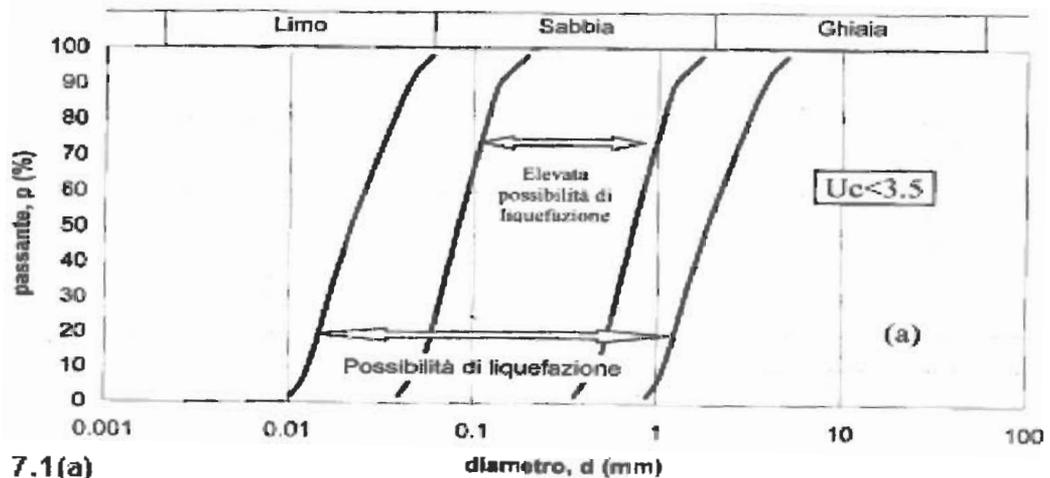
Dall'esame delle precedenti figure si evince che:

- **Fig. D:** per l'intervallo di periodo circa pari a 0,15/2 sec, possono verificarsi incrementi, comunque entro il 30% dei valori di  $S_a(T)$  [g], rispetto a quelli ottenibili dallo spettro target di riferimento (NTC08).
- **Fig. E:** per l'intervallo di periodo circa pari a 0,08/0,6 sec, possono verificarsi incrementi, anche del 50/60% dei valori di  $S_a(T)$  [g], rispetto a quelli ottenibili dallo spettro target di riferimento (NTC08).

### ANALISI ALLA SUSCETTIVITA' DI LIQUEFAZIONE

In base alle caratteristiche geomeccaniche e litologiche del sito si può ritenere che la probabilità che si verifichi la liquefazione sia estremamente bassa o nulla in quanto sussistono le seguenti condizioni:

- Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna;
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in figura 7.1(a) e 7.1(b).



### STIMA DEI CEDIMENTI DEI TERRENI GRANULARI NON SATURI

Procedendo secondo il DAL 112/07 allegato 3 punto D, visto i valori di  $N_{spt}$  determinati normalizzando il valore di  $q_c$  medio di 150 kg/cmq:  $N_{spt} = 150/3 = 50$  da cui  $(N_1)_{60} = N_{spt} \cdot (Pa/\sigma'_v)^{0.5} = 35.4$  da cui in base al valore di  $a_{max} = 0.158$  g si ottiene dalla tabella 7 del DAL 112/07 allegato 3, per interpolazione lineare,  $\varepsilon_v = 0.005$  da cui considerando lo spessore medio di 1000 cm si ottiene un cedimento stimato pari a  $\Delta H = 5$  cm.

### STIMA DEI CEDIMENTI POSTSISMICI DEI TERRENI COESIVI

L'unità geotecnica I è contraddistinta da terreni coesivi sovraconsolidati con caratteristiche meccaniche buone aventi una  $c_u$  80 kPa e un indice plastico < al 30% pertanto, non sussistono le condizioni di determinare i cedimenti post sismici così come indicato nella DAL 112/07 allegato 3 punto E.

### DETERMINAZIONE PORTATA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Al fine di verificare al taglio il terreno di fondazione è stata determinata la resistenza al taglio generale del volume di terreno sotto la fondazione in progetto considerando la nota relazione di Terzaghi per fondazioni a plinto isolati :

$$q_d = c\delta_c N'_c + qN'_q + \delta_\gamma 1/2\gamma BN'_\gamma$$

dove:

$N'_c, N'_q, N'_\gamma$  = coefficienti di capacità portante in funzione di  $\phi$ .  
 $\delta_c, \delta_\gamma$  = coefficienti di forma funzione del rapporto B/L;  
q = sovraccarico totale agente ai bordi della fondazione;  
 $\gamma$  = peso di volume del terreno in kgf/cm<sup>3</sup>  
c = coesione del terreno in kgf/cm<sup>2</sup>  
B = larghezza della fondazione in cm  
L = lunghezza della fondazione in cm

Visto le caratteristiche dei terreni interagenti con la struttura, le condizioni critiche per la stabilità della fondazione sono quelle a breve scadenza ossia le condizioni iniziali non drenate:

$$q_{lim} = C_u \delta_c N_c + q$$

la portata è stata eseguita seguendo l'approccio 2 con combinazione A1+M1+R3 come disposto nel DM 14 gennaio 2008 ipotizzano fondazioni superficiali a plinto.

- combinazione A1+M1+R3:  
 $c_u = 80$  kN/mq;  
 $\gamma = 20$  kN/mc  
D = piano posa fondazione = 1,5 m da p.c.  
q = peso terreno al bordo della fondazione =  $1,5 \times 18 = 36$  kN/mq  
 $N_c = 5,14$

$$\delta_c = 1,2$$

$$q_{lim} = 80 \cdot 5,14 \cdot 1,2 + 36 = 529,44 \text{ kN/mq}$$

$$q_D = q_{lim} / \gamma_R = 529,44 / 2,3 = 230,19 \text{ kN/mq}$$

**Ing. e Geol. ANDREA BRUSCHI**

