

geOLOG

COMUNE DI LUZZARA

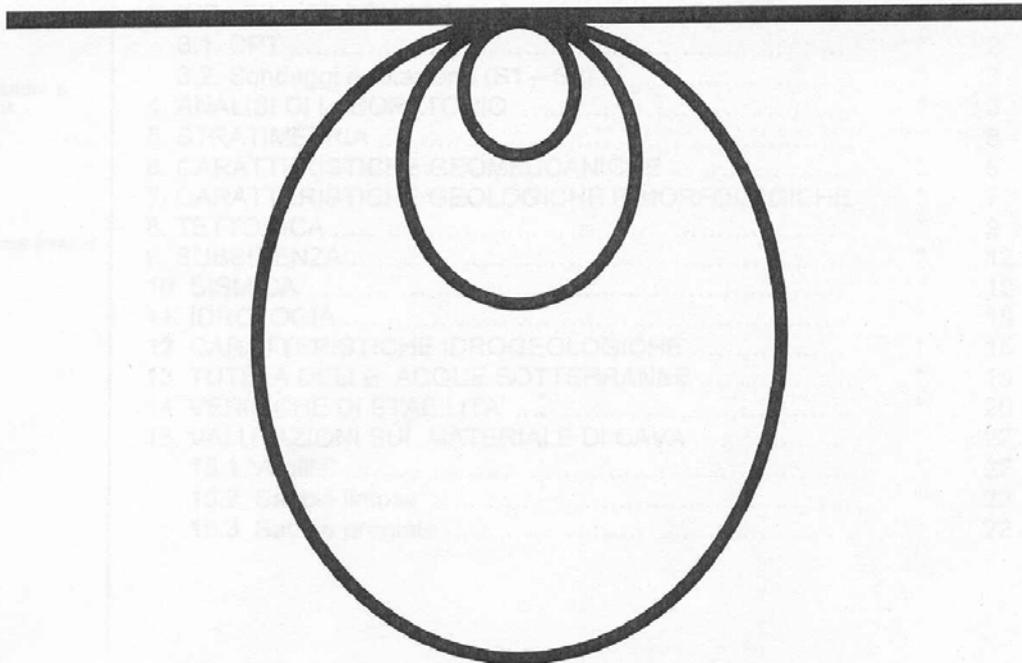
PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

**VARIANTE GENERALE
AL PIANO COMUNALE DELLE ATTIVITA' ESTRATTIVE
IN ADEGUAMENTO ALLA VARIANTE GENERALE 2002 AL P.I.A.E.
DELLA PROVINCIA DI REGGIO EMILIA**

Relazione geologico-tecnica generale

Geologia, geomorfologia, idrogeologica, verifiche di stabilità
e stime sulla qualità dei volumi estraibili

Febbraio 2005





COMUNE DI LUZZARA

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

**VARIANTE GENERALE
AL PIANO COMUNALE DELLE ATTIVITA' ESTRATTIVE
IN ADEGUAMENTO ALLA VARIANTE GENERALE 2002 AL P.I.A.E.
DELLA PROVINCIA DI REGGIO EMILIA**

Relazione geologico-tecnica generale

Geologia, geomorfologia, idrogeologica, verifiche di stabilità
e stime sulla qualità dei volumi estraibili

Gennaio 2005

Indice

1. PREMESSA	pag.	1
2. INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE (ANTECEDENTI IL 2004).....	"	1
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE ATTUALI (2004)	"	1
3.1. CPT	"	2
3.2. Sondaggi a rotazione (S1 – S2)	"	3
4. ANALISI DI LABORATORIO	"	3
5. STRATIMETRIA	"	5
6. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE	"	5
7. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E MORFOLOGICHE	"	7
8. TETTONICA	"	9
9. SUBSIDENZA	"	12
10. SISMICA	"	12
11. IDROLOGIA	"	15
12. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	"	15
13. TUTELA DELLE ACQUE SOTTERRANEE	"	19
14. VERIFICHE DI STABILITA'	"	20
15. VALUTAZIONI SUL MATERIALE DI CAVA	"	22
15.1 "Argille"	"	22
15.2. Sabbie limose	"	22
15.3. Sabbie pregiate	"	22



Tavole

1. Corografia generale
2. Ubicazione sondaggi geognostici e pozzi idrici profondi
- 3/38. Diagrammi penetrometrici e interpretazione dei CPT
- 39/40. Logs dei carotaggi
- 41/53. Certificati di laboratorio
- 54/58. Diagrammi rischio liquefazione

Allegati

Sondaggi geognostici e stratigrafie a supporto del P.A.E. e delle analisi antecedenti il 2004

1. PREMESSA

Questa relazione è di supporto alla Variante Generale al Piano delle Attività Estrattive (PAE) del Comune di Luzzara (RE).

In esame è l'area di P.I.A.E. denominata "Belgrado-Fogarino", contraddistinta dal codice PO015.

Tavola 1 riporta l'ubicazione del settore e la suddivisione in sottozona (A-B-C-D-E-ZI-ZR) per esso operata nell'ambito del presente studio.

Di seguito, oltre a descrivere la geologia, la geomorfologia e l'idrogeologia del comparto, si avanzano stime sulla qualità del prodotto estraibile.

Le valutazioni litologiche e geomeccaniche sono tratte da numerosi sondaggi geognostici attuali e pregressi; l'assetto idrogeologico deriva da una serie di misure effettuate nei pozzi idrici e nei bacini presenti in zona.

Ampio spazio è stato riservato alle verifiche di stabilità delle scarpate. L'approccio alla problematica è stato differenziato a seconda del dettaglio richiesto: in questo rapporto si analizzano le condizioni di equilibrio utilizzando sistemi speditivi per fronti omogenei e con geometrie semplici; nel Piano di Coordinamento Attuativo allegato, le verifiche sono condotte sulla scorta di modellazioni matematiche mettendo in conto più circostanziate situazioni stratigrafiche, e computando ora le morfologie indotte dalle coltivazioni contigue, ora la presenza degli argini intragolenali, ora l'effetto di un evento sismico.

2. INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE (ANTECEDENTI IL 2004)

Dal punto di vista litologico il settore è noto da tempo grazie ad alcune campagne geognostiche condotte dal Dr. Ziber Cattini nell'inverno 1992-1993 su buona parte dell'area in esame.

In quell'occasione furono eseguite 6 prove penetrometriche statiche (CPT) alla profondità di - 14÷16 m e 13 saggi spinti a quote comprese tra -3.5 e -5.5 m dal piano campagna per mezzo di un scavatore idraulico.

Di quei sondaggi si riportano i logs CPT e le descrizioni stratigrafiche in allegato 1. In coda sono anche le successioni litologiche desunte da 3 pozzi idrici "profondi" a stratigrafia nota.

Le ubicazioni delle prove geognostiche e dei pozzi citati sono in tavola 2.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE ATTUALI (2004)

Vista la possibilità di sondare quei suoli con il penetrometro statico, abbiamo ritenuto di integrare i dati esistenti con la stessa metodica; 25 prove sono state concentrate nella sottozona A, mentre 11 sono state distribuite in seno alla sottozona E ed ai margini delle sottozone B e C, per un totale di 36 CPT aggiunti.

Nell'ambito del Piano di Coltivazione e Progetto di Sistemazione della sottozona A, per caratterizzare in modo dettagliato l'assetto litologico-geomeccanico sono stati eseguiti anche 2 sondaggi carotati, che relativamente al particolare

settore hanno permesso di “tarare” le penetrometrie e prelevare campioni per le analisi di laboratorio.

L'elaborato 2 evidenzia i punti delle verticali esplorative.

3.1. CPT

Si è impiegato uno strumento con spinta nominale di 300 kN, puntale standard M2 (Friction jacket cone), dinamometro idrostatico con tre manometri scalati.

La profondità d'indagine è stata limitata a - 12÷13 m dal piano campagna.

I valori della resistenza alla punta (q_c), al manicotto di frizione (f_s) e del rapporto q_c/f_s sono diagrammati nelle tavole 3 ÷ 38.

Queste ultime propongono anche un'interpretazione litologico-geomeccanica, ottenuta mediante uno specifico programma di calcolo che restituisce in forma grafica quanto è ragionevolmente estraibile dalle misure.

Il programma è di nostra redazione, pertanto ne conosciamo limiti e potenzialità.

Per non appesantire l'esposizione, si evita la disamina degli algoritmi utilizzati; sul modulo sono comunque citati gli Autori di riferimento.

Nella classificazione litologica (secondo Schmertmann, 1978) compaiono i termini indicati dall'Autore per i suoli della Florida; a tal proposito va detto che le “argille organiche” non sono tali, ma corrispondono generalmente ad intercalazioni di argilla e silt che generano interferenza tra le due misure del puntale.

Il livello piezometrico indicato nei grafici è quello del 5 Agosto 2004.

Nella derivazione dei parametri meccanici e della storia tensionale si sono divisi in modo drastico i materiali incoerenti da quelli coesivi, con riferimento ad un valore discriminante del rapporto di frizione; la validità dei risultati è pertanto limitata alle particolari condizioni che si instaurano durante la prova penetrometrica.

Il calcolo riguarda:

- il probabile andamento della tensione litostatica effettiva σ'_{v0} ;
- l'angolo di resistenza al taglio in termini efficaci φ per le terre giudicate incoerenti;
- la resistenza al taglio in termini totali (ovvero la coesione non drenata c_u per $\varphi = 0$) relativa alle terre giudicate coesive:
- il rapporto di sovraconsolidazione OCR, laddove si dispone della c_u .

Il termine OCR, per le argille ed i limi, esprime lo scostamento tra la consistenza misurata e quella che occorrerebbe attendersi nel medesimo terreno qualora la consolidazione fosse avvenuta per effetto del solo carico litostatico.

La relazione utilizzata per la stima di tale parametro è la seguente:

$$c_u / \sigma'_{v0} = (0.23 \pm 0.04) \text{OCR}^{0.8} \quad (\text{Ladd e Foot, 1974})$$

OCR è omesso per i terreni sabbiosi, da considerarsi verosimilmente normalconsolidati.

3.2. Sondaggi a rotazione (S1 – S2)

Queste prospezioni, oltre a consentire ulteriori tests geotecnici sui materiali attraversati ed il prelievo di campioni per le analisi di laboratorio, hanno permesso di ottemperare alle Norme del Piano Comunale delle Attività Estrattive (P.A.E.) circa la realizzazione di un sistema di monitoraggio sulla qualità delle acque sotterranee.

Si è utilizzata una sonda Atlas Copco mod. Mustang A 65, gli avanzamenti sono stati protratti fino ad una profondità di -12.2 e -14.8 m dal piano campagna (rispettivamente per S1 ed S2) e condotti sistematicamente a secco senza uso di polimeri.

Sugli orizzonti coesivi si sono effettuati punzonamenti al pocket penetrometer (p.p.).

Lo Standard Penetration Test, riservato ai materiali sabbiosi, è stato condotto mediante attrezzatura normalizzata Nenzi, impiegando la scarpetta con puntale apribile Raimond; quanto alle modalità si è fatto riferimento alle raccomandazioni A.G.I.

Per consentire il monitoraggio periodico della qualità dell'acqua, entro il foro S2 è stato inserito un piezometro semplice. Il tubo ha un diametro di 3" ed è microfessurato con tagli di 0.2 mm ad eccezione di un tratto sommitale lungo 4 m e di un tratto lungo 1 m alla base, entrambi ciechi. Il materiale (PVC-U) è conforme alle prescrizioni della Circolare del Ministero della Sanità n. 102 del 02/12/78. Data la natura dei terreni circostanti non si è ritenuto di porre dreni di inerti selezionati; si è evitato altresì l'impiego di filtri in tessuto non tessuto, che notoriamente arrestano il passaggio di alcuni inquinanti.

Entro il foro S1 si è inserito un tubo finestrato (diam. 1"); la sua utilità è stata però temporanea in quanto di recente è stato distrutto dalle pratiche agricole.

L'ubicazione delle verticali è in tavola 2; S2 è stato affiancato ad una prova penetrometrica statica per consentire le tarature del caso.

I risultati e le annotazioni d'interesse sono nelle tavole 39 e 40.

4. ANALISI DI LABORATORIO

Sui campioni prelevati sono state richieste le seguenti determinazioni:

- classificazione secondo la Norma CNR-UNI 10006 per i suoli francamente coesivi;
- analisi granulometrica con setacci previo lavaggio al setaccio ASTM 200;
- prova di taglio diretto C.D.

Quest'ultimo test è stato eseguito solo su un campione particolarmente molle raccolto a -5 m circa tra i CPT 12 e 13.

I certificati di laboratorio sono nelle tavole 41 ÷ 53. I campioni C1A e C1B corrispondono rispettivamente alla parte alta e bassa del materiale prelevato con fustella Shelby.

Lo schema della pagina seguente propone una sintesi dei risultati ed evidenzia le percentuali dei principali minerali componenti le sabbie.

RIEPILOGO ESITI ANALISI DI LABORATORIO:

Sondaggio S1

Campione	L.L. - L.P. - I.P.	lim/arg - sabb - gh	pass allo 0.42	Classe
S.1 C.1 1.60 - 1.80 m	52 - 28 - 24			A-7-6
S.1 C.2 3.50 - 3.70 m	44 - 25 - 19			A-7-6
S.1 C.3 4.30 - 4.45 m	41 - 23 - 18			A-7-6
S.1 C.1 - B 4.70 - 5.10 m	31 - 19 - 12			A-6
S.1 C.5 5.90 - 6.10 m	n.d	3 95 2	45	A 2
S.1 C.7 9.00 - 9.60 m	n.d	6.5 93 0.2	75	A 3

Descrizione parti sabbiose

Campione	quarzi	feldspati	pirosseni	miche	note
S1 C1 B	35-40	40-45	10-15	5	grigio omogeneo grani molto piccoli
S1 C5	40-45	35	15-20	5	chiaro punti neri grani ben evidenti
S1 C7	55	25	10	10	marron chiaro grani abb. piccoli

Sondaggio S2

Campione	L.L. - L.P. - I.P.	lim/arg - sab - gh	pass. allo 0.42	Classe
S2 C1 1.60-1.80 m	30 22 16			A6
S2 C2 5.70-5.90 m	n.d	51.5 - 48.5 - 0	97	A4
S2 C3 6.50-6.80 m	n.d	26 - 74 - 0	98	A2
S2 C4 7.50-7.70 m	n.d.	11 - 89 - 0	93	A3
S2 C5 8.00-8.15	n.d.	9.5 - 90.5 - 0	90	A3
S2 C6 10.2-10.4 m	n.d.	0.8 - 99,2 - 0	37	A2

Descrizione parti sabbiose

campione	quarzi	feldspati	pirosseni	miche	note
S2 C2	35-40	35-40	15-20	5-10	grigio omogeneo grani piccoli
S2 C3	40	35	15-20	5-10	grigio omogeneo grani abbast. piccoli
S2 C4	40	35	20	5	come sopra
S2 C5	55	25	15	5	marron grigio abb. grossi
S2 C6	50	25-30	15-20	0-5	come sopra più evidenti i piross.

TAB. 1

Note:

Le percentuali sono state stimate mediante la lente.

Grani piccoli: indica che non sono ben distinguibili con la lente

I numeri nelle tabelle indicano tutti %

La categoria "lim/arg" (limi e argille) corrisponde al passante al setaccio n.200 (0.074 mm)

Dr. Geol. Mario Fabbri





5. STRATIMETRIA

Per visualizzare l'assetto stratigrafico del sottosuolo abbiamo organizzato i risultati disponibili su 6 sezioni (1-1' ÷ 6-6' - direttrici in tavola 2).

Il risultato è nella tavola P.03 degli elaborati di progetto.

I limiti stratigrafici, tracciati con riferimento ai risultati CPT, sono talora corretti grazie al dettaglio dei logs dei carotaggi; dal confronto tra i materiali estratti e le misure penetrometriche si è inoltre ritenuto di considerare sabbioso-limosi i livelli con $q_c < 3$ MPa anche se in alcuni casi il rapporto q_c/f_s avrebbe corrisposto a quelle resistenze depositi francamente sabbiosi.

Di seguito si specificano le semplificazioni attuate per snellire il disegno e renderlo idoneo ai fini operativi.

In primo luogo le classi litologiche delle tavole interpretative sono state così raggruppate:

- argille, limi e limi argilloso-sabbiosi
- sabbie limose
- sabbie

Quanto ai criteri usati per rappresentare le litologie desunte dai CPT, per evitare eccessive articolazioni si è deciso di non indicare uno strato isolato di spessore pari al passo delle misure penetrometriche (20 cm); due strati diversi e contigui inglobati nella compagine dominante sono poi "letti" come un unico livello di 40 cm caratterizzato dalla litologia più fine.

La semplificazione dei logs dei carotaggi segue le stesse linee, inoltre: il termine sabbie riunisce tutte le classi granulometriche dei depositi incoerenti, compresi i livelli con ciottolotti, mentre il loam, quando a debole percentuale argillosa, è considerato alla stregua di una sabbia limosa.

Per concludere, il limo sabbioso segnalato nei saggi con escavatore 5 e 7 è correlato alla banca superficiale di sabbia limosa desunta dal vicino CPT5.

Nella sostanza, il contributo grafico evidenzia una spessa bancata di sabbia con alcune laminazioni sabbioso-limose e rari livelletti fini (ovvero noduli di fango), coperta da alluvioni argillo-limose con lenti di sabbie limose e qualche orizzonte francamente sabbioso intercalato. Una sottile cotica di terreno vegetale, stimata in 30 cm circa, chiude la serie.

La potenza delle sabbie di fondo, graficamente limitata alle profondità raggiunte dai sondaggi riportati, va ben oltre quel limite. Le stratigrafie dei pozzi relativi al settore in esame (P1 e P2) testimoniano infatti presenza di sabbia fino a - 25 m dal piano campagna.

Da studi condotti dall'Istituto di Geofisica dell'Università di Milano, i depositi incoerenti prevalgono fino a circa - 40÷50 m dalla superficie topografica, quindi sono interrotti da uno strato di analoga potenza costituito da limi e argille al di sotto del quale riprendono nuovamente litologie sabbiose.

6. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE

Con riferimento ai dati CPT, i primi 2 m della bancata superficiale sono caratterizzati da valori della coesione non drenata per lo più compresi tra 60 e 90

kPa; sotto tale quota la compagine manifesta in genere valori più modesti, con punte minime in alcuni casi prossime a 10 - 20 kPa. I punzonamenti al pocket penetrometer effettuati sui materiali concordano con tali stime (si ricorda che il numero espresso negli elaborati è la resistenza a compressione semplice, pari al doppio della c_u) e mostrano che i valori più elevati sono attribuibili a livelli argilloso limosi e limo argillosi, mentre quelli più bassi sono da correlarsi a frazioni limose.

Per quanto concerne la resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci, l'unico dato disponibile è relativo ai limi molli del campione S1 C1A e attesta una coesione intercetta c' di 2.25 kPa con $\varphi' = 24.7^\circ$. Considerato che i valori sono relativi ad episodi isolati e che la compagine fine manifesta in genere resistenze al penetrometro 5÷6 volte superiori, sembra lecito stimare come rappresentativa dei volumi coesivi la coppia di valori:

$$c' = 7 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 24^\circ$$

L'angolo d'attrito interno delle sabbie gioca per lo più nel campo $30^\circ - 36^\circ$. Occorre specificare che i valori delle interpretazioni CPT, generalmente intorno a $30^\circ - 34^\circ$, sono prudenziali, in quanto relativi al campo delle grandi deformazioni (Durgunoglu e Mitchell, 1975), e che allo stesso materiale possono essere attribuiti valori superiori di φ se il riferimento è alla misura di picco. A tal riguardo si osserva che la media delle prove dinamiche in foro porta a stimare $N_{SPT} \cong 11$, il che corrisponde ad una densità relativa intorno al 37% (Gibbs-Holtz, 1957). Questo parametro, riferito alle litologie sabbiose prevalenti (sabbie fini ben gradate / sabbia media ben gradata - figura 1), porta a stimare valori di φ variabili da 35° a 38° .

TAV.5.4: CORRELAZIONE $\bar{\varphi} = f(D_R, GR)$
SECONDO SCHMERTMANN (1977)

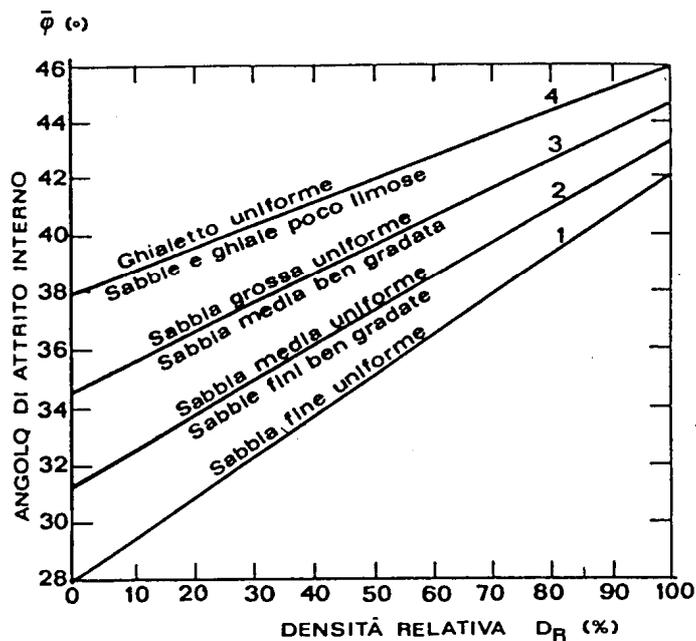


FIGURA 1

Quanto alle sabbie limose, l'esperienza consiglia di assumere $\varphi' \cong 30^\circ$ ed una coesione intercetta non superiore a 1÷2 kPa.

7. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E MORFOLOGICHE

Il volume sondato costituisce il tetto di un deposito quaternario continentale (≈ 0.65 milioni di anni - attuale) che qui raggiunge lo spessore di circa 250 m.

Alla base di questo edificio sedimentario è un complesso di spessore analogo rappresentato dal quaternario marino (≈ 2.2 m.a. - ≈ 0.65 m.a.) a cui fa seguito il substrato pliocenico (≈ 7 m.a. - 2.2 m.a.).

Le alluvioni continentali costituiscono l'atto evolutivo finale di un bacino subsidente, in cui gli apporti terrigeni del fiume Po e dei suoi affluenti compensavano in qualche modo il progressivo abbassamento del fondo.

Per spiegare il rilevante trasporto solido dei corsi d'acqua, va considerato che quanto più progrediva la formazione delle catene montuose al contorno, tanto più consistenti risultavano i prodotti della loro erosione.

La selezione granulometrica dei depositi è correlata alle differenti energie di trasporto; praticamente negli ambienti di alveo si depositano soprattutto sabbie, mentre i limi e le argille derivano per decantazione degli episodi esondativi nelle depressioni interfluviali.

I dati stratigrafici raccolti consentono di "leggere" la storia dei depositi più superficiali.

La fascia entro cui ricade il Polo "Belgrado-Fogarino" fu per lungo tempo dominio sedimentario del Po: il profondo strato sabbioso non può che attribuirsi all'alveo di un grande fiume ed al suo divagare.

L'interfaccia tra quelle sabbie e la bancata limo-argillosa di superficie segna un radicale cambiamento delle modalità deposizionali: dalla corrente trattiva alla sedimentazione in acqua stagnante.

Il Po iniziò allora a scorrere altrove, rilasciando i materiali più grossolani nel nuovo alveo e, all'atto delle esondazioni, i termini più fini nei dintorni.

La regolare stratificazione dei fanghi sulla campagna trovava soluzioni di continuità ad opera degli affluenti ovvero dei tratti secondari, che, in scala più ridotta, ricalcavano le modalità sedimentarie dell'asta principale.

Nella geometria tridimensionale, le sabbie comprese nell'unità superiore sono pertanto da immaginarsi come corpi canalizzati ad andamento sinuoso.

Significative a tal proposito risultano le carte topografiche succedutesi nel tempo, quali gli stralci al 25.000 riportati nella tavola P.04 degli elaborati di progetto, (da Tagliavini et Al, 1997) che mostrano come un braccio del Fiume giunse in un recente passato a lambire l'area di studio.

Si riporta anche un estratto della cartografia del P.A.E. (figura 2) dove si individuano alcune porzioni relitte di paleoalvei; si tratta di sagome che un tempo risultavano pensili rispetto alle campagne circostanti e che ora, causa le pratiche agricole, sono spianate e difficilmente distinguibili.

Quest'ultima annotazione introduce il tema della morfologia del territorio.

Le forme naturali del paesaggio, tipicamente piatte, sono il frutto della sovrapposizione di azioni morfogenetiche riconducibili ai corsi d'acqua ed alla subsidenza.

L'ambiente è quello di Pianura, la superficie topografica immerge a larga scala verso nord-nordest con un gradiente inferiore all'1 ‰.

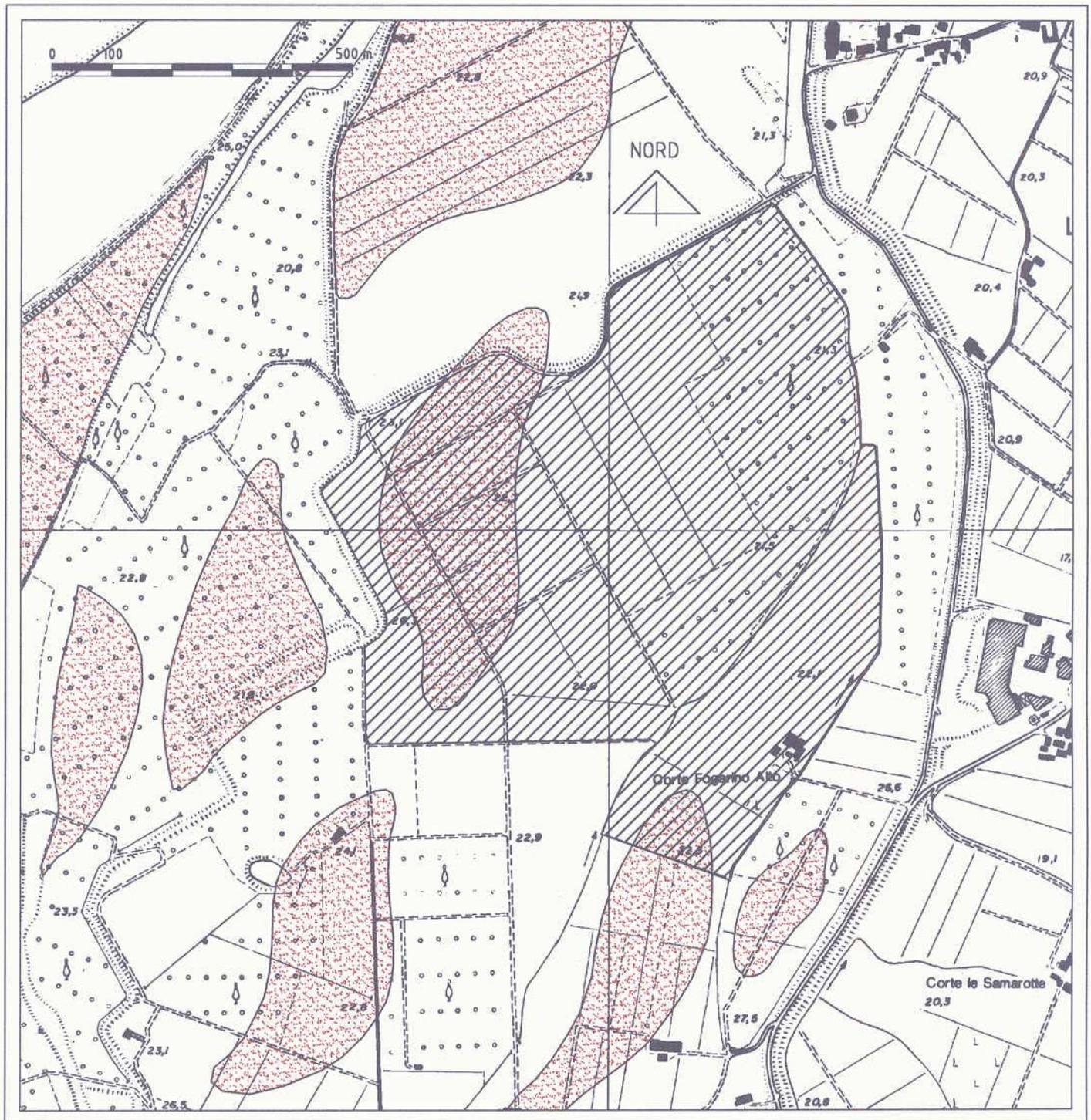


Figura 2 - Morfologia (tratta da P.A.E. a cura Dr. Ziber Cattini - ridisegnata e modificata)



Polo di P.I.A.E. P0015 Belgrado-Fogarino



Dosso morfologico: barra fluviale subaffiorante (corpo sabbioso soggiacente a litotipi "limosi")



Nel comparto in esame, il trend descritto si inverte in quanto l'area fa parte delle fasce che bordano l'attuale corso del fiume, pensili rispetto alle piane circostanti. La campagna mostra infatti un debole abbassamento delle quote assolute procedendo da Po verso sud per una profondità di qualche chilometro.

Alle naturali forme subpianeggianti si è aggiunta l'attività antropica tesa a contenere quanto possibile gli eventi alluvionali, regimare le acque di superficie ed estrarre i materiali per soddisfare il fabbisogno di argille per laterizi e di inerti.

Il lato NW del Polo è delimitato dall'argine Lorenzini, un manufatto che si eleva dal piano campagna per circa 4 m. La caratteristica forma "a paiolo" è la ricostruzione di un tratto che si rompe in occasione di un'antica piena (tavola P.04 testimonia che il bugno prodottosi a seguito dell'esondazione venne poi interrito tra gli anni 1933 e 1966).

Verso W l'argine Lorenzini incontra quello Intercomunale; proprio in quel punto, durante la piena del 2000 si è indotta una rottura dei paramenti. Secondo la testimonianza di chi conosce la zona si formò un laghetto per sifonamento con base a - 8÷10 m dal piano campagna ed i materiali asportati dalla corrente, in prevalenza sabbiosi, vennero depositati a breve distanza formando lievi irregolarità nei campi. A quel fenomeno sono attribuibili la marcata depressione posta a monte della zona di rottura ed alcune baulature nei campi (tavola P.05 degli elaborati di progetto).

Sul fronte opposto, con andamento grosso modo parallelo a quello del confine orientale del Polo, è quindi l'argine maestro preposto alla difesa della Pianura.

Si segnalano infine cumuli di terra stoccati in alcune aree della sottozona C in attesa di essere trasportati altrove.

Rimandando le informazioni sull'idrologia locale allo specifico capitolo, di seguito si accenna brevemente agli invasi creati per l'attività estrattiva.

Un riscontro immediato della situazione è dato dalle tavole stratigrafiche interpretative (elaborato P.03).

Le prime operazioni ebbero luogo nei settori ZR e ZI (escavazione di argilla per laterizi fino a -4 m) successivamente tombati con tipologia di risistemazione a discarica di 2^a categoria + recupero produttivo agricolo- forestale.

Quindi si mise mano alla sottozona D; la coltivazione, spinta ad una profondità di circa 6 m dal piano campagna, ha intercettato la falda e creato un bacino idrico. La sistemazione dell'area è stata conclusa rivegetando in modo adeguato le sponde del laghetto.

Le opere di prelievo sono attualmente in corso solo nella sottozona B. La coltivazione, autorizzata fino a -8.5 m dal piano campagna, ha già portato alla formazione di un bacino esteso a tutta la superficie del lotto.

8. TETTONICA

Il substrato profondo della Bassa Pianura Padana è caratterizzato dalle strutture sepolte dell'Appennino.

Il territorio di Luzzara è al margine delle cosiddette "pieghe emiliane", un sistema di faglie inverse ed accavallamenti con piani di immersione verso SSW e vergenza verso NNE che disegnano una struttura a pieghe anticlinali con interposte strutture sinclinali (figura 3).

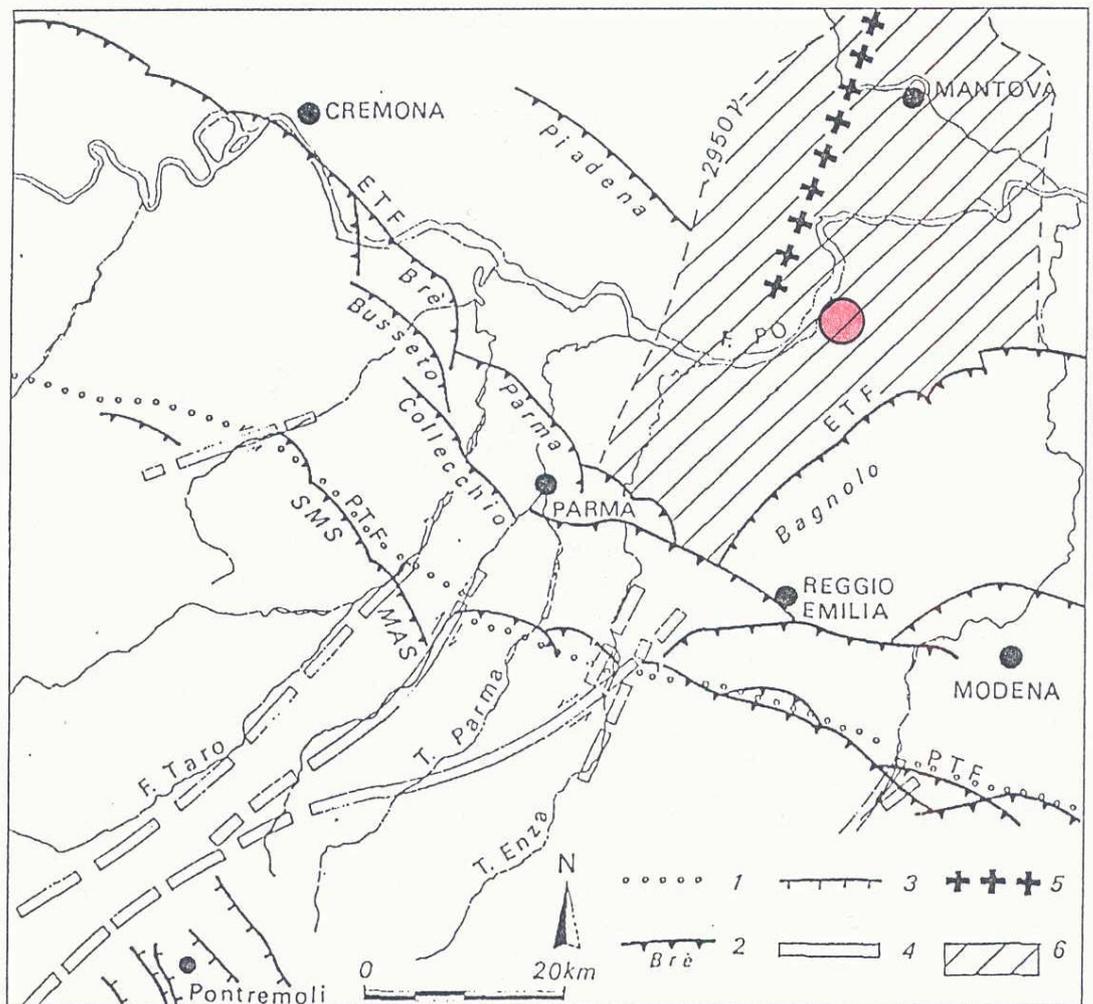


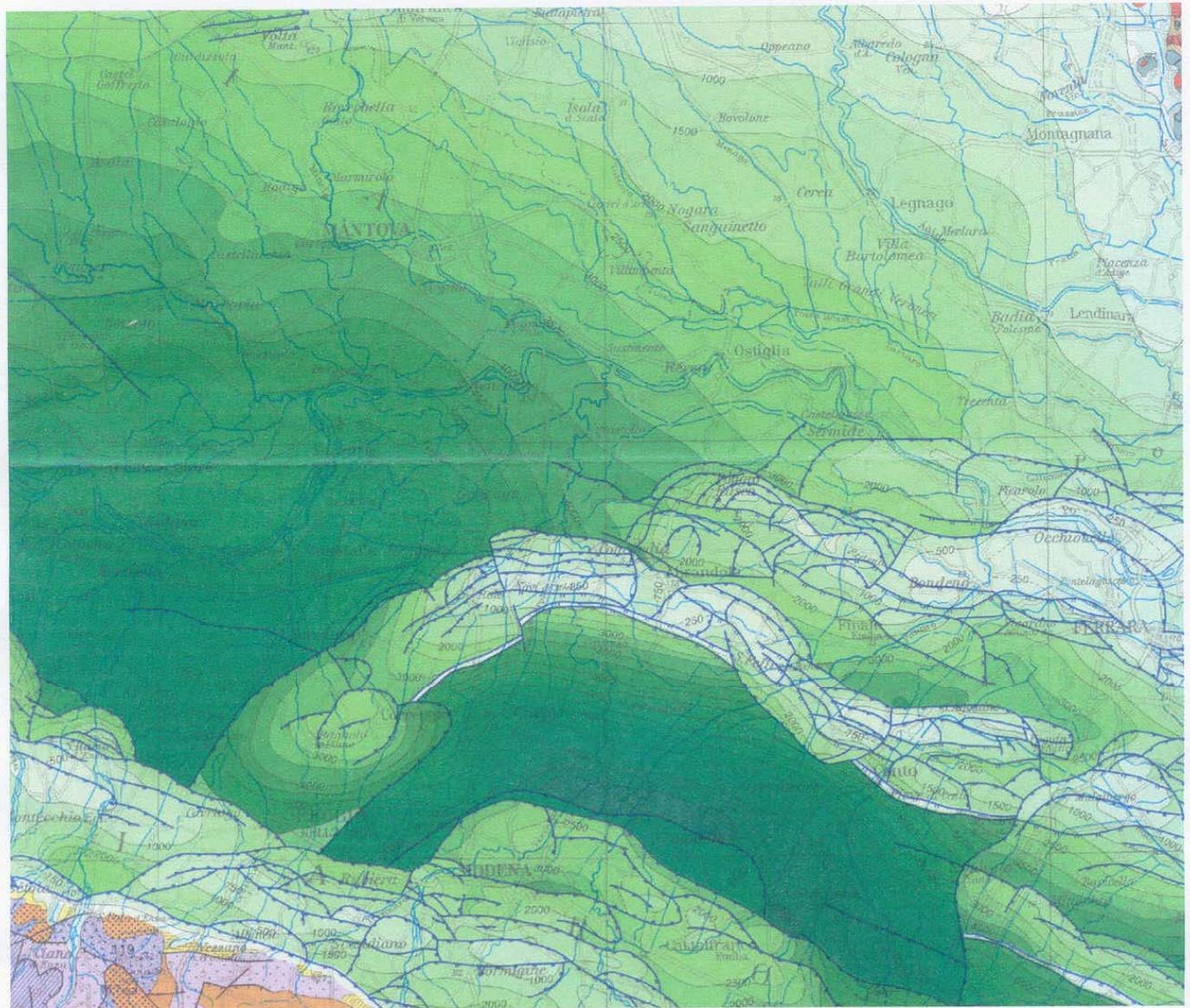
Figura 3

Schema strutturale del margine e del fronte appenninico in relazione con il "sistema del Taro". Il cerchio rosso indica l'ubicazione del Polo di P.I.A.E. PO015

- LEGENDA
- 1 - margine morfologico appenninico
 - 2 - thrusts sepolti
 - 3 - faglie normali della fossa tettonica della Lunigiana
 - 4 - linee trasversali di ordine maggiore
 - 5 - asse di alto del "basamento magnetico"
 - 6 - massimo dell'anomalia magnetica residua (da Bernini M. e Papani G., 1986)

In questo settore, la base della sequenza plio-quadernaria si trova alla profondità di circa 6500 m (figura 4).

Lo "Studio della pericolosità sismica delle Province di Modena e Reggio Emilia" (M. Panizza, G. Bettelli, D. Castaldini, M. Barbieri, M. Capitani, 2001), evidenzia che il domino della bassa pianura reggiana "non mostra strutture geologiche che coinvolgono i sedimenti della sequenza plio-quadernaria, per lo meno allo stato attuale delle conoscenze".



**ISOBATHS OF THE BASE OF PLIOCENE (Padan-Adriatic foredeep)
OR OF OLIGOCENE (Molasse foredeep and Rhine rift)**

Contour lines are isobaths in meters of the base of Pliocene (Padan-Adriatic foredeep; black figures) and Oligocene (Molasse foredeep and Rhine rift; blue figures)



Figura 4 – Estratto da Structural Model of Italy (CNR, 1983)

9. SUBSIDENZA

Recenti studi sulla neotettonica del bacino padano (CNR, 1982) hanno evidenziato che l'intero comparto di pianura è affetto da subsidenza, mentre la fascia pedemontana tende a sollevarsi.

Il settore in questione non sfugge a tale logica e tuttora è in corso un lento abbassamento, dell'ordine di un millimetro l'anno.

10. SISMICA

Quanto è noto relativamente al Comune di Luzzara è sintetizzato nel riquadro sottostante, tratto dal catalogo parametrico NT4.1.

Osservazioni sismiche (8) disponibili per
LUZZARA (RE) [44.96, 10.69]

Data					Effetti	in occasione del terremoto di:	
Ye	Mo	Da	Ho	Mi	Is (MCS)	Area epicentrale	Ix Ms
1971	07	15	01	33	70	PARMENSE	80 54
1891	06	07			50	VERONESE	80 55
1909	01	13	00	45	50	BASSA PADANA	65 54
1914	10	27	09	22	50	GARFAGNANA	70 58
1894	11	27			40	FRANCIACORTA	65 47
1901	10	30	14	49	40	SALO`	80 55
1898	03	04			35	CALESTANO	70 47
1907	04	25	04	52	30	BOVOLONE	60 45

Figura 5 – Storia sismica di Luzzara

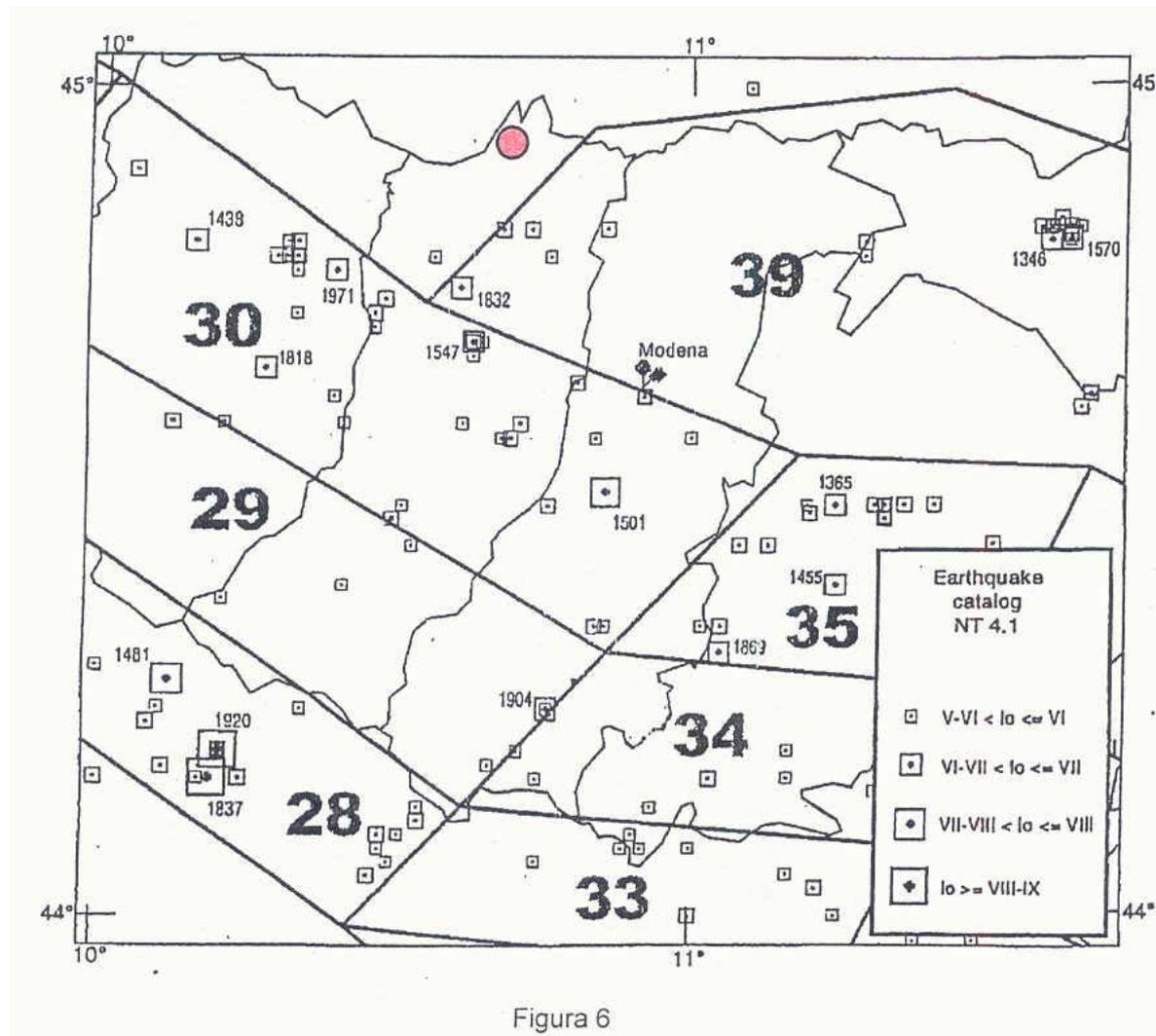
Il comparto attualmente non rientra nell'elenco di quelli classificati ad elevato rischio sismico dall'Ordinanza P.C.M. 12 Giugno 1998.

La zonazione mostrata in figura 6 ed altre più recenti (qui omesse) escludono infatti il territorio luzzarese da quelli sismogenetici.

D'altra parte la proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale inquadra l'area di studio in 4^a categoria.

Alle zone ricadenti in questa classe è attribuito un valore di a_g (accelerazione orizzontale massima) pari a 0.05g (con g = accelerazione di gravità).

La problematica da affrontare per il comparto d'interesse è la liquefazione, dato che un fenomeno di questo genere può annullare la competenza di alcuni materiali in falda provocando la rottura del paramento.



Zonazione sismogenetica di Scandone et al., (1990) per il territorio delle Provincie di Modena e Reggio Emilia ed aree limitrofe con ubicazione degli epicentri di terremoti dall'anno 1000 al 1996 (da Castaldini et al., 1998). Il cerchio rosso indica l'ubicazione del Polo di P.I.A.E. PO015

Col termine "liquefazione" s'intende infatti la diminuzione di resistenza al taglio di un terreno saturo privo di coesione a seguito dell'intervento di forze esterne, fino al raggiungimento di una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso.

In genere sono soprattutto le azioni dinamiche, connesse per esempio ad uno scuotimento sismico, a disturbare l'equilibrio dello scheletro solido, orientando le particelle di terreno, immerse in acqua, verso una maggiore compattezza.

In queste condizioni l'acqua non può drenare istantaneamente, cosicché lo scheletro solido trasferisce ad essa una parte degli sforzi efficaci; l'incremento della pressione interstiziale può eguagliare la pressione totale di confinamento, annullando in pratica la resistenza al taglio.



Fenomeni del genere sono stati registrati soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di media e bassa densità ed a granulometria uniforme mentre nelle ghiaie e nelle sabbie grossolane l'elevata permeabilità inibisce l'incremento della pressione dei pori, annullando a tutti gli effetti il problema.

I depositi argillosi, considerata la natura coesiva, si possono di fatto considerare non liquefacibili.

In sintesi la liquefazione di un terreno è il risultato dell'effetto combinato di due principali categorie di fattori: le condizioni del terreno (fattore predisponente) e la sismicità (fattore scatenante).

Riguardo al suolo, la verifica della suscettibilità a liquefazione secondo la nuova normativa antisismica può essere omessa se:

- gli strati potenzialmente a rischio si trovano a profondità superiori a 15 m dal piano campagna;
- la sabbia presenta un contenuto in argilla superiore al 20% con indice di plasticità maggiore di 10,
- oppure un contenuto in limo superiore al 35% e resistenza $N_i(60)$ maggiore di 20,
- oppure una frazione fine trascurabile e resistenza $N_i(60)$ maggiore di 25.

Per $N_i(60)$ s'intende il valore della resistenza penetrometrica misurato nella prova SPT, normalizzato ad uno sforzo efficace di confinamento di 100 kPa e ad un fattore di rendimento energetico dell'attrezzatura pari a 0,6.

Relativamente alla sismicità, si può trascurare il pericolo liquefazione quando i terremoti attesi in un periodo di 475 anni sono di intensità $I < VIII$ MCS con valori di picco di accelerazione $a_{max} < 0.15g$.

Sebbene le condizioni sismiche attese siano meno gravose di quelle di rischio, visto che il materiale sottofalda è prevalentemente sabbioso riteniamo comunque conveniente una verifica in tal senso.

A questo proposito torna utile un nostro programma di calcolo che utilizza i valori penetrometrici nell'ambito della metodica messa a punto da Robertson e Wride (1997).

Per tenere conto che le misure CPT sono state ottenute con un puntale meccanico anziché da quello elettrico previsto dagli Autori, si sono ridotti del 50% i valori di attrito laterale locale f_s ; ciò costituisce un'assunzione sicuramente conservativa, poiché ad un più ridotto attrito corrisponde un minore contenuto di particelle fini e quindi un più elevato potenziale di liquefazione.

I parametri di Magnitudo (5.7) e di accelerazione orizzontale (0.05g) sono stati scelti con riferimento al Catalogo dei forti terremoti in Italia (461 a.C. – 1990) e sulla scorta della recente riclassificazione sismica del territorio.

Per la verifica sono stati scelti i CPT 3, 12, 26, 30 e 33, posti al bordo dei lotti di coltivazione e rappresentativi di tutte le condizioni litologico-geomeccaniche incontrate. I risultati sono esposti in forma grafica nelle tavole 54 ÷ 58; di particolare interesse risultano i diagrammi iniziali (in alto a sinistra), che compendiano i dati penetrometrici registrati in ogni prova e quelli finali (in basso a destra), che riportano gli indici del potenziale di liquefazione secondo Iwasaki et Al. 1978, 1982.

Come si può notare, il potenziale di liquefazione risulta nullo in ogni caso.



11. IDROLOGIA

In golena aperta, come evidenzia tavola P.05 degli elaborati di progetto, i deflussi idrici superficiali sono garantiti dal paleoalveo della Crostolina e da un vecchio braccio fluviale, localmente noto come “lancone”.

Tra gli argini secondari e quello maestro, lo smaltimento delle acque avviene tramite due canali artificiali che percorrono un lungo tratto con direzioni pressoché parallele, quindi convergono e si uniscono a nord della sottozona D.

Vista l'assenza di ristagni idrici anche a seguito di periodi particolarmente piovosi, si ritiene che nel settore d'interesse la rete di scolo sia sufficiente e consenta un buon drenaggio.

Data l'efficienza del sistema, le acque raccolte dai fossi di guardia che contorneranno le aree di cava potranno essere recapitate entro i canali attigui realizzando collettori di sezione adeguata.

Un ultimo accenno è sulla possibilità che le coltivazioni in esame possano avere effetti sulle tendenze evolutive del Fiume Po ovvero delle sue forme relitte.

In merito si ritiene che le cave siano ad una distanza tale da non permettere riattivazioni delle antiche forme fluviali e tantomeno dell'attuale alveo; peraltro, tra tali morfologie e la zona d'interesse si elevano le arginature secondarie preposte alla difesa locale. In accordo con quanto affermato, lo Studio di Compatibilità Idraulica e Ambientale Propedeutico alla Variante Generale al Piano Infraregionale per le Attività Estrattive, svolto nel 2003 dal Prof. Ing. Alberto Montanari (Università degli Studi di Bologna), non qualifica l'area in esame tra quelle meritevoli di approfondimenti per valutare fenomeni di instabilità del tracciato fluviale.

12. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Nella zona in esame l'acquifero è rappresentato da un sistema multistrato suddivisibile in due parti distinte: una superficiale, con falda soggetta a rinnovamento relativamente rapido ed in connessione idraulica diretta con i corpi idrici superficiali, ed una profonda, dove si rinvencono acque “vecchie”; sotto quest'ultima è presente un acquifero saturo d'acqua salmastra/salata.

Dei sistemi elencati, quello più superficiale è classificato come “gruppo acquifero A”, mostra spessori di circa 350 m e rappresenta la risorsa idrica normalmente studiata

Nel presente lavoro l'interesse maggiore viene rivolto alla falda freatica di tale acquifero, quella cioè che gli scavi mettono a giorno.

L'elaborato del P.A.E. “piezometria della falda superficiale” prodotto dal Dott. Cattini (estr. in figura 7), interpreta lo stato delle cose prima della realizzazione degli invasi.

Da allora l'assetto è cambiato: gli specchi d'acqua hanno infatti modificato in qualche misura la configurazione della falda freatica e imposto alle isoipse geometrie differenti.

Un riscontro in tal senso è fornito dalle stime a supporto del Piano di Coltivazione della sottozona A (relazione Geo-Log - Agosto 2004) e dalle misure condotte per il presente studio, che hanno portato al disegno delle carte richiamate in tavola P.06 degli elaborati di progetto.

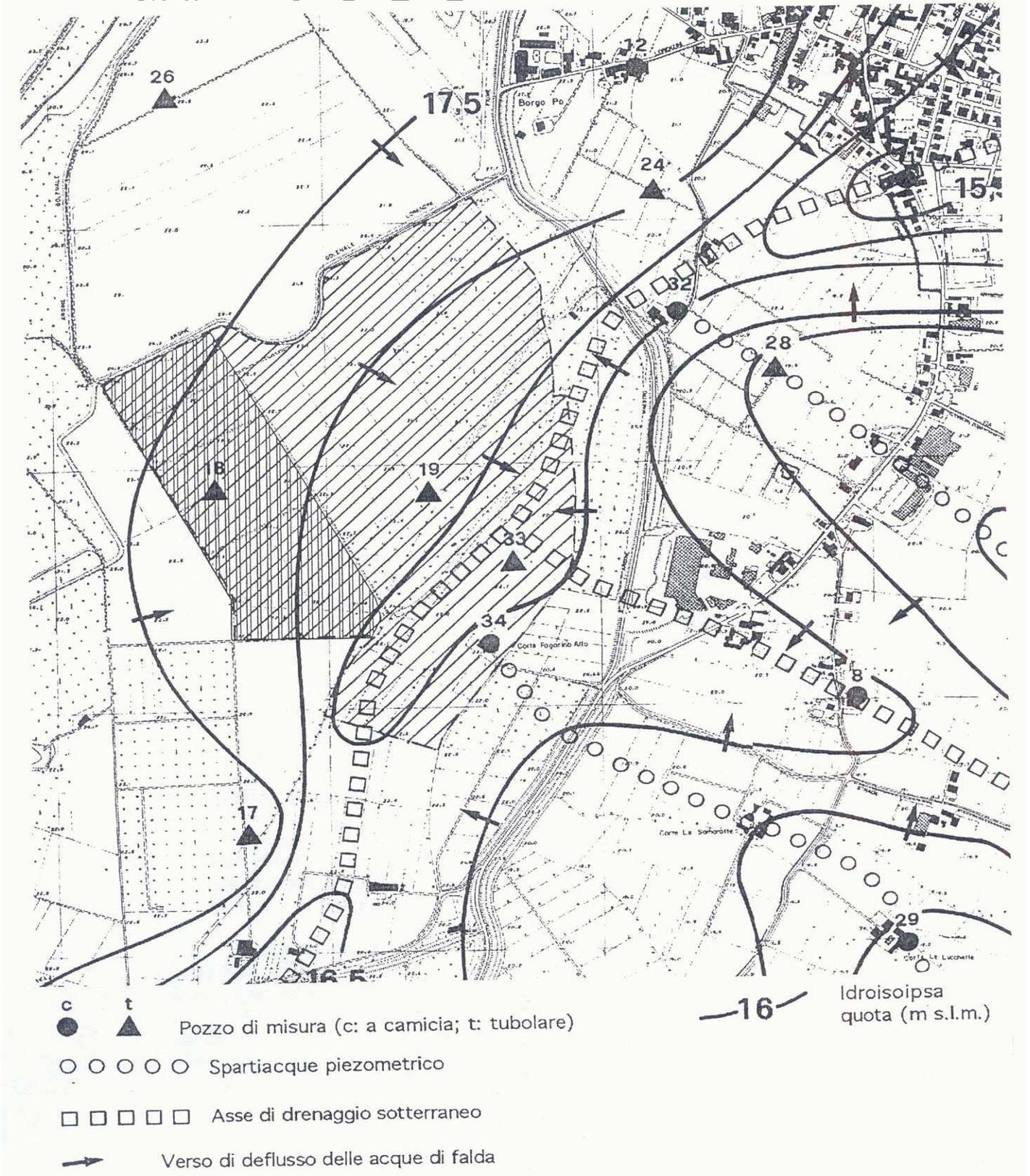


Figura 7 - Campo di moto della falda superficiale
(tratto da P.A.E. a cura Dr. Ziber Cattini)
scala 1:10000



Tali elaborati rappresentano il risultato finale di una serie di operazioni.

Il primo passo è stato misurare la profondità della prima tavola d'acqua rispetto al piano campagna; per questo si sono sfruttati, oltre ai piezometri disponibili, pozzi ad uso irriguo, pozzi a camicia e bacini idrici presenti in zona.

I valori così ottenuti, sono stati riferiti alle quote topografiche dei punti di misura.

Si è inoltre chiesto alla stazione di Boretto il livello idrometrico del Po nei giorni dei rilievi (5 Agosto 2004 - 4 Dicembre 2004). Sulla scorta di questi dati ed in ragione di una pendenza media di 12 cm per km si è stimata la quota di base della piezometrica locale a quota 15.4 e 18.8 m s.l.m. rispettivamente per il periodo estivo e per quello autunnale.

Il panorama dati raccolto ha così permesso di tracciare l'andamento delle isofreatiche (linee d'uguale altezza sul livello del mare). Per l'elaborazione grafica si è utilizzato il metodo di interpolazione del triangolo.

Le isoipse della carta sulla sinistra, pur limitate all'immediato intorno della sottozona A, delineano lo scenario che occorre attendersi durante i periodi secchi. Il flusso delle acque sotterranee è generalmente diretto verso NW; in ambito locale tale andamento subisce marcate deviazioni dovute al fatto che il lago funge da dreno per le acque ipogee verso l'argine maestro, mentre rimpingua la falda a fiume.

La carta di destra, estesa ad un ragionevole intorno del Polo, ricalca la precedente solo nei settori degli invasi e nelle aree a S e SE degli stessi, mentre evidenzia un'inversione dei flussi ipogei nella fascia compresa tra il bordo NW del Polo ed il Fiume. L'elaborato, relativo al termine del periodo autunnale, "fotografa" evidentemente un periodo di transizione in cui sono le acque dell'asta principale ad alimentare la falda. Nel contempo, una forte ricarica proviene anche dagli acquiferi posti a SE, così che l'incontro di flussi con verso opposto disegna una sorta di depressione piezometrica proprio all'interno del Polo in esame. Per contro si sottolinea il dosso di alimentazione rilevato a NE di Borgo Po, che potrebbe essere correlato alle recenti piogge autunnali ed alla presenza di estesi corpi sabbiosi prossimi alla superficie topografica.

Il confronto tra i due documenti fornisce indicazioni circa l'escursione stagionale della piezometrica.

Correlando i dati di riferimento alle quote assolute della superficie topografica, si ha un riscontro sulla soggiacenza della falda; nel caso specifico:

- nel periodo estivo 2004 la tavola d'acqua si trovava a -4.7 m circa dalla superficie;
- nel periodo autunnale 2004 la prima falda si è attestata ad una profondità di circa 4.3 m dal piano campagna.

Ovviamente sono possibili escursioni che eccedono il range indicato, connesse alle variazioni idrometriche del Po, agli apporti idrici dall'entroterra ed alle precipitazioni atmosferiche.

Purtroppo i dati disponibili in merito sono pochi, talora contrastanti e relativi ad un lasso di tempo troppo limitato per formulare un giudizio corretto, sembra comunque che le oscillazioni piezometriche della zona seguano con marcato ritardo quelle idrometriche del Fiume e siano, rispetto a queste ultime, notevolmente attenuate (figura 8).

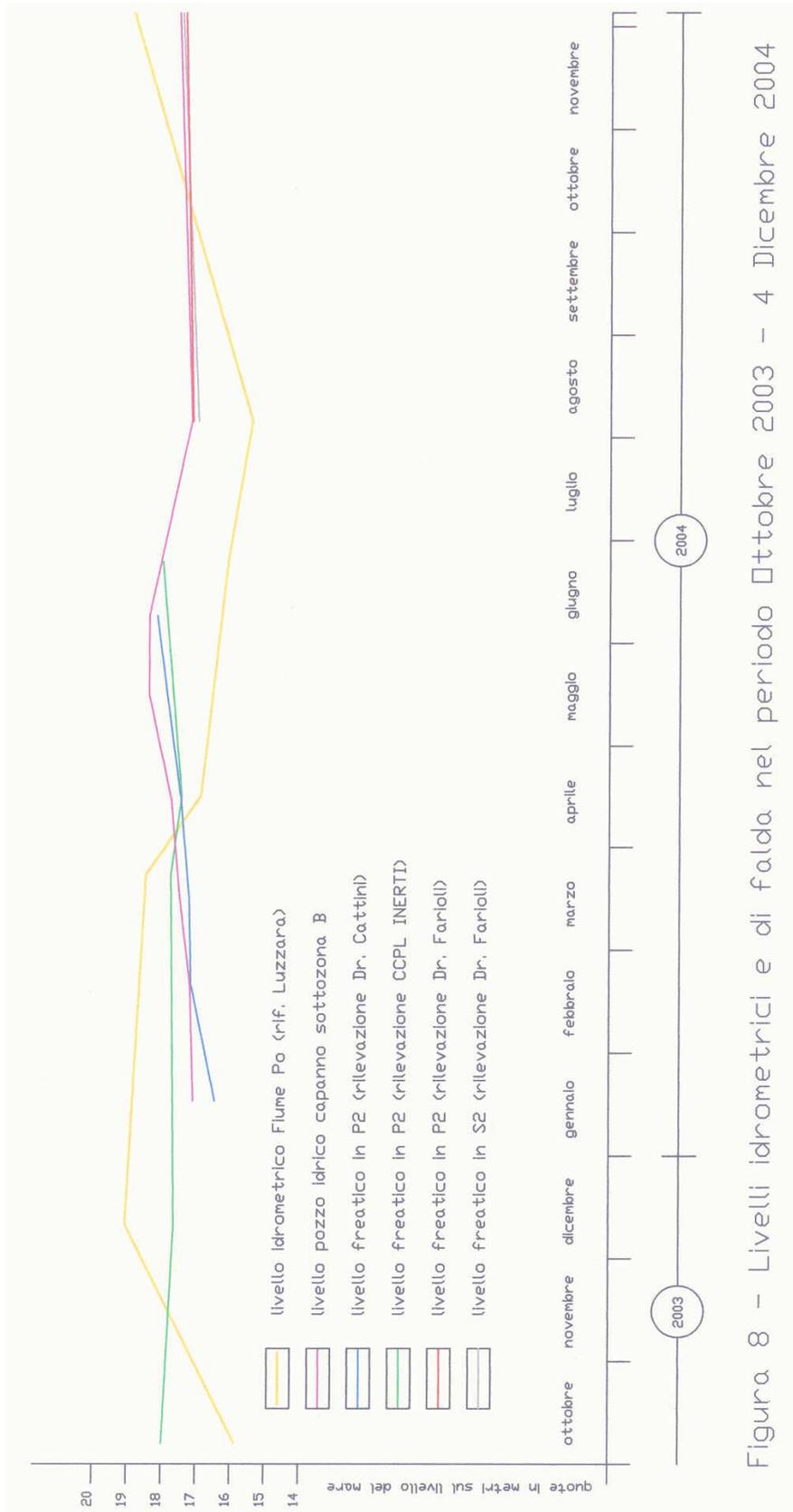


Figura 8 - Livelli idrometrici e di falda nel periodo Ottobre 2003 - 4 Dicembre 2004



Evidentemente, l'assetto e la dinamica della falda in rapporto al Fiume sono sì regolati dalle interconnessioni del substrato sabbioso con l'alveo, ma anche condizionati dalle interdigitazioni sabbioso limose e argilloso limose presenti.

A tal proposito, pare ragionevole attribuire alle sabbie una permeabilità elevata (k da 1000 a $1500 \cdot 10^{-4}$ cm/s) mentre le sabbie intercalate alle argille dovrebbero essere più fini e quindi relativamente meno permeabili (nell'ordine di $500 \cdot 10^{-4}$ cm/s).

Gli strati coesivi sono da considerarsi pressoché impermeabili nei riguardi della filtrazione in senso verticale e debolmente permeabili in senso orizzontale.

A completare il quadro si riportano due parametri idraulici dell'acquifero superficiale richiamati nella relazione della 1^a Variante al Piano Particolareggiato di Iniziativa Privata per l'Attività Estrattiva "desunti da una prova di pompaggio eseguita in anni recenti nell'ambito del polo estrattivo"

- trasmissività (T) = 0.1176 m/s
- permeabilità (k) = $4 \cdot 10^{-3}$ m/s

13. TUTELA DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Le coltivazioni in programma porteranno all'asportazione di buona parte della copertura superficiale limo argillosa presente nel Polo estrattivo. In merito va osservato che tale copertura non costituisce un'efficace barriera alla diffusione di agenti inquinanti in profondità, sia per il suo spessore, in alcuni punti davvero modesto, sia per la presenza dei laghetti dove affiora direttamente la falda idrica, sia per la vicinanza di un settore adibito a discarica.

In definitiva, asportando la parte fine ben poco cambierebbe rispetto alle condizioni attuali.

Occorrerà in ogni caso predisporre regole di prevenzione, controllo e bonifica qualora si verificassero dispersioni sull'area di carburanti o lubrificanti dei mezzi d'opera.

Va comunque detto che il gradiente idraulico della falda idrica è ridotto a qualche unità per mille, come dire che, per le permeabilità in gioco, sono possibili velocità di filtrazione di un paio di metro al giorno.

Relativamente alla contaminazione delle falde profonde, la cava non avrà effetto alcuno, visto che da un lato gli acquiferi sono confinati da potenti bancate argillose, dall'altro manca il gradiente idraulico per innescare moti filtranti.

Quanto al monitoraggio sulla qualità delle acque si osserva che i controlli sono da tempo condotti regolarmente e che ad oggi non si sono mai registrate anomalie dello stato idrochimico tali da richiedere un rinfittimento delle analisi. In futuro, come ora, occorrerà che la Ditta con diritto di scavo proceda alle verifiche e inoltri i responsi di laboratorio alle autorità competenti.

Vista la presenza della vicina discarica (2^a categoria), conviene che il piezometro S2 venga prontamente inserito nella rete dei controlli senza attendere che abbiano inizio le fasi di coltivazione. I prelievi andranno ovviamente continuati anche entro il pozzo idrico P2 sito tra le sottozone A e ZI.

La maggior estensione della superficie coltivabile consiglia infine un incremento dei punti di prelievo; a tal riguardo, un primo piezometro potrebbe



essere aggiunto lungo il bordo meridionale della sottozona C ed un secondo sul lato W della sottozona E.

14. VERIFICHE DI STABILITA'

Per un primo riscontro sulla stabilità delle scarpate degli invasi si è fatto ricorso ad alcuni degli abaci proposti da J. Kèrisel, 1967.

Tali abaci permettono la stima del coefficiente di sicurezza a rottura F_{\min} in funzione dell'altezza H e della pendenza β della scarpata nonché di tre parametri del terreno, nella fattispecie: peso di volume γ , coesione intercetta c' , angolo di attrito interno φ' (quest'ultimo varia da 20° a 45° secondo step di 5°).

Scelto φ' , si risolve l'espressione in basso a destra sulla scorta dei valori c' ed H (il primo termine a denominatore rappresenta γ); quindi si manda la verticale dal punto $\cotg\beta$ fino ad incontrare la curva caratteristica X . L'ordinata dell'intersezione è il coefficiente di sicurezza che compete a quel caso.

Quanto a β si sono prese in esame pendenze dei paramenti inferiori rispetto a quelle sino ad ora adottate dal P.A.E.; nello specifico si è fissato un rapporto di $1/2$ sia per la copertura argilloso limosa di superficie, sia per le sabbie profonde.

I grafici considerati sono in figura 9; F_{\min} è stimato assumendo:

- $\varphi' = 25^\circ$, $c' = 7$ kPa per la coltre superficiale ed altezza H dello scavo in argilla pari a 6 m (franco individuato in CPT 8);
- $\varphi' = 35^\circ$ e coesione nulla per le sabbie, caso che rende ininfluenza H ;
- assenza di filtrazione ($\lambda/\beta = 0$);
- peso di volume pari a quello richiamato nell'espressione che calcola X .

L'ultima attribuzione conduce a verifiche conservative: un suolo con peso di volume immerso implicherebbe infatti una riduzione del parametro pari alla metà del suo valore e quindi un coefficiente di sicurezza più elevato.

Svolgendo i calcoli, per $\cotg\beta = 2.21$ si ottiene:

per le argille $X = 0.054$	$F = 1.77$
per le sabbie $X = 0.000$	$F = 1.55$

Il primo dato è relativo all'equilibrio della parte alta degli invasi, supponendo per essa spessori di terre coesive omogenee, il secondo è calzante al caso di una scarpata in sabbia di qualsiasi altezza.

In realtà, le condizioni generali saranno quelle di un lago; si avranno pertanto conci più pesanti in sommità e conci più leggeri nelle parti sommerse.

E' quindi lecito attendersi che il coefficiente di sicurezza reale abbia a subire in qualche misura un decremento.

L'ordine di grandezza di tale decremento è valutabile intorno al 15% - 25%, ci si riserva comunque di valutare l'effettiva riduzione nelle verifiche a supporto del Piano di Coordinamento Attuativo, dato che in esse si terrà conto anche delle condizioni idrogeologiche locali.

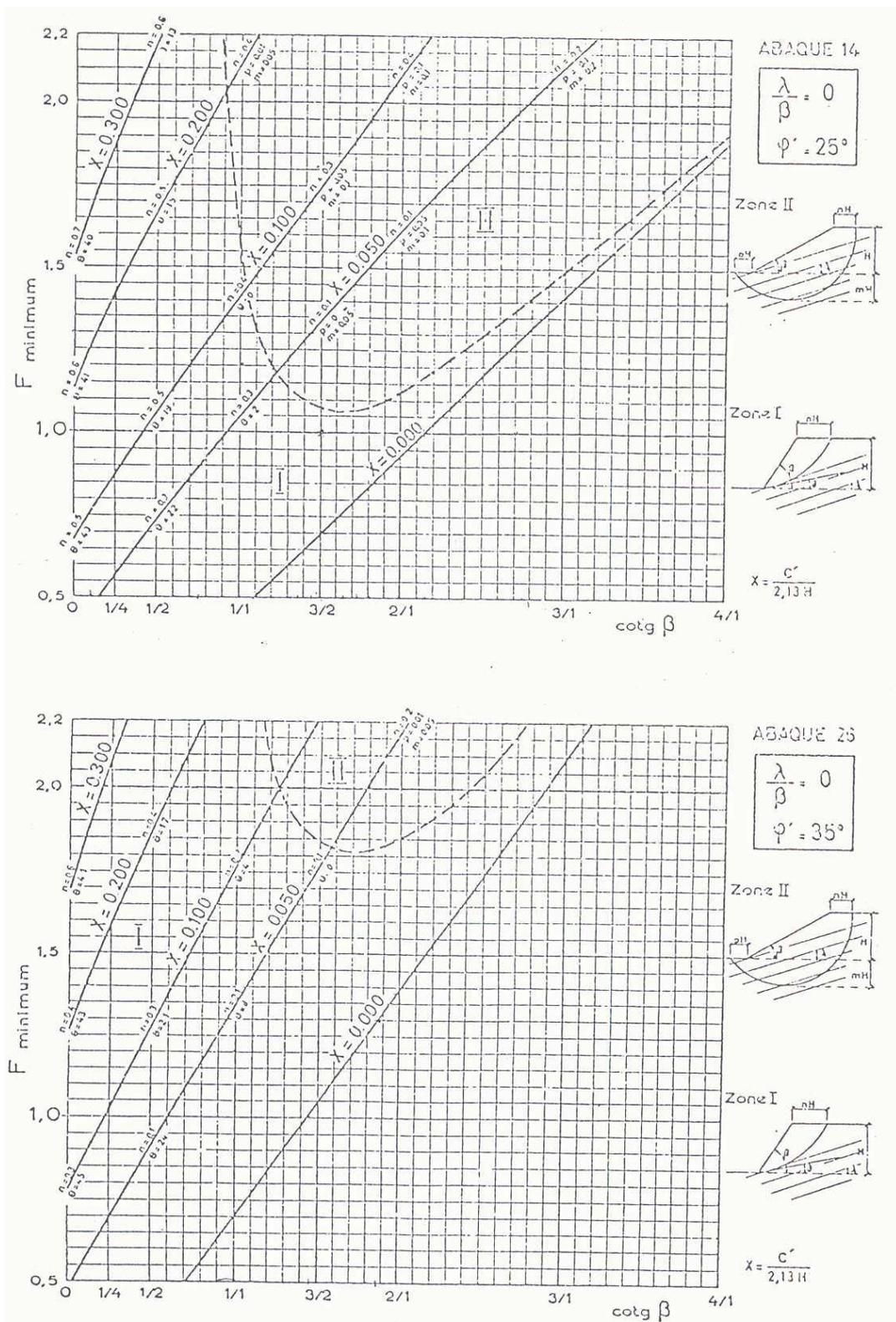


Figura 9 - Abaci di J. Kèrissel per $\varphi = 25^\circ$ e $\varphi = 35^\circ$ con $\lambda/\beta = 0$



15. VALUTAZIONI SUL MATERIALE DI CAVA

Di seguito sono esposte brevi valutazioni sulla natura dei materiali estraibili. Come classi di riferimento si è ritenuto di considerare quelle adottate in sede di P.A.E. (“argille” per laterizi e “sabbie sporche” per usi non pregiati) con l’aggiunta del termine “sabbie”.

Nelle valutazioni sulle volumetrie, le litologie sabbiose potranno comunque essere computate come “sabbie sporche”.

15.1. “Argille”

Il dettaglio delle tavole interpretative mostra che lo strato superiore, con spessori per lo più variabili da 3 a 5 m, è in genere un’alternanza di argille limose, limi argillosi, limi e loam (miscele di argilla, limo e sabbia).

Per avere qualche riscontro sulla natura del prodotto sono state effettuate alcune prove di laboratorio.

Le analisi CNR-UNI 10006 indicano che quello analizzato è un materiale argilloso plastico a compressibilità elevata del tipo compreso tra le classi A6 ed A-7-6.

Sulla coltre pedogenizzata non si è effettuato alcun test; per essa si può tuttavia ipotizzare una moderata percentuale di materiale organico.

15.2. Sabbie limose

Intercalata sia ai depositi fini superficiali, sia alle sabbie di fondo, per questa frazione si dispone di un paio di determinazioni che indicano percentuali di fino (argilla + limo) intorno all’11% ed al 26%.

I materiali analizzati risultano dunque appartenere alle classi A3 e A2 della classifica CNR-UNI 10006 (sabbie fini - sabbie limose).

15.3. Sabbie

Costituiscono la bancata di fondo nonché lingue sparse nei pressi della superficie e rappresentano la maggior parte del volume estraibile.

Le analisi di laboratorio mostrano percentuali di sabbia intorno al 90% - 95% quindi limi e argille in subordine e talvolta qualche elemento ghiaioso.

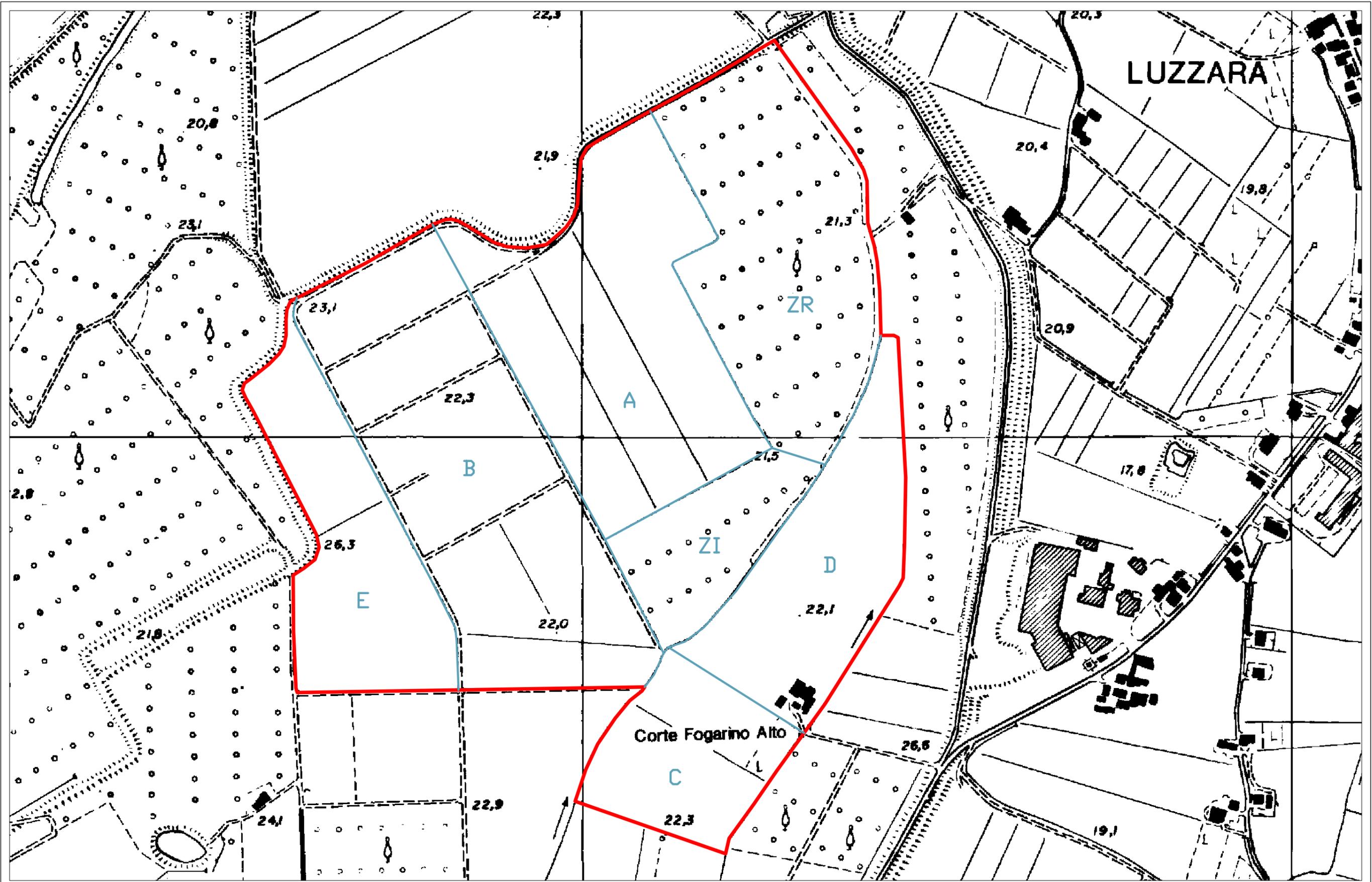


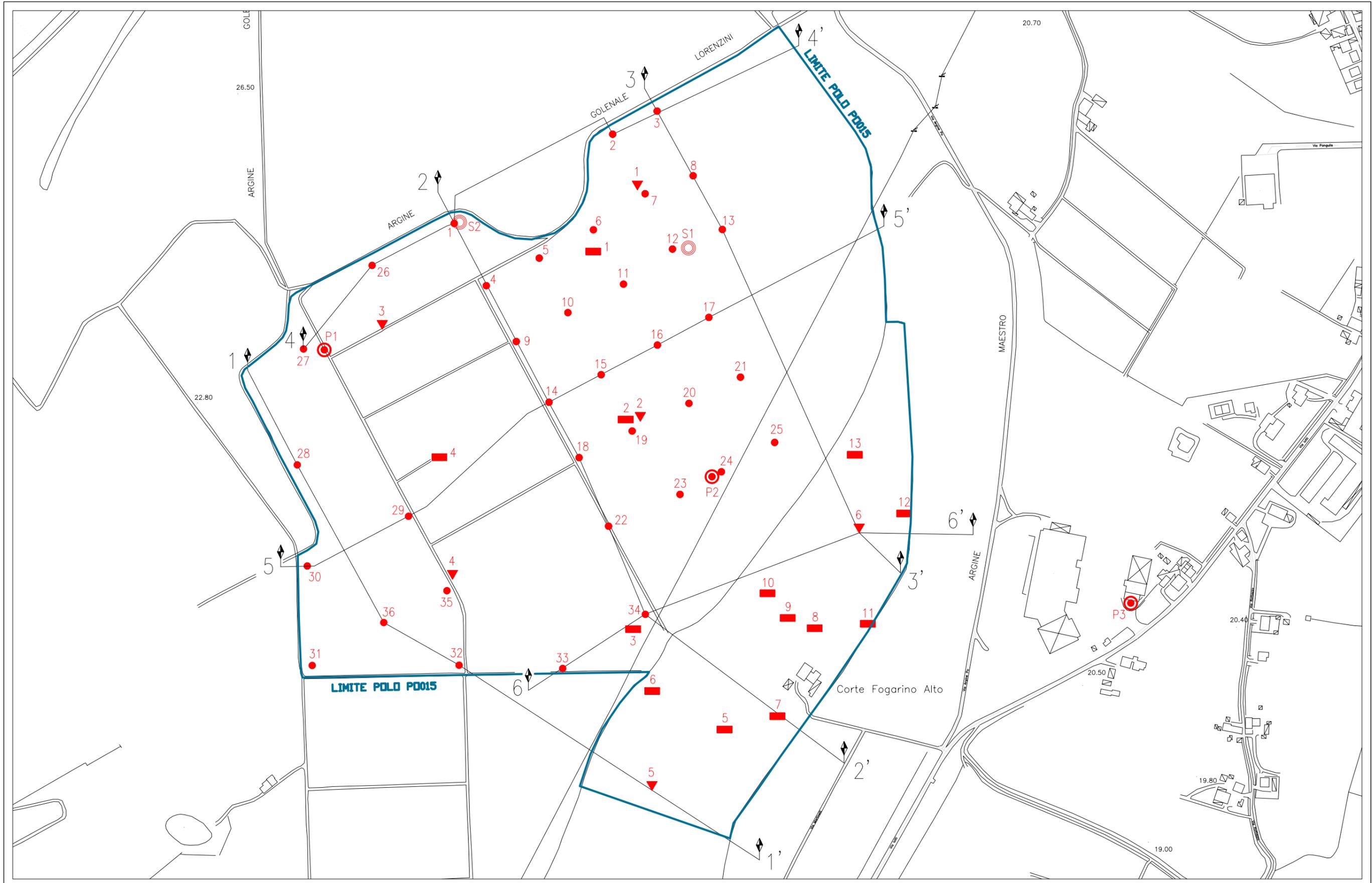
LEGENDA

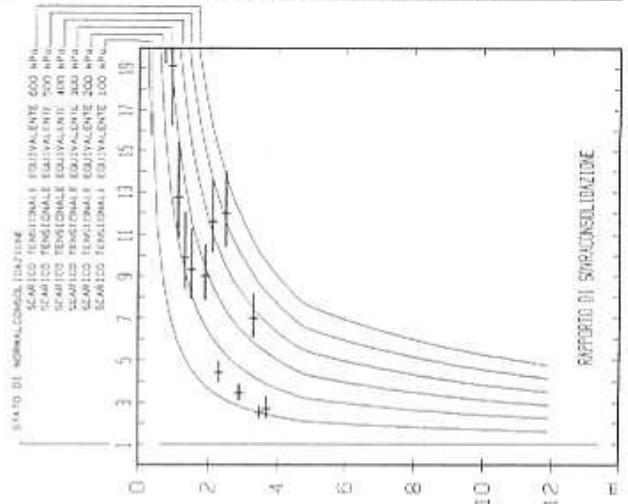
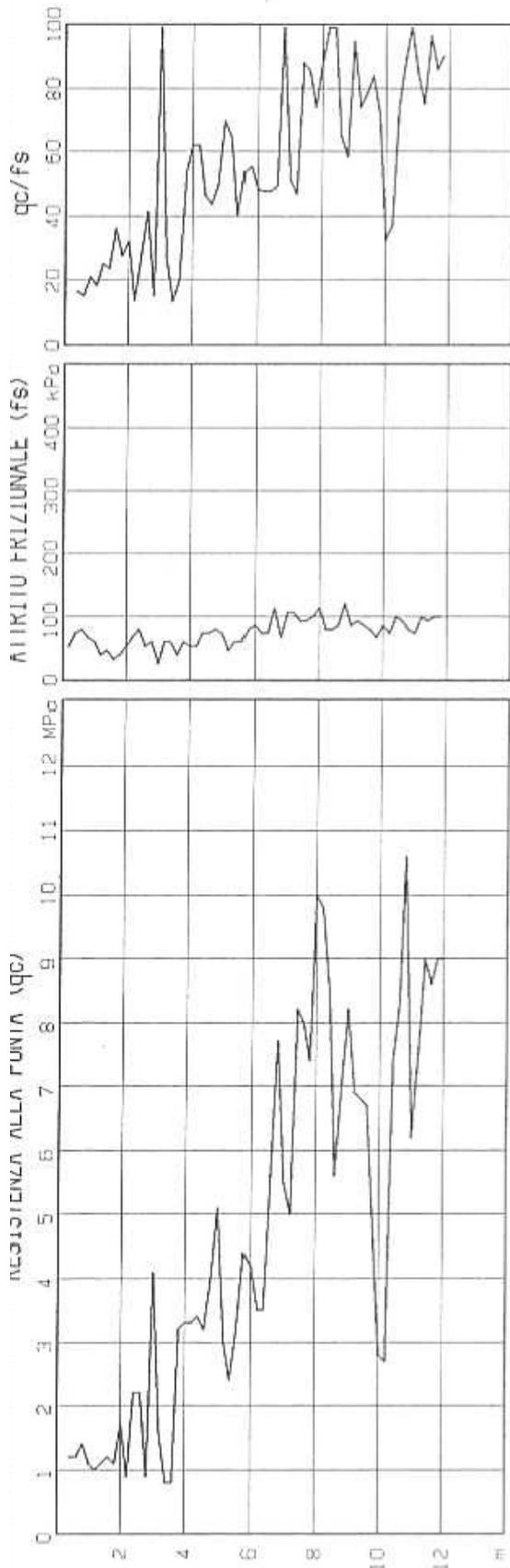


limite polo di P.I.A.E. P0015 Belgrado-Fogarino

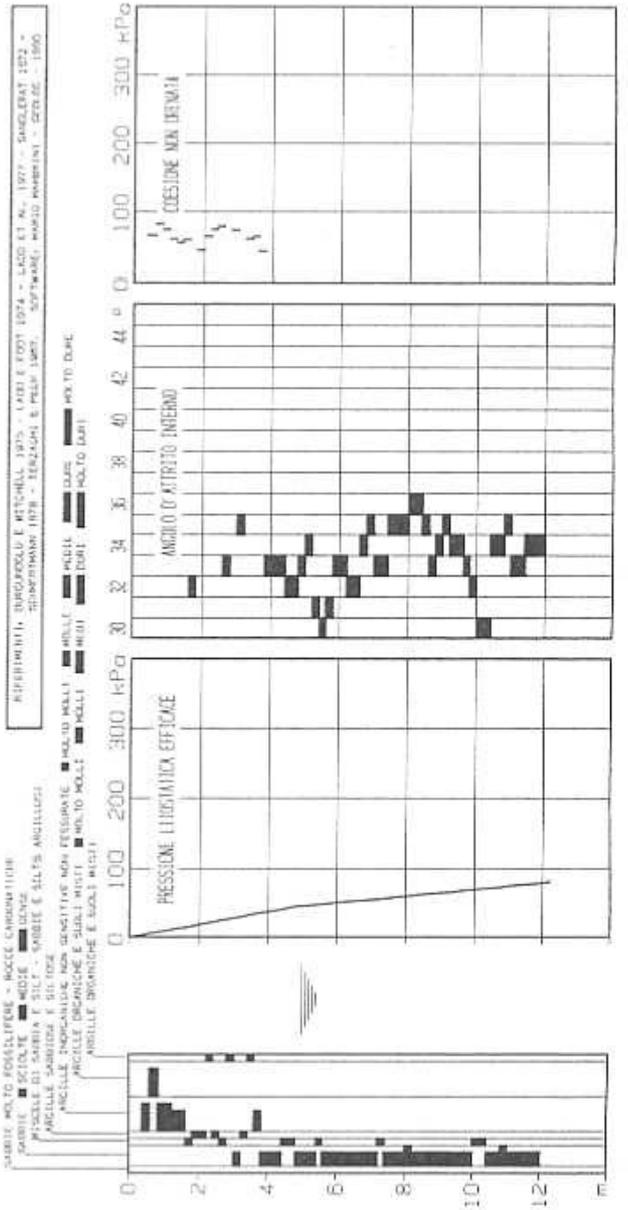
limite di sottozona





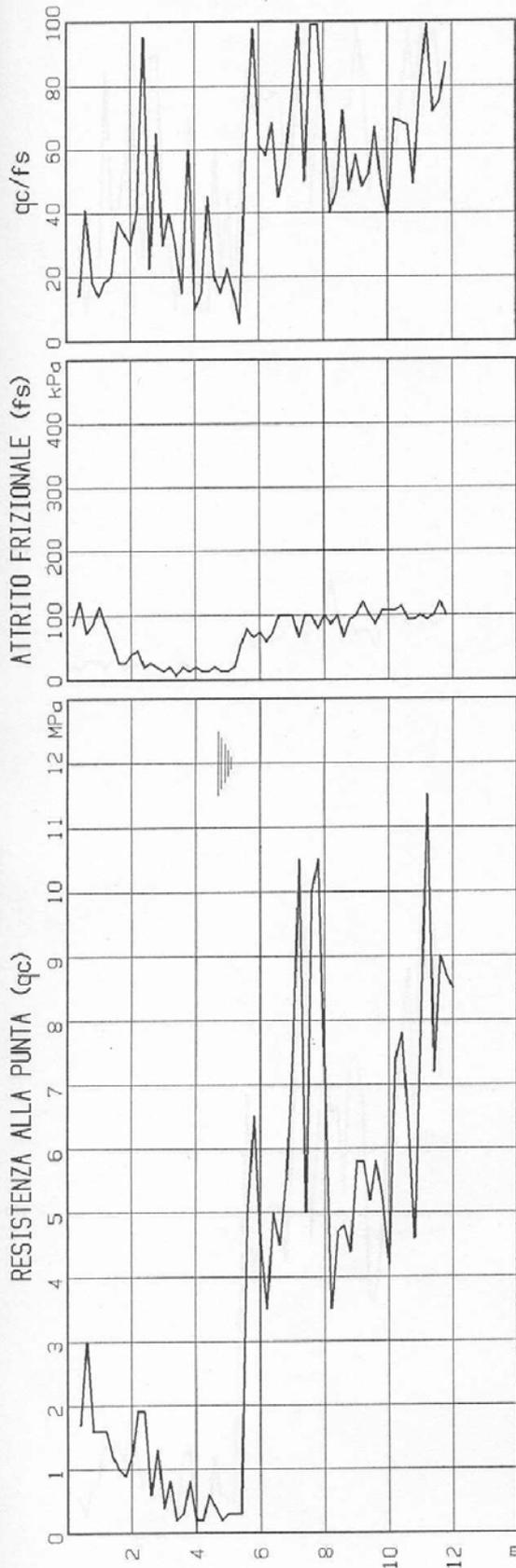


INTERPRETAZIONE

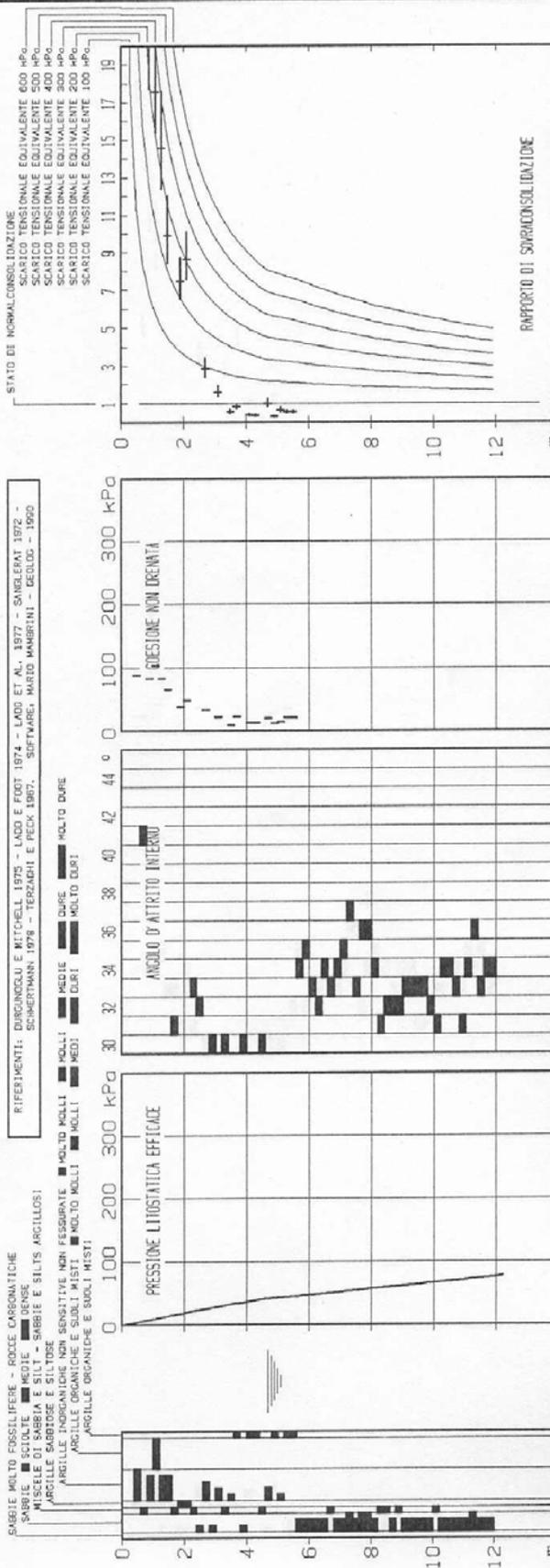


SABIE: MOLTO COESIVE - MOCC. CARBONATIFI
 SABBIE: SCIOLE - MOCC. - COESIVE
 FINEZZA DI SABBIA E SILT - COESIVE E SALS. ANGILOGGI
 ARGILLE: SABBIE E SILT - COESIVE
 ARGILLE: IMPASTABILI NON PEGGIORE
 ARGILLE: ORGANICHE E SALS. MISTI - MOLTO MOLLE
 ARGILLE: ORGANICHE E SALS. MISTI - MOLTO MOLLE

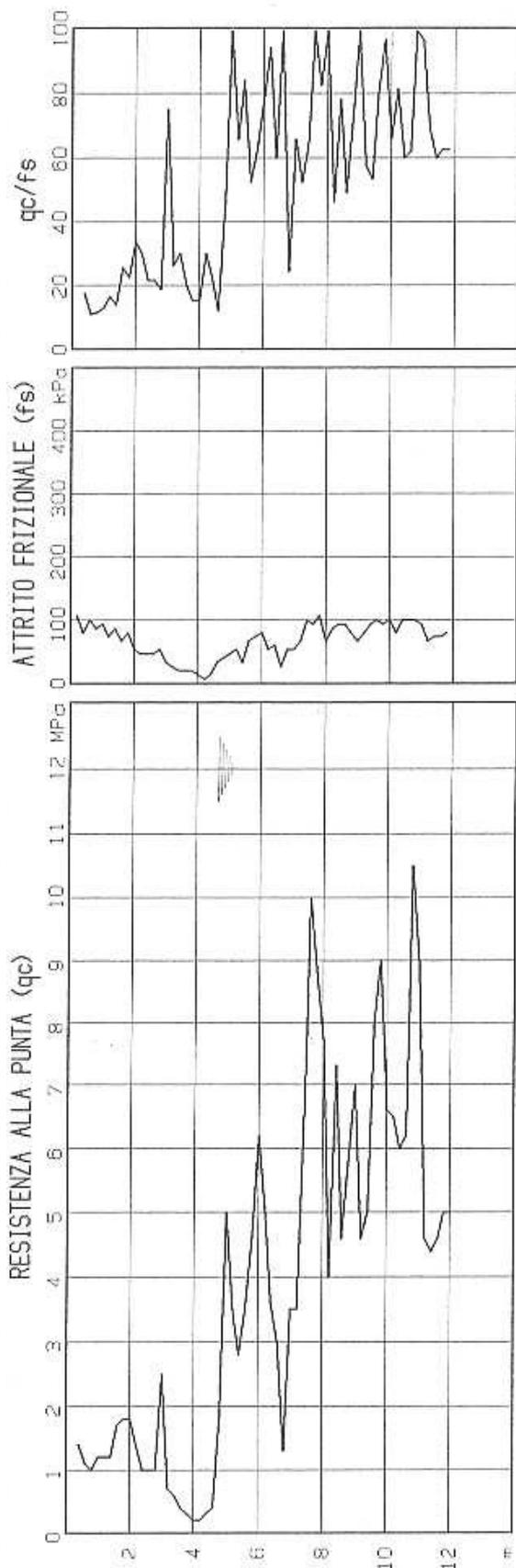
REFERIMENTI: BORGAROLLO E RITCHELL 1975 - LAZZI E FORTI 1974 - LAZZI ET AL. 1977 - SAGLIERAT 1982 -
 STORFERMAN 1979 - TERZAGHI E PELEJ 1967 - SOFTWARE: MARCO MARZINI - GEOTEC - 1990



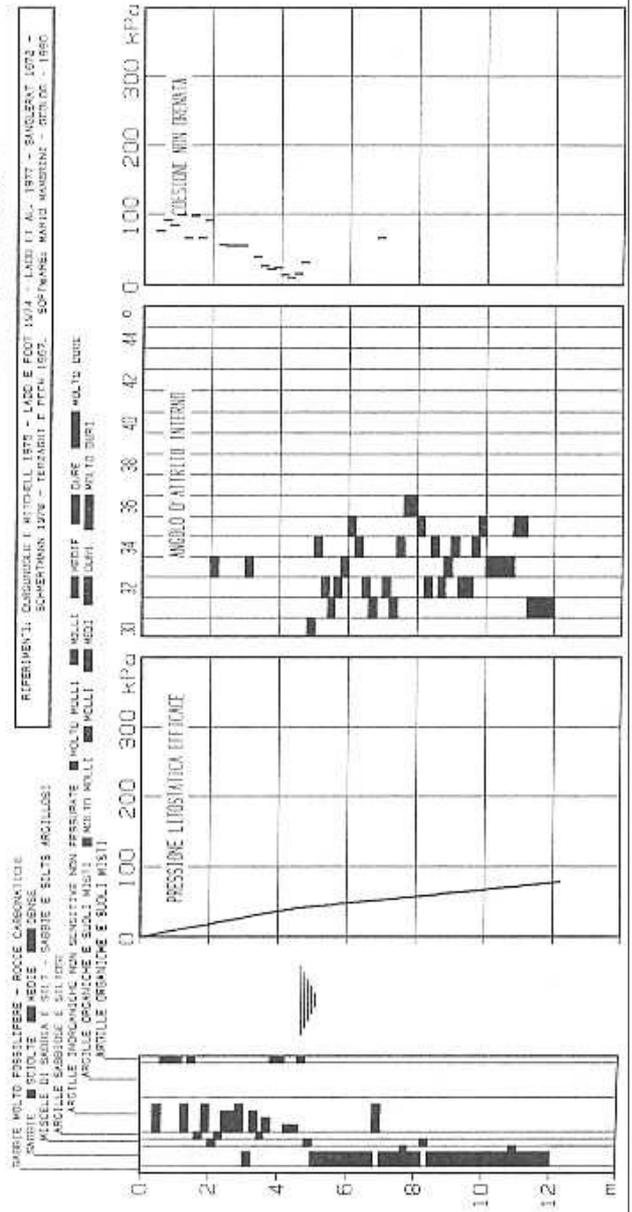
INTERPRETAZIONE

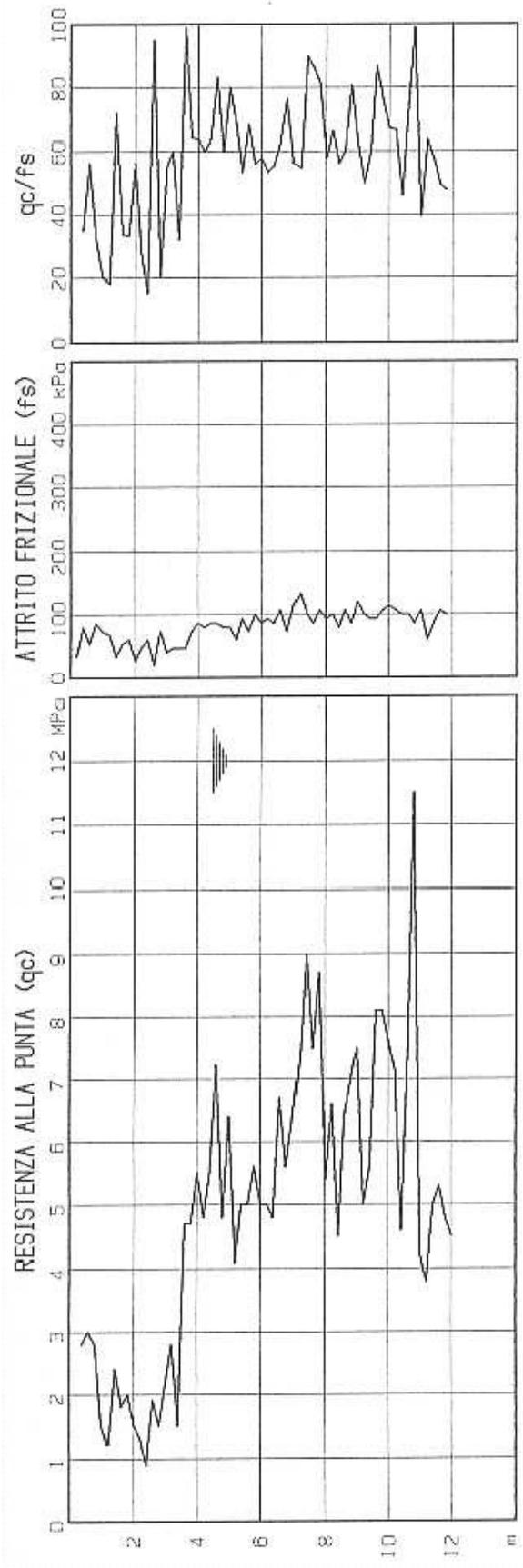


RIFERIMENTI: CURSICCIOLI E MITCHELL 1976 - LADD E FOOT 1974 - LADD ET AL. 1977 - SANDERAT 1979 - SCHEPSTRA 1979 - TERZAGHI E PECK 1967 - SOFTWARE: HARD MARGENI - GEOLOG - 1990

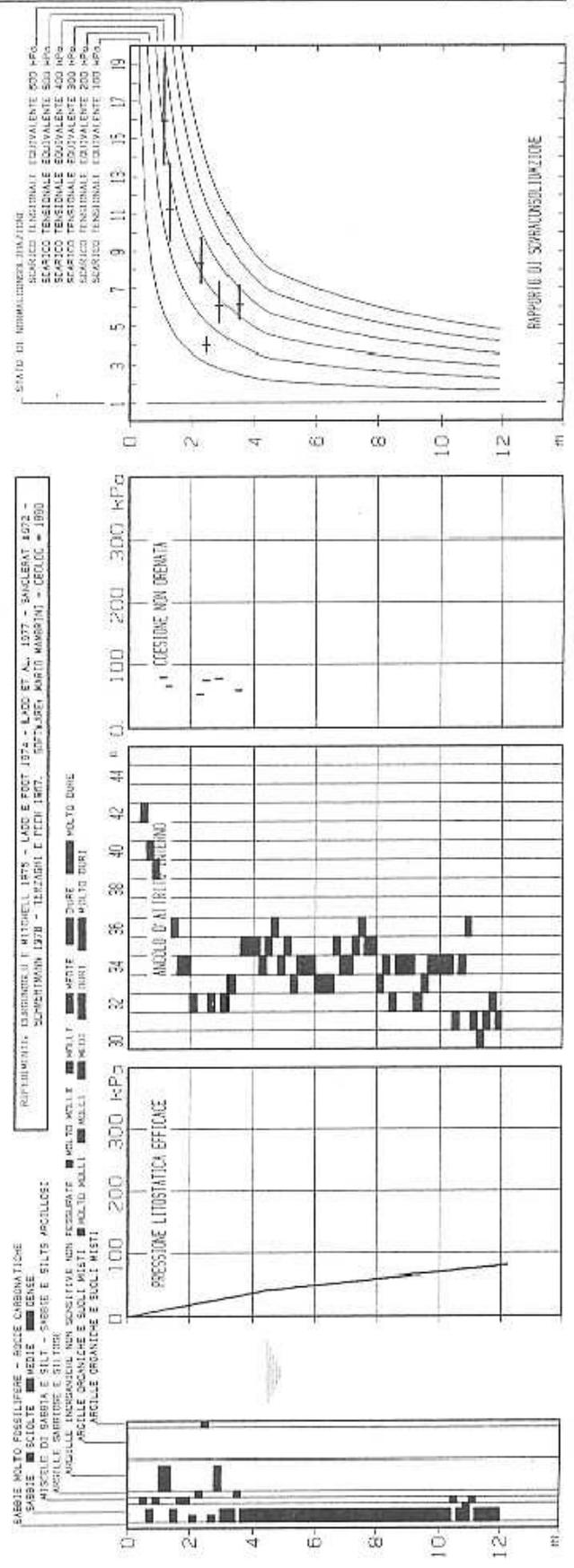


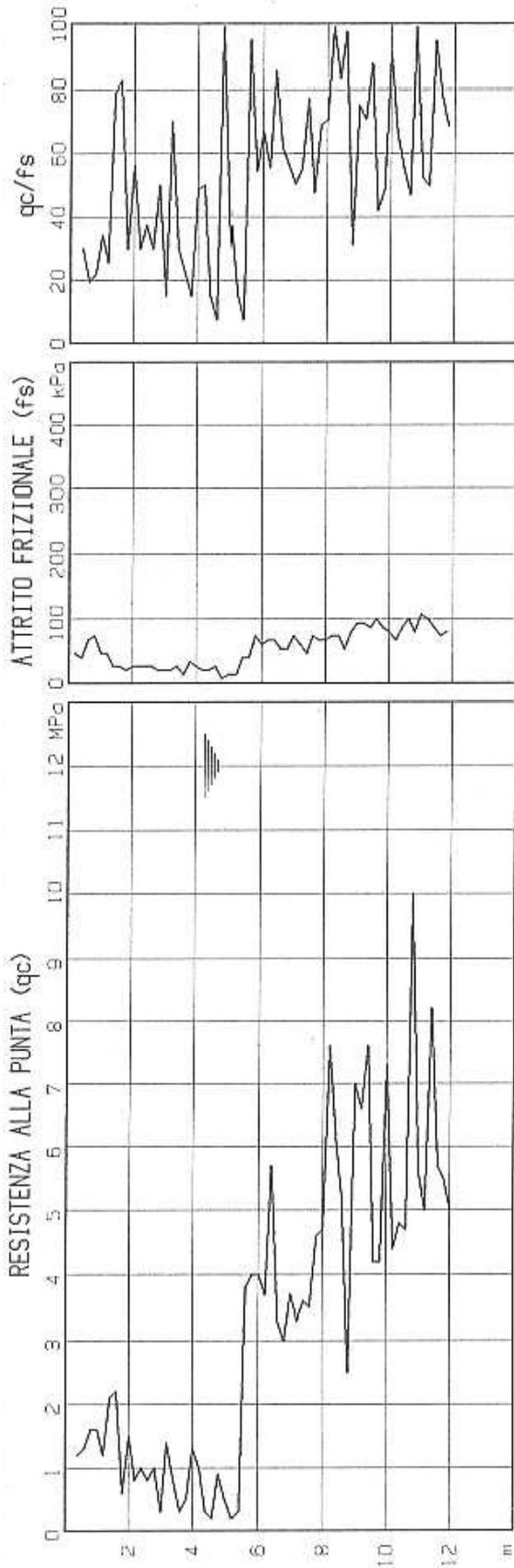
INTERPRETAZIONE



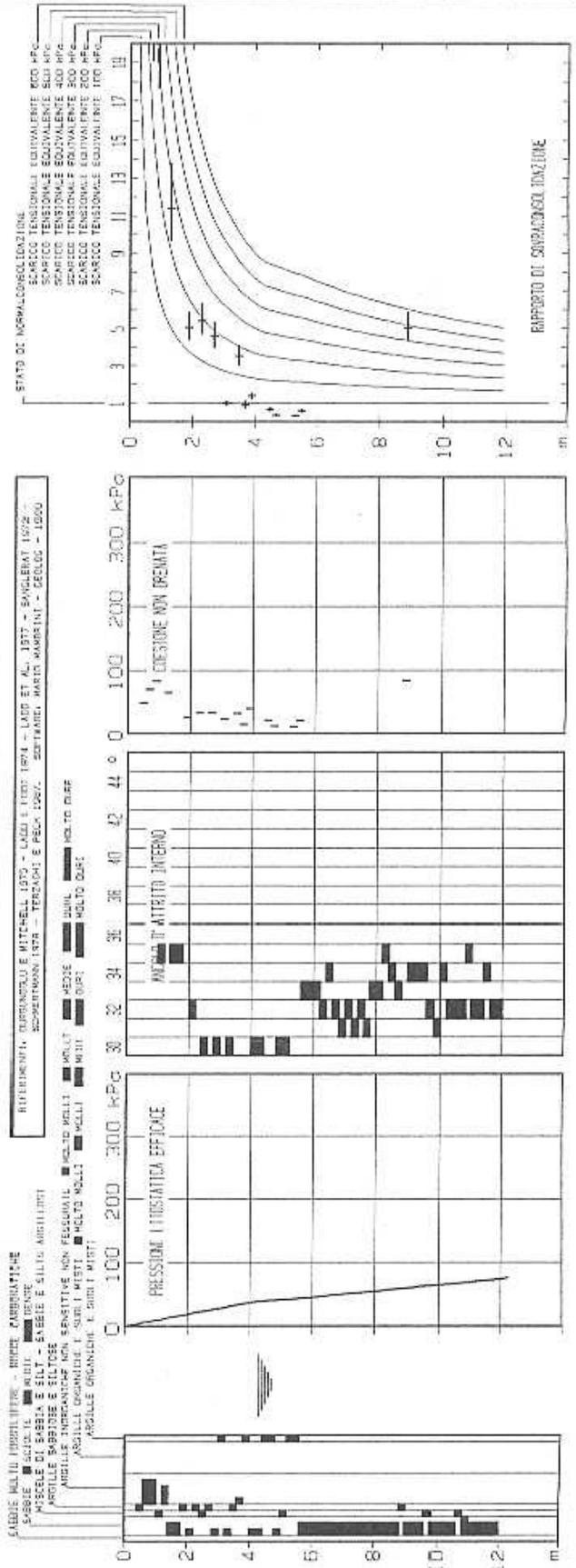


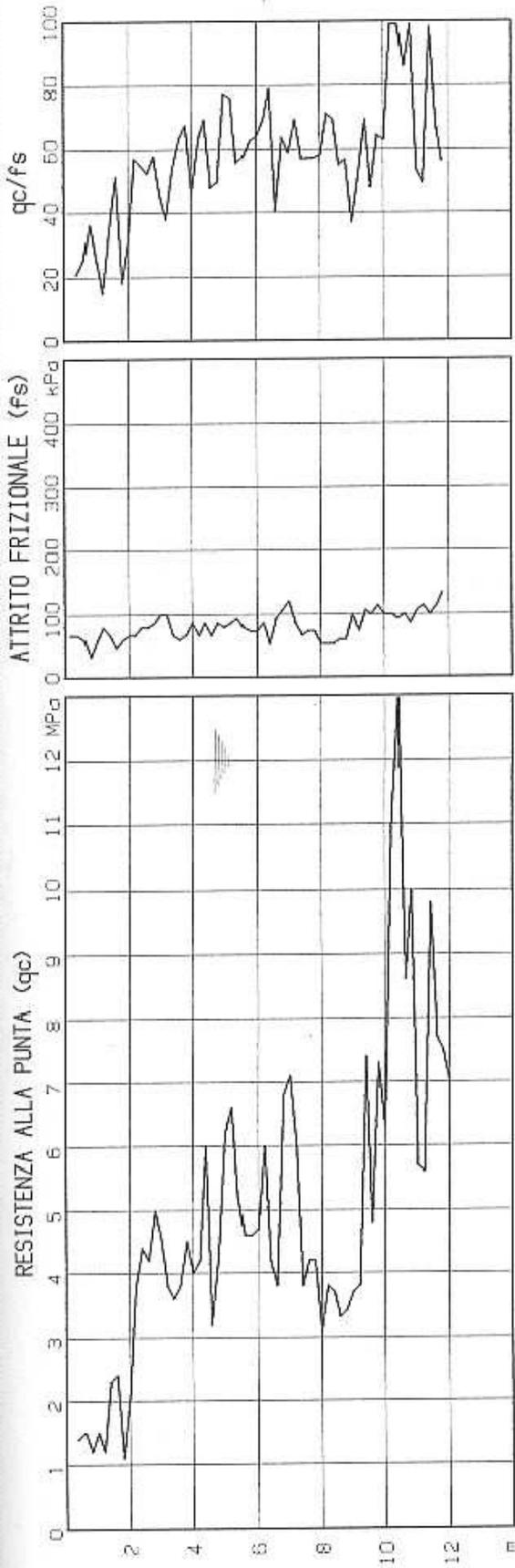
INTERPRETAZIONE



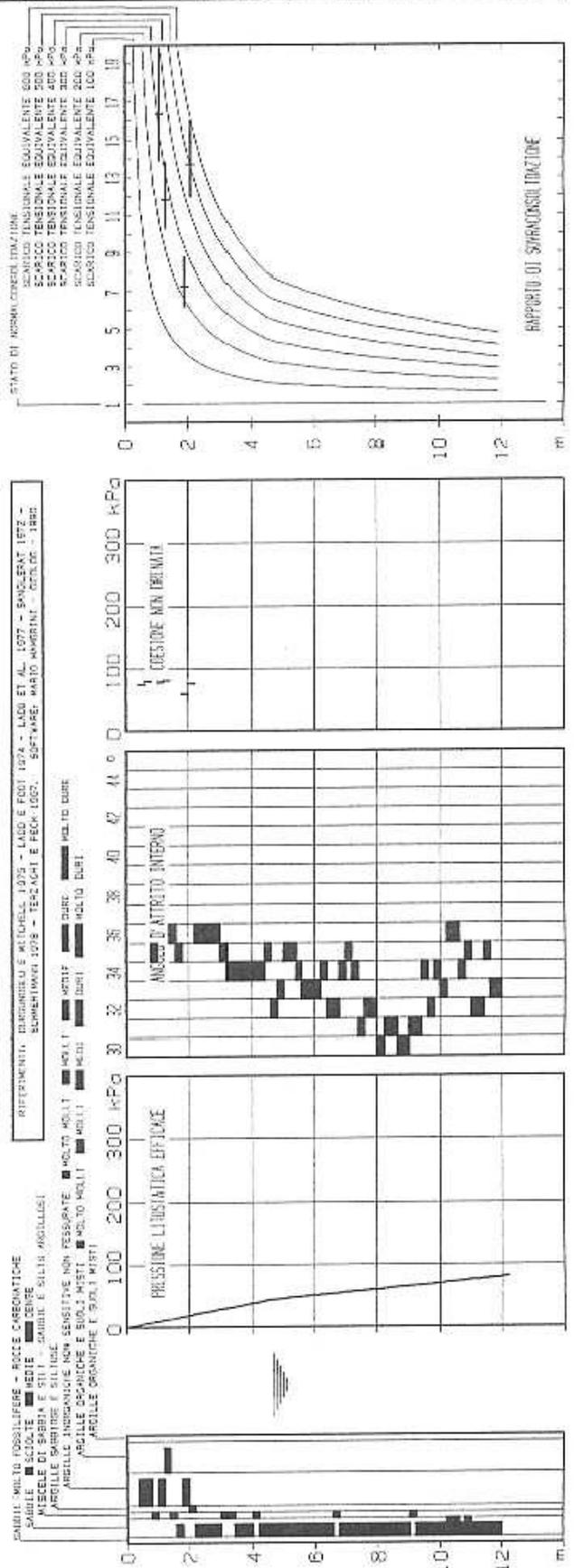


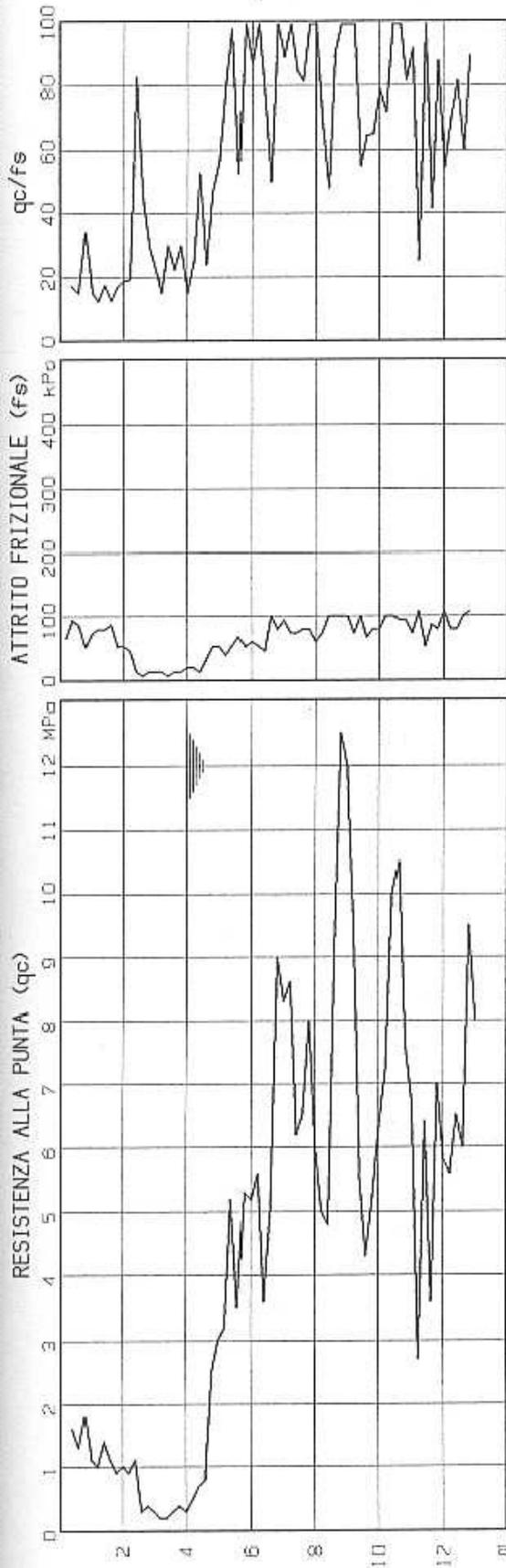
INTERPRETAZIONE



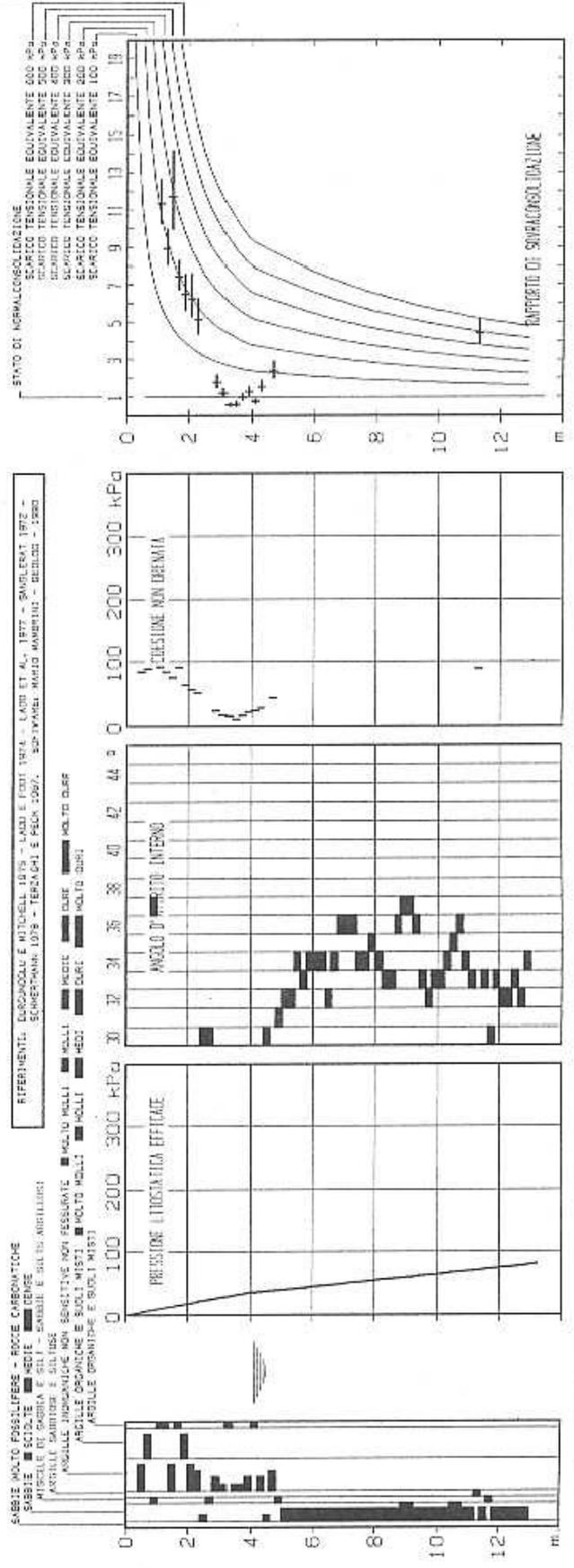


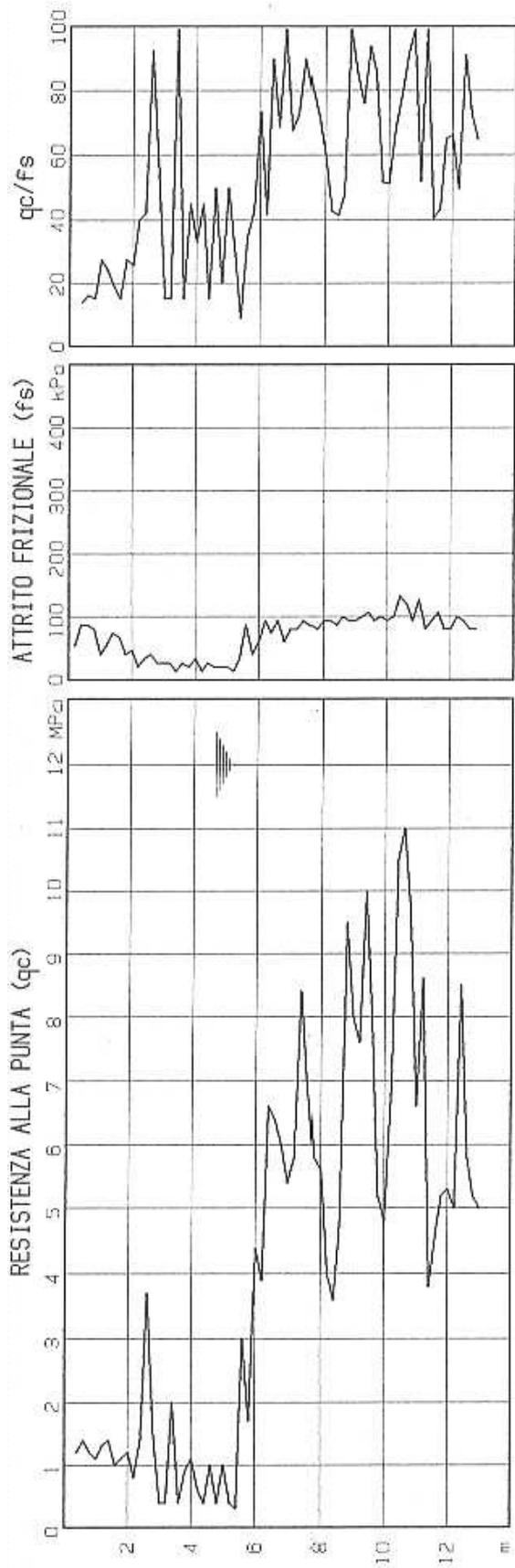
INTERPRETAZIONE





INTERPRETAZIONE

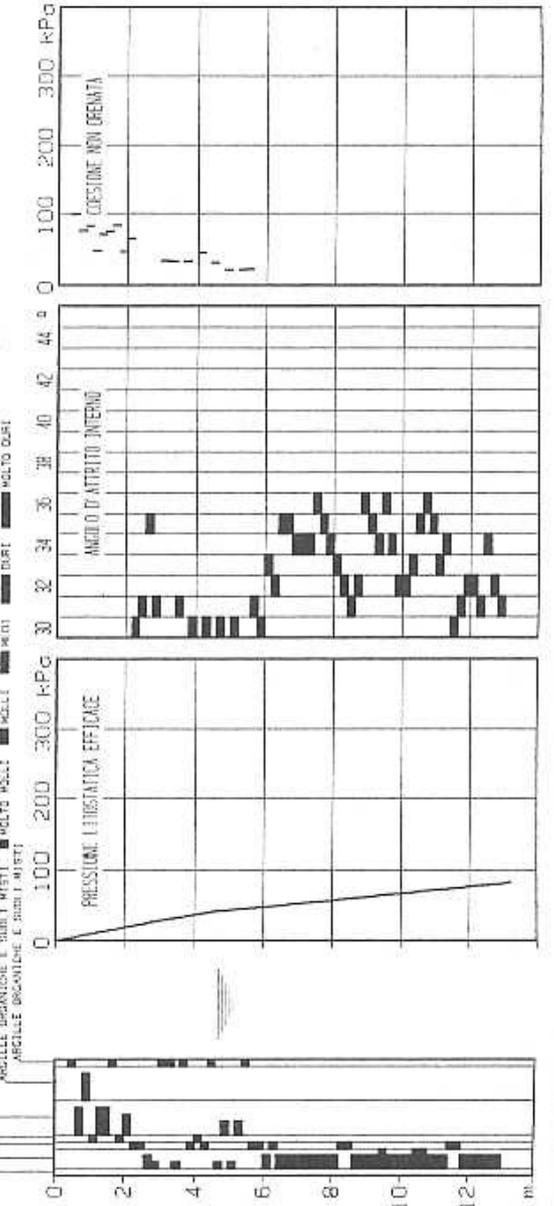


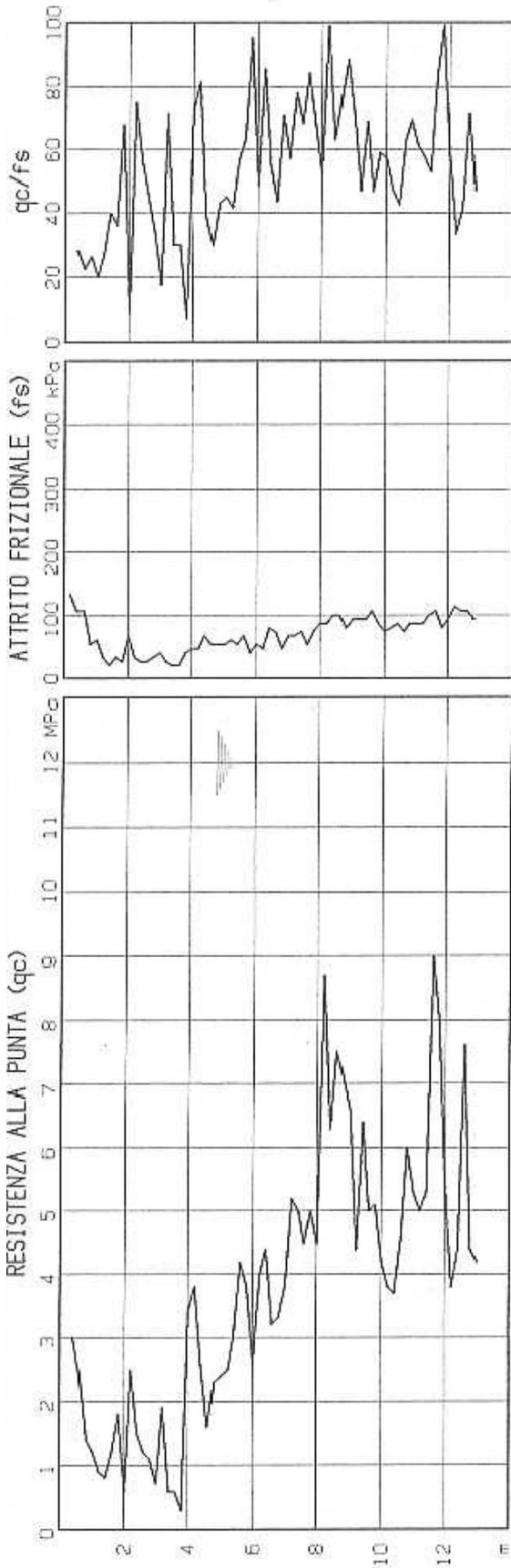


INTERPRETAZIONE

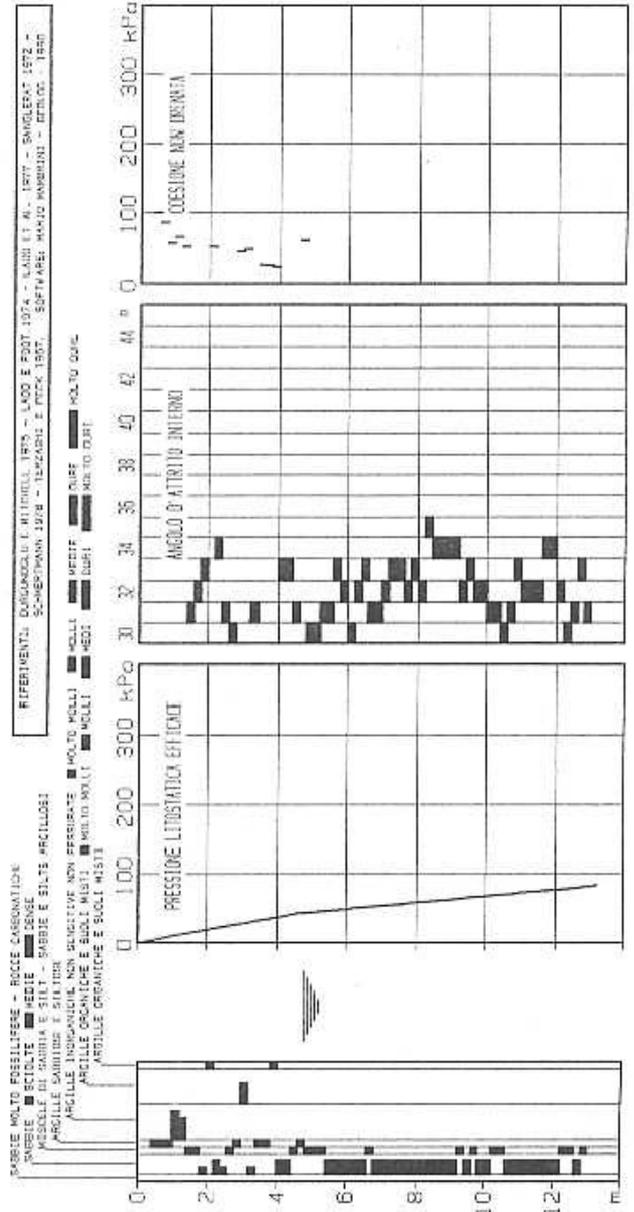
SABBIE MOLTO FOSFORIFERE - GRUZZI CARBONATICI
SABBIE - SCIOLTE - MOLLI - INNE
MISCELE DI SABBIA E SILT - SABBIE E SILT
ARGILLE SABBIOSE E SILTLOSE
ARGILLE INDURITE NON SPRESIVE NON FESFORIFERE
ARGILLE INDURITE E SOTTI MISTI
ARGILLE BRONZITE E SOTTI MISTI

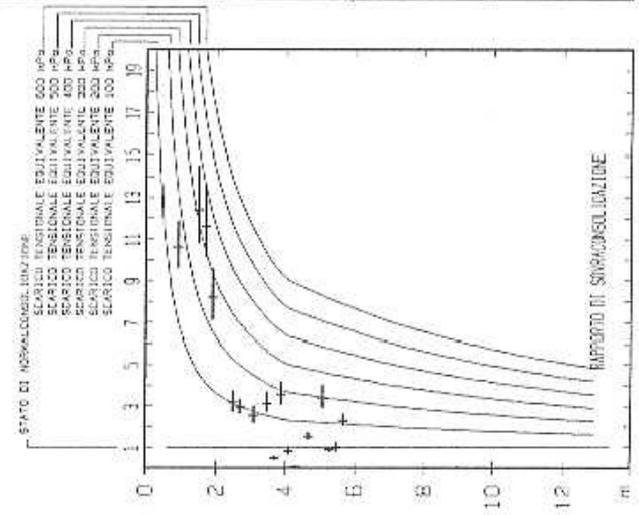
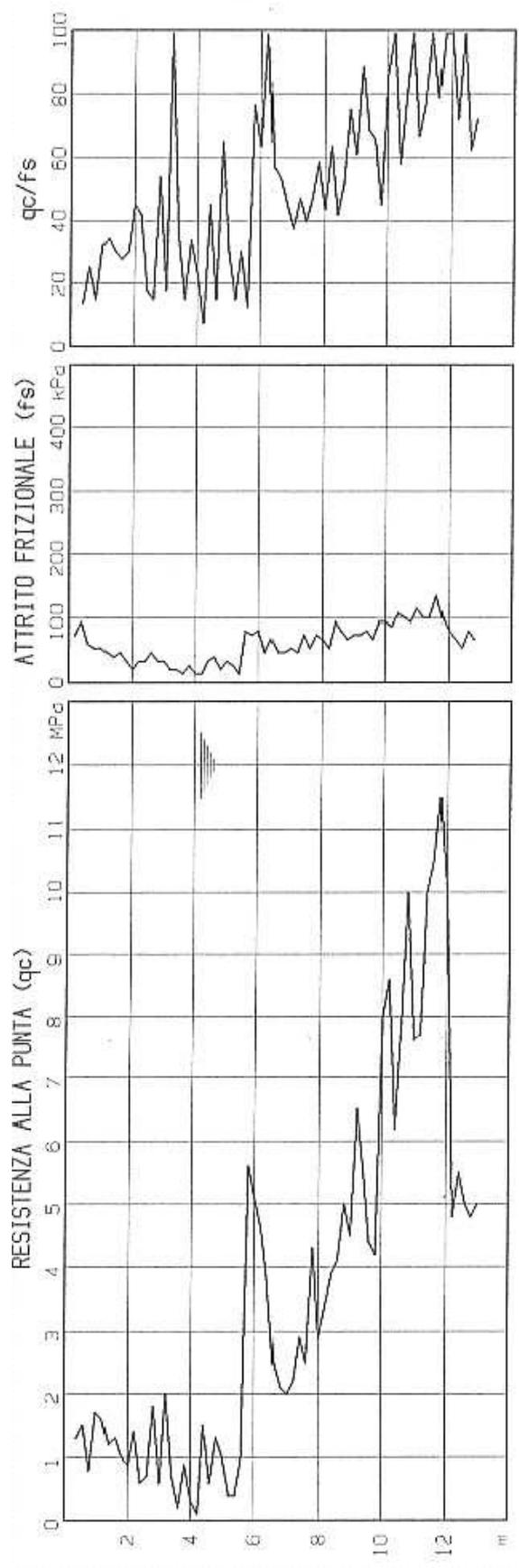
RIFFERIMENTI: DURBANOULE E MITCHELL 1979 - LAO E TROTT 1974 - LAO ET AL. 1977 - SANDERAT 1992 - SCHREIBMAN 1978 - TERZAGHI E PECK 1967. SOFTWARE: MARIO MARINAT - GEOLOG - 1999



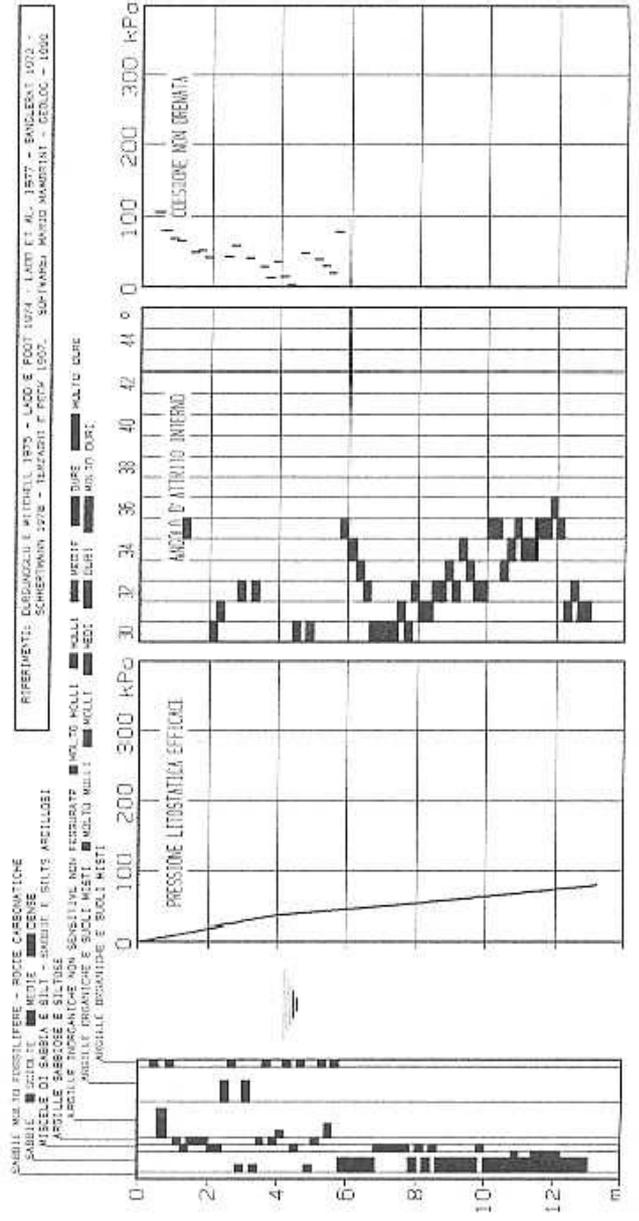


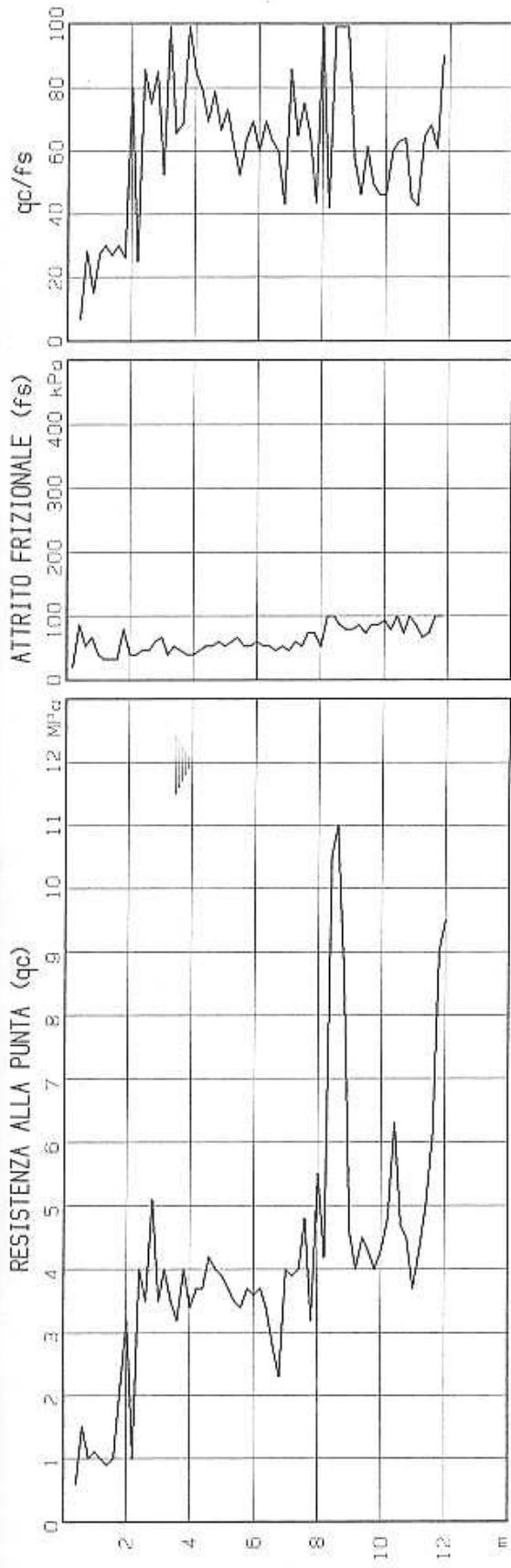
INTERPRETAZIONE



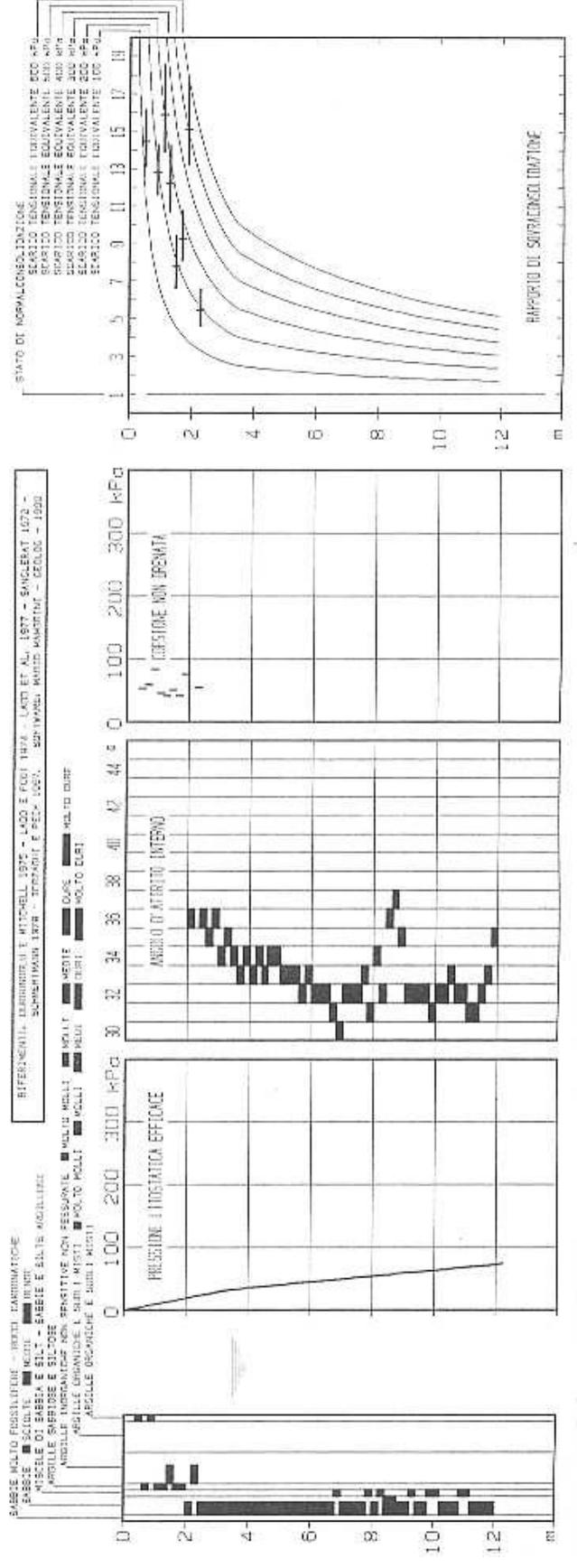


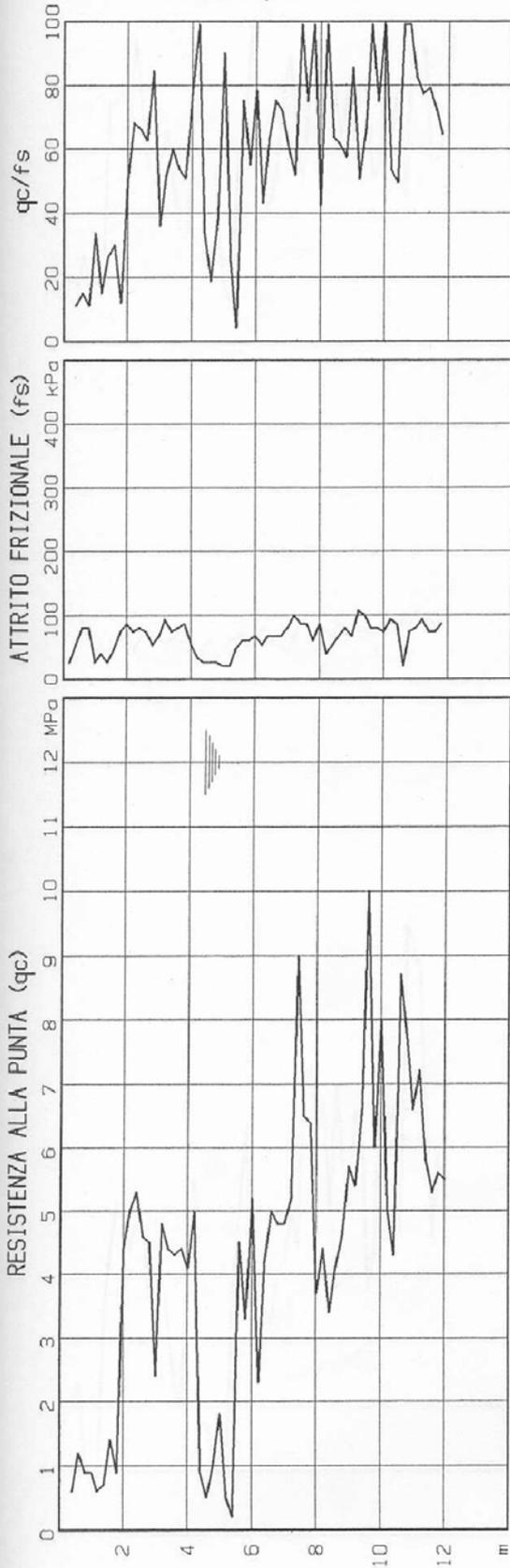
INTERPRETAZIONE





INTERPRETAZIONE



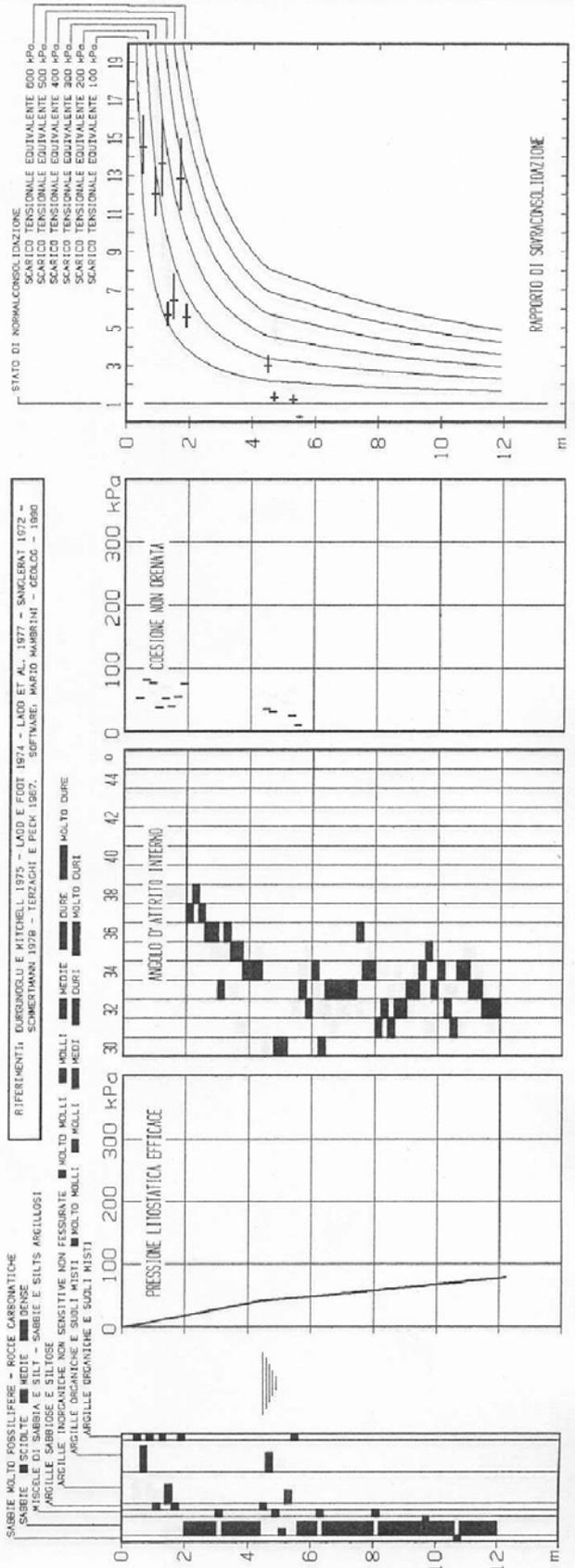


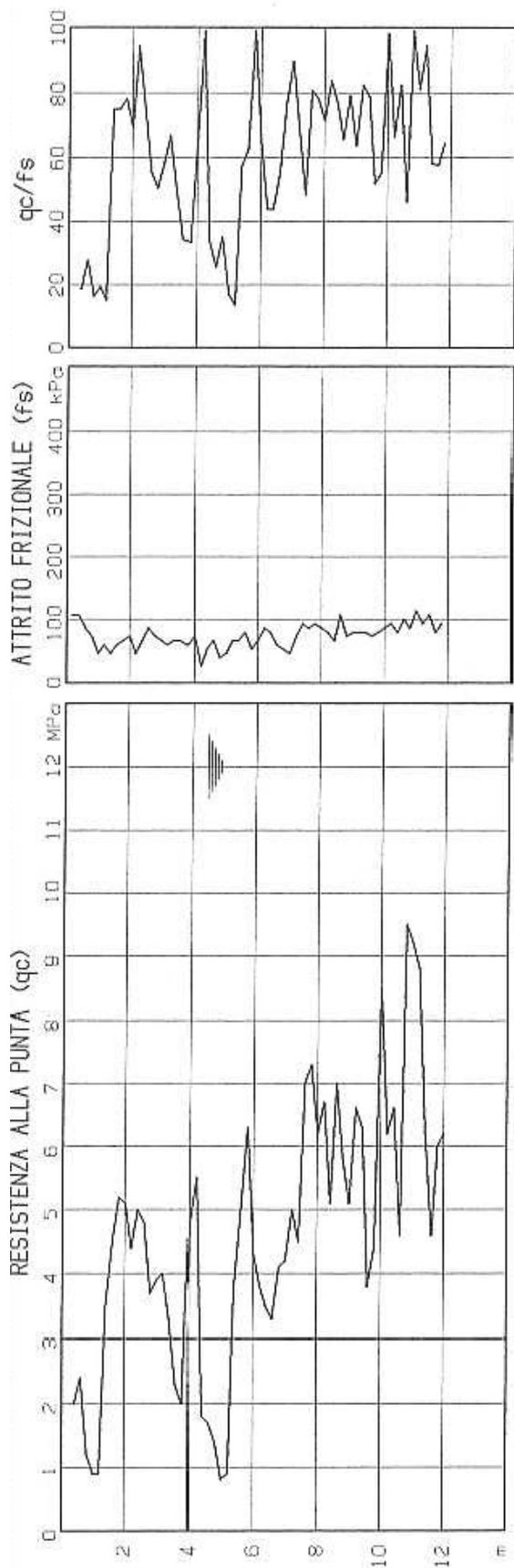
INTERPRETAZIONE

SABBIE MOLTO FOSSILIFERE - ROCCE CARBONATICHE
 SABBIE - SCIOLTE - MEDIE - DENSE
 MISCELE DI SABBIA E SILT - SABBIE E SILTS ARGILLOSI
 ARGILLE SABBIOSE E SILTLOSE
 ARGILLE IMPURE CON SENSIBILITÀ NON FISSURANTE
 ARGILLE ORGANICHE E SUELI MISTI

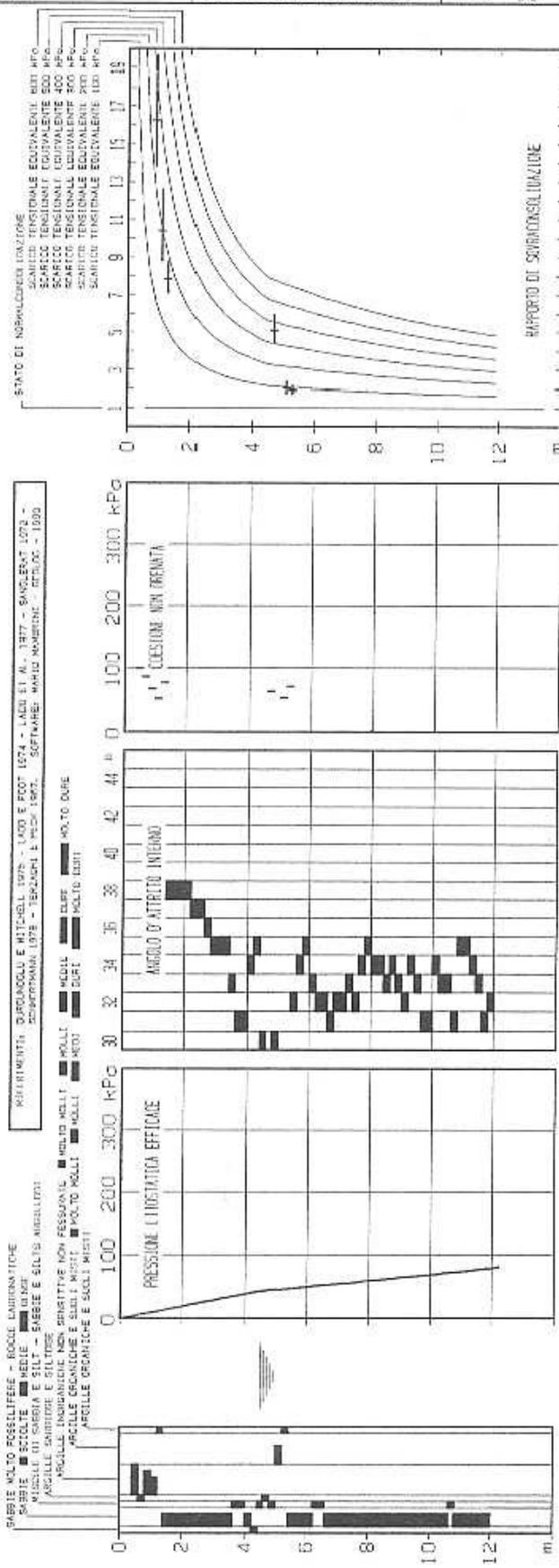
MOLTO MOLLI - MOLTO MOLL
 MOLL - MOLL
 MEDI - DURI
 DURE - MOLTO DURE

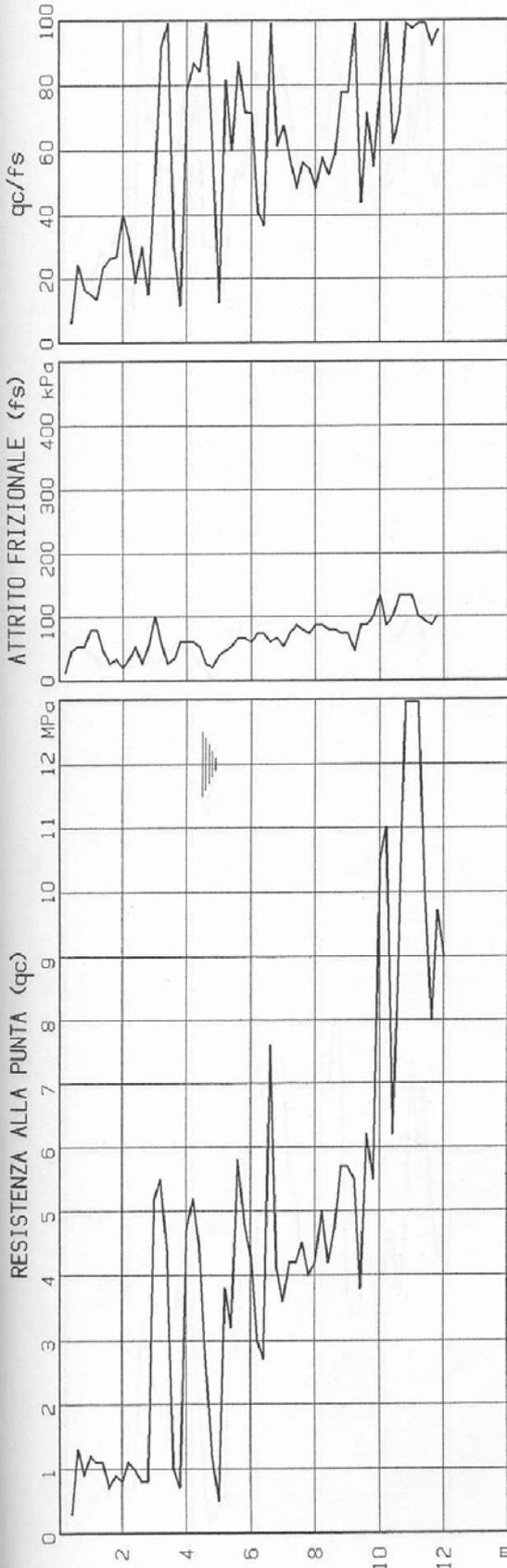
RIFERIMENTI: DURIGUOLLI E KITCHELL, 1975 - LADD E FOOT 1974 - LADD ET AL., 1977 - SANGLERAT 1972 - SCHMERTMANN 1978 - TERZAGHI E PECK 1967. SOFTWARE: MARIO MARRINI - GEOLOG - 1990



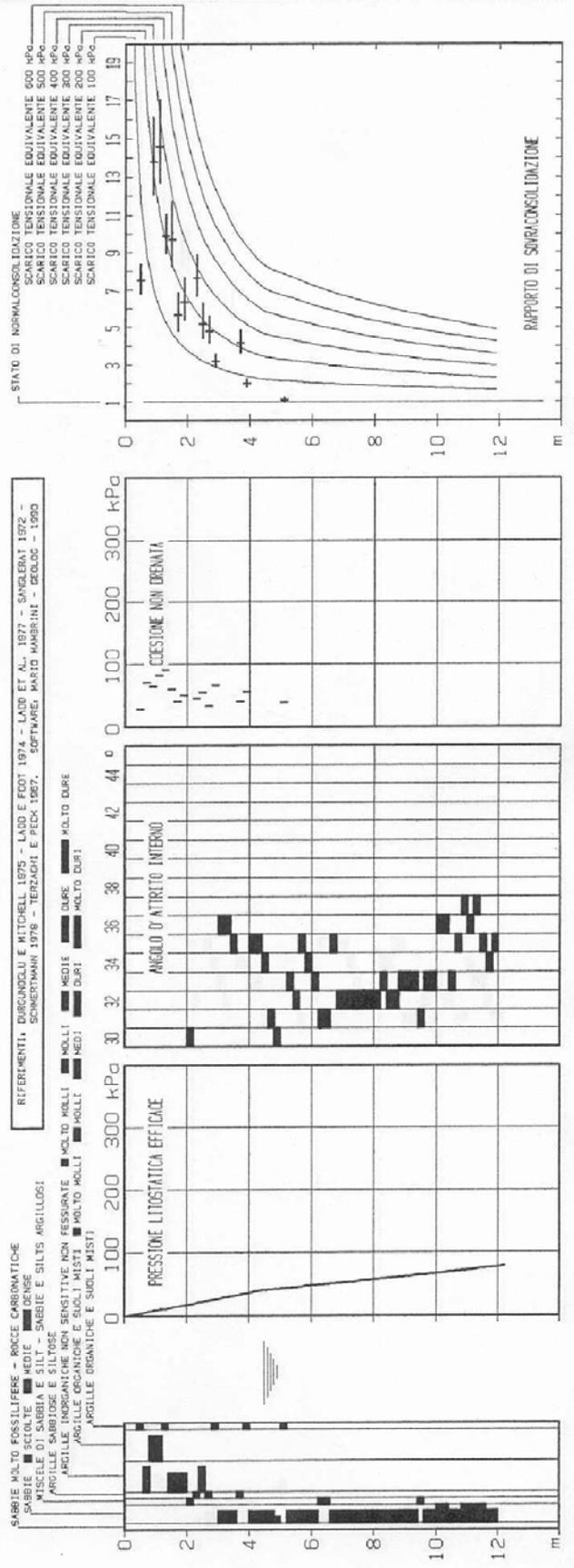


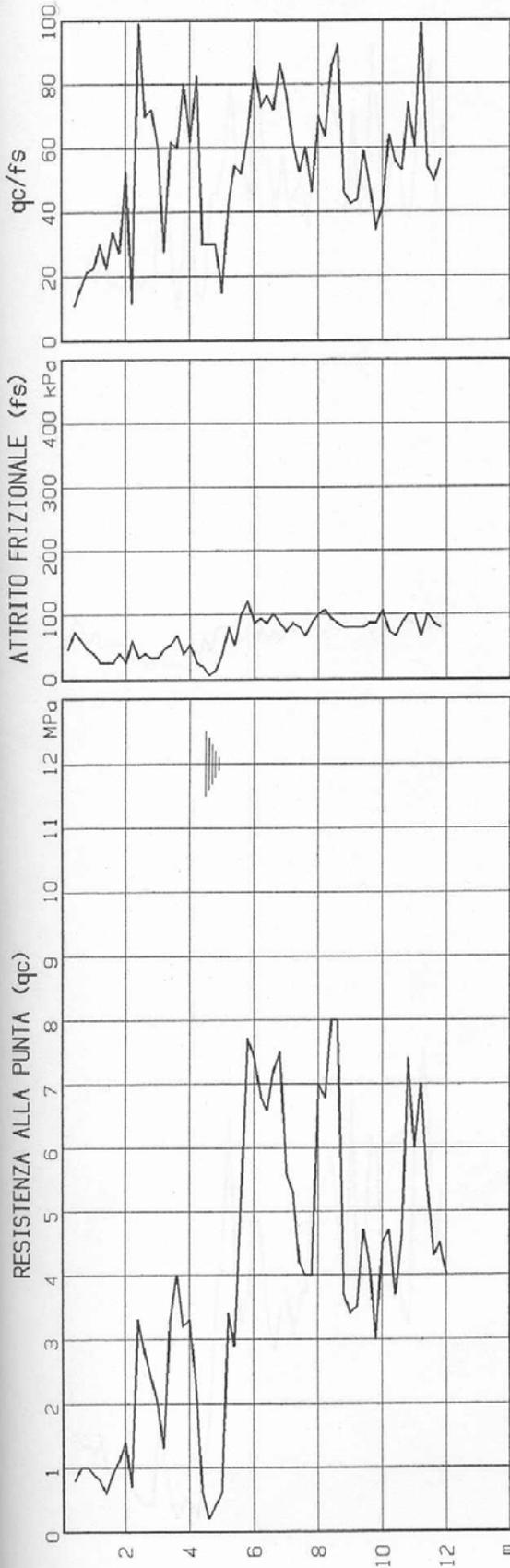
INTERPRETAZIONE



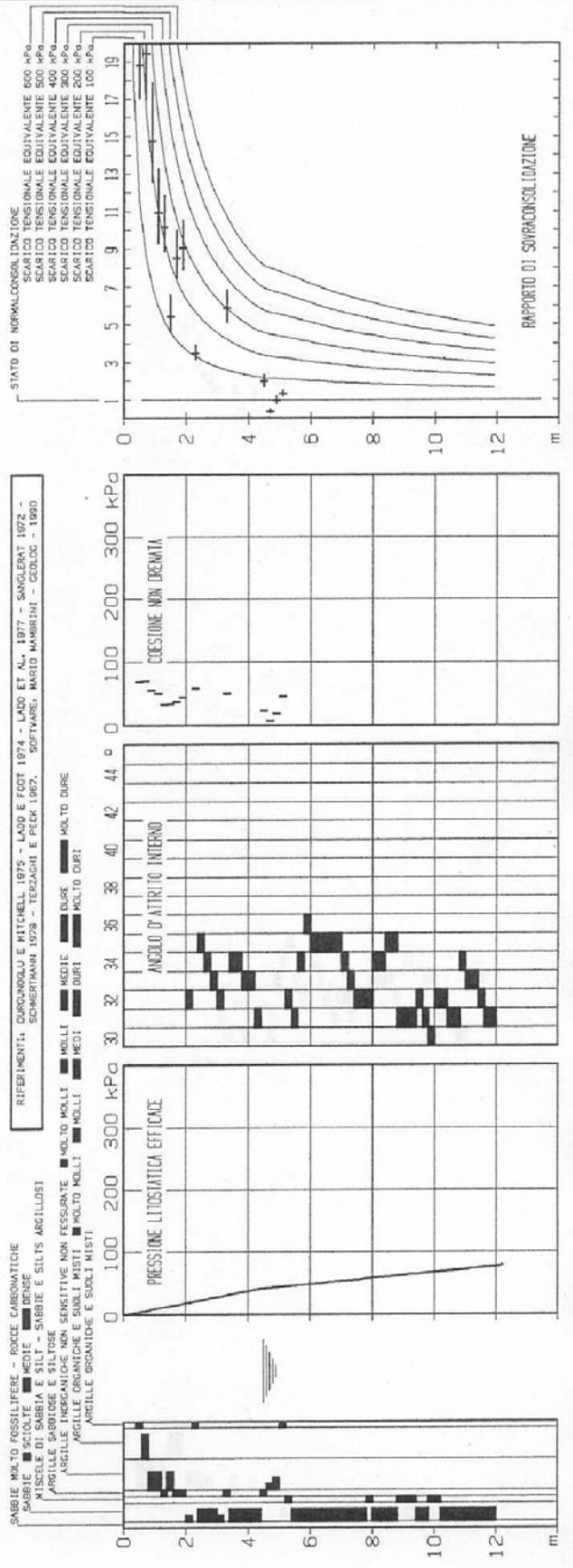


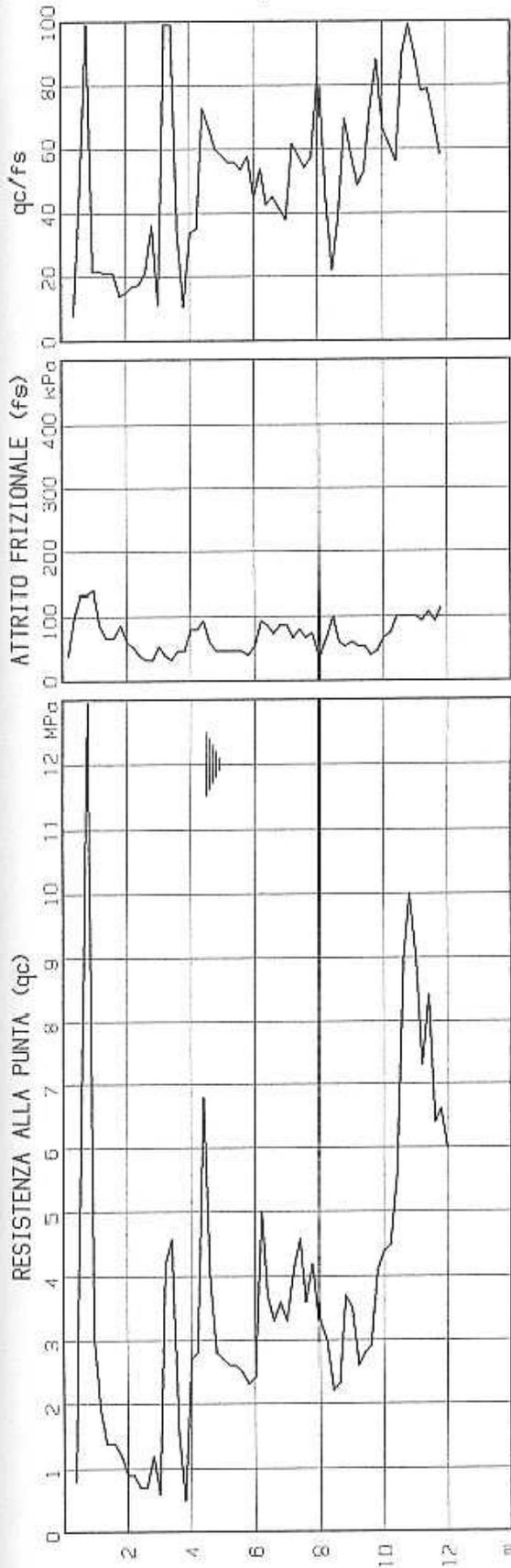
INTERPRETAZIONE



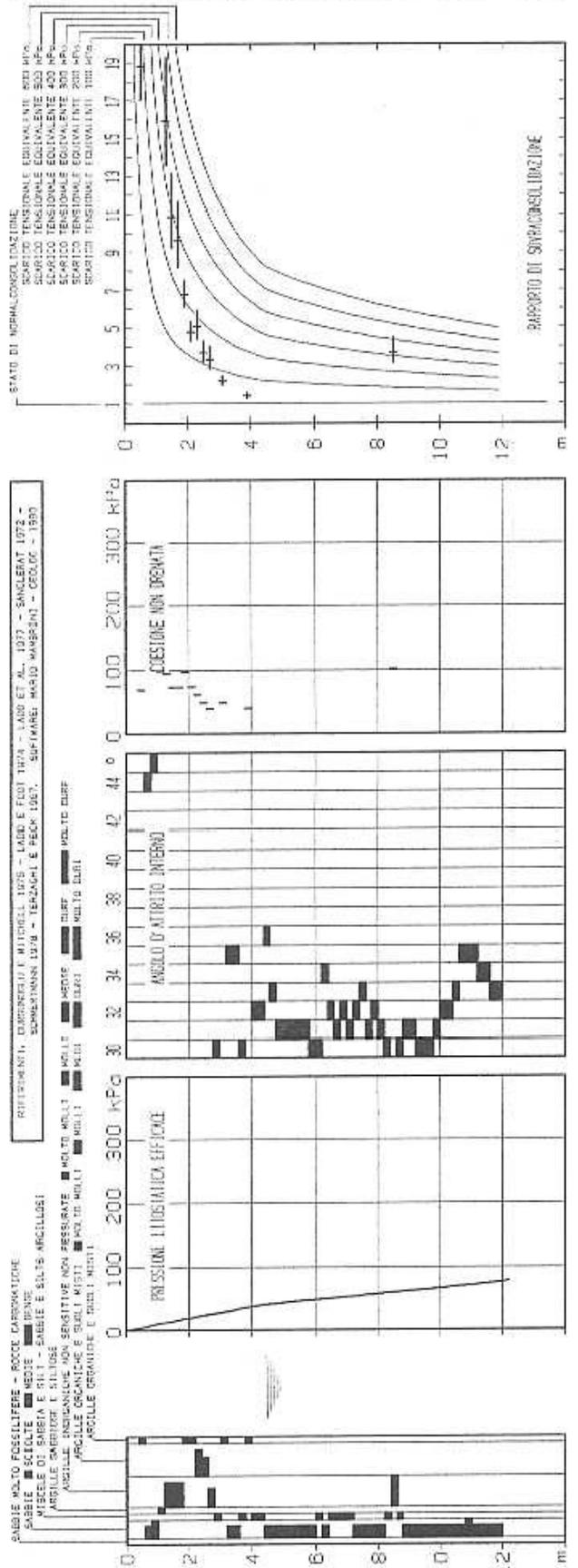


INTERPRETAZIONE



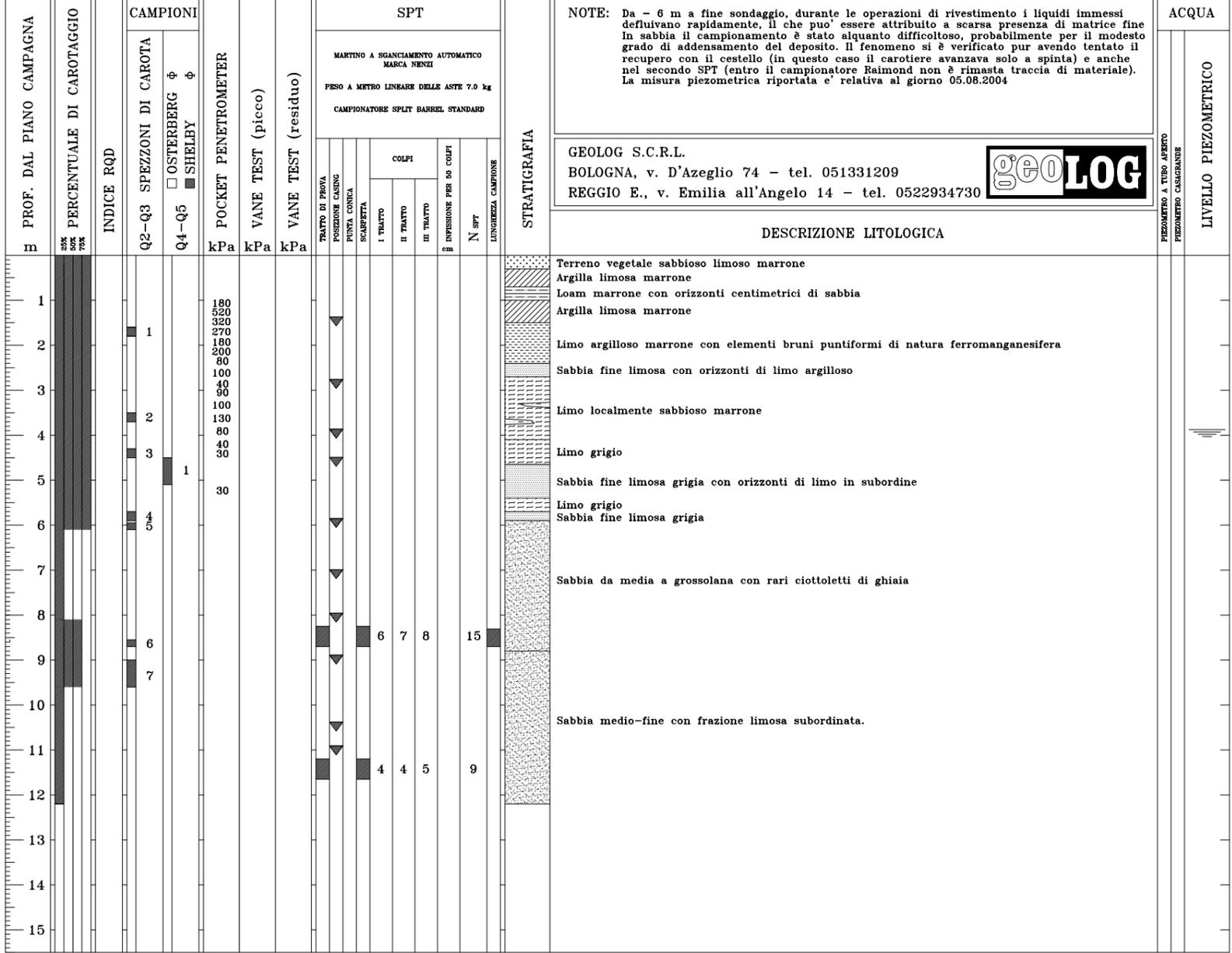


INTERPRETAZIONE



COMUNE DI LUZZARA PROVINCIA DI REGGIO EMILIA PIANO DI COLTIVAZIONE E PROGETTO DI SISTEMAZIONE DELLA SOTTOZONA A DEL POLO DI P.I.A.E. N.15 "BELGRADO FOGARINO"	<h1>SONDAGGIO A ROTAZIONE 1 (S1)</h1>		DATA INIZIO: 28.07.2004 DATA FINE: 28.07.2004
	DITTA ESECUTRICE GEOPROGETTI S.A.S.	MODALITA' ESECUTIVE: carotaggio continuo verticale SONDA: Atlas Copco - Mustang A 65 CAROTIERE: <input checked="" type="checkbox"/> semplice <input type="checkbox"/> doppio ϕ 101 mm CASING: ϕ 128 mm	CAPO SONDA Sig. Emilio Montanari DIREZIONE DI CANTIERE Dott. Roberto Farioli

COORDINATE GEOGRAFICHE: -	RIF. TAV. 2	QUOTA S.L.M. DEL PIANO CAMPAGNA: 20.86 m	TAV. 39
---------------------------	-------------	--	---------



NOTE: Da - 6 m a fine sondaggio, durante le operazioni di rivestimento i liquidi immessi defluivano rapidamente, il che puo' essere attribuito a scarsa presenza di matrice fine. In sabbia il campionamento è stato alquanto difficoltoso, probabilmente per il modesto grado di addensamento del deposito. Il fenomeno si è verificato pur avendo tentato il recupero con il cestello (in questo caso il carotiere avanzava solo a spinta) e anche nel secondo SPT (entro il campionatore Raimond non è rimasta traccia di materiale). La misura piezometrica riportata è relativa al giorno 05.08.2004

GEOLOG S.C.R.L.
 BOLOGNA, v. D'Azeglio 74 - tel. 051331209
 REGGIO E., v. Emilia all'Angelo 14 - tel. 0522934730



DESCRIZIONE LITOLOGICA

ACQUA
LIVELLO PIEZOMETRICO

COMUNE DI LUZZARA
 PROVINCIA DI REGGIO EMILIA
 PIANO DI COLTIVAZIONE E PROGETTO DI
 SISTEMAZIONE DELLA SOTTOZONA A DEL
 POLO DI P.I.A.E. N.15 "BELGRADO FOGARINO"

SONDAGGIO A ROTAZIONE 2 (S2)

DATA INIZIO: 28.07.2004
 DATA FINE: 29.07.2004

DITTA ESECUTRICE
 GEOPROGETTI S.A.S.

MODALITA' ESECUTIVE: carotaggio continuo verticale
 SONDA: Atlas Copco - Mustang A 65
 CAROTIERE: semplice doppio ϕ 101 mm
 CASING: ϕ 128 mm

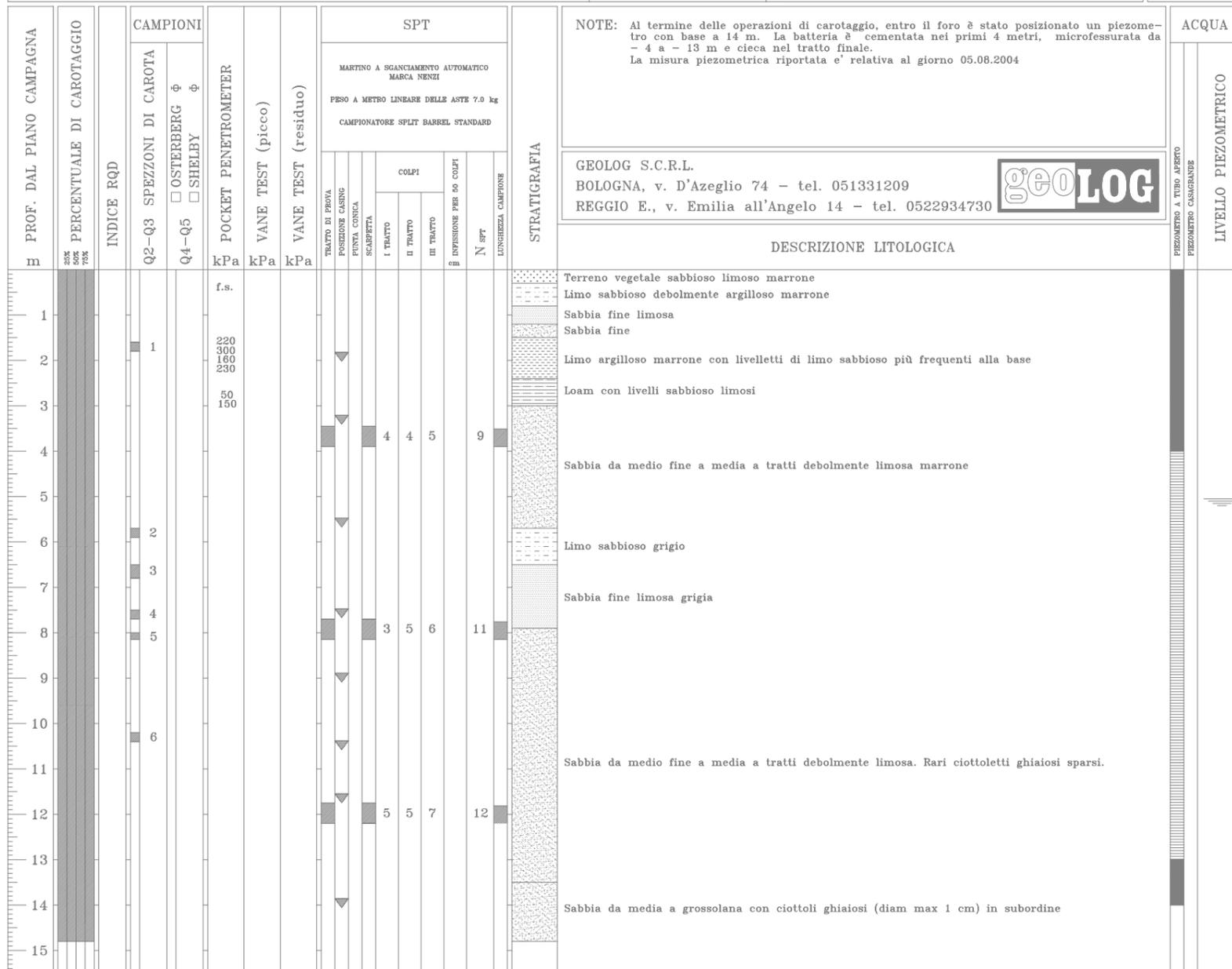
CAPO SONDA
 Sig. Emilio Montanari
 DIREZIONE DI CANTIERE
 Dott. Roberto Farioli

COORDINATE GEOGRAFICHE: -

RIF. TAV. 2

QUOTA S.L.M. DEL PIANO CAMPAGNA: 22.02 m

TAV. 40



NOTE: Al termine delle operazioni di carotaggio, entro il foro è stato posizionato un piezometro con base a 14 m. La batteria è cementata nei primi 4 metri, microfessurata da - 4 a - 13 m e cieca nel tratto finale. La misura piezometrica riportata è relativa al giorno 05.08.2004

GEOLOG S.C.R.L.
 BOLOGNA, v. D'Azeglio 74 - tel. 051331209
 REGGIO E., v. Emilia all'Angelo 14 - tel. 0522934730



DESCRIZIONE LITOLOGICA

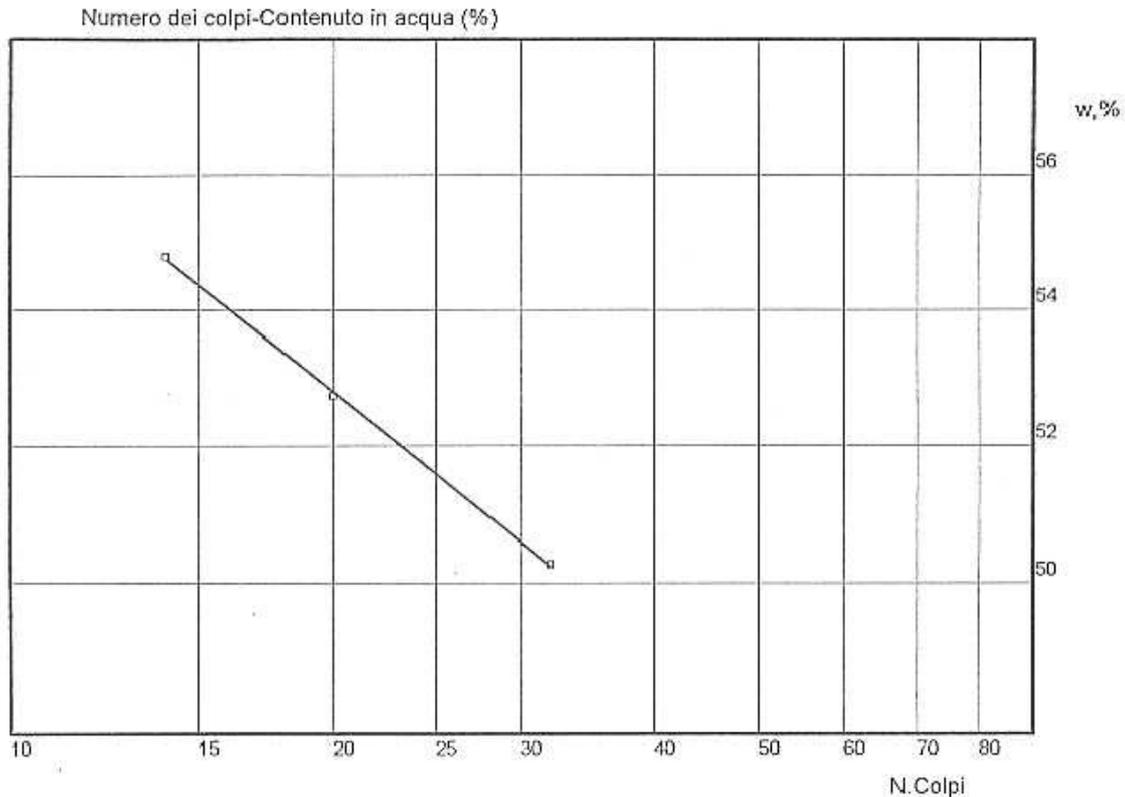
PIEZOMETRO A TUBO APERTO
 PIEZOMETRO CASCIANTE

COMMITTENTE: C.C.P.L. INERTI
CANTIERE: POLO DI P.I.A.E. N.15 "BELGRADO-FOGARINO"
LOCALITA': LUZZARA (RE)

SONDAGGIO: S.1
CAMPIONE: C.1
PROF., m: 1.60 - 1.80

TAVOLA 41

LIMITI DI ATTERBERG ASTM D 4318



LIMITE LIQUIDO, %= 52
LIMITE PLASTICO, %= 28
INDICE PLASTICO= 24

INDICE DI CONSISTENZA= -

DATI GRANULOMETRICI ASTM D 422

SETACCIO mesh	APERTURA mm	PASSANTE %
10	2	100.00
40	0.420	99.92
200	0.074	99.54

Indice di gruppo: 16

CLASSIFICAZIONE AASHTO :A-7-6
CLASSIFICAZIONE USCS :

NOTA:
DATA: 04/08/2004

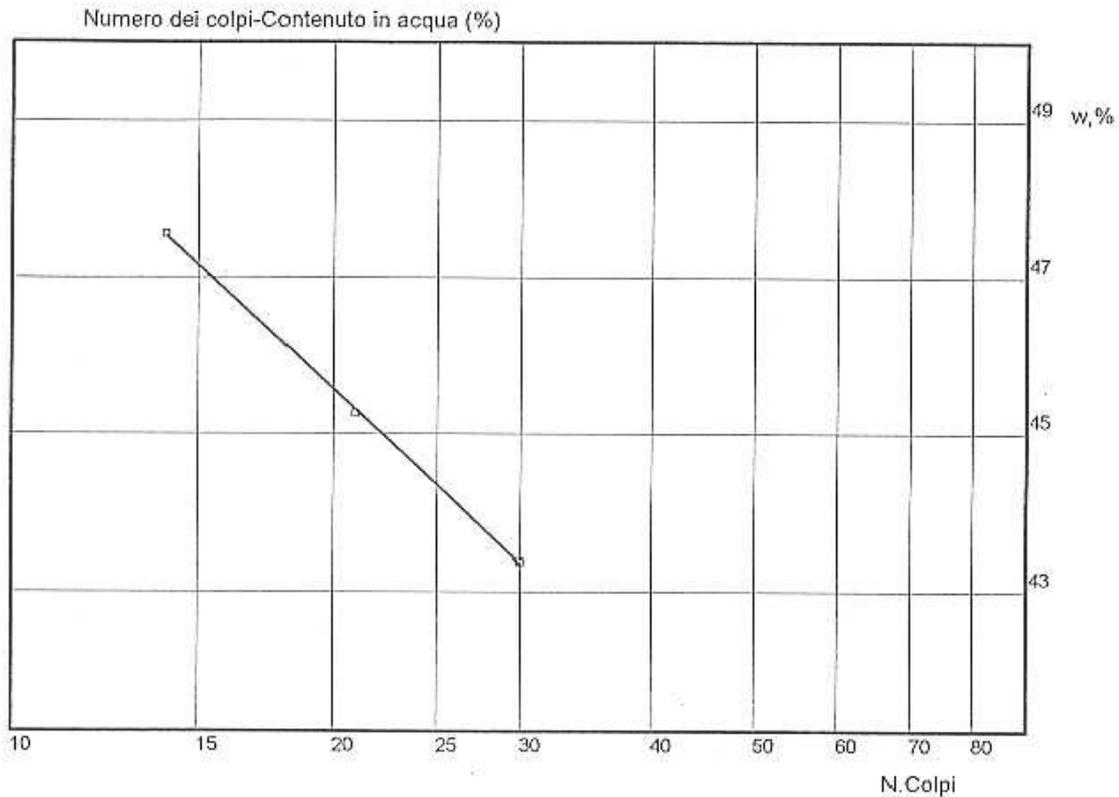
FIRMA

COMMITTENTE: C.C.P.L. INERTI
CANTIERE: POLO DI P.I.A.E. N.15 "BELGRADO-FOGARINO"
LOCALITA': LUZZARA (RE)

SONDAGGIO: S.1
CAMPIONE: C.2
PROF., m:3.50 - 3.70

TAVOLA 42

LIMITI DI ATTERBERG ASTM D 4318



LIMITE LIQUIDO, %= 44
LIMITE PLASTICO, %= 25
INDICE PLASTICO= 19

INDICE DI CONSISTENZA= -

DATI GRANULOMETRICI ASTM D 422

SETACCIO	APERTURA	PASSANTE
mesh	mm	%
10	2	100.00
40	0.420	99.78
200	0.074	99.17

Indice di gruppo: 12

CLASSIFICAZIONE AASHTO :A-7-6
CLASSIFICAZIONE USCS :

NOTA:
DATA: 04/08/2004

FIRMA:

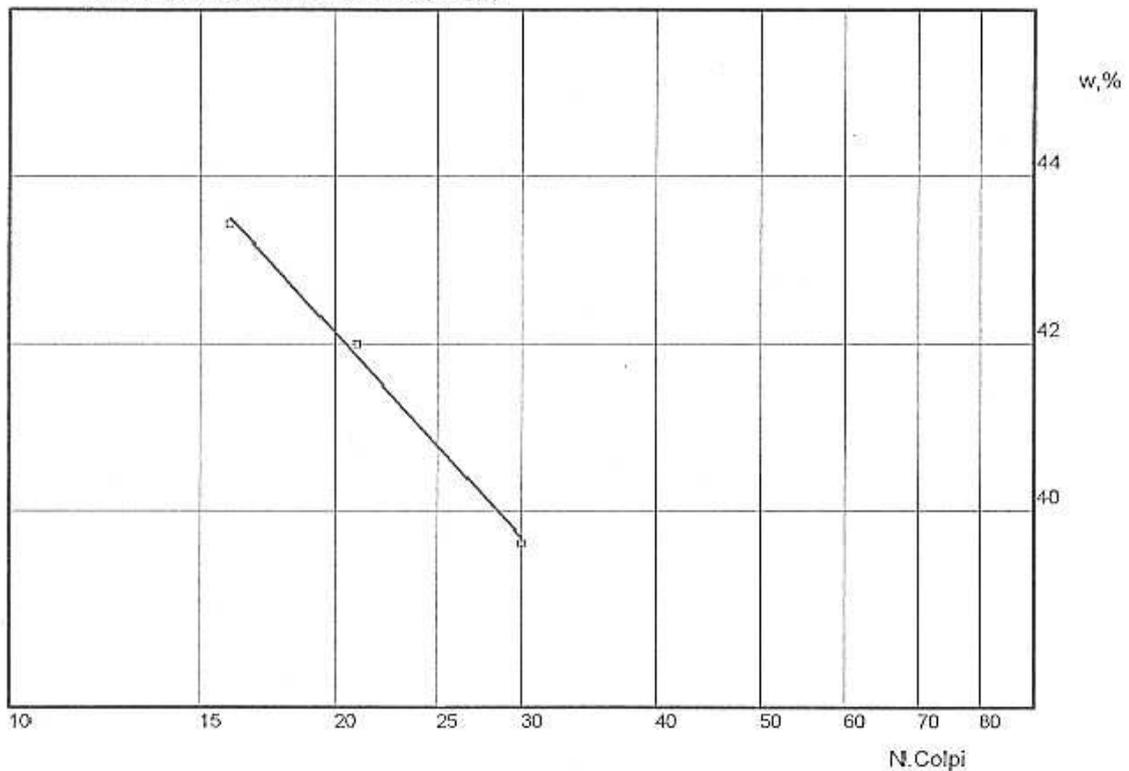
COMMITTENTE: C.C.P.L. INERTI
CANTIERE: POLO DI P.I.A.E. N.15 "BELGRADO-FOGARINO"
LOCALITA': LUZZARA (RE)

SONDAGGIO: S.1
CAMPIONE: C.3
PROF., m:4.30 - 4.45

TAVOLA 43

LIMITI DI ATTERBERG ASTM D 4318

Numero dei colpi-Contenuto in acqua (%)



LIMITE LIQUIDO, %= 41
LIMITE PLASTICO, %= 23
INDICE PLASTICO= 18

INDICE DI CONSISTENZA= -

DATI GRANULOMETRICI ASTM D 422

SETACCIO	APERTURA	PASSANTE
mesh	mm	%
10	2	100.00
40	0.420	99.94
200	0.074	97.50

Indice di gruppo: 11

CLASSIFICAZIONE AASHTO :A-7-6
CLASSIFICAZIONE USCS :

NOTA:
DATA: 04/08/2004

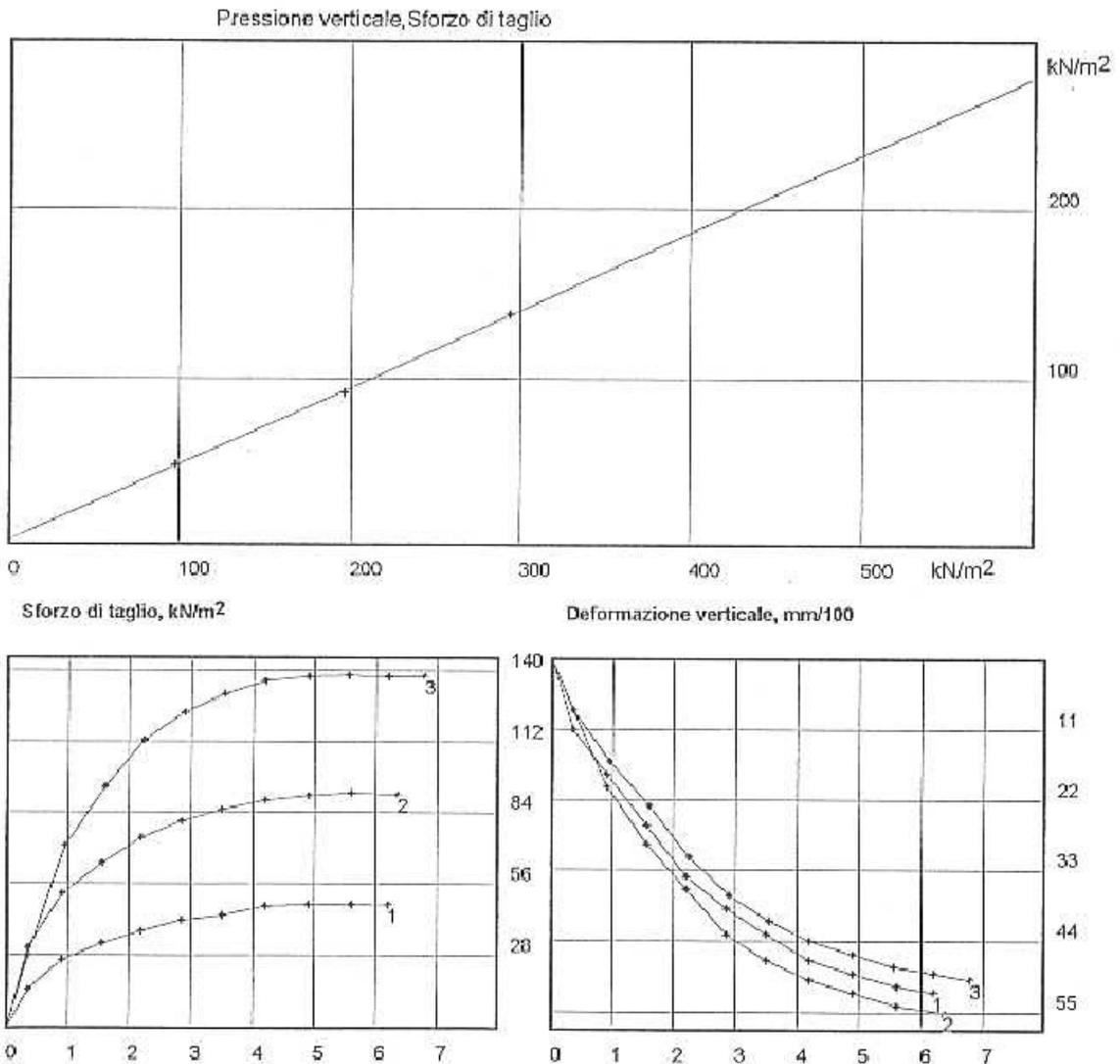
FIRMA: *M. Fabbri*

COMMITTENTE: C.C.P.L. INERTI
 CANTIERE: POLO DI P.I.A. E. N.15 "BELGRADO-FOGARINO"
 LOCALITA': LUZZARA (RE)

SONDAGGIO: S.1
 CAMPIONE: C.1-A
 PROF.: m:4.50 - 4.70

TAVOLA 44

PROVA DI TAGLIO DIRETTO C.D. ASTM D 3080



PRESSIONE kN/m ²	VALORI A ROTTURA		
	SFORZO kN/m ²	AVANZAMENTO mm	DEF. VERT. mm/100
93.07	47.61	4.90	49.00
196.14	91.58	5.60	54.00
294.21	138.03	5.55	48.00

AREA SCATOLA DI TAGLIO = 36.00 cm²
 Vel. avanzamento = 0.0050 mm/minuto
 TIPO DI PROVA: C.D.
 TIPO DI CAMPIONE: Indisturbato
 Contenuto in acqua, % =
 Peso di volume, g/cm³ =
 Densità secca, g/cm³ =
 COESIONE = 2.25 kN/m²
 ANGOLO DI ATTRITO = 24.70 gradi sess.

NOTA:
 DATA: 04/08/2004

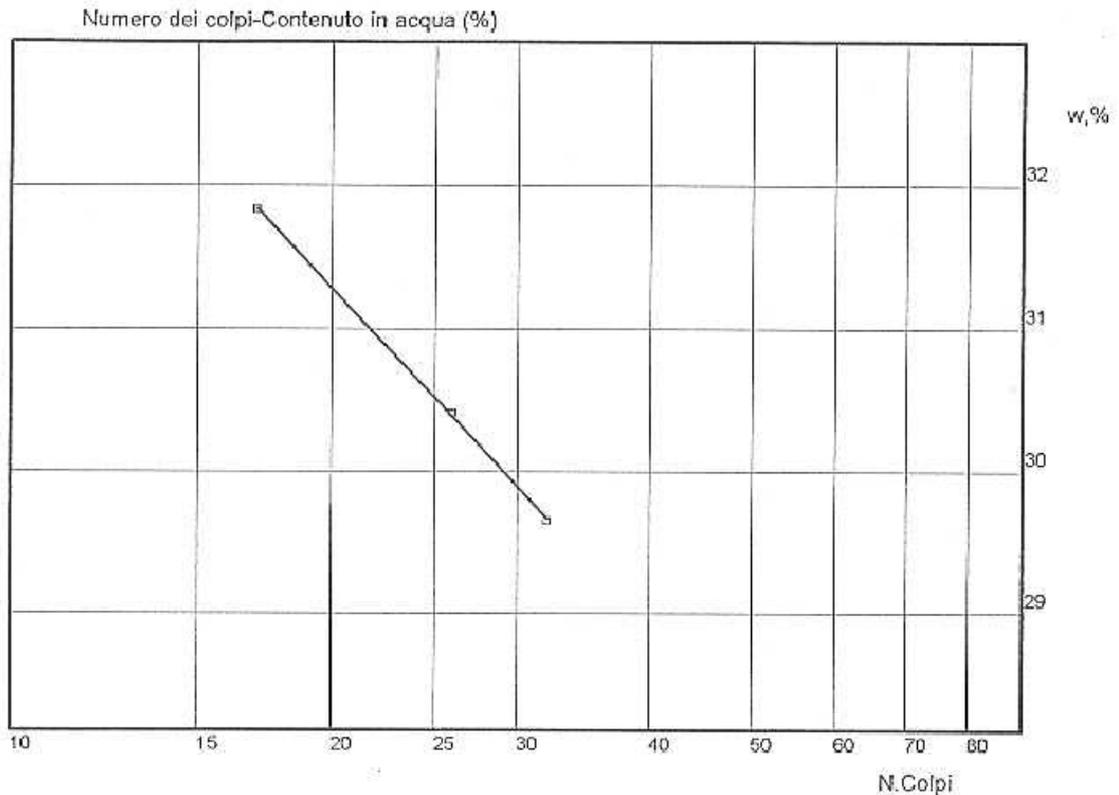
FIRMA: *M. Fabbri*

COMMITTENTE: C.C.P.L. INERTI
CANTIERE: POLO DI P.I.A.E. N.15 "BELGRADO-FOGARINO"
LOCALITA': LUZZARA (RE)

SONDAGGIO: S.1
CAMPIONE: C.1-B
PROF., m: 4.70 - 5.10

TAVOLA 45

LIMITI DI ATTERBERG ASTM D 4318



LIMITE LIQUIDO, %= 31
LIMITE PLASTICO, %= 19
INDICE PLASTICO= 12

INDICE DI CONSISTENZA= -

DATI GRANULOMETRICI ASTM D 422

SETACCIO	APERTURA	PASSANTE
mesh	mm	%
10	2	100.00
40	0.420	99.90
200	0.074	83.04

Indice di gruppo: 9

CLASSIFICAZIONE AASHTO :A-6
CLASSIFICAZIONE USCS :

NOTA:
DATA: 04/08/2004

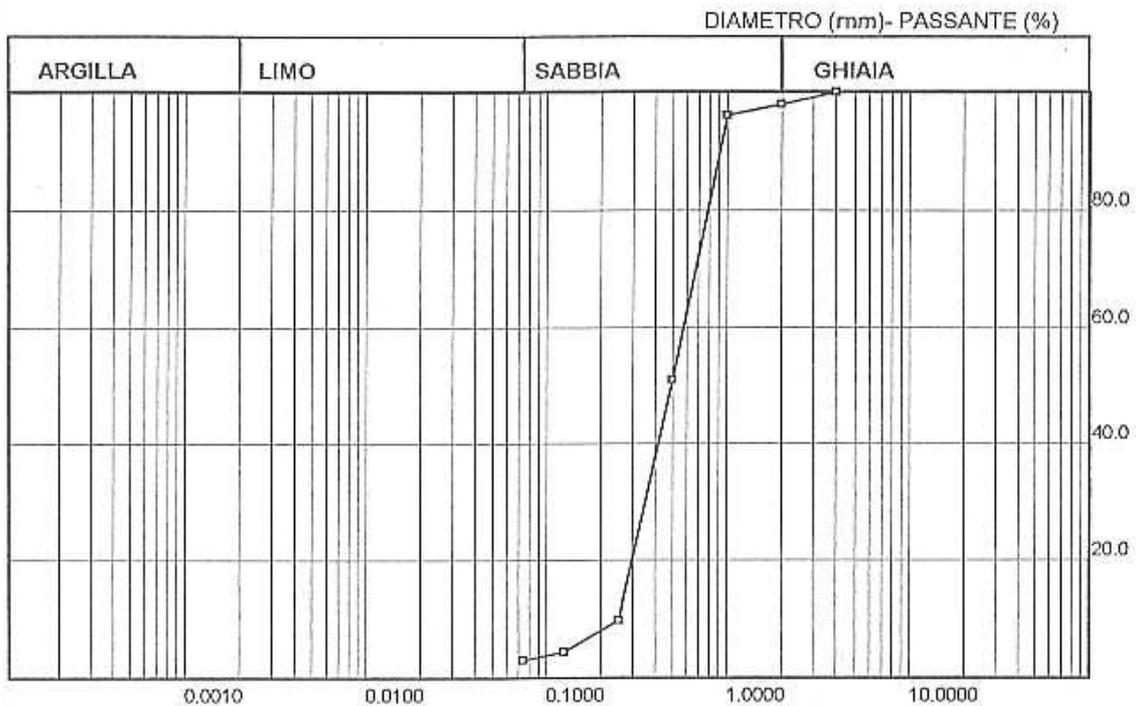
FIRMA:

COMMITTENTE: C.C.P.L. INERTI
CANTIERE: POLO DI P.I.A.E. N.15 "BELGRADO-FOGARINO"
LOCALITA': LUZZARA (RE)

SONDAGGIO: S.1
CAMPIONE: C.5
PROF., m:5.90 - 6.10

TAVOLA 46

ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422



ANALISI PER SETACCI

Apert. setaccio, mm	Passante, %
4.000	100.00
2.000	97.93
1.000	96.06
0.500	50.98
0.250	9.99
0.125	4.50
0.074	3.11

GHIAIA, %= 2.07
SABBIA, %= 94.82
LIMO + ARGILLA, %= 3.11

d60, mm= 0.60002
d30, mm= 0.37204
d10, mm= 0.25006

NOTA:
DATA: 04/08/2004

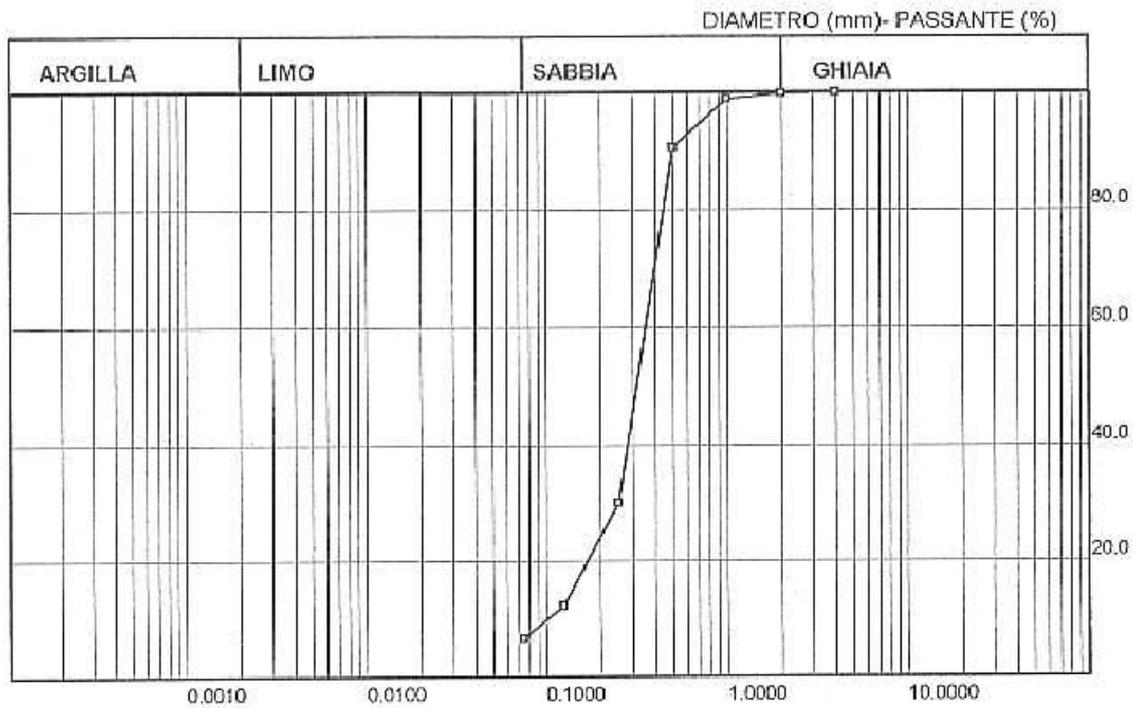
FIRMA: *Musfeld*

COMMITTENTE: C.C.P.L. INERTI
 CANTIERE: POLO DI P.I.A.E. N.15 "BELGRADO-FOGARINO"
 LOCALITA': LUZZARA (RE)

SONDAGGIO: S.1
 CAMPIONE: C.7
 PROF., m: 9.00 - 9.60

TAVOLA 47

ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422



ANALISI PER SETACCI

Apert. setaccio, mm	Passante, %
4.000	100.00
2.000	99.77
1.000	98.89
0.500	90.57
0.250	30.11
0.125	12.28
0.074	6.53

GHIAIA, %= 0.23
 SABBIA, %= 93.25
 LIMO + ARGILLA, %= 6.53

d₆₀, mm= 0.37360
 d₃₀, mm= 0.24924
 d₁₀, mm= 0.10480

NOTA:

DATA: 04/08/2004

FIRMA: *M. Fabbrì*

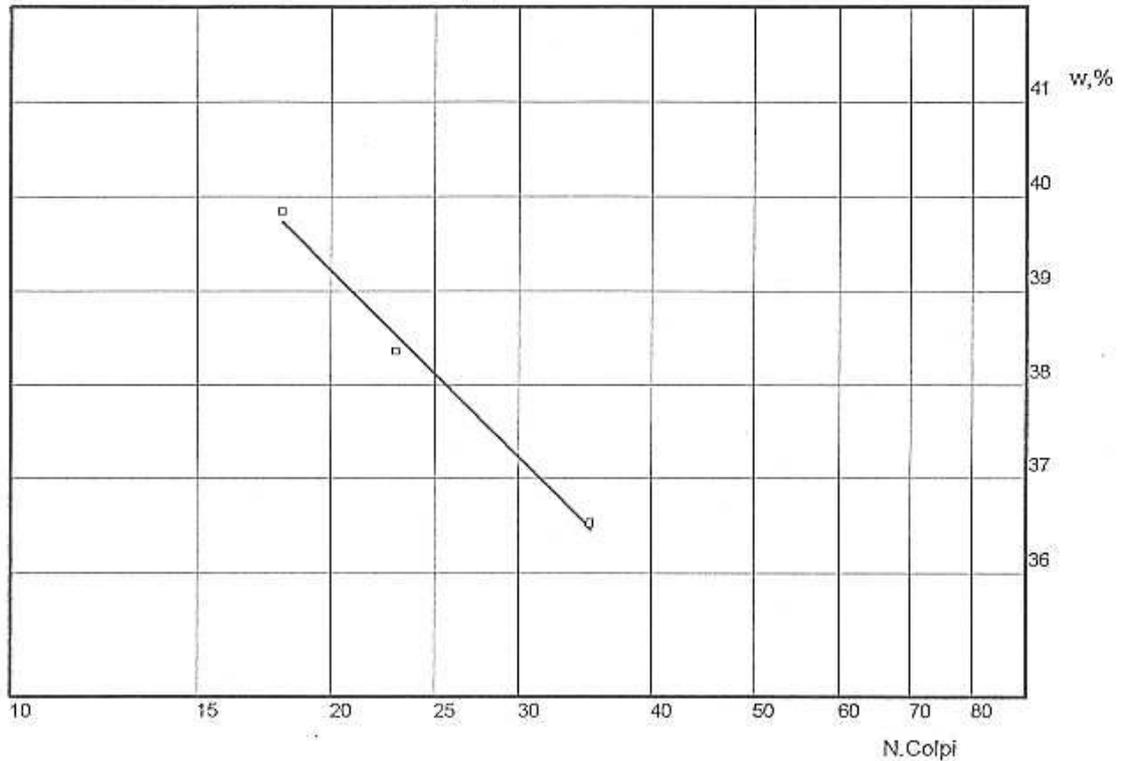
COMMITTENTE: C.C.P.L. INERTI
CANTIERE: POLO DI P.I.A.E. N.15 "BELGRADO-FOGARINO"
LOCALITA': LUZZARA (RE)

SONDAGGIO: S.2
CAMPIONE: C.1
PROF., m:1.60 - 1.80

TAVOLA 48

LIMITI DI ATTERBERG ASTM D 4318

Numero dei colpi-Contenuto in acqua (%)



LIMITE LIQUIDO, %= 38
LIMITE PLASTICO, %= 22
INDICE PLASTICO= 16

INDICE DI CONSISTENZA= -

DATI GRANULOMETRICI ASTM D 422

SETACCIO	APERTURA	PASSANTE
mesh	mm	%
10	2	99.89
40	0.420	99.46
200	0.074	88.94

Indice di gruppo: 10

CLASSIFICAZIONE AASHTO :A-6
CLASSIFICAZIONE USCS :

NOTA:
DATA: 04/08/2004

FIRMA: *M. Fabbri*

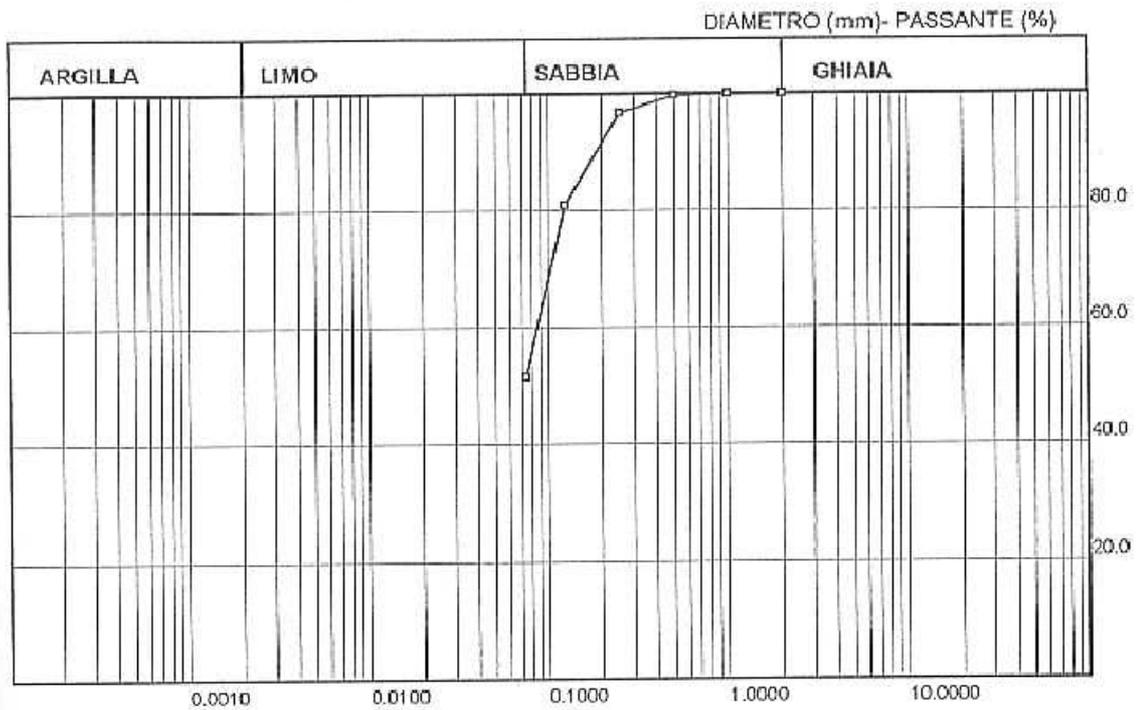
DR. GEOL. FABBRI MARCO-PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO
 VIA G.F. NOVARO, 32 - 40141 BOLOGNA - TEL. 051477587

COMMITTENTE: C.C.P.L. INERTI
 CANTIERE: POLO DI P.I.A.E. N.15 "BELGRADO-FOGARINO"
 LOCALITA': LUZZARA (RE)

SONDAGGIO: S.2
 CAMPIONE: C.2
 PROF., m: 5.70 - 5.90

TAVOLA 49

ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422



ANALISI PER SETACCI

Apert. setaccio, mm	Passante, %
2.000	100.00
1.000	99.98
0.500	99.74
0.250	96.67
0.125	80.84
0.074	51.47

SABBIA, %= 48.53
 LIMO + ARGILLA, %= 51.47

d60, mm= 0.08881

NOTA:
 DATA: 04/08/2004

FIRMA *Marco Fabbri*

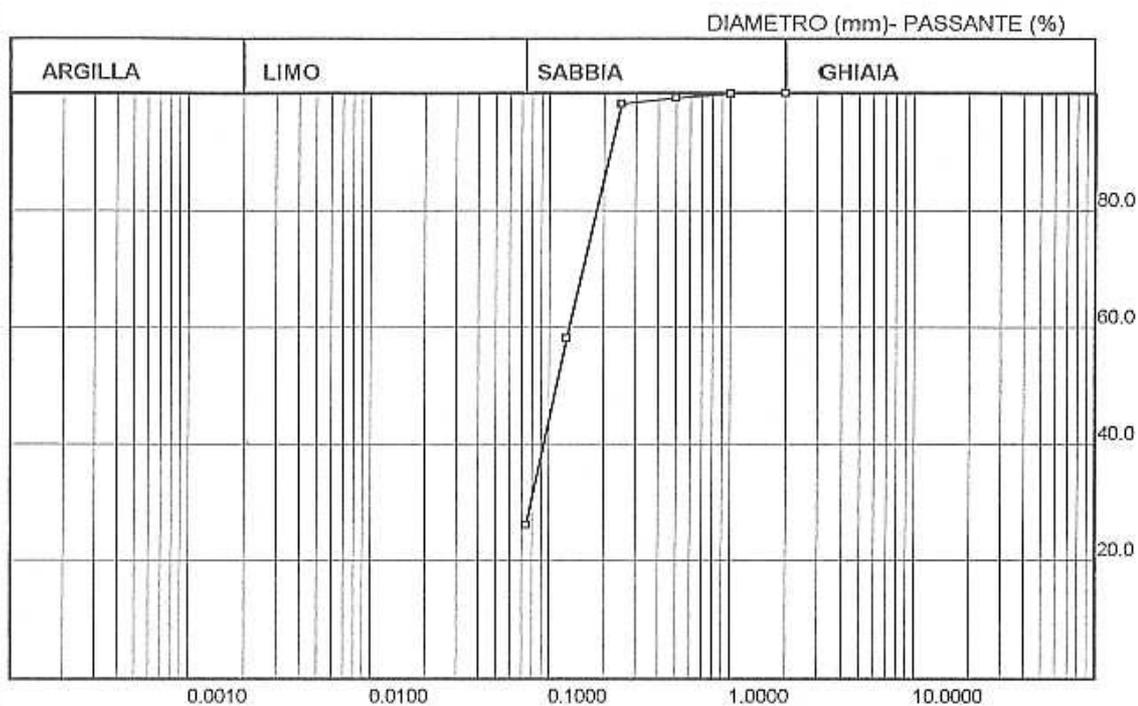
DR.GEOL. FABBRI MARCO-PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO
VIA G.F. NOVARO, 32 - 40141 BOLOGNA - TEL. 051477587

COMMITTENTE: C.C.P.L. INERTI
CANTIERE: POLO DI P.I.A.E. N.15 "BELGRADO-FOGARINO"
LOCALITA': LUZZARA (RE)

SONDAGGIO: S.2
CAMPIONE: C.3
PROF., m:6.50 - 6.80

TAVOLA 50

ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422



ANALISI PER SETACCI

Apert. setaccio, mm	Passante, %
2.000	100.00
1.000	99.89
0.500	99.23
0.250	98.21
0.125	58.12
0.074	26.12

SABBIA, %= 73.88
LIMO + ARGILLA, %= 26.12

d₆₀, mm= 0.13088
d₃₀, mm= 0.08019

NOTA:
DATA: 04/08/2004

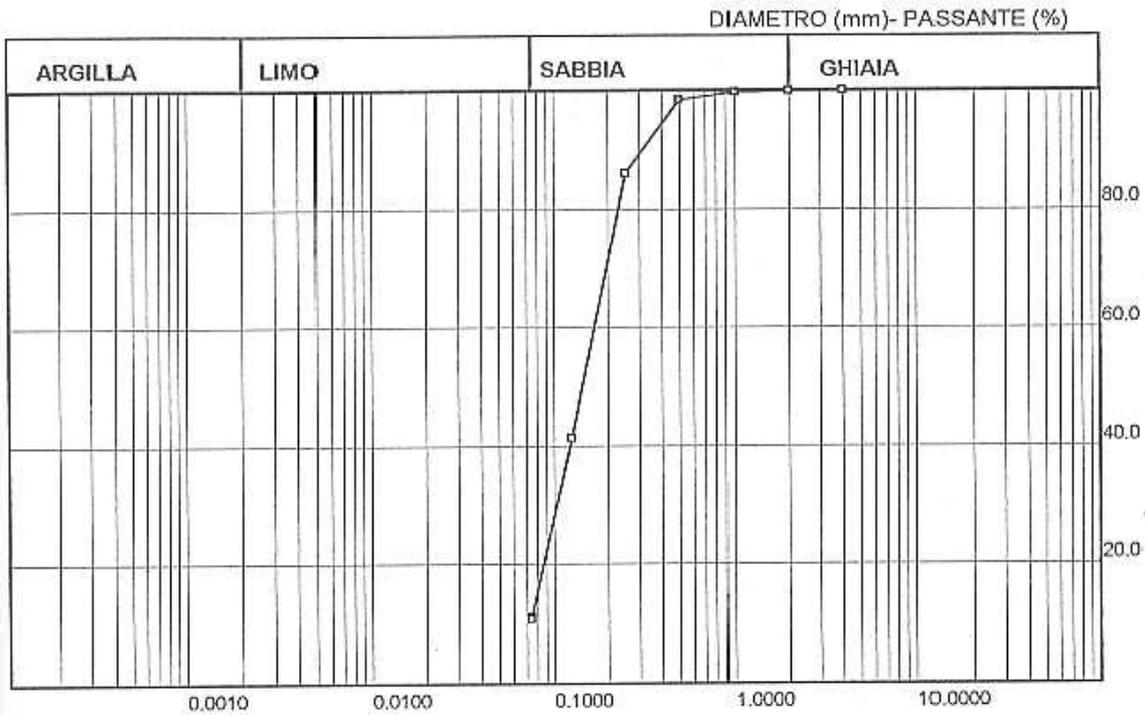
FIRMA: *Manfredi*

COMMITTENTE: C.C.P.L. INERTI
 CANTIERE: POLO DI P.I.A.E. N.15 "BELGRADO-FOGARINO"
 LOCALITA': LUZZARA (RE)

SONDAGGIO: S.2
 CAMPIONE: C.4
 PROF., m: 7.50 - 7.70

TAVOLA 51

ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422



ANALISI PER SETACCI

Apert. setaccio, mm	Passante, %
4.000	100.00
2.000	99.91
1.000	99.68
0.500	98.37
0.250	85.81
0.125	41.40
0.074	11.11

GHIAIA, %= 0.09
 SABBIA, %= 88.80
 LIMO + ARGILLA, %= 11.11

d60, mm= 0.17735
 d30, mm= 0.10581

NOTA:
 DATA: 04/08/2004

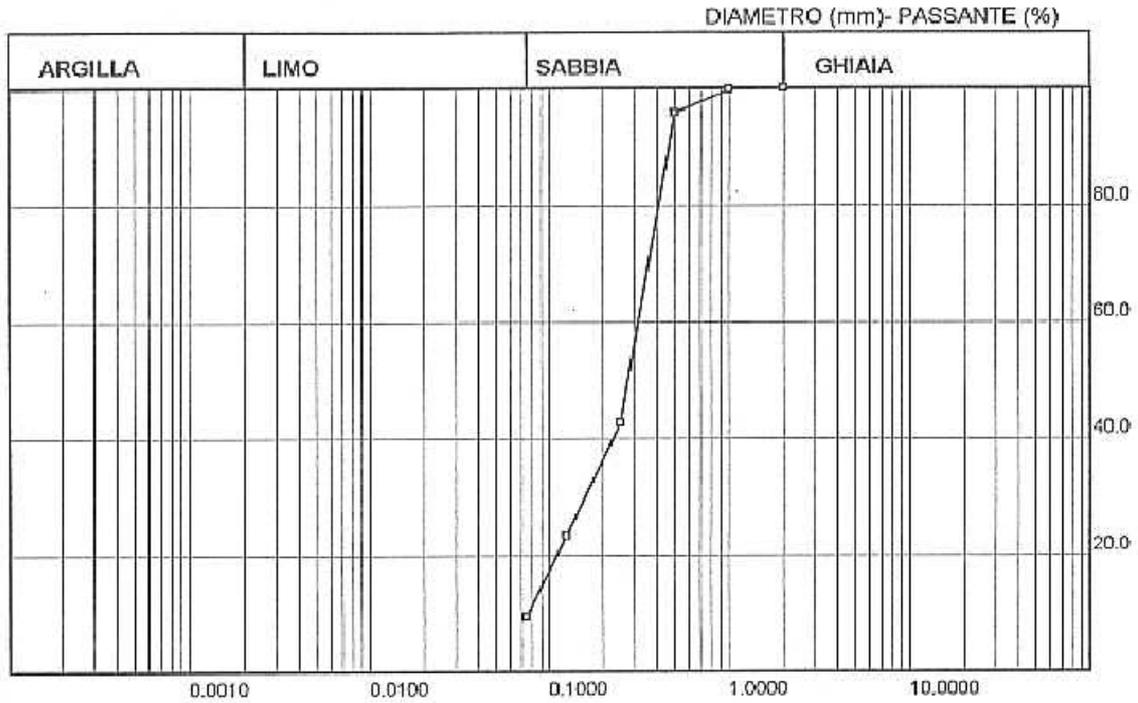
FIRMA *Mario Fabbri*

COMMITTENTE: C.C.P.L. INERTI
 CANTIERE: POLO DI P.I.A.E. N.15 "BELGRADO-FOGARINO"
 LOCALITA': LUZZARA (RE)

SONDAGGIO: S.2
 CAMPIONE: C.5
 PROF., m: 8.00 - 8.15

TAVOLA 52

ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422



ANALISI PER SETACCI

Apert. setaccio, mm	Passante, %
2.000	100.00
1.000	99.76
0.500	95.83
0.250	42.76
0.125	23.45
0.074	9.44

SABBIA, %= 90.56
 LIMO + ARGILLA, %= 9.44

d60, mm= 0.33121
 d30, mm= 0.16741
 d10, mm= 0.07604

NOTA:

DATA: 04/08/2004

FIRMA

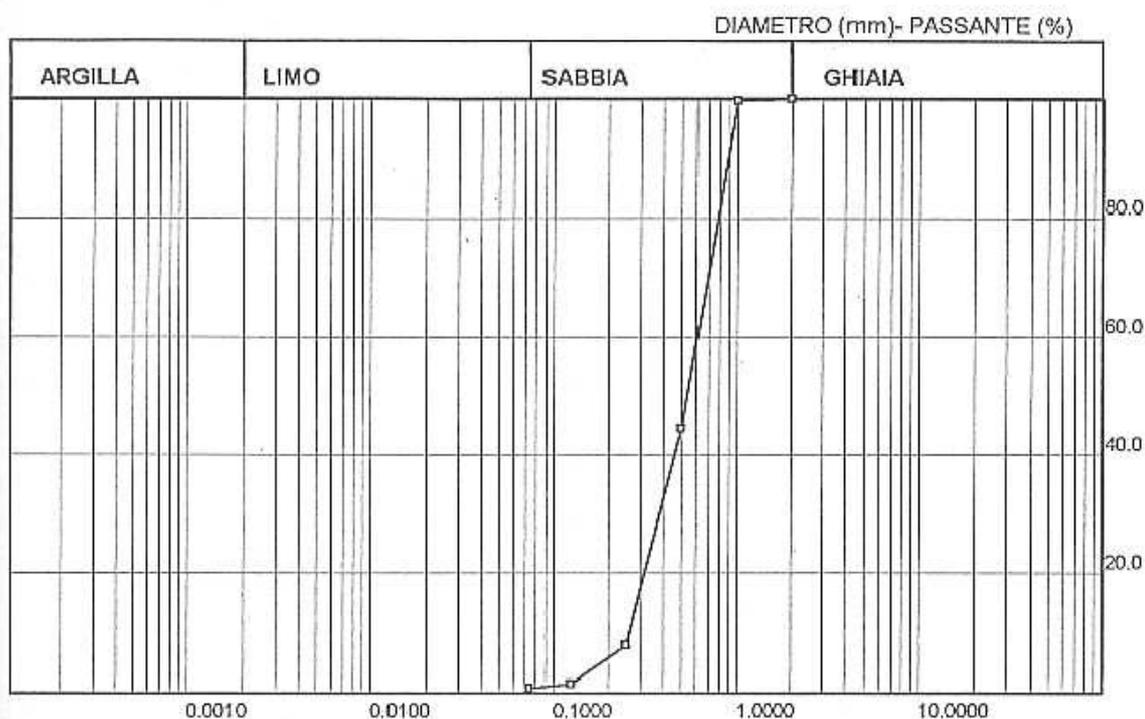
DR.GEOL. FABBRI MARCO-PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO
 VIA G.F. NOVARO, 32 - 40141 BOLOGNA - TEL. 051477587

COMMITTENTE: C.C.P.L. INERTI
 CANTIERE: POLO DI P.I.A.E. N.15 "BELGRADO-FOGARINO"
 LOCALITA': LUZZARA (RE)

SONDAGGIO: S.2
 CAMPIONE: C.6
 PROF., m:10.20 - 10.40

TAVOLA 53

ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422



ANALISI PER SETACCI

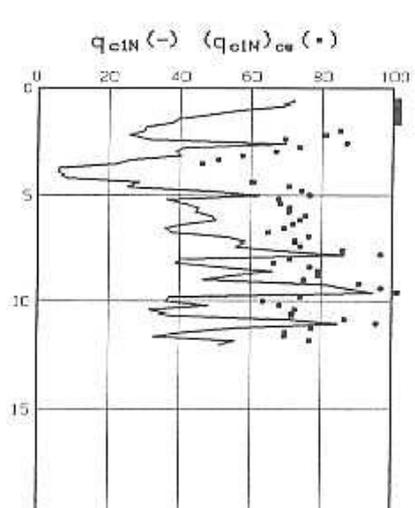
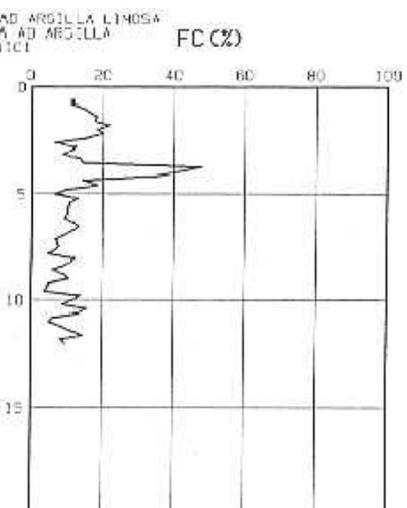
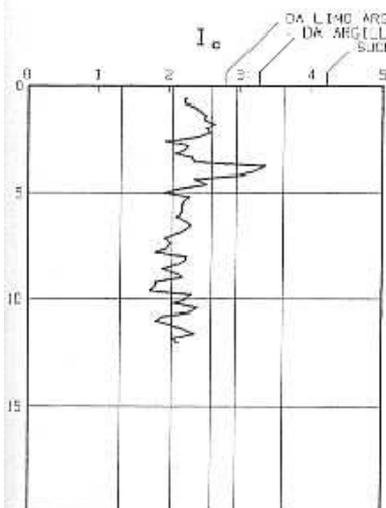
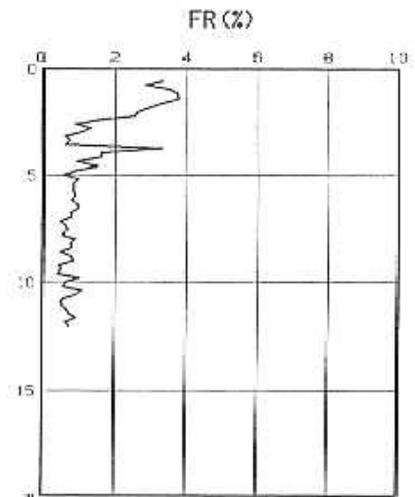
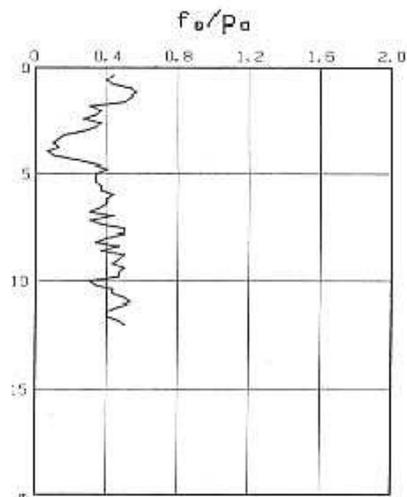
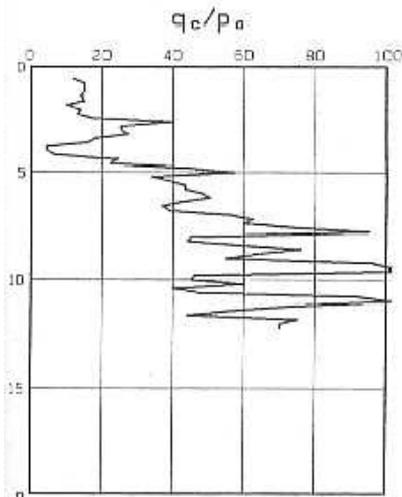
Apert. setaccio, mm	Passante, %
2.000	100.00
1.000	99.71
0.500	44.49
0.250	7.87
0.125	1.51
0.074	0.81

SABBIA, %= 99.19
 LIMO + ARGILLA, %= 0.81

d60, mm= 0.64044
 d30, mm= 0.40107
 d10, mm= 0.26452

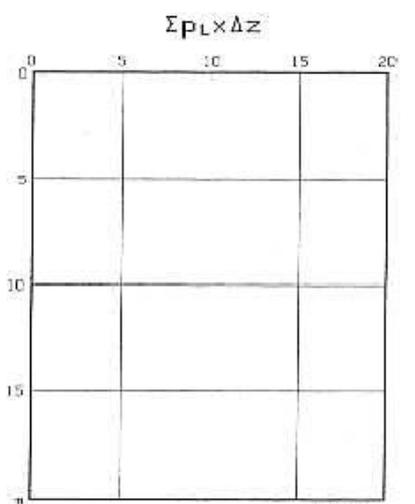
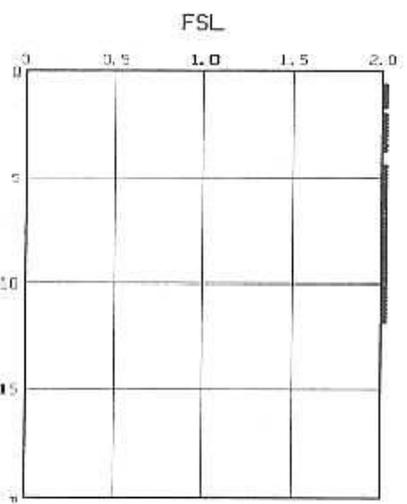
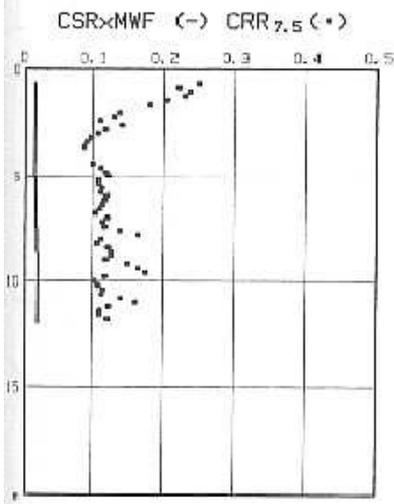
NOTA:
 DATA: 04/08/2004

FIRMA: *Manfredi*



DA LIMO ARGILLOSO AD ARGILLA LIMOSA
 DA ARGILLA LIMOSA AD ARGILLA
 SUOLI ORGANICI

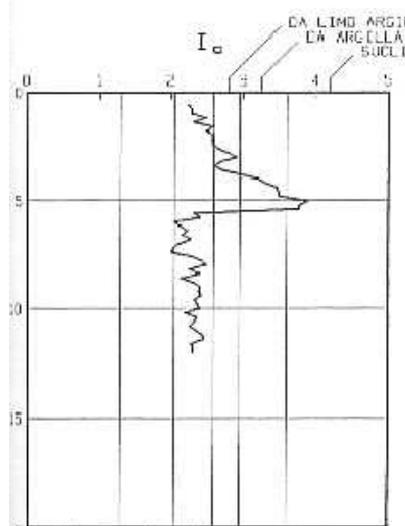
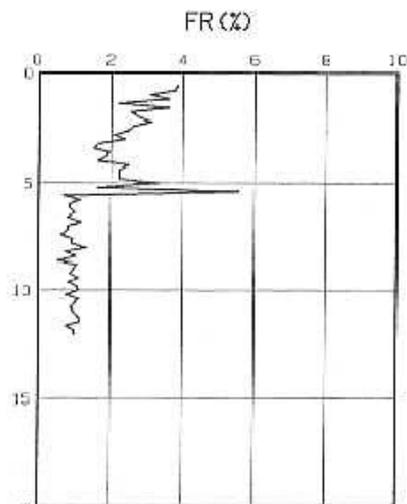
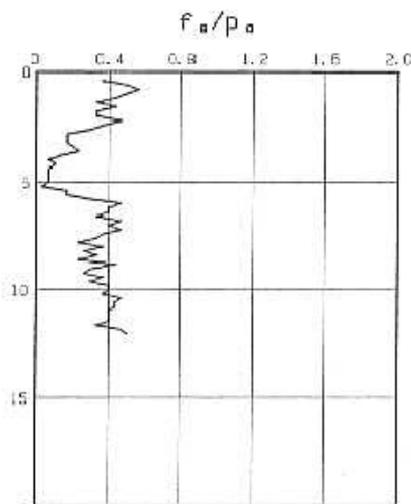
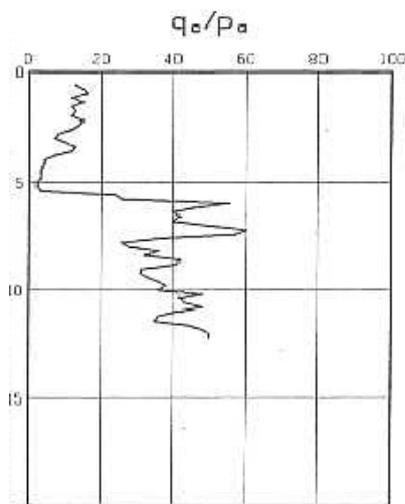
DA SABBIA LIMOSA A LIMO SABBICOSO
 DA SABBIA A SABBIA LIMOSA
 DA SABBIA GHIAIOSA A SABBIA Densa



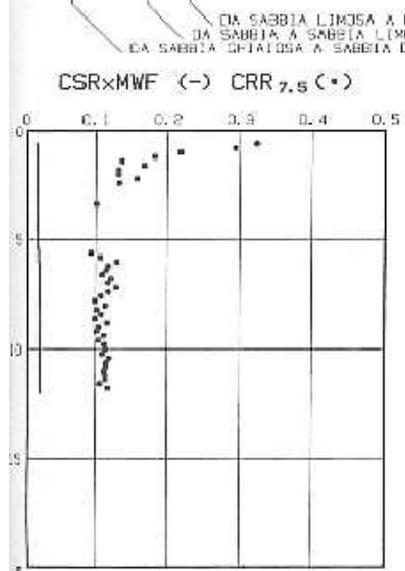
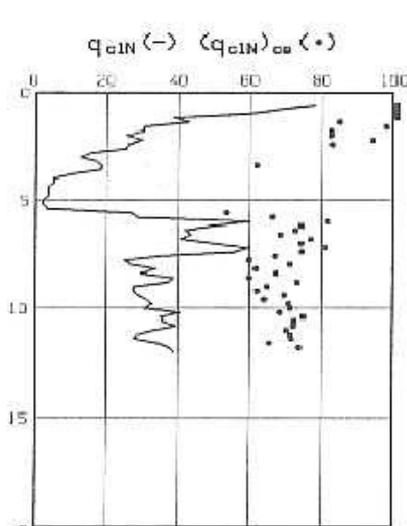
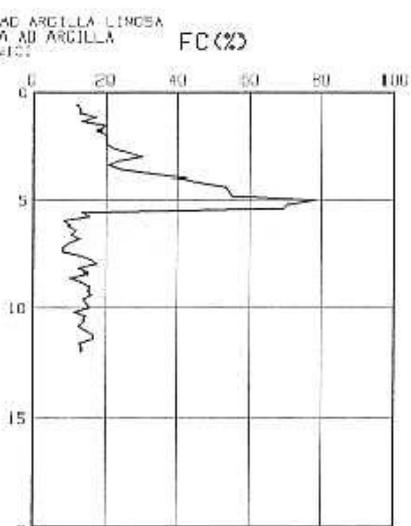
BASSO ALTO MOLTO ALTO
 RISCHIO DI LIQUEFAZIONE



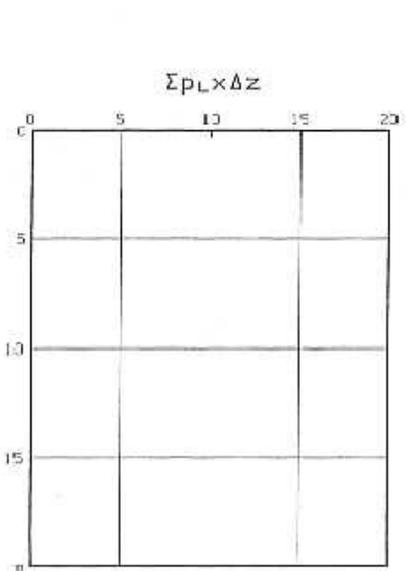
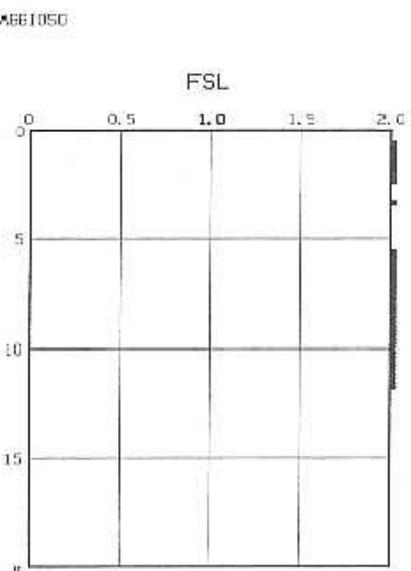
MAGNITUDO: 5.7
 ACCELERAZIONE ORIZZONTALE: .05g
 RIFERIMENTO: CPT3
 LOCALITA: LUZZARA (RE)
 CANTIERE: POLO 15 - SOTTOZONA A



DA LIMO ARGILLOSO AD ARGILLA LIMOSA
DA ARGILLA LIMOSA AD ARGILLA
SUOLI ORGANICI



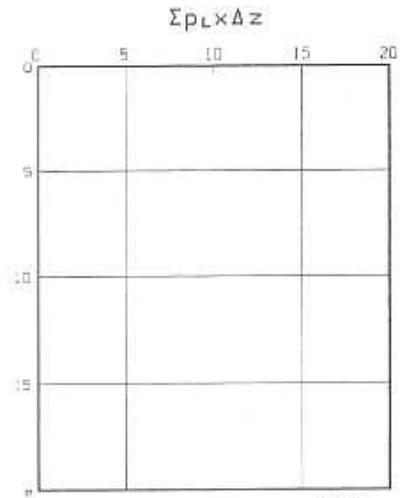
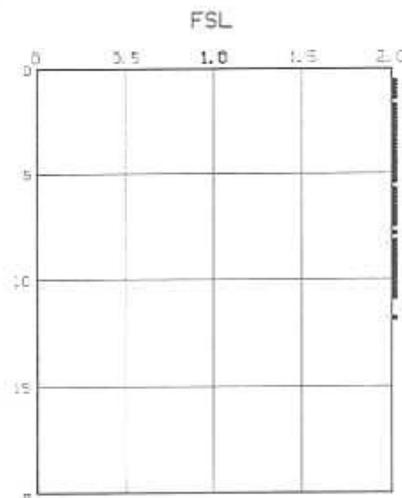
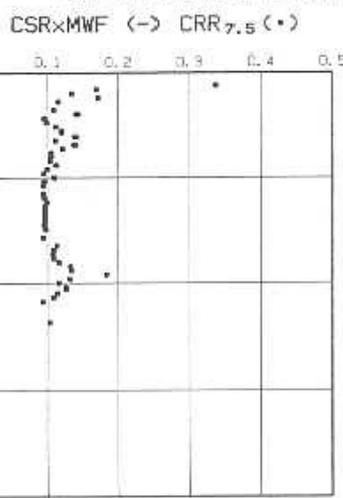
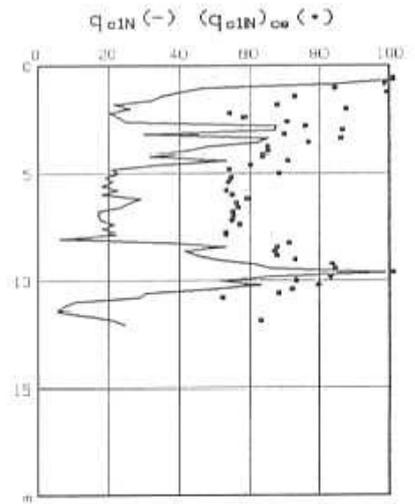
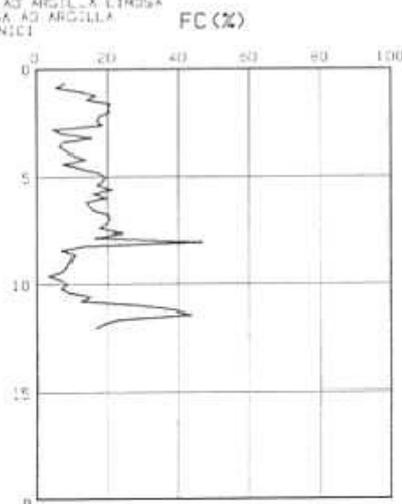
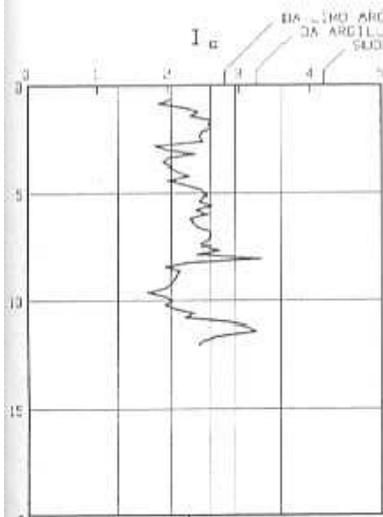
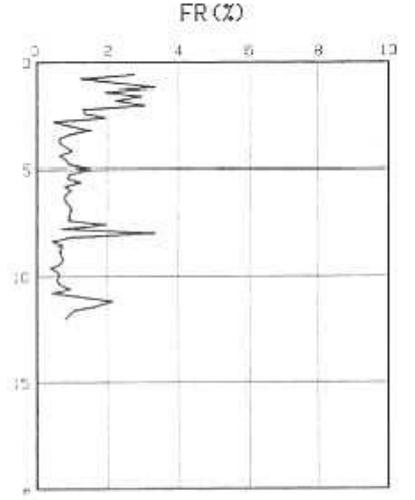
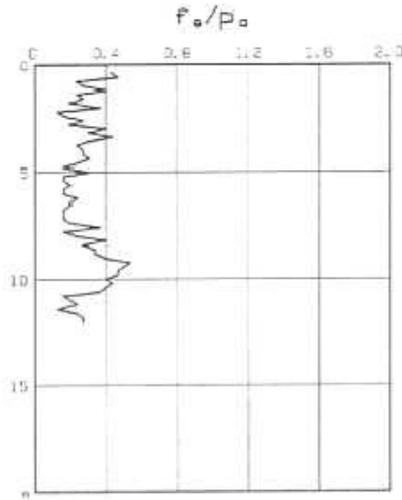
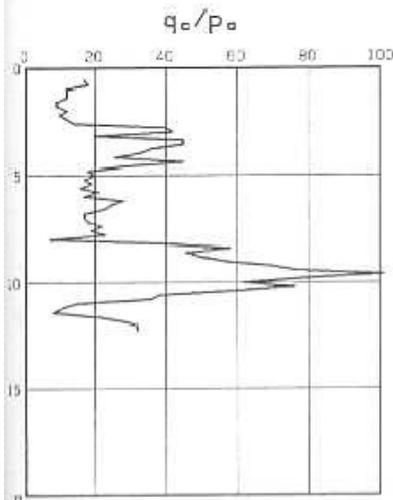
DA SABBIA LIMOSA A LIMO SABBIOSO
DA SABBIA A SABBIA LIMOSA
DA SABBIA CHIARISSIMA A SABBIA DENSA



BASSO ALTO MOLTO ALTO
RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

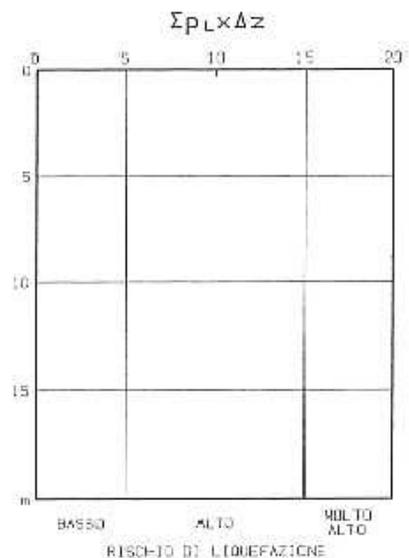
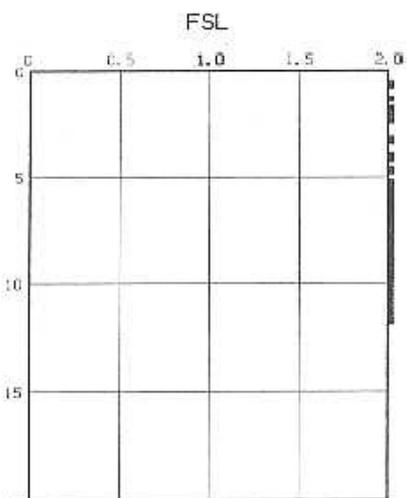
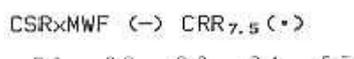
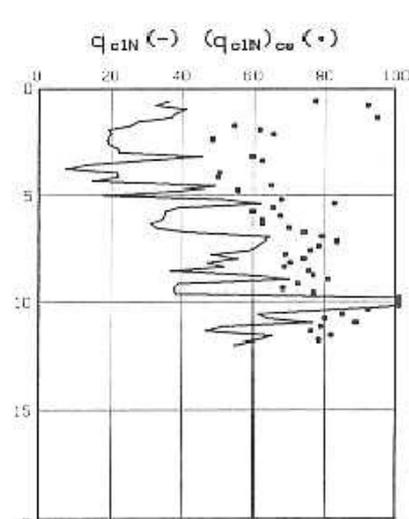
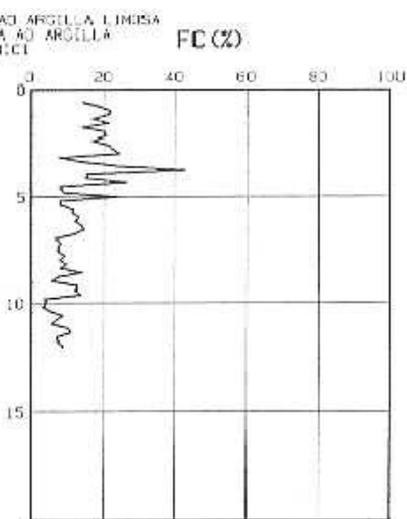
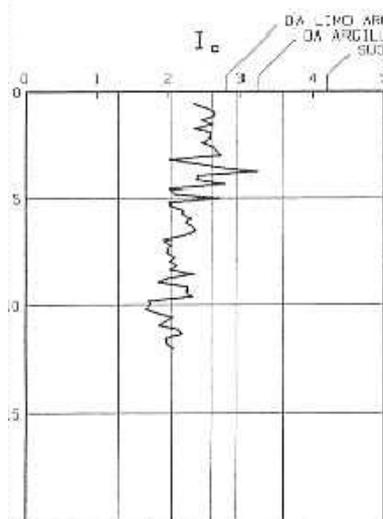
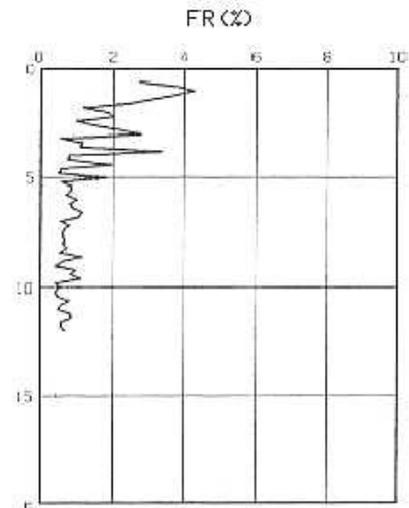
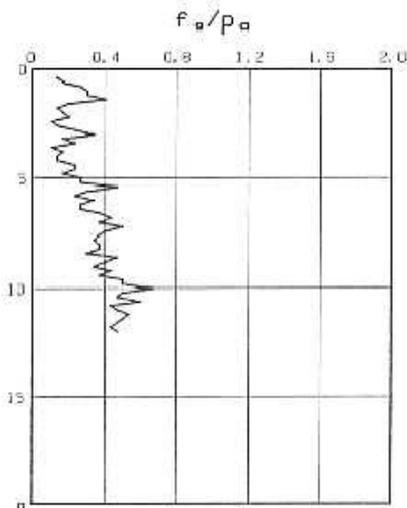
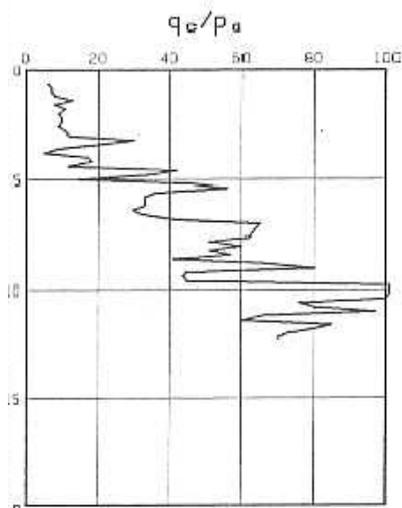


MAGNITUDO: 5.7
ACCELERAZIONE ORIZZONTALE: .05g
RIFERIMENTO: CPT12
LOCALITA: LUZZARA (RE)
CANTIERE: POLO 15 - SOTTOZONA A

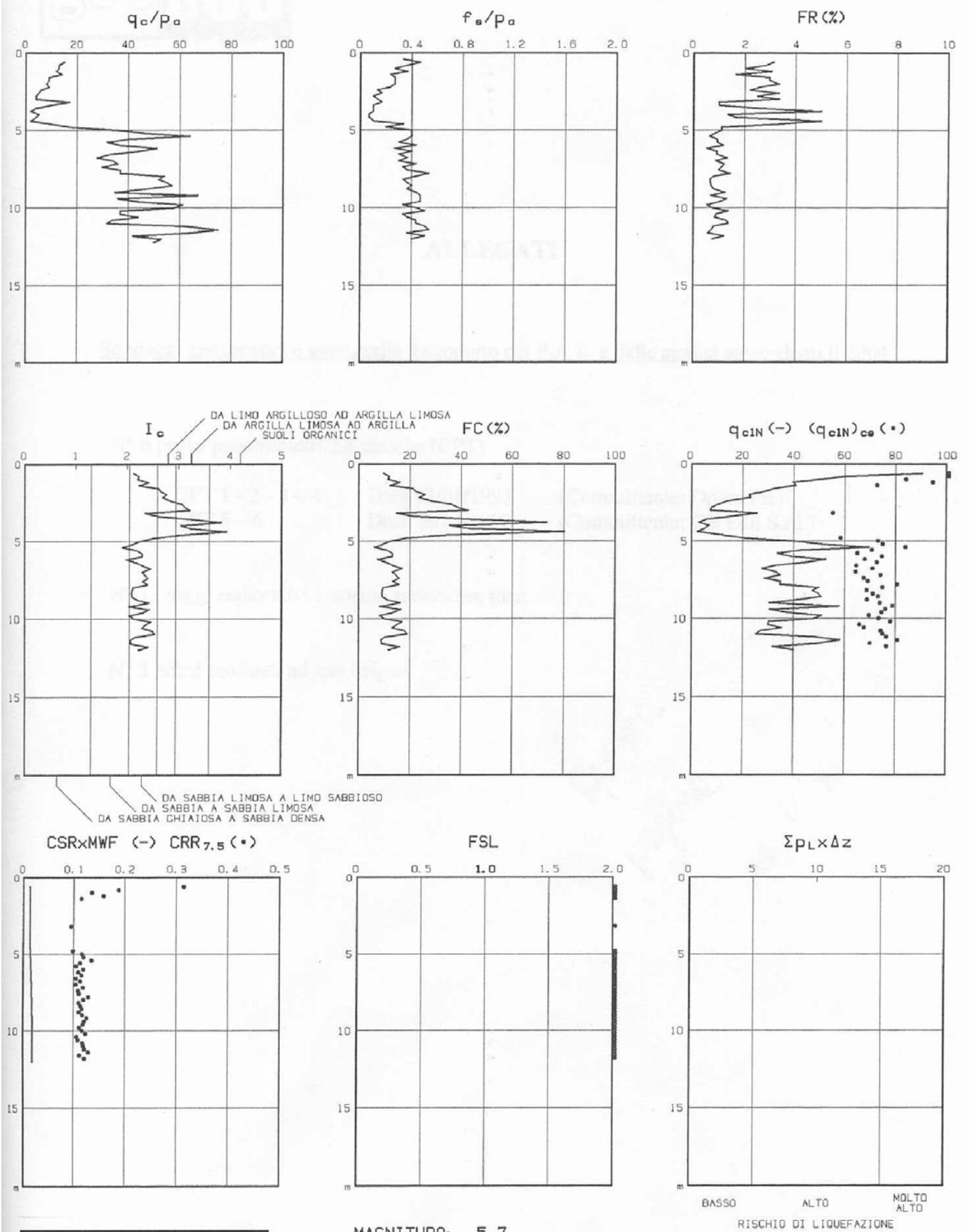


MAGNITUDO: 5.7
 ACCELERAZIONE ORIZZONTALE: .05g
 RIFERIMENTO: CPT26
 LOCALITA: LUZZARA (RE)
 CANTIERE: VARIANTE AL P. A. E.

BASSO ALTO MOLTO ALTO
 RISCIO DI LIQUEFAZIONE



MAGNITUDO: 5.7
ACCELERAZIONE ORIZZONTALE: .05g
RIFERIMENTO: CPT30
LOCALITÀ: LUZZARA (RE)
CANTIERE: VARIANTE AL P. A. E.



MAGNITUDO: 5.7
 ACCELERAZIONE ORIZZONTALE: .05g
 RIFERIMENTO: CPT33
 LOCALITA: LUZZARA (RE)
 CANTIERE: VARIANTE AL P. A. E.

ALLEGATI

Sondaggi geognostici e stratigrafie a supporto del P.A.E. e delle analisi antecedenti il 2004

N° 6 prove penetrometriche statiche (CPT)

CPT 1 - 2 - 3 - 4	Data 13/01/1993	(Committente: Opere Pie)
CPT 5 - 6	Data 28/12/1992	(Committente: Cis Edil S.r.l.)

N° 13 saggi esplorativi a mezzo escavatore meccanico

N° 3 pozzi profondi ad uso irriguo