

ACCORDO DI PROGRAMMA 8 OTTOBRE 2005
INTERVENTI DI SMANTELLAMENTO, DEMOLIZIONE, BONIFICA E
INFRASTRUTTURAZIONE DELLE AREE DI CORNIGLIANO

OGGETTO:

**STRADA DI COLLEGAMENTO ALL'ACCESSO EST DELLO STABILIMENTO
ILVA E ALLE FUTURE AREE PORTUALI**

TITOLO:

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

N. DOC.

055/PES/6.03/R002

Rev.	Data	Redatto	Verificato	Validato	Descrizione
A	01/2014	CC	CR/Siciv	-	Per commenti
1	06/2015	CC	SG/Siciv	FR	Per emissione

Studio di Geologia
Dott.ssa ELISABETTA BARBORO
Geologo Consulente ambientale
Pianificazione territoriale
Viale F. Garbaro 19/3 - 16146 Genova
Tel. 010/310.370
e.mail ebarboro@libero.it

BCO	ER/C1
SC. 32.1	SNP/POS
N. 3	
DATA 11/04/05	
ARCH. 32.1/POS/3	

COMUNE DI GENOVA

STUDIO DI FATTIBILITA' PER LA RICONVERSIONE DELL'AREA DELLE ACCIAIERIE DI GENOVA-CORNIGLIANO

RELAZIONE GEOLOGICA

Dott.ssa Elisabetta Barboro

O.R.G.L. n°164

Elisabetta Barboro



rif. 26/2005

Genova, 11.04.2005

RELAZIONE GEOLOGICA RELATIVA ALLO STUDIO DI FATTIBILITA' PER LA RICONVERSIONE DELL'AREA DELLE ACCIAIERIE DI GENOVA-CORNIGLIANO

PREMESSE

La presente relazione è stata redatta al fine di caratterizzare sotto il profilo geologico e quindi per il progetto di bonifica delle aree disponibili delle acciaierie ILVA di Genova-Cornigliano.

La porzione di terreno interessato risulta modificata dall'intensa urbanizzazione, ma si intravedono ancora i segni morfologici che lo caratterizzano, poiché è costituito da un'ampia piana fluviale con versanti a monte più o meno ripidi, anch'essi interessati da attività antropiche.

Il presente studio riassume informazioni desunte da dati bibliografici, da verifiche in situ e dall'elaborazione di dati scaturiti da tre dettagliate campagne geognostiche supportate da prove in situ.

L'area in esame è classificata, secondo le normative di carattere geologico del P.U.C. adottato del Comune di Genova, come Zona B Urbanizzata "Aree con suscettività d'uso parzialmente condizionata".

Per quanto riguarda il Piano stralcio di Bacino del T. Polcevera, di recente adozione da parte della Provincia di Genova, l'area ricade nella zona classificata FVU-MA, fondovalle e versante urbano a regime di mantenimento; inoltre per tale classificazione l'area non è sottoposta a vincolo per scopi idrogeologici.

In base agli elementi emersi dall'indagine di dettaglio si espongono di seguito le considerazioni e conclusioni scaturite.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame, rappresentata in cartografia in scala 1:5.000 della Carta Tecnica Regionale si sviluppa alla foce del T. Polcevera, su un'area pianeggiante, in gran parte derivante da riempimenti antropici in sponda destra del corso d'acqua.

La quota media dell'area in esame si aggira sui 3,5 mt s.l.m.m.

Attualmente l'area risulta occupata dall'attività industriale dell'acciaieria.

GEOMORFOLOGIA

A) Generalità, interventi antropici e situazione dello stato attuale della zona

La zona d'intervento è ubicata in sponda idrografica di destra del T. Polcevera nella parte di fondovalle pianeggiante urbanizzata.

L'elemento morfologico dominante è determinato dalle due piane fluviali del T. Polcevera caratterizzate da depositi alluvionali. I depositi sono costituiti da ghiaie e sabbie grossolane e fini, con frazioni limose, costituenti l'apporto solido del bacino del torrente in oggetto.

Le due piane si raccordano con i versanti con una falda detritica, debolmente inclinata ed a volta quasi inesistente, costituente una frangia pedemontana di detrito colluviale frammista a matrice alluvionale.

I versanti a monte appaiono mutati rispetto all'originario assetto morfologico che li caratterizzava, in quanto trattasi di una porzione di versanti più o meno acclivi, attraversati da direttrici viarie importanti e secondarie, tra cui l'autostrada A 10 Genova-Ventimiglia ed il casello autostradale di Cornigliano, ed interessati da un'urbanizzazione più o meno estesa.

Le zone di fondovalle e mezzacosta dei versanti, che degradano verso la piana alluvionale nel tempo hanno subito rimaneggiamenti dovuti inizialmente a lavorazioni agricole e successivamente

ad attività antropiche, relativamente ai primi due metri di profondità.

Quindi l'azione di sistemazione e rimodellamento effettuata da parte dell'uomo e l'avanzamento dell'urbanizzazione hanno fatto sì che le morfologie siano state in gran parte mascherate.

Nel dettaglio il comparto risulta interamente interessato da copertura urbana, rinvenendosi pertanto nelle porzioni superficiali frequenti riporti ed interventi di impermeabilizzazione

L'area in esame è costituita in massima parte da riempimenti realizzati in due fasi, negli anni '30 e '40 e fine anni '50. Il materiale che costituisce il sedime del sito proviene in gran parte dallo spianamento di Monte Croce e si caratterizza quindi come materiale essenzialmente sciolto di permeabilità abbastanza elevata. I livelli del piano di campagna sembrerebbero oggi abbastanza conformi a quelli del riempimento originario per cui non si ha evidenza morfologica di rilevanti accumuli di residui di produzione industriale.

Le originali profondità del fondale marino erano contenute, nella zona di riempimento, entro i 15 metri circa.

GEOLOGIA DEL TERRITORIO

A)Inquadramento generale

L'indagine geologica di dettaglio eseguita sul territorio e le campagne geognostiche, effettuata in lotti limitrofi a quello in esame, ha evidenziato le seguenti informazioni sulle condizioni litologiche dall'area investigata.

Per la locuzione dei litotipi incontrati nel corso del rilevamento geologico, si è fatto riferimento alla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 foglio N°82 "Genova".

L'ossatura litologica dei versanti in oggetto è costituita dai litotipi appartenenti alla Formazione delle Argilliti di Montanesi.

B)Stratigrafia

-Substrato roccioso.

Si tratta di una sequenza sedimentaria di età Cretacea, estesa lungo buona parte del bacino del T.Polcevera, costituita da argilliti grigio-nerastre e frequentemente marroncino-brunastre, ad accentuata scistosità, suddivisibili in lamine o scaglie sottili a cui si intercalano o si alternano ritmicamente arenarie grigio-brune o calcareniti di solito in straterelli centimetrici ed a grana fine o finissima, pure divisibili in lamine sottili.

I livelli più superficiali del bed rock sono intensamente fratturati; i piani di fratturazione sbloccano la formazione in direzione ortogonale a quella della scistosità.

Nel dettaglio i sondaggi che hanno raggiunto la parte superficiale del substrato hanno messo in evidenza un substrato roccioso costituito da argilliti di colore nero.

-Alluvioni antiche

L'area in esame ricade nell'ambito dei depositi alluvionali del corso d'acqua e depositi frammisti tra alluvioni e frangia pedemontana, nelle parti più a monte; le alluvioni sono sormontate da materiali di riporto che assumono spessori differenti da punto a punto.

Le alluvioni di natura fluviale o mista fluviale-marina presentano una granulometria prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa, con subordinati livelli fini limosi.

-Riporti antropici.

Sono presenti con continuità su tutta l'area di indagine e la loro natura è alquanto eterogenea. Generalmente quindi è presente uno strato superficiale costituito da materiale di riporto, di diversa natura, sia naturale che artificiale, costituito da ghiaie eterometriche ed elementi lapidei poligenici in matrice da limoso-sabbiosa a sabbiosa. Localmente, avvicinandosi all'argine del Polcevera, le stratigrafie hanno evidenziato la presenza di blocchi e ciottoli, prevalentemente calcarei, con alternati li-

velli di sabbia fine, limosa, di colore grigio scuro.

Lo spessore dei tale strato varia sulla sponda destra da un minimo di 0,5 a 14,4 mt.

LINEAMENTI TETTONICI

Le geometrie dei sistemi rocciosi possono essere meglio interpretate se inserite in una trattazione più specifica riguardante soprattutto gli aspetti salienti della tettonica ivi determinata.

Lo stretto rapporto tra fenomeni morfogenetici e fenomeni neotettonici sarebbe inoltre testimoniato dall'assimetria degli affluenti dei corsi principali, da fenomeni di confluenza controcorrente nonché da una generale subsidenza attualmente in atto della fascia costiera ligure.

Tuttavia l'andamento della morfologia e della rete idrografica non sempre appare legato alla tettonica, poiché fortemente condizionato dal reticolo di faglie presenti nell'areale, le quali hanno dislocato e rimodellato l'originale morfologia dei versanti, distribuendo lungo particolari direzioni e linee gli affioramenti di rocce diversamente resistenti all'erosione ed alla denudazione.

La fascia fluviale della porzione media del T. Polcevera è vistosamente influenzata dalla tettonica: si evidenzia la presenza di un sovrascorrimento ad est verso l'Unità della Val Polcevera (formazione delle Argilliti di Montanesi) e l'Unità di Timone-Bric Teiolo (formazione delle Argille a Palombini del passo della Bocchetta e sovrastanti metargilliti); tale sovrascorrimento risulta traslato successivamente, a livello della confluenza del T. Polcevera con il T. Secca, da una faglia diretta direzionata NE-SW.

I terreni metamorfici sono interessati da un reticolo di strutture fragili generato da due famiglie di faglie reciprocamente intersecatesi ad angolo acuto con direzione rispettiva SW-NE e E-W.

Il territorio indagato, fatte salve le complicazioni già riferite, non ha tuttavia evidenziato alcuna situazione riferibile a tangibili aspetti neotettonici attivi.

SISMICITÀ

Recentemente il Comune di Genova è stato classificato sismico in Zona 4 ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003.

Per la Zona 4 si hanno i seguenti valori:

1. Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni $<0,05 (a_g/g)$
2. Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) $0,05 (a_g/g)$

In quest'ottica è stata condotta un'indagine sulle condizioni geologico strutturali, geomorfologiche, idrologiche e geologico-tecniche dell'intero comparto, al fine di individuare eventuali situazioni che possano condizionare la suscettività sismica del territorio, offrendo delle risposte alle accelerazioni sismiche locali.

La stessa accelerazione risulta fortemente condizionata, oltre che dalle condizioni morfologiche, dalla natura e dallo spessore dei depositi sui quali insistono le soluzioni progettuali, nonché la presenza di discontinuità tettoniche o di elementi di dissesto geomorfologico a carico del versante.

Le coperture sciolte, amplificano l'accelerazione massima superficie, rispetto a quella che ricevono alla loro base, agendo da filtro del moto sismico, modificandone la composizione e l'energia complessiva, in relazione alle velocità con cui si trasmettono le onde sismiche trasversali (V_s) all'interno dei depositi ed in rapporto al loro spessore.

L'area in esame risulta composta da riporti antropici di spessore differente, e da alluvioni sabioso-ghiaiose sottostanti, materiale questo più sensibile alle onde sismiche, per contro l'area stessa non sembrerebbe caratterizzata da particolari contrasti litologici o dalla presenza di faglie e/o sovrascorrimenti.

Ciò premesso, si è comunque provveduto ad una classificazione sismica dei terreni investigati in termini di "Categorie di Profilo Stratigrafico del Suolo di Fondazione" onde fornire le indicazioni necessarie per la corretta progettazione geotecnico-strutturale esecutiva delle opere.

Infatti per la definizione dell'azione sismica di progetto, nell'Allegato 2 (Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici) dell'OPCM n.3274 si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

A) Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360m/s e 800m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).- Strato imputabile al livello alluvionale.

B) Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180m/s e 360m/s ($15 < N_{SPT} < 50$, $70 < c_u > 250$ kPa).- Strato imputabile ai riporti

IDROGEOLOGIA

A) Assetto idrologico

L'idrologia di superficie della zona in studio è caratterizzata dal Torrente Polcevera; si tratta di un corso d'acqua a regime permanente ed a carattere torrentizio.

In questo tratto il T.Polcevera scorre in un materasso alluvionale piuttosto esteso e potente, composto prevalentemente da ghiaie eterometriche e sabbie, mentre i suoi tributari incidono su ampi tratti nella formazione rocciosa di base mostrando numerose forme di erosione fluviale e materassi alluvionali poco estesi e potenti, là dove si rilevano. La granulometria di tali depositi è di pezzatura da media a grossolana, a testimoniare la loro condizione torrentizia.

Il corso del T.Polcevera è stato in gran parte modificato dall'intervento antropico; infatti è arginato e in molti punti scorre al di sotto di ponti.

Le defluenze superficiali dell'area in oggetto usufruiscono solo delle sistemazioni idrauliche costruite a corredo dell'urbanizzazione esistente, mentre a monte lungo i versanti non antropizzati avvengono sia lungo le linee di maggiore pendenza che tramite le sistemazioni agricole presenti.

B) Permeabilità

Uno dei temi principali dell'idrogeologia è ovviamente la permeabilità delle formazioni considerata, dalla quale dipendono i meccanismi di infiltrazione, circolazione e distribuzione delle acque in sotterraneo.

Le caratteristiche ed il comportamento dei vari tipi di terreno, sul piano idrogeologico, sono state ricavate dalle indagini eseguite.

Alluvioni antiche: si tratta di materiale caratterizzato da permeabilità per porosità medio-alta, favorita nel nostro caso da granulometrie dalle ghiaie alle sabbie. Sono presenti localmente lenti di materiale più fine, a granulometria limosa o limoso-sabbiosa, caratterizzati da permeabilità bassa.

Riporti: si tratta di materiale caratterizzato da permeabilità per porosità medio-alta per le granulometrie ben assortite e prevalentemente grossolane.

Substrato roccioso: la circolazione delle acque nella zona in oggetto è strettamente legata alla litologia e struttura della stessa. Essendo il bed-rock costituito da argilliti, si segnala una permeabilità medio-bassa per fessurazione, se la formazione si trova in condizioni di forte fratturazione, come ad esempio in corrispondenza di zone di faglia, mentre il substrato, sufficientemente integro, può essere considerato sostanzialmente impermeabile

C) Deflusso sotterraneo

Avviene essenzialmente entro i materiali sciolti di copertura in corrispondenza degli accumuli sia

di origine alluvionale che antropica di diversa origine di maggiore spessore, aumentando così la superficie di alimentazione.

Gli studi di dettaglio già effettuati hanno rilevato la presenza di una falda freatica, pertanto libera di subire oscillazioni della piezometrica in funzione delle precipitazioni, ed il suo livello risulta attestato ad una quota media di -3 mt dal p.c., in corrispondenza della zona relativa al secondo tombamento, e a circa -2,5 metri dal piano di campagna per la zona relativa al primo tombamento. Gli alti valori di permeabilità, tenuto conto dei gradienti che si riscontrano relativamente all'insieme dell'Area, indicano un importante flusso idrico sotterraneo, come confermato dalle evidenze in fase di spurgo dei piezometri.

La falda viene principalmente alimentata dal T.Polcevera, da altri suoi affluenti e da un contributo idrico proveniente dai versanti, attraverso l'interdigitazione di materiali a genesi differenziata lungo il piede del pendio.

Tale alimentazione viene variata non in modo costante, inoltre, con meccanismi di difficile comprensione generale, dal grado di alterazione antropica degli equilibri idrici ipogei determinati dalle sovrapposizioni di successivi interventi di canalizzazione e regimazione avvenuti in passato, e dal cuneo salino causato dall'ingresso d'acqua marina a tergo della linea di costa.

Sulla carta delle isopieze sono riconoscibili alcuni assi di drenaggio principali; le direzioni di deflusso principali sono N-S e NE-SW nei settori centrale ed occidentale del comparto e all'incirca E-W nell'estremo settore orientale del comparto.

Il gradiente idraulico aumenta spostandosi da W verso E, dove raggiunge i valori massimi, mantenendosi comunque basso.

CAMPAGNE DI INDAGINI

Sull'area in esame a partire dal gennaio 1999 sono state realizzate 3 campagne di indagini, finalizzate all'inquadramento delle problematiche dell'area.

La prima campagna, effettuata nell'ambito del "Piano di prefattibilità per il recupero ambientale dell'area a caldo delle acciaierie di Genova Cornigliano", elaborato da FILSE S.p.A. nel giugno 1999, ha avuto lo scopo di inquadrare complessivamente le problematiche dell'Area, al fine di consentire una definizione di massima dei fabbisogni economici, coerentemente con quanto previsto dalla Legge 9 dicembre 1998 N 426.

Nel complesso della campagna di indagine sono stati terebrati 38 carotaggi, 27 dei quali finiti a piezometro (tre di essi sono stati posizionati all'esterno dell'area indagata, a monte del sito, per ottenere un "bianco" di confronto).

Sono state altresì effettuate prove di permeabilità in foro e prove penetrometriche dinamiche, oltre al prelievo di campioni da sottoporre a prove geotecniche di laboratorio.

La seconda campagna di indagine, effettuata da Sviluppo Genova nell'ambito degli accertamenti integrativi ai fini della redazione del presente progetto preliminare, è stata finalizzata ad approfondire le conoscenze sulla contaminazione dell'area della cokeria ed integrare le conoscenze nelle rimanenti aree di stabilimento sia in relazione ad alcune situazioni che non era stato possibile indagare in prima fase (interno delle zone parchi minerale e carbone), sia in conseguenza della variazione degli standards normativi.

Nella campagna, effettuata nel marzo 2001, sono stati eseguiti complessivamente 16 sondaggi, 9 dei quali posizionati nell'area cokeria e sottoprodotti, ad integrazione degli undici eseguiti in prima fase. In tale area le perforazioni sono state spinte a profondità maggiori rispetto alla prima fase (mediamente fino a 17 metri, a fronte di circa 10 metri in prima fase) ed è stato eseguito anche un carotaggio profondo (fino a 45 metri), per acquisire una conoscenza della stratificazione dei suoli in

profondità.

Sono state altresì effettuate prove di permeabilità in foro e prove penetrometriche dinamiche, oltre al prelievo di 1 campione da sottoporre a prove geotecniche di laboratorio.

La terza campagna di indagini è stata realizzata nel gennaio-febbraio 2005 ed ha comportato l'esecuzione di 15 sondaggi a rotazione a carotaggio continuo, 9 dei quali, quelli con la sigla Pz, sono stati attrezzati mediante piezometro.

SONDAGGI MECCANICI A ROTAZIONE

Durante le 3 campagne di indagini sono stati realizzati complessivamente 69 sondaggi a rotazione a carotaggio continuo, 38 nella prima campagna di indagini, 16 nella seconda campagna di indagini e 15 nella terza campagna di indagini.

Dei sondaggi della prima campagna sono disponibili unicamente i dati relativi a 32 di essi.

Di seguito vengono riportate le profondità raggiunte da ciascun sondaggio realizzato:

PRIMA CAMPAGNA DI INDAGINI (1999)

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
5,00 mt.	5,00 mt.	5,00 mt.	5,00 mt.	5,00 mt.	5,00 mt.	5,00 mt.	20,00 mt.	5,00 mt.

P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18
5,00 mt.	20,00 mt.	5,00 mt.	20,00 mt.	5,00 mt.	20,00 mt.	5,50 mt.	8,00 mt.	8,00 mt.

P19	P20	P22	P25	P26	P27	P28	P30	P31
5,00 mt.	5,00 mt.	4,60 mt.	5,00 mt.	20,00 mt.	5,00 mt.	6,00 mt.	18,00 mt.	20,00 mt.

P32	P33	P34	P35	P36
18,00 mt.	8,00 mt.	5,00 mt.	6,00 mt.	8,00 mt.

SECONDA CAMPAGNA DI INDAGINI (2001)

B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
25,00 mt.	20,00 mt.	20,00 mt.	20,00 mt.	15,00 mt.	17,00 mt.	15,00 mt.	45,10 mt.	13,50 mt.

B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16
9,00 mt.	7,50 mt.	12,00 mt.	13,00 mt.	7,50 mt.	18,00 mt.	21,00 mt.

TERZA CAMPAGNA DI INDAGINI (1999)

PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PZ5	PZ6	PZ7	PZ8	PZ9
10,00 mt.	10,00 mt.	10,00 mt.	20,00 mt.	10,00 mt.	10,00 mt.	10,00 mt.	10,00 mt.	30,00 mt.

S1	S2	S3	S4	S5	S6
25,00 mt.	20,00 mt.	10,00 mt.	25,00 mt.	10,00 mt.	25,00 mt.

I sondaggi, spinti a profondità variabili tra -5,0 e -45,1 mt., hanno fornito una copertura completa dell'area in esame, anche se la maggioranza sono concentrati nel settore orientale del comparto.

In tutti i sondaggi è stata riscontrata la presenza di riporti a granulometria eterogenea, ma prevalentemente grossolana, con residui anche di scorie, di potenza massima di 14,4 mt., seguiti da un livello di depositi alluvionali costituiti da sabbie e sabbie limose con locali intercalazioni sottili di ghiaie eterometriche.

Localmente sono presenti dei livelli a granulometria più grossolana costituiti da ciottoli e ghiaie grossolane o delle lenti di materiale più fine a granulometria limosa e limoso-sabbiosa.

Il substrato roccioso, rappresentato da argilliti alterate e/o molto fratturate di colore nero, è stato raggiunto unicamente nel sondaggio S6, ubicato nel settore settentrionale del comparto, a partire dalla profondità di -13,60 mt.

PROVE S.P.T.

Per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni sono state realizzate nella prima e nella seconda campagna di indagini, nei fori di sondaggio P13, P26 e B16, 8 prove S.P.T. (Standard Penetration Test).

Tabelle dei dati ricavati:

RIPORTI ETEROGENEI

Sondaggio	Prof. (m)	N _{SPT}	N ₁	Dr (%)	φ' (°)
P13	-3,00	23	31,4	75,3	33,6
P26	-3,00	13	16,8	55,1	30,8
P26	-6,00	20	20	60	32,8

SABBIE E SABBIE LIMOSE

Sondaggio	Prof. (m)	N _{SPT}	N ₁	Dr (%)	φ' (°)
P13	-12,00	33	25,6	65,3	36,4
P13	-16,50	18	12,2	45,2	32,2
P26	-15,00	15	10,2	41,3	31,4
B16	-17,00	13	8,2	37	30,8
B16	-20,00	12	7,1	34,5	30,6

I valori di N_{SPT} sono stati normalizzati per tener conto dell'influenza della pressione del terreno sovrastante, riferendoli ad un valore unitario della pressione verticale efficace, utilizzando la formula seguente:

$$N_1 = N \times C_N$$

dove $C_N = 1/\sigma_v^n$; $n=0,5$ (Liao & Whitman, 1985)

Va comunque fatto osservare che la distribuzione dei valori non risente in modo lineare della profondità, ma solamente delle condizioni locali di granulometria e addensamento.

I terreni interessati dalle prove sono tutti incoerenti a prevalente granulometria grossolana, ghiaioso-ciottolosa (riporti), e sabbiosa o sabbioso-limosa.

Per la determinazione del grado di addensamento dei depositi è stata utilizzata la correlazione proposta da Terzaghi e Peck (1948)-Skempton (1986), che utilizza il valore normalizzato di N_{SPT} (N₁):

per $D_r > 0,35$

$$(N_1)/D_r^2 = 60$$

I valori di N sono stati aumentati in un rapporto di 65/60 nel caso dei riporti prevalentemente ghiaiosi.

I riporti sono mediamente addensati, così come le sabbie.

I valori dell'angolo di attrito efficace (φ') sono stati ricavati utilizzando la correlazione diretta con i valori di N_{SPT}, attraverso il metodo di Peck-Hanson & Thornburn, utilizzando la seguente relazione:

$$\phi' = 27,2 + 0,28 N_{SPT}$$

I valori medi dei parametri geotecnici ricavati dalle prove S.P.T. per i livelli sopradescritti sono

riportati in maniera schematica nella tabella sottostante:

	Densità relativa Dr (%)	Grado di addensamento	φ' (°)	c' (Kg/cm ²)
<u>RIPORTI ETROGENEI</u>	60	Mediamente addensati	31-33	0
<u>SABBIE E SABBIE LILOSE</u>	41	Mediamente addensate	30-32	0

PROVE DI LABORATORIO

Nella prima campagna di indagine del 1999 sono stati prelevati all'interno dei sondaggi P13 e P26 6 campioni rimaneggiati da sottoporre a prove geotecniche di laboratorio.

Segue lo schema delle quote relative di estrazione e del sondaggio.

Campione	Sondaggio	Profondità (mt.)	Prove
A	P13	-2,00/ -2,50	CG-CF-Lim
B	P13	-12,00/ -12,40	CG-CF-Lim
C	P13	-16,60/ -17,00	CG-CF-Lim
A	P26	-2,40/ -2,80	CG-CF-Lim
B	P26	-5,50/ -6,00	CG-CF-Lim
C	P26	-15,50/ -16,00	CG-CF-Lim

(*) CF = Caratteristiche fisiche;
CG = Caratteristiche granulometriche;
Lim = Limiti di Atterberg.

Sui campioni rimaneggiati sono state determinate le caratteristiche fisiche, granulometriche ed i limiti di Atterberg sulla matrice fine.

Nelle tabelle seguenti vengono riportati i risultati ottenuti:

<u>CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE</u>	<u>P13 (A)</u>	<u>P13 (B)</u>	<u>P13 (C)</u>
Descrizione	Ghiaia sabbioso- limosa con tracce di argilla	Sabbia con ghiaia, limosa	Sabbia con limo debolmente ghaiosa

<u>CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE</u>	<u>P26 (A)</u>	<u>P26 (B)</u>	<u>P26 (C)</u>
Descrizione	Ghiaia con sabbia, limosa	Ghiaia con sabbia, limosa con tracce di argilla	Sabbia con limo

<u>CARATTERISTICHE FISICHE</u>	<u>P13 (A)</u>	<u>P13 (B)</u>	<u>P13 (C)</u>
Contenuto in acqua (%)	8,3	12,3	22,8

CARATTERISTICHE FISICHE	P26 (A)	P26 (B)	P26 (C)
Contenuto in acqua (%)	4,8	10,1	31,7

LIMITI	P13 (A)	P13 (B)	P13 (C)
Limite di liquidità (%)	35,2	20,1	22,5
Limite di plasticità (%)	25,1		
Indice di plasticità	10,1		

LIMITI	P26 (A)	P26 (B)	P26 (C)
Limite di liquidità (%)	27,4	27,4	25,4
Limite di plasticità (%)	19,8	19,4	
Indice di plasticità	7,6	8	

I campioni sono stati prelevati all'interno dei riporti e del livello sabbioso.

Come si può ricavare dalle analisi granulometriche i riporti presentano una granulometria prevalentemente ghiaiosa, mentre il livello sottostante è costituito da sabbie o sabbie-limose.

Il contenuto d'acqua naturale si mantiene al di sotto dei limiti di plasticità e di liquidità, tranne che nei campioni più profondi (C) in entrambi i sondaggi, dove supera il limite di liquidità.

Nella seconda campagna di indagini del 2001 è stato prelevato all'interno del sondaggio B8 un campione semindisturbato da sottoporre a prove geotecniche di laboratorio.

Le prove, commissionate al Laboratorio Geotecnico G.E.T. Geotechnical and Engineering Testing S.r.l. hanno fornito risultati dai quali è possibile definire una serie di valori caratteristici del materiale campionato.

Segue lo schema della quota relativa di estrazione e del sondaggio.

Campione	Sondaggio	Profondità (mt.)	Prove
SB8 C1	B8	-28,00/ -28,30	CG-CF-K

(*) CF = Caratteristiche fisiche;

CG = Caratteristiche granulometriche;

K = Coefficiente di permeabilità.

Sul campione semindisturbato è stata effettuata 1 prova di permeabilità a carico costante in cella triassiale, oltre alla determinazione delle caratteristiche fisiche e granulometriche.

Nelle tabelle seguenti vengono riportati i risultati ottenuti:

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE	B8 (SB8 C1)
Descrizione	Sabbia limosa

CARATTERISTICHE FISICHE	B8 (SB8 C1)
Peso di volume (KN/m ³)	19,53
Peso specifico assoluto	2,780
Contenuto in acqua (%)	17,89

PROVA DI PERMEABILITÀ A CARICO COSTANTE (A.S.T.M. 5084-97)	B8 (SB8 C1)
K (m/sec)	2,47 x 10 ⁻⁹

Come si può ricavare dalle analisi granulometriche il livello in esame è costituito da sabbie-limose sabbiose. La prova di permeabilità ha fornito un valore del coefficiente di permeabilità K molto basso, tipico di terreni a granulometria limosa o limoso-sabbiosa.

PROVE DI PERMEABILITÀ "LEFRANC"

Durante la prima campagna di indagini del 1999 all'interno dei fori di sondaggio P13 e P26 sono state eseguite 5 prove di permeabilità Lefranc a carico costante.

Tali prove sono state realizzate a quote comprese tra i -4,50 mt. ed i -14,70 mt., per determinare i valori di permeabilità per porosità dei materiali sciolti.

Le prove vengono eseguite riempiendo i fori di sondaggio, opportunamente rivestiti nella parte non di interesse alla prova e lasciati liberi e riempiti di ghiaietto drenante nel tratto sul quale si vuole avere informazioni sulla permeabilità, di acqua fino ad un livello di riferimento superiore a quello stabilizzato corrispondente alla falda esterna, e misurando la portata necessaria a mantenere costante tale livello, una volta stabilizzato.

Il valore dei coefficienti di permeabilità (di seguito K) è fornito dalla seguente espressione:

$$K = Q/Fh$$

dove:

Q = portata di immissione (mt³/sec);

F = coefficiente che dipende dalla geometria e dalle dimensioni del tratto di foro lasciato libero e dalla presenza o meno di strati di confinamento;

h = differenza di altezza del livello dell'acqua provocato dall'immissione (mt).

I risultati ottenuti sono i seguenti:

Profondità (mt)	Livello	Sondaggio	K (mt/sec)
4,50-4,50	Riporti eterogenei	P13	$8,55 \times 10^{-4}$
11,70-12,00	Sabbie e sabbie limose	P13	$3,26 \times 10^{-4}$
16,20-16,50	Sabbie e sabbie limose	P13	$2,36 \times 10^{-4}$
5,70-6,00	Riporti eterogenei	P26	$1,46 \times 10^{-4}$
14,70-15,00	Sabbie e sabbie limose	P26	$8,63 \times 10^{-5}$

I valori di permeabilità ottenuti variano tra di $1,46 \times 10^{-4}$ mt/sec e $8,55 \times 10^{-4}$ mt/sec, all'interno dei riporti, mantenendosi quindi pressoché costanti, mentre nel livello sabbioso e sabbioso-limoso variano tra $8,36 \times 10^{-5}$ mt/sec e $3,26 \times 10^{-4}$ mt/sec.

Le variazioni di permeabilità all'interno del livello sabbioso sono legate presumibilmente alla presenza di una percentuale variabile di matrice limosa che abbassa il valore locale della permeabilità.

I valori di permeabilità riscontrati si mantengono comunque medio-alti, e sono caratteristici di depositi sabbiosi e ghiaioso-sabbiosi.

MISURE PIEZOMETRICHE

Durante la prima e la terza campagna di indagini 35 fori di sondaggio sono stati attrezzati mediante piezometri a tubo aperto per valutare la profondità e l'andamento della falda.

In particolare durante la prima campagna di indagini sono stati installati 27 piezometri (sono disponibili unicamente i dati relativi a 26 di essi) e nella terza campagna 9 piezometri (sondaggi Pz).

Per quanto riguarda i dati relativi ai piezometri installati nella prima campagna di indagini sono disponibili letture per il periodo compreso tra il 19/01/1999 ed il 03/02/1999 e per i giorni 17-18/01/2005, mentre per quanto riguarda i dati relativi ai piezometri installati nella terza campagna di indagini sono disponibili unicamente letture per i giorni 17-18/01/2005.

Al gennaio 2005 sono ancora attivi in totale 19 piezometri; tutti i piezometri della terza campagna di indagini e 10 piezometri della prima campagna di indagini (P4, P13, P15, P25, P26, P27, P30, P32, P33, P37).

Di seguito vengono riportate schematicamente le letture effettuate nei piezometri:

PIEZOMETRO	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
DATA MISURA	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.
19/01/1999				<u>-2,10</u>	<u>-2,42</u>		
20/01/1999							
21/01/1999							
22/01/1999				<u>-2,15</u>	<u>-2,45</u>	<u>-3,20</u>	
27/01/1999			<u>-3,30</u>	<u>-2,25</u>	<u>-2,60</u>	<u>-3,15</u>	<u>-3,10</u>
01/02/1999	<u>-2,05</u>	<u>-4,90</u>					
03/02/1999	<u>-2,00</u>	<u>-4,90</u>	<u>-3,40</u>	<u>-2,25</u>	<u>-2,60</u>	<u>-3,15</u>	<u>-3,15</u>
17/01/2005				<u>-2,365</u>			
18/01/2005							

PIEZOMETRO	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
DATA MISURA	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.
19/01/1999	<u>-3,16</u>						
20/01/1999						<u>-2,20</u>	
21/01/1999					<u>-2,85</u>		
22/01/1999	<u>-3,35</u>				<u>-3,00</u>	<u>-2,10</u>	
27/01/1999	<u>-3,20</u>	<u>-3,20</u>	<u>-3,00</u>	<u>-2,60</u>	<u>-3,00</u>	<u>-2,10</u>	
01/02/1999							
03/02/1999	<u>-3,25</u>	<u>-3,10</u>	<u>-3,15</u>	<u>-2,70</u>	<u>-2,90</u>	<u>-2,10</u>	<u>-2,55</u>
17/01/2005							
18/01/2005						<u>-2,190</u>	

PIEZOMETRO	P15	P18	P20	P22	P25	P26	P27
DATA MISURA	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.
19/01/1999			<u>-3,28</u>				
20/01/1999							
21/01/1999							
22/01/1999			<u>-3,30</u>			<u>-3,30</u>	
27/01/1999		<u>-2,30</u>	<u>-3,40</u>	<u>-3,00</u>	<u>-3,80</u>	<u>-3,20</u>	
01/02/1999							<u>-2,65</u>
03/02/1999	<u>-2,45</u>	<u>-2,27</u>	<u>-3,20</u>	<u>-3,20</u>	<u>-3,85</u>	<u>-3,30</u>	<u>-2,65</u>
17/01/2005					<u>-3,85</u>	<u>-3,215</u>	
18/01/2005	<u>-2,520</u>						<u>-1,825</u>

PIEZOMETRO	P30	P31	P32	P33	P37
DATA MISURA	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.
19/01/1999			<u>-3,20</u>		
20/01/1999					
21/01/1999					
22/01/1999			<u>-3,30</u>	<u>-2,30</u>	
27/01/1999	<u>-2,90</u>		<u>-3,30</u>	<u>-2,40</u>	
01/02/1999					
03/02/1999	<u>-2,85</u>	<u>-2,45</u>	<u>-3,20</u>	<u>-2,40</u>	
17/01/2005	<u>-2,98</u>			<u>-2,61</u>	
18/01/2005			<u>-3,06</u>		<u>-1,86</u>

PIEZOMETRO	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PZ5	PZ6	PZ7
DATA MISURA	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.
17/01/2005	-3,190	-3,205	-3,055	-3,08	-2,91	-2,68	-2,76
18/01/2005							

PIEZOMETRO	PZ8	PZ9
DATA MISURA	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.
17/01/2005	-2,645	
18/01/2005		-2,105

Sull'area in esame è presente una falda libera superficiale, in evidente continuità idraulica, il cui deflusso sotterraneo avviene entro i riporti ed i materiali alluvionali ghiaiosi e sabbiosi o sabbioso-limosi.

Per la natura dell'area è presumibile che si mescolino le acque di infiltrazione superficiale, le acque dolci di subalveo del Polcevera e le acque marine preesistenti.

La superficie della falda si situa tra -2 e -3 mt. da p.c., ad una quota corrispondente all'incirca con il livello del mare.

Considerando la stratigrafie della zona con la soggiacenza della falda appare evidente come la piezometrica stazioni al di sotto del contatto tra i riporti e le alluvioni.

Valutando le letture effettuate nei piezometri si può notare come non si verifichino sull'area in esame forti escursioni nei livelli della falda; tale dato andrebbe comunque confermato sulla base di letture estese su di un periodo più ampio ed in stagioni differenti.

CARTA PIEZOMETRICA (TAV. 2)

A corredo della presente relazione è stata realizzata una "Carta piezometrica" per verificare l'andamento della superficie piezometrica all'interno dell'area in esame.

I dati utilizzati sono quelli relativi ai piezometri attivi (Pz1, Pz2, Pz3, Pz4, Pz5, Pz6, Pz7, Pz8, Pz9, P4, P13, P15, P25, P26, P30, P32, P33); le letture dei piezometri P27 e P37 non sono state utilizzate per la mancanza della quota di riferimento degli stessi.

Per la realizzazione della carta si è scelto di utilizzare unicamente i piezometri attivi, in particolare con i dati raccolti nei giorni 17-18/01/2005, per avere uniformità nelle letture e riferire lo stato della falda ad un'unica data, anche in considerazione degli stessi apporti idrici meteorici, i quali influenzano la ricarica della stessa, con un quadro quindi più preciso sul suo effettivo andamento. Inoltre i piezometri attivi forniscono una copertura completa dell'area in esame.

Sulla carta sono riconoscibili alcuni assi di drenaggio principali; le direzioni di deflusso principali sono N-S e NE-SW nei settori centrale ed occidentale del comparto e all'incirca E-W nell'estremo settore orientale del comparto.

Il gradiente idraulico aumenta spostandosi da W verso E, dove raggiunge i valori massimi, mantenendosi comunque basso.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

In questo capitolo verranno fornite alcune informazioni sui parametri geotecnici da attribuire ai terreni presenti sull'area in esame; quanto descritto di seguito è stato attinto dai dati ricavati dalle campagne di indagine eseguite, dalle prove di laboratorio e dell'esperienza della scrivente su terreni simili.

La stratigrafia, riportata nelle sezioni geologico-tecniche schematiche in allegato, è stata sche-

matizzata in 5 strati:

1. Riporti eterogenei a prevalente granulometria grossolana ghiaioso-ciottolosa

Nella classificazione USCS i materiali rilevati in questo livello, possono essere fatti rientrare prevalentemente nelle classi GP-GM.

Il peso di volume è di 2-2,1 t/mt³, mentre per quanto attiene alle caratteristiche di resistenza al taglio dalle prove SPT si può stimare un valore medio dell'angolo di attrito efficace sui 31°-33° con corrispondente termine di coesione efficace nulla.

La permeabilità è medio-alta con valori di K variabili tra 1,46X10⁻⁴ mt/sec e 8,55X10⁻⁴ mt/sec.

Per questo livello si possono assumere i seguenti parametri geotecnici medi:

$$\gamma = 2-2,1 \text{ t/mt}^3$$

$$\phi' = 31^\circ-33^\circ$$

$$c' = 0$$

2. Sabbie e sabbie limose con locali sottili intercalazioni di ghiaie eterometriche in subordinata matrice limosa

In base alla succitata classificazione questi materiali appartengono alla classe SP-SM.

Il peso di volume naturale è di 1,9-2 t/mt³. Per quanto attiene alle caratteristiche di resistenza al taglio, facendo riferimento alle prove SPT e relative correlazioni, si può stimare un angolo di attrito efficace sui 30°-32°, con corrispondente termine di coesione efficace nulla.

La permeabilità anche in questo caso è medio-alta con valori di K variabili tra 8,36X 10⁻⁵ mt/sec e 3,26X 10⁻⁴ mt/sec., in funzione della percentuale di matrice limosa.

Per questo livello si possono pertanto assumere i seguenti parametri geotecnici medi:

$$\gamma = 1,9-2 \text{ t/mt}^3$$

$$\phi' = 30^\circ-32^\circ$$

$$c' = 0$$

3. Blocchi e ciottoli con intercalazioni di ghiaie grossolane

Nella classificazione USCS i materiali rilevati in questo livello, possono essere fatti rientrare prevalentemente nella classe GP.

Il peso di volume è di 2,1-2,2 t/mt³, mentre per quanto attiene alle caratteristiche di resistenza al taglio si può stimare un valore medio dell'angolo di attrito efficace sui 32°-34° con corrispondente termine di coesione efficace nulla.

La permeabilità può essere stimata medio-alta.

Per questo livello si possono assumere i seguenti parametri geotecnici medi:

$$\gamma = 2,1-2,2 \text{ t/mt}^3$$

$$\phi' = 32^\circ-34^\circ$$

$$c' = 0$$

4. Limi-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi

In base alla classificazione USCS questi materiali possono essere fatti rientrare nella classe ML.

Il peso di volume è di circa 1,9-2 t/mt³, mentre per quanto attiene alle caratteristiche di resistenza al taglio si può stimare un angolo di attrito efficace sui 28°-30° con corrispondente termine di coesione efficace nulla, mentre la coesione non drenata può essere stimata in via cautelativa molto basso, variabile tra 0,1-0,3 Kg/cm².

La permeabilità ricavata dalle prove di laboratorio è risultata molto bassa (2,47 x 10⁻⁹ mt/sec)

Per questo livello si possono assumere i seguenti parametri geotecnici medi:

$$\gamma = 1,9-2 \text{ t/mt}^3$$

$$\varphi' = 28^\circ-30^\circ$$

$$c' = 0$$

$$c_u = 0,1-0,3 \text{ Kg/cm}^2$$

5. Substrato roccioso costituito da argilliti alterate e/o molto fratturate

La roccia intercettata unicamente nel sondaggio S6, a partire dalla profondità di 13,6 mt. da p.c. è costituita da argilliti di colore nero alterate e/o molto fratturate. I valori di R.Q.D. sono uguali a zero.

La permeabilità può essere stimata molto bassa.

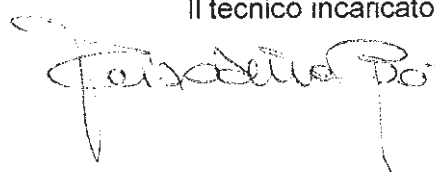
Per questo livello si possono assumere i seguenti parametri geotecnici medi:

$$\gamma = 2,2-2,3 \text{ t/mt}^3$$

$$\varphi = 28^\circ-30^\circ$$

$$c = 100 \text{ KPa}$$

Il tecnico incaricato




ALLEGATI:

TAV. 1 - PLANIMETRIA CON L'UBICAZIONE DELLE INDAGINI E DELLE SEZIONI IN SCALA 1:5.000

TAV. 2 - CARTA PIEZOMETRICA IN SCALA 1:5.000

TAV. 3 -- SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA SCHEMATICA A-B IN SCALA 1:2.500 E 1:200

TAV. 4 -- SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA SCHEMATICA B-C IN SCALA 1:2.500 E 1:200

TAV. 5 -- SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA SCHEMATICA D-E IN SCALA 1:2.500 E 1:200

TAV. 6 -- SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA SCHEMATICA E-F IN SCALA 1:2.500 E 1:200

TAV. 7 -- SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA SCHEMATICA A-E IN SCALA 1:2.500 E 1:200

TAV. 8 -- SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA SCHEMATICA B-G IN SCALA 1:2.500 E 1:200

TAV. 9 -- SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA SCHEMATICA C-F IN SCALA 1:2.500 E 1:200

Come si può ricavare dalle analisi granulometriche il livello in esame è costituito da sabbie-limose sabbiose. La prova di permeabilità ha fornito un valore del coefficiente di permeabilità K molto basso, tipico di terreni a granulometria limosa o limoso-sabbiosa.

PROVE DI PERMEABILITÀ "LEFRANC"

Durante la prima campagna di indagini del 1999 all'interno dei fori di sondaggio P13 e P26 sono state eseguite 5 prove di permeabilità Lefranc a carico costante.

Tali prove sono state realizzate a quote comprese tra i -4,50 mt. ed i -14,70 mt., per determinare i valori di permeabilità per porosità dei materiali sciolti.

Le prove vengono eseguite riempiendo i fori di sondaggio, opportunamente rivestiti nella parte non di interesse alla prova e lasciati liberi e riempiti di ghiaietto drenante nel tratto sul quale si vuole avere informazioni sulla permeabilità, di acqua fino ad un livello di riferimento superiore a quello stabilizzato corrispondente alla falda esterna, e misurando la portata necessaria a mantenere costante tale livello, una volta stabilizzato.

Il valore dei coefficienti di permeabilità (di seguito K) è fornito dalla seguente espressione:

$$K = Q/Fh$$

dove:

Q = portata di immissione (mt³/sec);

F = coefficiente che dipende dalla geometria e dalle dimensioni del tratto di foro lasciato libero e dalla presenza o meno di strati di confinamento;

h = differenza di altezza del livello dell'acqua provocato dall'immissione (mt).

I risultati ottenuti sono i seguenti:

Profondità (mt)	Livello	Sondaggio	K (mt/sec)
4,50-4,50	Riporti eterogenei	P13	$8,55 \times 10^{-4}$
11,70-12,00	Sabbie e sabbie limose	P13	$3,26 \times 10^{-4}$
16,20-16,50	Sabbie e sabbie limose	P13	$2,36 \times 10^{-4}$
5,70-6,00	Riporti eterogenei	P26	$1,46 \times 10^{-4}$
14,70-15,00	Sabbie e sabbie limose	P26	$8,63 \times 10^{-5}$

I valori di permeabilità ottenuti variano tra di $1,46 \times 10^{-4}$ mt/sec e $8,55 \times 10^{-4}$ mt/sec, all'interno dei riporti, mantenendosi quindi pressoché costanti, mentre nel livello sabbioso e sabbioso-limoso variano tra $8,36 \times 10^{-5}$ mt/sec e $3,26 \times 10^{-4}$ mt/sec.

Le variazioni di permeabilità all'interno del livello sabbioso sono legate presumibilmente alla presenza di una percentuale variabile di matrice limosa che abbassa il valore locale della permeabilità.

I valori di permeabilità riscontrati si mantengono comunque medio-alti, e sono caratteristici di depositi sabbiosi e ghiaioso-sabbiosi.

MISURE PIEZOMETRICHE

Durante la prima e la terza campagna di indagini 35 fori di sondaggio sono stati attrezzati mediante piezometri a tubo aperto per valutare la profondità e l'andamento della falda.

In particolare durante la prima campagna di indagini sono stati installati 27 piezometri (sono disponibili unicamente i dati relativi a 26 di essi) e nella terza campagna 9 piezometri (sondaggi Pz).

Per quanto riguarda i dati relativi ai piezometri installati nella prima campagna di indagini sono disponibili letture per il periodo compreso tra il 19/01/1999 ed il 03/02/1999 e per i giorni 17-18/01/2005, mentre per quanto riguarda i dati relativi ai piezometri installati nella terza campagna di indagini sono disponibili unicamente letture per i giorni 17-18/01/2005.

Al gennaio 2005 sono ancora attivi in totale 19 piezometri; tutti i piezometri della terza campagna di indagini e 10 piezometri della prima campagna di indagini (P4, P13, P15, P25, P26, P27, P30, P32, P33, P37).

Di seguito vengono riportate schematicamente le letture effettuate nei piezometri:

PIEZOMETRO	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
DATA MISURA	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.
19/01/1999				<u>-2,10</u>	<u>-2,42</u>		
20/01/1999							
21/01/1999							
22/01/1999				<u>-2,15</u>	<u>-2,45</u>	<u>-3,20</u>	
27/01/1999			<u>-3,30</u>	<u>-2,25</u>	<u>-2,60</u>	<u>-3,15</u>	<u>-3,10</u>
01/02/1999	<u>-2,05</u>	<u>-4,90</u>					
03/02/1999	<u>-2,00</u>	<u>-4,90</u>	<u>-3,40</u>	<u>-2,25</u>	<u>-2,60</u>	<u>-3,15</u>	<u>-3,15</u>
17/01/2005				<u>-2,365</u>			
18/01/2005							

PIEZOMETRO	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
DATA MISURA	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.
19/01/1999	<u>-3,16</u>						
20/01/1999						<u>-2,20</u>	
21/01/1999					<u>-2,85</u>		
22/01/1999	<u>-3,35</u>				<u>-3,00</u>	<u>-2,10</u>	
27/01/1999	<u>-3,20</u>	<u>-3,20</u>	<u>-3,00</u>	<u>-2,60</u>	<u>-3,00</u>	<u>-2,10</u>	
01/02/1999							
03/02/1999	<u>-3,25</u>	<u>-3,10</u>	<u>-3,15</u>	<u>-2,70</u>	<u>-2,90</u>	<u>-2,10</u>	<u>-2,55</u>
17/01/2005							
18/01/2005						<u>-2,190</u>	

PIEZOMETRO	P15	P18	P20	P22	P25	P26	P27
DATA MISURA	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.
19/01/1999			<u>-3,28</u>				
20/01/1999							
21/01/1999							
22/01/1999			<u>-3,30</u>			<u>-3,30</u>	
27/01/1999		<u>-2,30</u>	<u>-3,40</u>	<u>-3,00</u>	<u>-3,80</u>	<u>-3,20</u>	
01/02/1999							<u>-2,65</u>
03/02/1999	<u>-2,45</u>	<u>-2,27</u>	<u>-3,20</u>	<u>-3,20</u>	<u>-3,85</u>	<u>-3,30</u>	<u>-2,65</u>
17/01/2005					<u>-3,85</u>	<u>-3,215</u>	
18/01/2005	<u>-2,520</u>						<u>-1,825</u>

PIEZOMETRO	P30	P31	P32	P33	P37
DATA MISURA	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.
19/01/1999			<u>-3,20</u>		
20/01/1999					
21/01/1999					
22/01/1999			<u>-3,30</u>	<u>-2,30</u>	
27/01/1999	<u>-2,90</u>		<u>-3,30</u>	<u>-2,40</u>	
01/02/1999					
03/02/1999	<u>-2,85</u>	<u>-2,45</u>	<u>-3,20</u>	<u>-2,40</u>	
17/01/2005	<u>-2,98</u>			<u>-2,61</u>	
18/01/2005			<u>-3,06</u>		<u>-1,86</u>

PIEZOMETRO	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PZ5	PZ6	PZ7
DATA MISURA	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.
17/01/2005	-3,190	-3,205	-3,055	-3,08	-2,91	-2,68	-2,76
18/01/2005							

PIEZOMETRO	PZ8	PZ9
DATA MISURA	(mt) da p.c.	(mt) da p.c.
17/01/2005	-2,645	
18/01/2005		-2,105

Sull'area in esame è presente una falda libera superficiale, in evidente continuità idraulica, il cui deflusso sotterraneo avviene entro i riporti ed i materiali alluvionali ghiaiosi e sabbiosi o sabbioso-limosi.

Per la natura dell'area è presumibile che si mescolino le acque di infiltrazione superficiale, le acque dolci di subalveo del Polcevera e le acque marine preesistenti.

La superficie della falda si situa tra -2 e -3 mt. da p.c., ad una quota corrispondente all'incirca con il livello del mare.

Considerando la stratigrafia della zona con la soggiacenza della falda appare evidente come la piezometrica stazioni al di sotto del contatto tra i riporti e le alluvioni.

Valutando le letture effettuate nei piezometri si può notare come non si verifichino sull'area in esame forti escursioni nei livelli della falda; tale dato andrebbe comunque confermato sulla base di letture estese su di un periodo più ampio ed in stagioni differenti.

CARTA PIEZOMETRICA (TAV. 2)

A corredo della presente relazione è stata realizzata una "Carta piezometrica" per verificare l'andamento della superficie piezometrica all'interno dell'area in esame.

I dati utilizzati sono quelli relativi ai piezometri attivi (Pz1, Pz2, Pz3, Pz4, Pz5, Pz6, Pz7, Pz8, Pz9, P4, P13, P15, P25, P26, P30, P32, P33); le letture dei piezometri P27 e P37 non sono state utilizzate per la mancanza della quota di riferimento degli stessi.

Per la realizzazione della carta si è scelto di utilizzare unicamente i piezometri attivi, in particolare con i dati raccolti nei giorni 17-18/01/2005, per avere uniformità nelle letture e riferire lo stato della falda ad un'unica data, anche in considerazione degli stessi apporti idrici meteorici, i quali influenzano la ricarica della stessa, con un quadro quindi più preciso sul suo effettivo andamento. Inoltre i piezometri attivi forniscono una copertura completa dell'area in esame.

Sulla carta sono riconoscibili alcuni assi di drenaggio principali; le direzioni di deflusso principali sono N-S e NE-SW nei settori centrale ed occidentale del comparto e all'incirca E-W nell'estremo settore orientale del comparto.

Il gradiente idraulico aumenta spostandosi da W verso E, dove raggiunge i valori massimi, mantenendosi comunque basso.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

In questo capitolo verranno fornite alcune informazioni sui parametri geotecnici da attribuire ai terreni presenti sull'area in esame; quanto descritto di seguito è stato attinto dai dati ricavati dalle campagne di indagine eseguite, dalle prove di laboratorio e dell'esperienza della scrivente su terreni simili.

La stratigrafia, riportata nelle sezioni geologico-tecniche schematiche in allegato, è stata sche-

matizzata in 5 strati:

1. Riporti eterogenei a prevalente granulometria grossolana ghiaioso-ciottolosa

Nella classificazione USCS i materiali rilevati in questo livello, possono essere fatti rientrare prevalentemente nelle classi GP-GM.

Il peso di volume è di 2-2,1 t/mt³, mentre per quanto attiene alle caratteristiche di resistenza al taglio dalle prove SPT si può stimare un valore medio dell'angolo di attrito efficace sui 31°-33° con corrispondente termine di coesione efficace nulla.

La permeabilità è medio-alta con valori di K variabili tra 1,46X10⁻⁴ mt/sec e 8,55X10⁻⁴ mt/sec.

Per questo livello si possono assumere i seguenti parametri geotecnici medi:

$$\gamma = 2-2,1 \text{ t/mt}^3$$

$$\phi' = 31^\circ-33^\circ$$

$$c' = 0$$

2. Sabbie e sabbie limose con locali sottili intercalazioni di ghiaie eterometriche in subordinata matrice limosa

In base alla succitata classificazione questi materiali appartengono alla classe SP-SM.

Il peso di volume naturale è di 1,9-2 t/mt³. Per quanto attiene alle caratteristiche di resistenza al taglio, facendo riferimento alle prove SPT e relative correlazioni, si può stimare un angolo di attrito efficace sui 30°-32°, con corrispondente termine di coesione efficace nulla.

La permeabilità anche in questo caso è medio-alta con valori di K variabili tra 8,36X 10⁻⁵ mt/sec e 3,26X 10⁻⁴ mt/sec., in funzione della percentuale di matrice limosa.

Per questo livello si possono pertanto assumere i seguenti parametri geotecnici medi:

$$\gamma = 1,9-2 \text{ t/mt}^3$$

$$\phi' = 30^\circ-32^\circ$$

$$c' = 0$$

3. Blocchi e ciottoli con intercalazioni di ghiaie grossolane

Nella classificazione USCS i materiali rilevati in questo livello, possono essere fatti rientrare prevalentemente nella classe GP.

Il peso di volume è di 2,1-2,2 t/mt³, mentre per quanto attiene alle caratteristiche di resistenza al taglio si può stimare un valore medio dell'angolo di attrito efficace sui 32°-34° con corrispondente termine di coesione efficace nulla.

La permeabilità può essere stimata medio-alta.

Per questo livello si possono assumere i seguenti parametri geotecnici medi:

$$\gamma = 2,1-2,2 \text{ t/mt}^3$$

$$\phi' = 32^\circ-34^\circ$$

$$c' = 0$$

4. Limi-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi

In base alla classificazione USCS questi materiali possono essere fatti rientrare nella classe ML.

Il peso di volume è di circa 1,9-2 t/mt³, mentre per quanto attiene alle caratteristiche di resistenza al taglio si può stimare un angolo di attrito efficace sui 28°-30° con corrispondente termine di coesione efficace nulla, mentre la coesione non drenata può essere stimata in via cautelativa molto basso, variabile tra 0,1-0,3 Kg/cm².

La permeabilità ricavata dalle prove di laboratorio è risultata molto bassa (2,47 x 10⁻⁹ mt/sec)

Per questo livello si possono assumere i seguenti parametri geotecnici medi:

$$\gamma = 1,9-2 \text{ t/mt}^3$$

$$\varphi' = 28^\circ-30^\circ$$

$$c' = 0$$

$$c_u = 0,1-0,3 \text{ Kg/cm}^2$$

5. Substrato roccioso costituito da argilliti alterate e/o molto fratturate

La roccia intercettata unicamente nel sondaggio S6, a partire dalla profondità di 13,6 mt. da p.c. è costituita da argilliti di colore nero alterate e/o molto fratturate. I valori di R.Q.D. sono uguali a zero.

La permeabilità può essere stimata molto bassa.

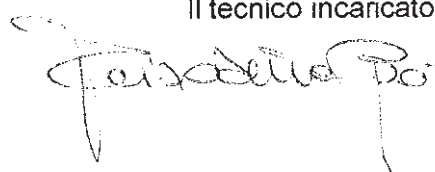
Per questo livello si possono assumere i seguenti parametri geotecnici medi:

$$\gamma = 2,2-2,3 \text{ t/mt}^3$$

$$\varphi = 28^\circ-30^\circ$$

$$c = 100 \text{ KPa}$$

Il tecnico incaricato



ALLEGATI:

TAV. 1 - PLANIMETRIA CON L'UBICAZIONE DELLE INDAGINI E DELLE SEZIONI IN SCALA 1:5.000

TAV. 2 - CARTA PIEZOMETRICA IN SCALA 1:5.000

TAV. 3 -- SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA SCHEMATICA A-B IN SCALA 1:2.500 E 1:200

TAV. 4 -- SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA SCHEMATICA B-C IN SCALA 1:2.500 E 1:200

TAV. 5 -- SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA SCHEMATICA D-E IN SCALA 1:2.500 E 1:200

TAV. 6 -- SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA SCHEMATICA E-F IN SCALA 1:2.500 E 1:200

TAV. 7 -- SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA SCHEMATICA A-E IN SCALA 1:2.500 E 1:200

TAV. 8 -- SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA SCHEMATICA B-G IN SCALA 1:2.500 E 1:200

TAV. 9 -- SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA SCHEMATICA C-F IN SCALA 1:2.500 E 1:200

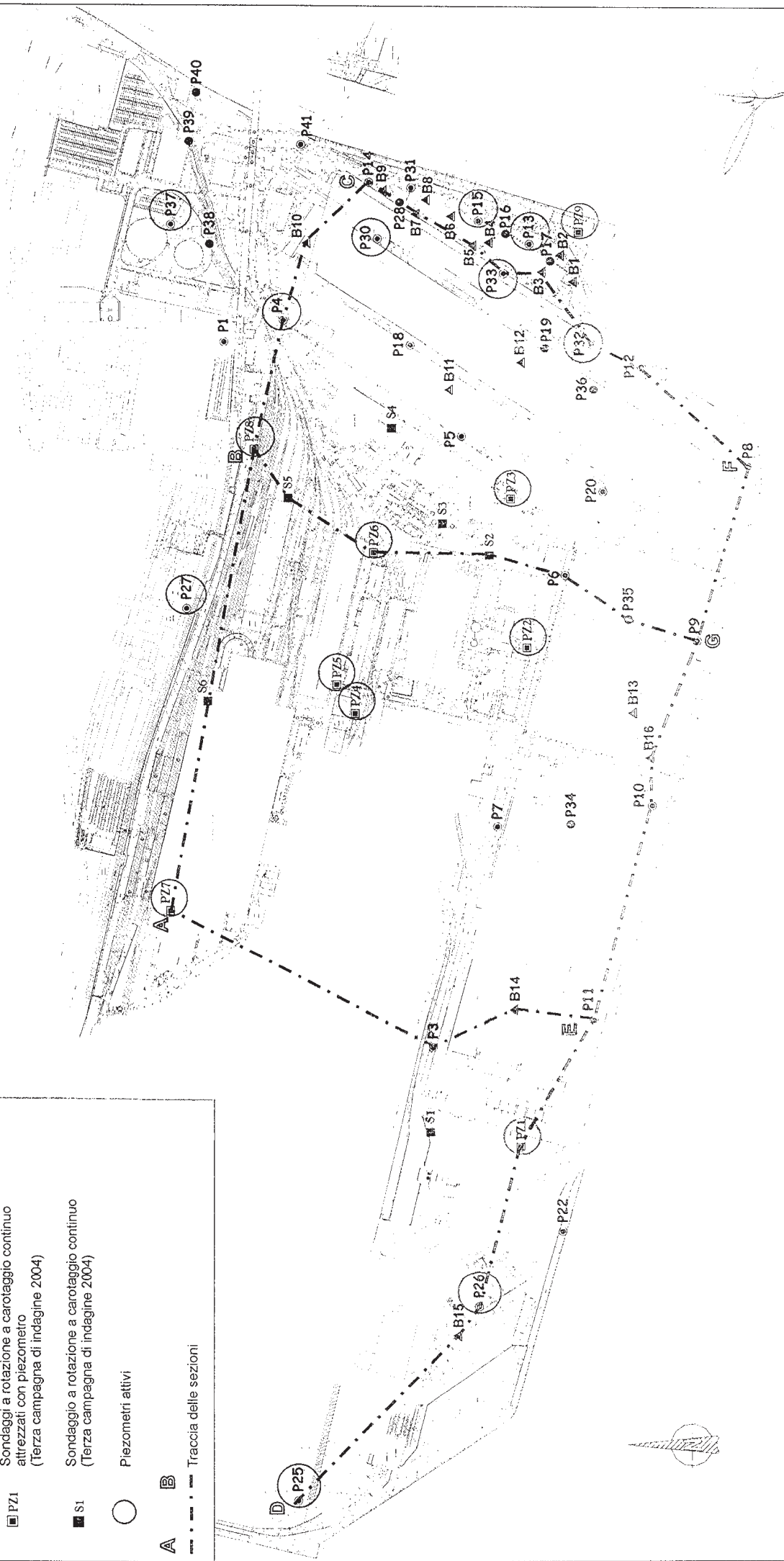
Scala 1:5.000

LEGENDA

- **P3** Sondaggi a rotazione a carotaggio continuo attrezzati con piezometro (Prima campagna di indagine 1999)
- **P1** Sondaggio a rotazione a carotaggio continuo (Prima campagna di indagine 1999)
- ▲ **B1** Sondaggi a rotazione a carotaggio continuo (Seconda campagna di indagine 2001)
- **PZ1** Sondaggi a rotazione a carotaggio continuo attrezzati con piezometro (Terza campagna di indagine 2004)
- **S1** Sondaggio a rotazione a carotaggio continuo (Terza campagna di indagine 2004)
- Piezometri attivi

A B

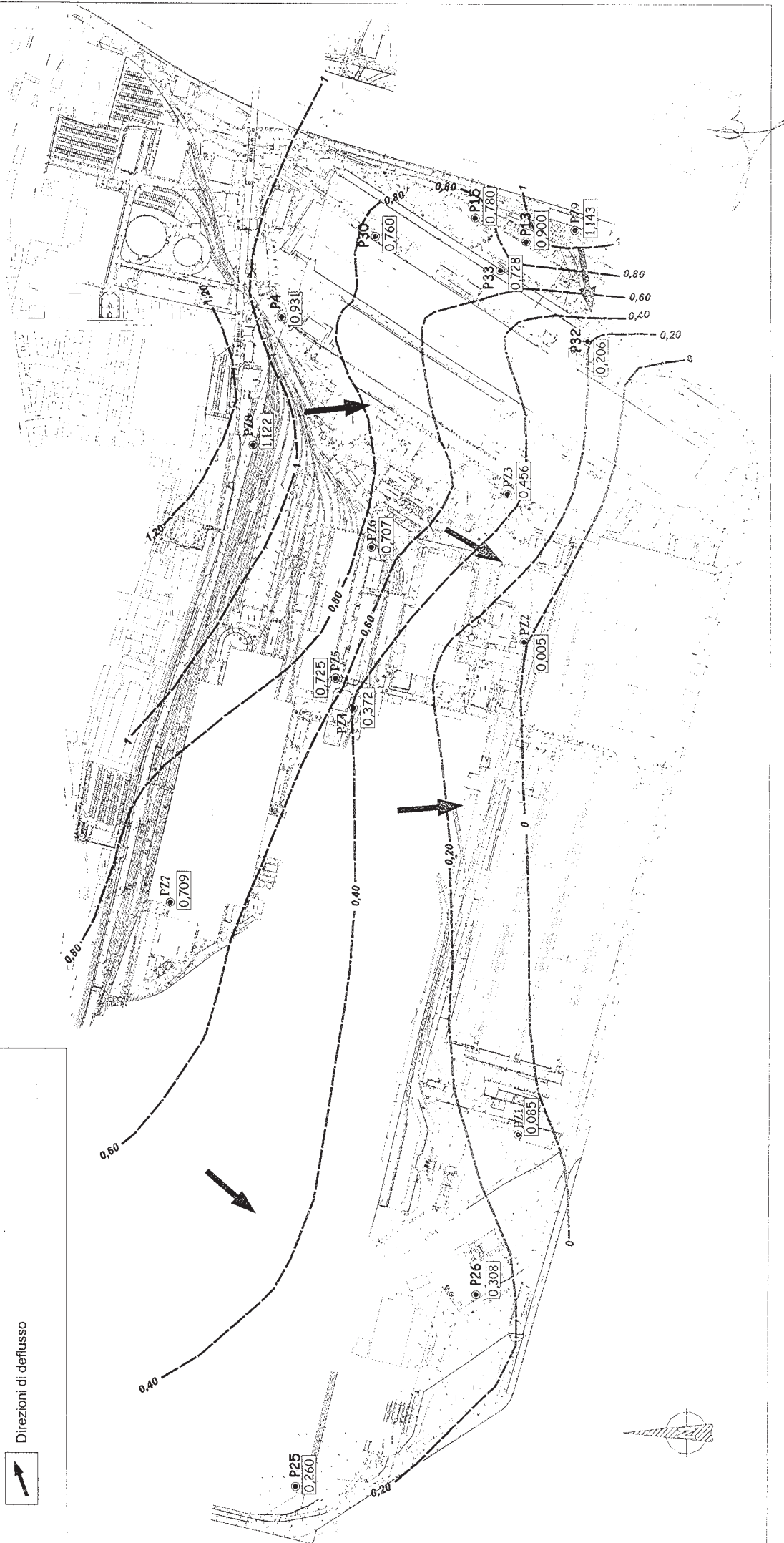
Traccia delle sezioni



P4-PZ1 Sondaggi a rotazione a carotaggio continuo attrezzati con piezometro

1,122
Quote piezometriche nei fori di sondaggio
(mt.s.l.m.m.)

 Direzioni di deflusso



P11 

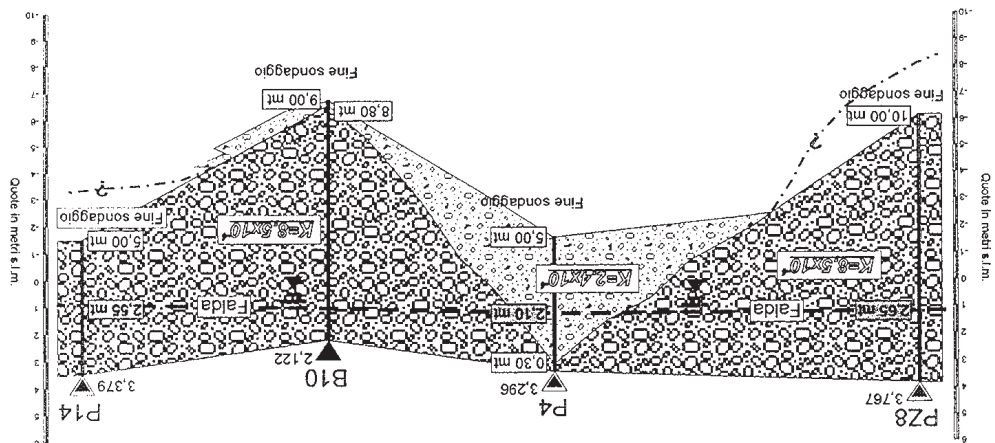
Sondaggi a rotazione a carotaggio continuo
attrezzati con piezometro

B15 

Sondaggi a rotazione a carotaggio continuo

nte

Lefranc®



LEGENDA

 Riporti eterogenei a prevalente granulometria grossolana, ghiaioso-ciottolosa

 Sabbie e sabbie limose con locali sottili intercalazioni di ghiaie eterometriche in subordinata matrice limosa

 Falda

 **P4** Sondaggi a rotazione a carotaggio continuo attrezzati con piezometro

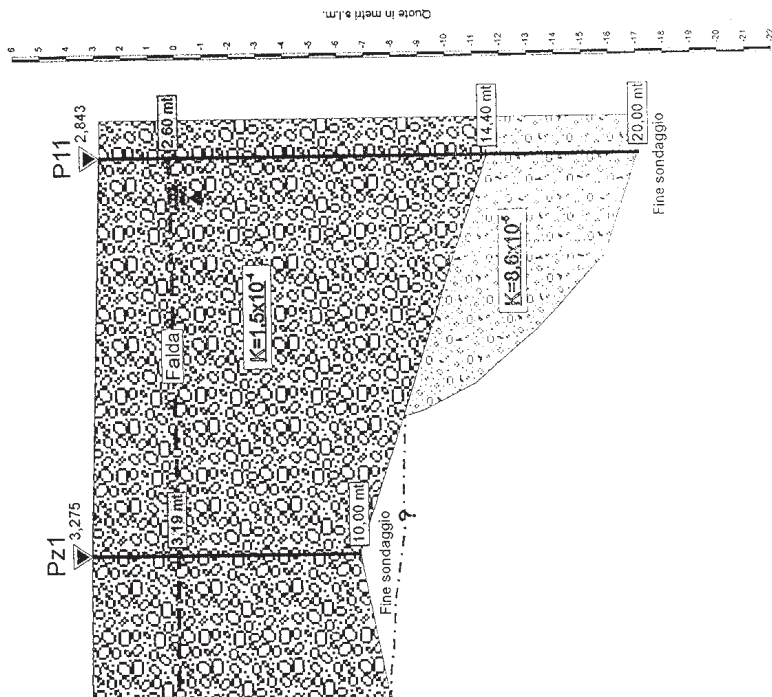
 **B10** Sondaggi a rotazione a carotaggio continuo

 $K=8.5 \times 10^{-4}$ Coefficienti di permeabilità in m/sec (Ricarati per estrapolazione dalle prove "Lefranc" eseguite nel sondaggio P13)

Limiti non certi

Soglia di accensione della falda da p.c. $K=7.0 \times 10^{-4}$

Scala orizzontale 1:2500
Scala verticale 1:200



SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA SCHEMATICA E-F

Scala orizzontale 1:2.500

Scala verticale 1:200

TAV 6

LEGENDA

Riporti eterogenei a prevalente granulometria grossolana, ghiaioso-ciottoloso

Sabbie e sabbie limose con locali sottili intercalazioni di ghiaie eterometriche in subordinata matrice limosa

Blocchi e ciottoli con intercalazioni di ghiaie grossolane

Faixa

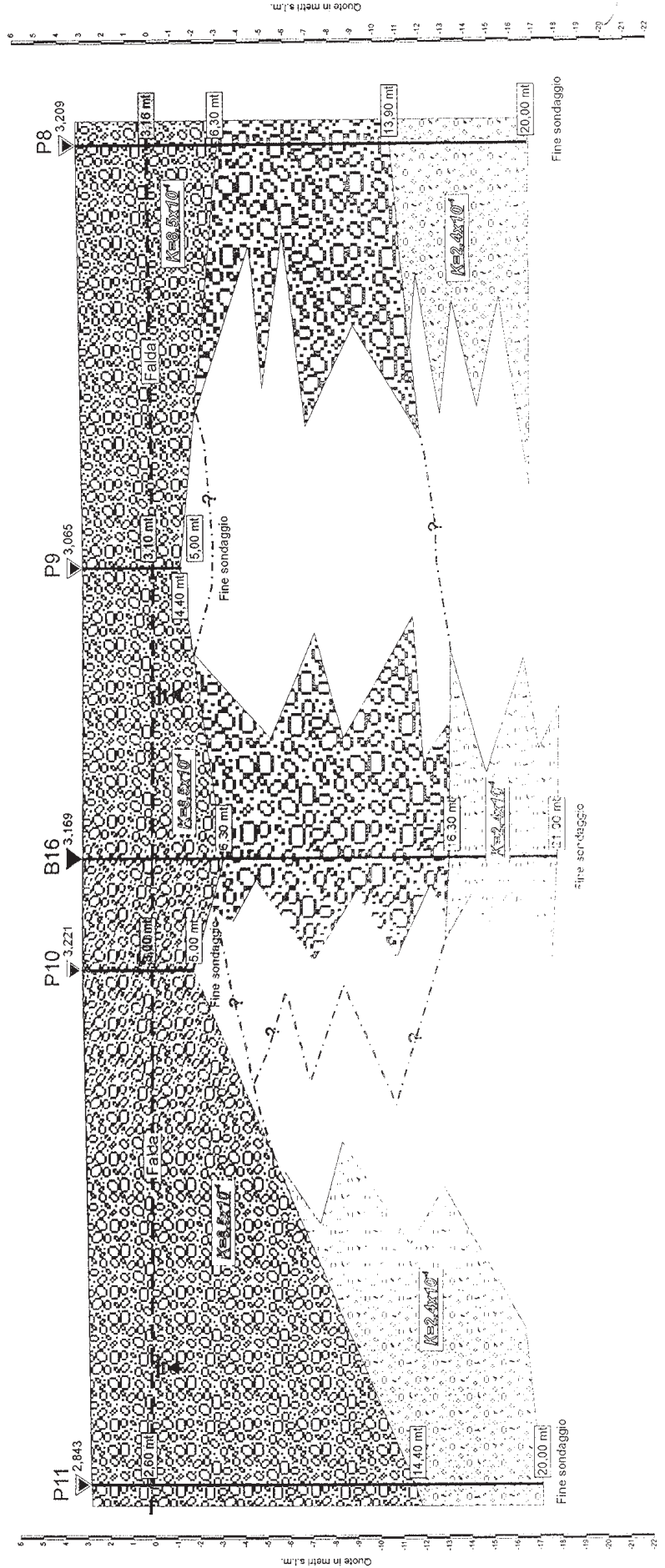
Soggiacenza della falda da p.c.

Limiti non certi

Coefficienti di permeabilità in m/sec
(Ricavati per estrapolazione dalle prove "Leifranc" eseguite nel sondaggio P13)

P11 Sondaggi a rotazione a carotaggio continuo attrezzati con piezometro

B16 Sondaggi a rotazione a carotaggio continuo



SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA SCHEMATICA B-G

Scala orizzontale 1:2.500
Scala verticale 1:200

TAV 8

LEGENDA

 Riporti eterogenei a prevalente granulometria grossolana, ghiaioso-ciottoloso

 Sabbie e sabbie limose con locali sottili intercalazioni di ghiaie eterometriche in subordinata matrice limosa

 Blocchi e ciottoli con intercalazioni di ghiaie grossolane

 Falda

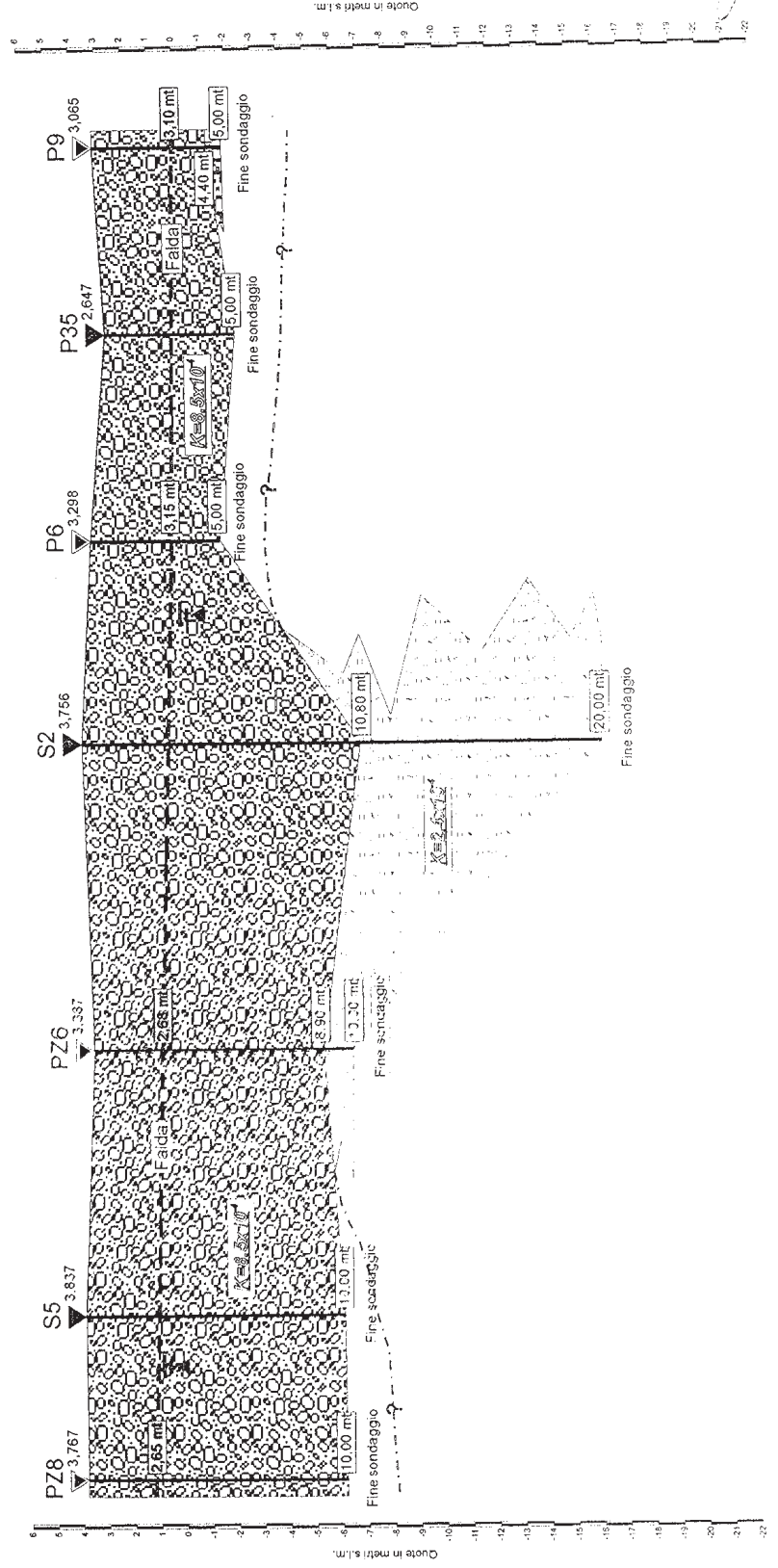
 Soggiacenza della falda da p.c.

 Limiti non certi

 Coefficienti di permeabilità in ml/sec (Ricavati per estrapolazione dalle prove "Lefranc" eseguite nel sondaggio P13)

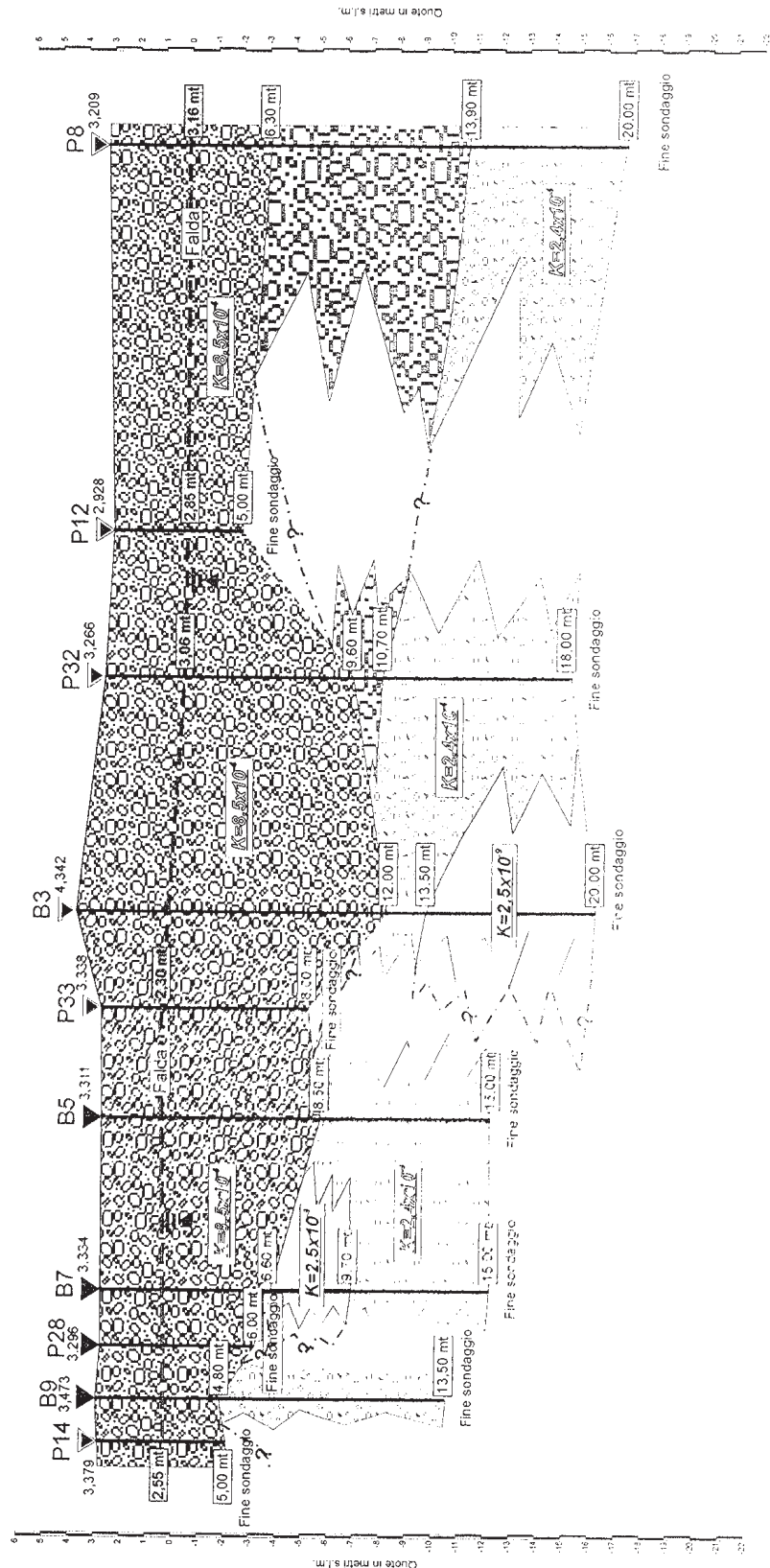
 P6 Sondaggi a rotazione a carotaggio continuo attrezzati con piezometro

 S5 Sondaggi a rotazione a carotaggio continuo



TAV 9

Scala verticale 1:200





AUTORITA' PORTUALE DI GENOVA
DIREZIONE TECNICA



Società per Cornigliano S.p.A.



ALLEGATO 1

Stratigrafie dei sondaggi e documentazione fotografica

APPROVATO DA:
Dott. Geol. U. Tidici

REDATTO DA:
Dott. Geol. S. Battilana

SONDAGGIO SP-S1







