



COMUNE DI TRENTO

PROVINCIA DI TRENTO

COMUNE DI TRENTO
SERVIZIO SPORTELLO IMPRESE E CITTADINI
ESAMINATO DALLA COMMISSIONE EDILIZIA

21.02.05 000008

ADUNANZA DEL
IL DIRIGENTE
Ufficio
geom. D.
ese

PROGETTO

PIANO DI LOTTIZZAZIONE DELL'AREA EX MICHELIN IN TRENTO - COMPARTO "A"

COMMITTENTE

INIZIATIVE URBANE S.p.A.

Via Fersina 23, 38100 Trento - Capitale Sociale Euro 9.180.000 i.v. - N.
Registro delle Imprese di Trento,
Tel. 0461/362369 - Fax. 0461/362302 - P.I. e C.F. 01615700224 - CCIAA:
n. 164699

ELABORATO

PERIZIA GEOLOGICA

AGGIORNAMENTI

1	
2	
3	

DATA

ottobre 2004

Rel. n.

1937/b

TIMBRO E FIRMA DEL PROGETTISTA

CODICE ELABORATO

Allegato parte integrante ed essenziale
della deliberazione del Consiglio comunale
8 MAR. 2005 n. 32



SEGRETARIO GENERALE
Maurizio Gaio

Comitgeo s.r.l. di M. & M. Vulliamy
geologia applicata - geologia ambientale - idrogeologia - pianificazione territoriale - studi di impatto ambientale
via Vittorio Veneto n.75, 38100 Trento - email: comitgeo@libero.it - tel/fax 0361924349

23 NOV 2004

INDICE DEGLI ARGOMENTI

1. PREMESSA.....	2
1.1 PROGRAMMA DI LAVORO.....	2
1.2 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI.....	4
2. MODELLO GEOLOGICO.....	5
2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO.....	5
2.2 CARTA DI SINTESI GEOLOGICA.....	5
2.3 LITOSTRATIGRAFIA.....	6
2.4 GEOLOGIA STRUTTURALE.....	6
3. MODELLO IDROGEOLOGICO.....	7
3.1 SCHEMA DI FLUSSO E PIEZOMETRIA.....	7
3.2 STRUTTURA IDROGEOLOGICA – CONDIZIONI AI LIMITI.....	9
3.3 PORTATA TEMIBILE.....	9
3.4 ANALISI DEL POTENZIALE “EFFETTO DIGA”.....	10
4. QUALITÀ AMBIENTALE DEL SITO - ART.84 BIS DI P.R.G.....	12
5. PROSPEZIONE GEOGNOSTICA.....	13
5.1 LOGS TERMODIFFERENZIALI.....	13
5.2 PROVE STANUDIN.....	13
5.3 SONDAGGI ELETTRICI VERTICALI.....	14
5.4 BASI SISMICHE A RIFRAZIONE.....	15
5.5 PENETROMETRIE.....	15
5.6 SONDAGGI MECCANICI.....	16
6. PARAMETRI GEOTECNICI MEDI.....	18
7. CONCLUSIONI.....	20

1. PREMESSA

Oggetto del presente rapporto sono le indagini geologiche e geotecniche a supporto del piano di lottizzazione dell'Area ex Michelin, ubicata in sinistra Adige nella zona centro-sud di Trento, tra via Sanseverino e la ferrovia del Brennero.

1.1 PROGRAMMA DI LAVORO

Per una esaustiva risoluzione delle possibili problematiche progettuali, ad integrazione dei dati pregressi disponibili si è previsto un programma di indagine basato sull'utilizzo di più metodologie di prospezione in parallelo (Integrated Prospecting System), al fine di ottimizzare il rapporto costi-benefici.

Ciascuna metodologia di prospezione infatti, presa singolarmente, analizza e definisce parametri peculiari e può non risolvere completamente le tematiche in oggetto; la prospezione integrata e l'analisi con confronto in parallelo dei risultati acquisiti con diversi metodi, permette invece una più sicura identificazione delle possibili problematiche, nonché una caratterizzazione dei terreni statisticamente più attendibile.

Per il caso in esame, oltre all'esecuzione degli opportuni rilievi di superficie si sono utilizzate le seguenti metodologie di prospezione diretta ed indiretta distribuite sull'area di indagine:

- sondaggi meccanici a carotaggio continuo;
- prove SPT;
- prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- installazione di piezometri di controllo;
- sondaggi elettrici verticali;
- basi sismiche a rifrazione con determinazione delle onde P ed S e definizione dei moduli elastico dinamici;
- penetrometrie dinamiche leggere DL30;
- prove di permeabilità;
- logs termodifferenziali sia su pozzo stabilizzato che su pozzo con acque miscelate;
- misure di flusso Stanudin;
- freatimetrie di controllo;
- analisi geotecniche di laboratorio (granulometrie, limiti, prove di taglio, emometrie, ecc.).
- calcolo della risposta sismica con definizione del coefficiente sismico di fondazione ed analisi del rischio di liquefacibilità.

CENNI METODOLOGICI

Le principali finalità delle diverse metodologie di prospezione adottate nel presente studio sono essenzialmente le seguenti.

Logs termodifferenziali: tramite l'analisi dei gradienti locali permettono di individuare (con un dettaglio dell'ordine del metro), gli orizzonti permeabili da quelli impermeabili e rilevano gli orizzonti acquiferi saturi (al momento della prospezione) da quelli insaturi; risultano particolarmente utili per l'analisi sismica di liquefacibilità (ad ausilio del calcolo dei cedimenti possibili) e per l'interpretazione della geofisica.

Misure Stanudin: definiscono le principali direttrici e velocità di deflusso della falda (e di diffusione del cloruro di sodio) in loco; sono utili anche per definire i tempi di migrazione di eventuali inquinanti biodegradabili.

Sondaggi elettrici verticali: individuano la successione elettrostratigrafica locale, utile ad una prima ricostruzione dell'assetto strutturale locale ed alla definizione delle granulometrie "equivalenti" degli orizzonti elettricamente differenziabili (definiscono i valori di resistività medi ponderali degli orizzonti rilevabili).

Prospezione sismica: oltre alla definizione della serie sismostratigrafica individuando gli orizzonti a diverso grado di addensamento, consente di calcolare i moduli elastico dinamici degli orizzonti sismici ed il coefficiente sismico di fondazione ai fini della prevenzione dal rischio sismico.

Penetrometrie

Le prove penetrometriche permettono di calcolare la resistenza alla penetrazione R_p (parametro caratteristico dello stato di addensamento di un terreno incoerente e della consistenza di un terreno coerente) secondo le note formule degli olandesi; in base alle variazioni significative di R_p , è quindi possibile distinguere diversi orizzonti e determinare il carico ammissibile C_a ad essi competente secondo la norma olandese per fondazioni superficiali nastriformi, che applica un coefficiente di sicurezza 3.

Tramite un opportuno coefficiente di correlazione, è anche possibile estrapolare con sufficiente attendibilità dal numero di colpi del penetrometro Penni 30 il corrispondente numero di colpi della prova SPT ($N_{SPT} = N/\alpha$).

Sondaggi meccanici

L'esecuzione di sondaggi meccanici a carotaggio continuo, completata da prove di riconoscimento rapido in sito e dal prelievo ed analisi geotecnica di campioni indisturbati o rimaneggiati, premette la ricostruzione delle caratteristiche litologiche lungo la verticale di perforazione; attrezzato con piezometro, permette inoltre l'esecuzione di logs termodifferenziali, misure stanudin e controlli periodici delle fluttuazioni di falda.

SPT in foro

Eseguito nel corso delle perforazioni alcune prove SPT e confrontando gli N_{SPT} così ottenuti con quelli estrapolati dalle prove penetrometriche, con diverse formule di uso ormai consolidato (Terzaghi-Peck, Meyerhof, Gibbs-Holtz, Apollonia, Webb, ecc.) è possibile valutare ed estrapolare con sufficiente attendibilità statistica i principali parametri geotecnici dei principali orizzonti (quali angolo di attrito, modulo elastico, grado di addensamento, ecc.).

Piezometri

Mediante la posa di piezometri di controllo nei fori di sondaggio, l'esecuzione di prove di permeabilità in foro (Lefranc) e più serie di campagne piezometriche, si possono ottenere utili informazioni in merito alle caratteristiche idrogeologiche dell'orizzonte acquifero e sullo schema di circolazione idrica sotterranea locale.

L'installazione dei piezometri è inoltre necessaria per l'esecuzione dei logs termodifferenziali e delle misure stanudin, oltre a rendere accessibile la falda ad eventuali prelievi e controlli delle acque di circolazione sotterranea.

1.2 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

I risultati conseguiti e le conclusioni che se ne possono trarre sono descritti nel presente rapporto, corredato dai seguenti elaborati grafici:

- corografia (fig.1);
- ortofotocarta (fig.2);
- estratto di carta di sintesi geologica (fig.3);
- carta geologica generale (fig.4);
- carte delle isopieze al febbraio 2004 (fig.5);
- pianta di posizione con ubicazione delle indagini geognostiche (fig.6);
- carte della resistività apparente (fig.7);
- resistenza a penetrazione (fig.8);
- carta della permeabilità (fig.9);
- sezioni penetrometriche e geotecniche (fig.10).

COROGRAFIA - scala 1:10.000

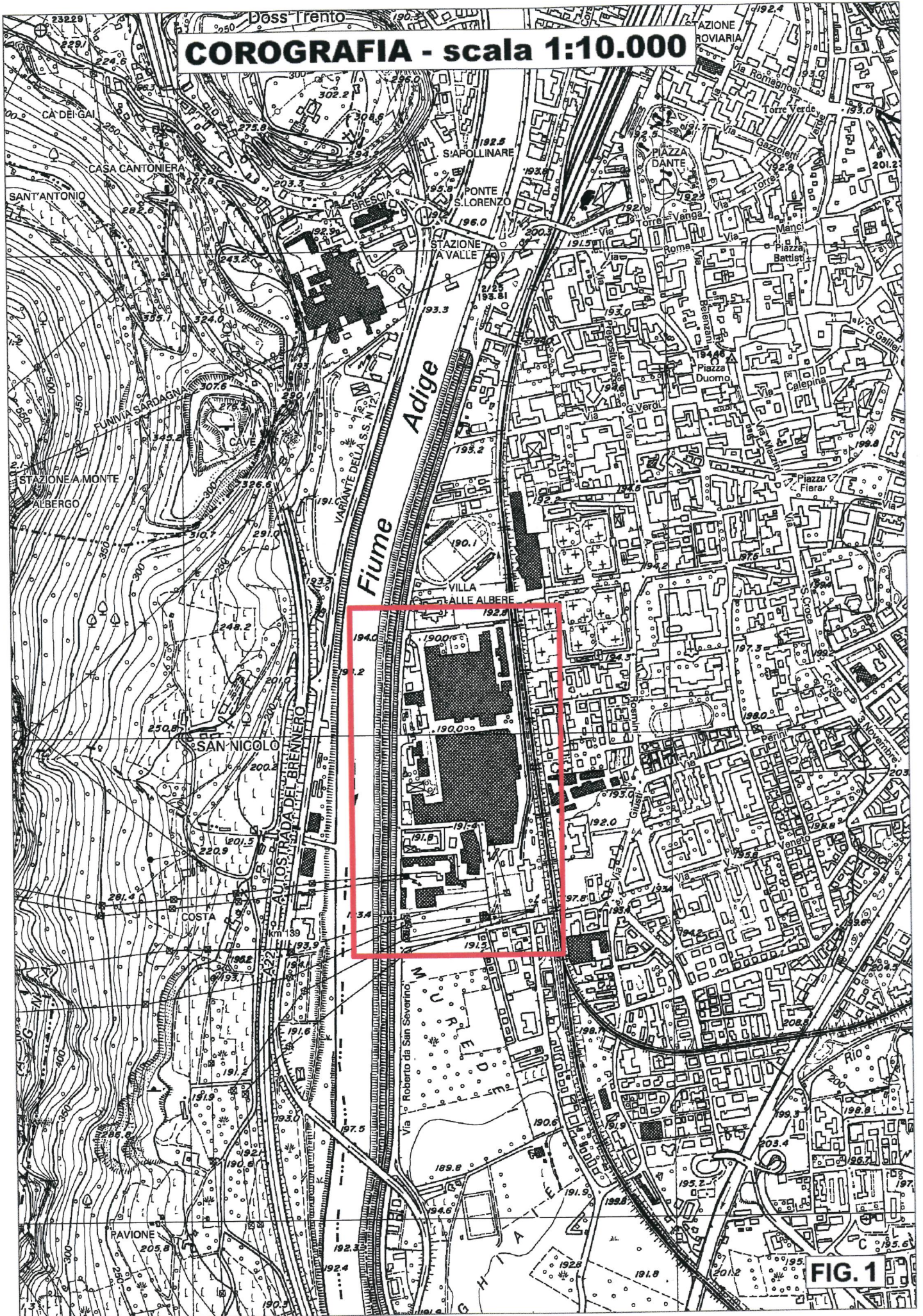


FIG. 1

FIG.2: ESTRATTO DI ORTOFOTOCARTA



2. MODELLO GEOLOGICO

Per la ricostruzione del modello geologico locale, oltre ai risultati delle prospezioni, rilievi e misure eseguite nel corso del presente studio (vedi capitolo 1.1 "Programma di lavoro"), si dispone anche dei dati di archivio relativi ad indagini e prospezioni geotecniche pregresse relative all'area in esame ed aree limitrofe, messe gentilmente a disposizione dalla PAT e dal Comune di Trento, nonché reperite negli archivi della "Comitgeo" e rese disponibili dalle ditte "EdilBeton" e "Libardoni Costruzioni".

Si sono inoltre utilizzate le risultanze degli studi relativi al primo "*Studio Geoeconomico del Comune di Trento*" (Comitgeo s.n.c., 1980), nonché della relazione inerente alla "*Area Michelin, valutazione preliminare sullo stato di contaminazione dell'area*" (Comune di Trento - dott. Wolfgang Gente e geol. Giovanni Segatta, 1998).

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

L'area di studio è compresa nel foglio 60100 della base cartografica PAT 1:10000, localizzata nella zona ovest dell'abitato di Trento a sud di Palazzo delle Albere, sul sedime della ex area Michelin compreso tra via Sanseverino ad ovest e la ferrovia del Brennero ad est.

Dal punto di vista morfologico si tratta di una zona in gran parte già urbanizzata, che nel complesso si presenta tendenzialmente subpianeggiante e senza problemi di stabilità generale.

Elementi di maggiore spicco del reticolo idrografico superficiale sono rappresentati dagli impluvi del fiume Adige e del limitrofo Adigetto che si sviluppano da nord a sud a lato di via Sanseverino oltre il limite ovest dell'area; da segnalare inoltre l'alveo del torrente Ferina, il cui alveo nel punto più vicino passa peraltro ad alcune centinaia di metri oltre il limite sudest dell'area, proseguendo con direzione grosso modo nordest-sudovest, sino a confluire più a sud nell'Adige.

2.2 CARTA DI SINTESI GEOLOGICA

Secondo quanto riportato sulla Carta di Sintesi Geologica di piano, la zona in esame è inserita in classe "2a", definita critica recuperabile per rischio geologico, idrologico e valanghivo (vedi fig.3).

Come vedremo meglio nel seguito, vista la stabilità morfologica dell'area (subpianeggiante) e l'esistenza di modeste "normali" problematiche di carattere geotecnico, nel caso specifico la forte penalizzazione deriva essenzialmente dall'esistenza di un potenziale rischio di esondazione da parte dell'Adigetto.

La zona di studio non è infine interessata da captazioni o sorgenti segnalate, né dalle relative aree di rispetto.

2.3 LITOSTRATIGRAFIA

Dalle numerose indagini puntuali disponibili sull'area ed intorno, la successione litostratigrafica locale risulta caratterizzata dalla presenza di una potente successione di depositi sciolti quaternari di origine alluvionale a granulometria varia (alluvioni del Fersina e dell'Adige), i quali ricoprono una serie di depositi profondi lacustri postglaciali e fluvioglaciali di riempimento del solco di esarazione scavato nel substrato prequaternario dal ghiacciaio che interessava la valle dell'Adige.

La valle dell'Adige è infatti una tipica valle sovralluvionata alpina, colmata da più cicli deposizionali glaciali, fluvioglaciali e fluviali; la coltre quaternaria di riempimento è quindi costituita da una successione alterna, con sovrapposizione "ad incastro" di livelli tendenzialmente lenticolari a differente granulometria.

Lo spessore reale di questi sedimenti non è tuttora ben definito, ma comunque è sicuramente di ordine superiore ad un centinaio di metri.

Nella prima ventina di metri di profondità da piano campagna (profondità superiore a quella di possibile interesse ai fini della presente indagine), lungo la fascia di fondovalle di sinistra Adige si può ricostruire in generale la seguente successione litostratigrafica:

- Da piano campagna sino a profondità mediamente variabile tra 2 e 3 m circa, è presente un orizzonte superficiale costituito in prevalenza da termini fini sabbioso-limosi con caratteristiche geotecniche piuttosto scadenti, talora sostituito da materiale di riporto a granulometria varia (tendenzialmente grossolano).
- A letto dell'orizzonte superiore si passa ad un orizzonte intermedio costituito da una serie di livelli costituiti da termini in prevalenza ghiaioso-sabbiosi più o meno ciottolosi con intercalazioni lenticolari sabbioso-limose, aventi caratteristiche geotecniche migliori rispetto all'orizzonte superficiale.
Al pari del limite di letto dell'orizzonte superficiale, anche il limite di letto dell'orizzonte intermedio ha un andamento piuttosto ondulato, con profondità da p.c. e quindi potenza sensibilmente variabile da punto a punto (mediamente compresa tra 7-8 ed oltre 14-15 m da p.c.).
- Più ancora in profondità, sino oltre una ventina di metri da p.c., la successione locale continua con una serie di lenti e livelli piuttosto eterogenea sia orizzontalmente che verticalmente, a granulometrie in prevalenza a sabbie, sabbie limose e/o limi argillosi, con locali lenti ghiaiose.

2.4 GEOLOGIA STRUTTURALE

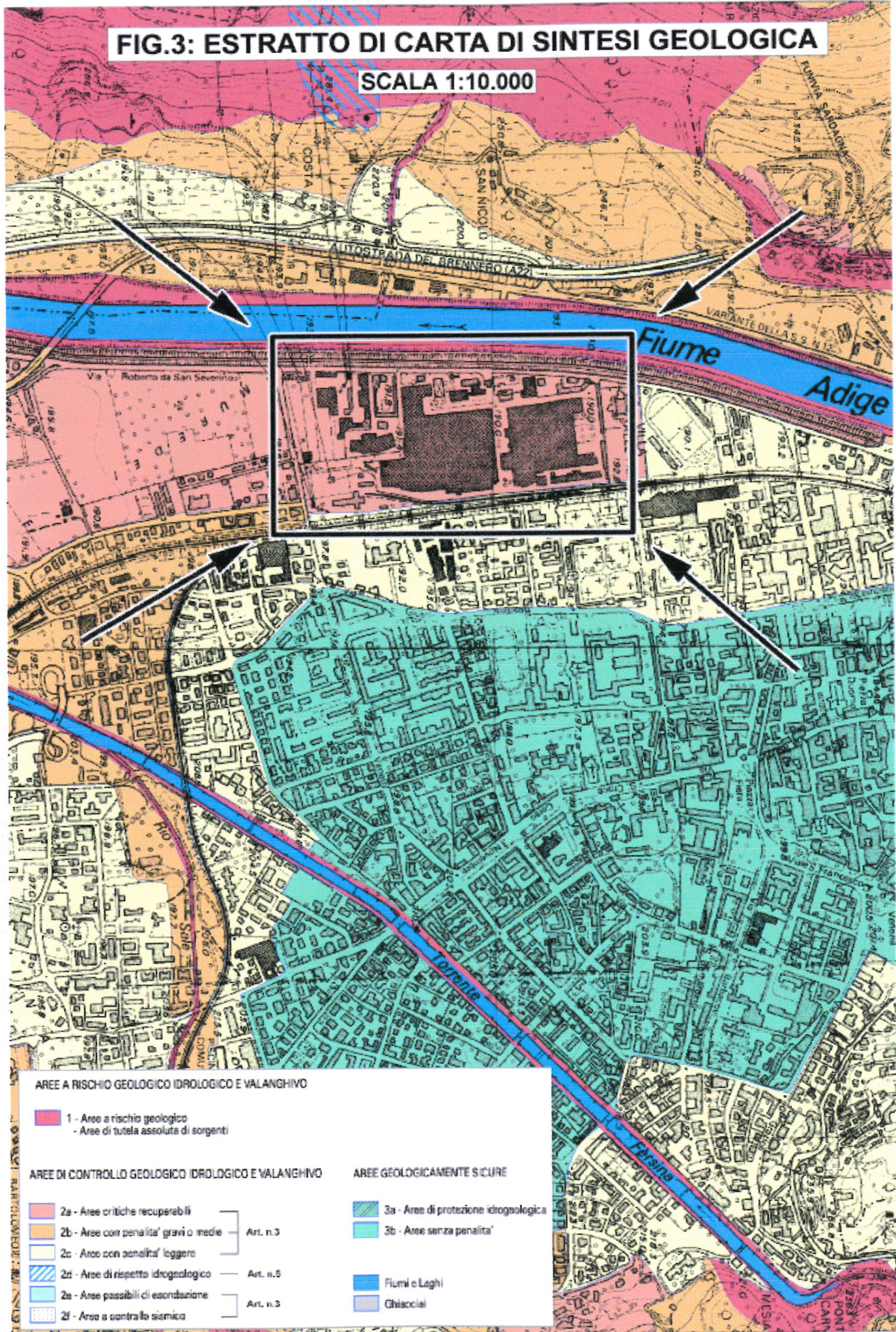
Data la genesi dei sedimenti presenti in zona, i lineamenti strutturali dei depositi quaternari sono relativamente semplici e possono essere schematizzati come segue.

Nell'intorno della zona in esame, la successione litostratigrafica è articolata dalla sovrapposizione ed interdigitazione tra i depositi dell'Adige con quelli del Fersina.

I vari strati, dovuti all'alternarsi di depositi fluviali e torrentizi successivi, seppure con articolazioni locali hanno nel loro complesso pendenza per lo più da limitata a suborizzontale nelle vicinanze dell'Adige e tendono a chiudersi a "becco di flauto" in direzione grosso modo da nord-est verso sud-ovest, soprattutto in corrispondenza e nell'intorno del conoide del Fersina; caratteristica comune soprattutto per i livelli a granulometria minore (ma non solo), è poi una tendenziale lenticolarità anche marcata.

FIG.3: ESTRATTO DI CARTA DI SINTESI GEOLOGICA

SCALA 1:10.000



AREE A RISCHIO GEOLOGICO IDROLOGICO E VALANGHIVO

- 1 - Aree a rischio geologico
- Aree di tutela assolute di sorgenti

AREE DI CONTROLLO GEOLOGICO IDROLOGICO E VALANGHIVO

- 2a - Aree critiche recuperabili
 - 2b - Aree con penaliita' gravi o medie
 - 2c - Aree con penaliita' leggera
 - 2d - Aree di rispetto idrogeologico
 - 2e - Aree passibili di esondazione
 - 2f - Aree a controllo sismico
- Art. n.3
Art. n.5
Art. n.3

AREE GEOLGICAMENTE SICURE

- 3a - Aree di protezione idrogeologica
- 3b - Aree senza penaliita'
- Fiumi e Laghi
- Ghiacciai

3. MODELLO IDROGEOLOGICO

Anche per la ricostruzione del modello idrogeologico si sono utilizzati i numerosi dati di archivio pregressi derivanti da precedenti indagini, con particolare riferimento al rapporto a titolo "Area Michelin, valutazione preliminare sullo stato di contaminazione dell'area" edita dal Comune di Trento).

Tali dati sono stati integrati da prospezioni e misure specifiche distribuite sull'area di indagine, comprendenti prove di permeabilità in foro, logs termodifferenziali, misure stanudin e campagne piezometriche tuttora in corso.

Dai dati disponibili risulta un modello idrogeologico locale abbastanza semplice, caratterizzato dalla presenza di una unica unità idrogeologica a permeabilità primaria costituita dalla potente coltre di depositi quaternari presenti in zona e sede di una falda freatica.

L'acquifero principale interessa principalmente gli orizzonti più grossolani (ghiaioso-sabbiosi più o meno ciottolosi) appartenenti soprattutto all'orizzonte intermedio descritto al capitolo 2.3, al quale competono valori di permeabilità media generale dell'ordine dei 10^{-3} m/s.

L'acquifero comprende però anche i livelli e lenti a sabbie prevalenti più o meno limose intercalati, dotati di minore permeabilità media (stando alle misure dirette eseguite, passando dai termini a ghiaie prevalenti a litologie con termini fini in progressivo incremento percentuale - da sabbie medie, a sabbie fini, a sabbie fini limose ed a limi - si può progressivamente arrivare a valori di permeabilità di due ordini di grandezza inferiori rispetto alla media generale sopra indicata).

A tetto dell'orizzonte acquifero mancano lenti o livelli continui con caratteristiche di acquiclude (cioè tendenzialmente impermeabili); si ha cioè nella sostanza un monoacquifero sede di una falda freatica libera.

3.1 SCHEMA DI FLUSSO E PIEZOMETRIA

Per l'analisi dello schema di flusso e della piezometrica, si è assunta come dato di partenza la ricostruzione dell'andamento generale delle isofreatiche nella zona di fondovalle di Trento centro-sud fatta dal dott. Giovanni Segatta nel rapporto a titolo "Area Michelin, valutazione preliminare sullo stato di contaminazione dell'area" edito dal Comune di Trento (Servizio Ambiente ed Igiene), derivata da due serie di misure "a maglia larga" ripetute a distanza di sei mesi una dall'altra e sufficientemente comparabili (vedi carta generale delle isopieze di fig.7a).

Essendo ricavato dalla correlazione di punti distanti tra loro ed esterni all'area di studio, come precisa lo stesso autore lo schema così ottenuto ha validità di carattere generale (è cioè valido a scala "regionale"); per un maggiore dettaglio di ricostruzione dello schema di flusso locale, ai fini del presente studio si è quindi proceduto alla messa in opera di una serie di piezometri opportunamente distribuiti sull'area di indagine e sottoposti a più serie di misure di controllo tuttora in corso; nei piezometri si sono anche eseguite delle misure di flusso *stanudin* e dei *logs termodifferenziali*.

SCHEMA DI FLUSSO

Integrando lo schema di flusso generale con l'andamento delle isopieze derivato dalle misure sin qui eseguite in corrispondenza dei pozzi Michelin ancora accessibili e dei nuovi piezometri di controllo interni all'area (fig.7a-b), associati ai risultati delle prove stanudin in foro (finalizzate alla determinazione puntuale della velocità e direzione di flusso della falda), si evidenzia quanto sintetizzato nel seguito:

- le direttrici generali di flusso evidenziano una alimentazione della falda da parte dell'Adige (con andamento grosso modo da ovest verso est);
- l'andamento delle isopieze generali evidenzia inoltre un significativo contributo di alimentazione orientato nel complesso da nord-nordest verso sud-sudovest, con provenienza sia dalla falda lungo l'asse vallivo, sia dalla zona del conoide del Fersina, (verosimilmente sia proveniente dalla falda del versante vallivo che da perdite subalvee del torrente);
- le principali direttrici di flusso entranti da ovest, nord ed est, in corrispondenza della zona di studio tendono a ruotare verso sud, confluendo in una unica direttrice di flusso preferenziale nord-sud, individuabile in prossimità del limite ovest dell'area.

LIVELLO STATICO

Per quanto attiene al livello statico ed alle possibili fluttuazioni di falda, dai dati di archivio disponibili (lo studio a carattere generale sopra citato, misure pregresse ai pozzi Michelin e altri studi localizzati), integrati dai rilievi puntuali sin qui eseguiti sui nuovi piezometri (vedi tabella sotto), risulta una oscillazione misurata della piezometrica tra un minimo di 3.2 ed un massimo di 5.2 m circa da p.c.

Tabella 1: piezometrie

		Data ⇒	28/01/04	22/02/04	26/03/04	10/05/04	28/07/04
<i>m s.l.m.</i>	<i>Punto di misura</i> ↓		<i>(m da p.c.)</i>	<i>(m da p.c.)</i>	<i>(m da p.c.)</i>	<i>(m da p.c.)</i>	<i>(m da p.c.)</i>
189,90	SM 6-Piezometro 1		-4,66	-4,53	-4,28	-3,87	-3,35
189,83	SM 7-Piezometro 2		-4,66	-4,51	-4,25	-3,92	-3,21
190,07	SM 8-Piezometro 3		-4,69	-4,69	-4,45	-3,86	-3,42
189,68	SM 9-Piezometro 4		-4,66	-4,56	-4,30	-3,93	-3,31
189,61	SM 10-Piezometro 5		-4,61	-4,57	-4,33	-3,94	-3,46
190,22	SM 11-Piezometro 6		-5,16	-5,15	-4,93	-4,65	-3,96
190,20	SM 12-Piezometro 7		-4,36	-4,84	-4,61	-3,96	-
189,95	Pozzo 7 – Piezometro 8		-4,46	-4,45	-4,21	-3,89	-3,37
189,82	Pozzo 6 – Piezometro 9		-	-4,93	-4,68	-4,28	-3,71

Se le misure sin qui eseguite possono essere riferite alla piezometrica di minima, di norma e di morbida (le misure di novembre sono state eseguite subito dopo un periodo di piogge intense abbastanza lungo), in dipendenza delle condizioni metereologiche del breve periodo di controllo mancano misure dirette riferibili ai massimi piezometrici assoluti.

Elementi di conoscenza "indiretta" in merito, si riferiscono ad episodi di allagamento degli interrati di edifici ubicati poco a est-nordest dell'area; in base a tali informazioni, per estrapolazione il massimo piezometrico sull'area di studio si potrebbe approssimativamente localizzare ad una profondità media valutabile attorno ad 1.0 m circa di profondità da p.c.

In estrema sintesi, allo stato attuale di conoscenza si registra un livello di falda che oscilla tra i 3.2 ed i 5.0 m circa da p.c., con possibili episodi di maggiore

superficializzazione che non si può attualmente escludere possano risalire sino ad un metro circa di profondità dall'attuale piano campagna (seppure in connessione con eventi meteorologici eccezionali).

Si ribadisce e puntualizza che tutte le considerazioni di cui sopra in merito soprattutto alla piezometrica massima sono da intendersi solo come provvisorie, da sottoporre a ulteriori verifiche ed affinamenti mediante ulteriori serie di misure piezometriche (in corso), estese come minimo ad un anno idrologico.

RISCHIO DI ESONDAZIONE

In merito al rischio di esondazione, si può fare riferimento a precedenti studi idrologici specifici dell'SWS Engineering s.r.l. in base ai quali, in periodi di piena eccezionale, le acque del canale Adigetto potrebbero risalire oltre argine sino ad una quota media di 50 cm circa superiore al piano strada di via Sanseverino; dato questo che conferma e giustifica l'esistenza del rischio di esondazione segnalato sulla Carta di Sintesi Geologica di piano.

Ad eliminare questo pericolo, risulta in ogni caso già previsto l'innalzamento dell'argine mediante realizzazione di un idoneo muro di contenimento, già progettato da parte del Servizio Opere Idrauliche della PAT.

3.2 STRUTTURA IDROGEOLOGICA – CONDIZIONI AI LIMITI

Da quanto esposto in precedenza, la prima unità idrogeologica costituisce l'acquifero di una struttura idrogeologica semplice di tipo monoclinale, sede di una falda libera che non è nel suo complesso protetta a tetto da un orizzonte continuo impermeabile ed è caratterizzata dalle seguenti condizioni ai limiti:

- a) il limite di tetto della struttura è idrodinamico a condizione di portata, con infiltrazione diretta delle acque meteoriche;
- b) il limite di letto può essere costituito da livelli limoso-argillosi intercalati nei depositi alluvionali, oppure dai depositi lacustri e glaciali che colmano la parte più profonda del solco vallivo, od infine dal substrato roccioso sottostante. Può essere in ogni caso considerato un limite a flusso nullo e la esatta definizione della sua geometria è comunque ininfluenza ai fini delle problematiche in esame;
- c) i limiti nord ed est sono idrodinamici a flusso entrante e condizione di portata, con contributi di alimentazione della falda anche da perdite subalvee del Fersina;
- d) il limite ovest è anch'esso tendenzialmente a flusso entrante con alimentazione da perdite subalvee dell'Adige; in dipendenza del periodo idrologico (e del livello idrometrico in Adige) può anche essere a flusso nullo, cioè con direttrice di flusso generale grosso modo parallela all'argine dell'Adige;
- e) a sud si ha infine un limite idrodinamico a flusso uscente e condizione di potenziale.

Da ribadire che l'alveo dell'Adigetto risulta "pensile" ed impermeabilizzato e sostanzialmente non incide né condiziona significativamente lo schema di circolazione idrica sotterraneo locale.

3.3 PORTATA TEMIBILE

Per il calcolo della portata temibile ai fini del dimensionamento del sistema di canalizzazione e smaltimento delle acque meteoriche, si può fare riferimento ad uno

studio condotto dall'Azienda Speciale di Sistemazione Montana della Provincia Autonoma di Trento ("Determinazione delle zone omogenee per piogge intense nel Trentino" - D. Della Lucia - S. Fattorelli - S. Provasi).

Secondo tale studio l'area in esame ricade in zona omogenea 3 per la quale, anche in base a recenti ricalcoli della portata critica eseguiti dai tecnici del comune di Trento, per piogge intense di 1 ora nei calcoli di dimensionamento delle opere di raccolta e smaltimento delle acque bianche si dovrà considerare una portata temibile pari a **120 l/s per ettaro** ($0.012 \text{ l/s} \times \text{m}^2$).

Assumendo quindi un coefficiente di restituzione (Q_r) pari a 0.90 per le superfici di copertura e pari a 0.85 per strade e piazzali, si ottiene:

$$Q_{\text{coperture}} \text{ (l/s)} = 0.012 \times 0.90 \times \text{area (m}^2\text{)}$$

$$Q_{\text{strade}} \text{ (l/s)} = 0.012 \times 0.85 \times \text{area (m}^2\text{)}$$

Ad esempio, per ogni 100 m^2 di coperture o piazzali e strade dal calcolo risulterebbe una portata temibile di progetto eguale a:

$$Q_{\text{coperture}} \text{ (l/s)} = 0.012 \times 0.90 \times 100 = 1.08 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{strade}} \text{ (l/s)} = 0.012 \times 0.85 \times 100 = .102 \text{ l/s}$$

3.4 ANALISI DEL POTENZIALE "EFFETTO DIGA"

Dal punto di vista idrogeologico è opportuno rilevare che eventuali strutture interrato di estensione orizzontale eccessiva potrebbero esercitare un certo "effetto diga", con risalienza del livello di falda a tergo più o meno apprezzabile (ovviamene con riferimento alla direzione di provenienza del flusso idrico).

Per annullare questo possibile fenomeno, dove previste dal progetto esecutivo tali opere dovranno essere opportunamente "calibrate" in funzione delle caratteristiche locali dell'acquifero, in modo da non influenzare significativamente la piezometrica verso monte e mantenere l'attuale continuità di flusso.

A tale scopo, in base ai risultati delle verifiche ed indagini eseguite si potrà assumere nei calcoli di progetto una permeabilità media (K) dell'ordine di $2 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ ed un gradiente medio (i) pari a 0.0025.

La portata Q_i che "attraversa" un orizzonte acquifero potente H metri e largo L metri potrà poi essere calcolata con le note relazioni:

$$Q_i = T \cdot L \cdot i^{(1)} \quad \text{e} \quad T = K \cdot H^{(2)}$$

Se ipotizziamo quindi ad esempio la realizzazione di un interrato su 2 piani che interessi una sezione di acquifero di altezza $H = 4 \text{ m}$ e lunghezza $L = 50 \text{ m}$, con i parametri di cui sopra dalla formula ⁽²⁾ otterremo una trasmissività $T = 0.008 \text{ m/s}$.

Dalla formula ⁽¹⁾, per l'ipotesi progettuale di cui sopra risulterà quindi l'intercettazione di una portata $Q_i = 1.0 \text{ l/s}$ circa; a garanzia di continuità del flusso di falda, si dovrebbe quindi prevedere un sistema di "bypass" che sia idoneo a garantire il transito di questa portata "in eccesso".

Il risultato voluto potrebbe ad esempio essere ottenuto realizzando una trincea drenante laterale al manufatto di analoga altezza $H=4 \text{ m}$ ed larghezza $L = 5 \text{ m}$, riempita di materiali grossolani dotati di una permeabilità di ordine pari o superiore ad almeno $2,5 \times 10^{-2} \text{ m/s}$.

Da precisare che nel calcolo si deve considerare ovviamente anche la portata propria naturale che transita e che dovrà continuare a transitare per la stessa sezione di bypass, che nel nostro caso è quantificabile con lo stesso procedimento in 0,1 l/s circa.

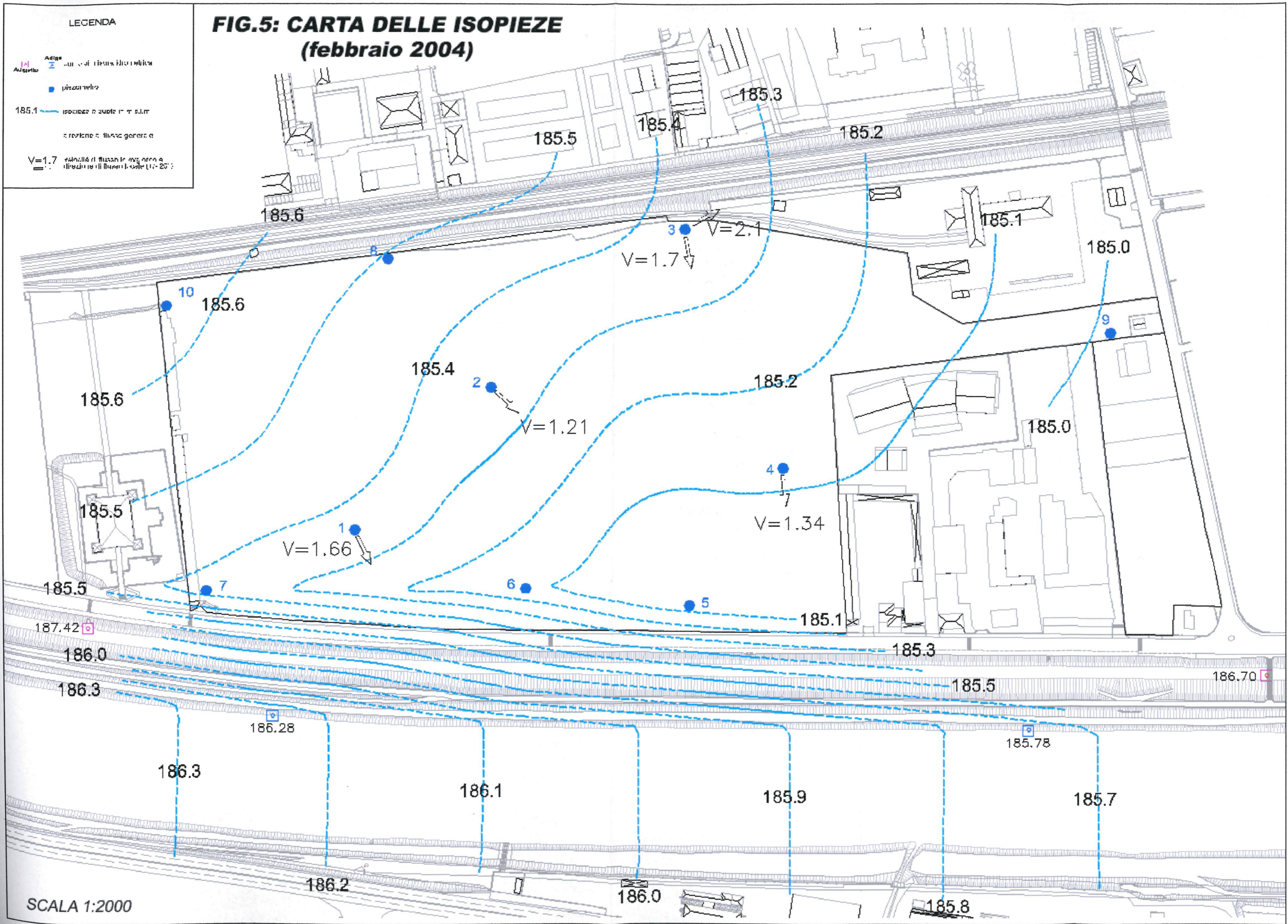
Nella situazione ipotizzata, lungo la sezione interessata si otterrebbe infatti una portata di transito incrementata ad almeno 1,25 l/s e quindi più che sufficiente ai nostri scopi (0,1 l/s + 1,0 l/s = 1,1 l/s); in alternativa (o meglio in associazione) al setto drenante, si potrebbe anche predisporre un idoneo sistema di condotte drenanti.

Al progettista il ricalcolo finale, in dipendenza delle geometrie e caratteristiche progettuali esecutive.

LEGENDA

- Adige
- Alghero
- piacometria
- 185.1 isopieze di quota in m s.l.m.
- sezione di flusso generica
- $V=1.7$ velocità di flusso in m/s area di sezione di flusso (10-20')

FIG.5: CARTA DELLE ISOPIEZE
(febbraio 2004)



5. PROSPEZIONE GEOGNOSTICA

5.1 LOGS TERMODIFFERENZIALI

I logs termodifferenziali utilizzano le normali misure termometriche e le rielaborano, calcolando ed analizzando i gradienti locali; tale parametro è in stretta connessione con la granulometria dei terreni attraversati; grazie al calcolo dei gradienti locali essa riesce ad identificare le successioni di orizzonti a diversa permeabilità.

Gli orizzonti identificati come impermeabili o scarsamente permeabili vengono identificati come "aquiclude", quelli acquiferi al momento della misura come "aquifer" e quelli a permeabilità intermedia, o gli orizzonti a permeabilità intermedia e/o non saturi al momento delle misure, come "aquitar".

L'ordine di errore relativamente alle profondità identificate può essere sino ad 1 m, pari cioè alla spaziatura fra i diversi punti di misura.

I logs termodifferenziali sono stati eseguiti nei fori di sondaggio sia in condizioni di quiete che con colonna d'acqua miscelata, con termometro al 20° di grado e passo di misura 1 m.

Nei piezometri misurati, i livelli freatici al momento delle misure (gennaio-febbraio 2004) erano compresi fra 4.48 e -5.16 m da p.c..

I logs hanno evidenziato un'estrema variabilità di valori, talora in fitta successione, dove però gli orizzonti permeabili saturi sono abbastanza poveri; per contro si sono rilevati valori relativamente alti di permeabilità (vedi gradienti più bassi) nei termini limoso sabbiosi.

Solo sul log 5, che è il più profondo, si è potuto stabilire un gradiente termico locale relativo alla fascia di eterotermia annuale in prossimità della fascia omotermica, mentre gli altri logs ricadono integralmente in fascia di eterotermia giornaliera e stagionale.

Il gradiente eterotermico stagionale medio per gli acquiferi più profondi (almeno da -8/-10 m da p.c. in giù) è compreso fra 0.02 e 0.03; fanno eccezione i logs 3 e 6, che presentano gradienti eterotermici medi >0.07 (probabilmente a causa della presenza di torbe incluse nei sedimenti più fini).

Si rileva inoltre la presenza di "aquiclude" superficiali (termini asciutti a bassa permeabilità) e di numerosi "aquitar", che nei periodi più piovosi possono venire saturati e dare luogo a falde acquifere temporanee.

Si consideri comunque che il periodo di misura è riferibile a condizioni di magra relativa, per cui nei periodi di piena sono da prevedersi quote piezometriche anche significativamente più elevate, che potrebbero portare a saturazione tutti gli aquitar individuati; ne consegue che, nelle analisi di liquefacibilità dei sedimenti medio fini, la maggior parte dei depositi dovranno considerarsi potenzialmente soggetti a questo fenomeno; tale eventualità sarà analizzata nello specifico capitolo.

5.2 PROVE STANUDIN

Le prove eseguite mostrano, con un maggiore dettaglio locale, una buona concordanza con la superficie piezometrica individuata con le misure piezometriche, con la presenza di una componente di flusso verso WSW o verso ESE.

Le prove eseguite sui piezometri 8 e 9 (prove 1 e 3), ubicati in prossimità di uno spartiacque locale, nel periodo di misura mostrano inoltre uno "sdoppiamento" delle velocità principali di flusso, approssimativamente in direzione delle due diverse componenti di flusso.

Le massime velocità di flusso misurate variano fra 1.34 e 2.1 m/giorno circa; le velocità di diffusione del cloruro di sodio (sale alimentare) lungo le stesse direttrici variano fra 0.56 e 2.08 m/giorno e sono quindi molto simili a quelle di flusso della falda locale.

5.3 SONDAGGI ELETTRICI VERTICALI

SUCCESSIONE ELETTROSTRATIGRAFICA

La prospezione geofisica ha evidenziato la seguente successione elettrostratigrafica dall'alto al basso:

- Orizzonte A superficiale con resistività comprese fra 70 e 700 ohm.m, attribuibile a depositi eterogenei asciutti per lo più di riporto antropico.
- Orizzonte B a resistività variabile fra 70 e 400 ohm.m circa, riferibile per lo più a depositi medio fini asciutti presenti sino a circa - 4 m da p.c.; include talora lenti e livelli a resistività maggiore (sino a circa 1600 ohm.m - attribuibili a depositi ghiaiosi asciutti) e/o con resistività inferiori a 50 ohm.m (attribuibili a depositi fini prevalenti o fitte alternanze di livelletti a granulometria variabile).
- Orizzonte C resistivo a 200-360 ohm.m, attribuibile all'orizzonte acquifero locale, prevalentemente ghiaioso sabbioso; sulle sezioni è rilevabile a diverse profondità e con chiusure lentiformi in contatto laterale con sabbie e/o limi ed argille.
- Orizzonte D con resistività intermedie comprese fra 60 e 160 ohm.m, attribuibile a terreni sabbiosi e localmente sabbioso ghiaiosi, saturi in acqua, con potenze talora superiori a 10 m.
- Orizzonte E conduttivo di base, a 12-38 ohm.m, rilevato in profondità quasi ovunque, attribuibile a termini fini (limi ed argille e localmente torbe) con spessori anche superiori ai 10 m.

CARTE DELLA RESISTIVITÀ APPARENTE

Associando i risultati dell'interpretazione delle curve dei sondaggi elettrici alla costruzione ed analisi delle carte della resistività apparente per diverse lunghezze di stendimento (cioè per diverse profondità di investigazione - vedi fig.7), si rilevano i seguenti elementi:

- i terreni allo studio sono caratterizzati da sovrapposizioni lentiformi "ad incastro" di terreni granulometricamente diversi, con frequenti sfumature laterali;
- nel settore centrale dell'area si ha un forte ispessimento ed una risalita dell'orizzonte limoso di base, che forma una sorta di dorsale a bassa permeabilità subparallela al fiume Adige;

I terreni più vicini alle sponde del fiume Adige sono caratterizzati dai termini con maggiori percentuali dei componenti fini (cioè più conduttivi), che sfumano gradualmente in termini sempre più grossolani allontanandoci dalle sponde del fiume.

5.4 BASI SISMICHE A RIFRAZIONE

Le basi sismiche, con determinazione delle onde P+S, sono state eseguite con sismografo ad accumulo d'impulsi GEODE della Geometrics e registrazione simultanea di 12 geofoni; l'interpretazione dei sismogrammi è stata elaborata a mezzo di software dedicato.

SUCCESSIONE SISMOSTRATIGRAFICA

La prospezione sismica e l'analisi dei moduli elastico dinamici dei diversi orizzonti ha portato all'identificazione della seguente successione dall'alto al basso:

- A. Aerato superficiale, con velocità delle onde P di 220-297 m/sec, attribuibile a depositi rimaneggiati e di riporto, molto sciolti; è assimilabile all'orizzonte elettrico A. Sulle basi sismiche la sua potenza è compresa fra 1 e 3 m circa.
- B. Primo orizzonte intermedio, con velocità delle onde P di 681-815 m/sec, delle onde S di 204-417 m/sec e con rigidità sismica media di 1.3, attribuibile a depositi sciolti includenti terreni asciutti a granulometria diverse, ma a matrice tendenzialmente sabbiosa, con addensamento medio basso. Include approssimativamente l'orizzonte elettrico B.
- C. Orizzonte intermedio, con velocità sismiche delle onde P di 1159-1461 m/sec, delle onde S di 370-584 m/sec; la rigidità sismica mediamente è di 2.4; è attribuibile a depositi tendenzialmente limoso sabbiosi saturi, a medio alto grado di addensamento. Include la parte meno addensata dell'orizzonte ghiaioso C ed i depositi saturi più superficiali.
- D. Orizzonte di base, con velocità sismiche delle onde P di 1791-1857 m/sec e delle onde S di 728-965 m/sec, con rigidità sismica media di 3.2; è attribuibile a depositi densi, a granulometria variabile, che interessano la parte più addensata e più satura dell'orizzonte ghiaioso C e di quelli sottostanti.

In base al coefficiente di Poisson, quasi tutti gli orizzonti sono tendenzialmente a matrice sabbiosa o sabbioso limosa.

5.5 PENETROMETRIE

Per la ricostruzione della successione litostratigrafica locale si sono eseguite n.22 penetrometrie dinamiche con DL30.

La costruzione ed interpretazione dei diagrammi penetrometrici viene eseguita mediante analisi statistico-matematica, consistente nel filtraggio e regolarizzazione dei dati di campagna; ciò consente di individuare i livelli con differente resistenza alla penetrazione seguendo una procedura non soggettiva.

Mediante l'analisi comparata dei diagrammi penetrometrici, è possibile distinguere diversi livelli in base alle variazioni di Rp.

Dal numero di colpi del penetrometro dinamico è anche possibile passare al numero di colpi della prova SPT, tramite un opportuno coefficiente di correlazione derivato dalla:

$$\alpha = \frac{Q1}{Q2} = \frac{m1 \times h1 \times e2 \times A2}{m2 \times h2 \times e2 \times A2} \quad (\text{E. Pasquali 1983})$$

dove:

$m1, h1, e1, A1$ = dati SPT

$m2, h2, e2, A2$ = dati penetrometro

ORIZZONTI PENETROMETRICI – CARICO AMMISSIBILE

Come illustrato dalle sezioni penetrometriche e dalle carte della resistenza a penetrazione, dal punto di vista del carico ammissibile la successione locale, sino ben oltre la prevedibile profondità di imposta delle strutture ed infrastrutture previste, può essere suddivisa in 6 livelli differenziati in base all'RP (ed Nspt) crescente, a loro volta ricomprensibili in 3 orizzonti geotecnici principali.

Orizzonte 1

livello 1 $R_p < 10 \text{ kg/cm}^2$ $C_a < 0.5 \text{ kg/cm}^2$

livello 2 $R_p = 10-20 \text{ kg/cm}^2$ $C_a = 0.5-1.0 \text{ kg/cm}^2$

$N < 6$

Orizzonte 2

livello 3 $R_p = 20-30 \text{ kg/cm}^2$ $C_a = 1.0-1.5 \text{ kg/cm}^2$

livello 4 $R_p = 30-40 \text{ kg/cm}^2$ $C_a = 1.5-2.0 \text{ kg/cm}^2$

$N = 6-12$

Orizzonte 3

livello 5 $R_p = 40-60 \text{ kg/cm}^2$ $C_a = 2.0-3.0 \text{ kg/cm}^2$

livello 6 $R_p > 60 \text{ kg/cm}^2$ $C_a > 3.0 \text{ kg/cm}^2$

$N > 12$

Dall'analisi si evidenziano in particolare i bassi valori dei livelli (1 e 2) afferenti all'orizzonte geotecnico 1, ai quali competono una resistenza a penetrazione ed un Nspt sempre molto bassi ($R_p < 20 \text{ kg/cm}^2$ ed $N < 6$) ed una conseguente capacità portante altrettanto modesta ($C_a < 1.0 \text{ kg/cm}^2$ secondo la norma olandese).

5.6 SONDAGGI MECCANICI

Sull'area si sono eseguiti 7 sondaggi meccanici, spinti sino a profondità variabili tra i 10 ed i 20 m da p.c.

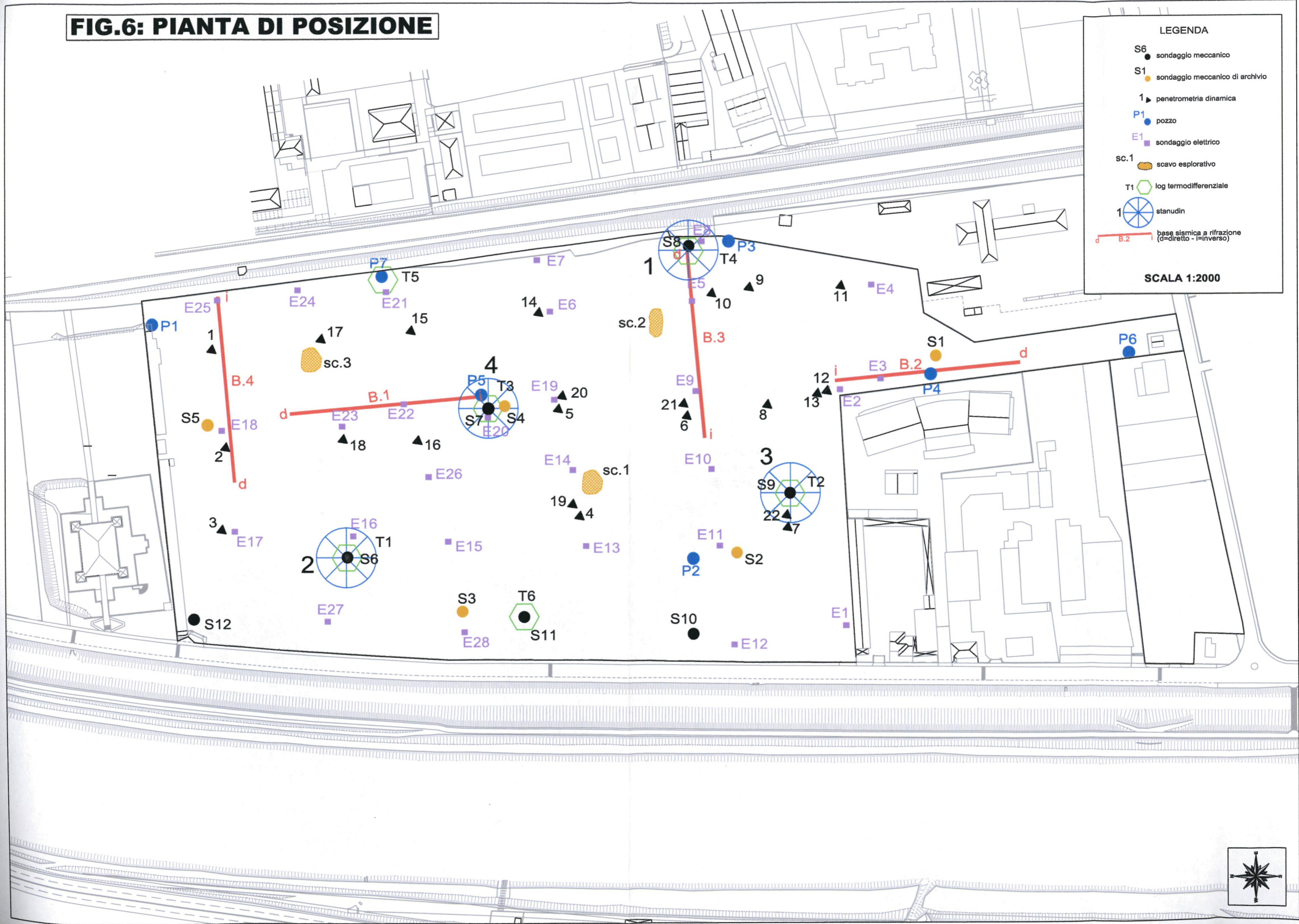
PROVE SPT

Ad integrazione dei dati e parametri ottenuti con i test penetrometrici, in alcuni fori di sondaggio si sono eseguite delle prove SPT a diverse profondità da piano campagna, che hanno dato i risultati illustrati di seguito in tabella.

Tabella 2: SPT e parametri geotecnici derivati

litologia	SM n.	Prof. (m p.c.)	N	FI(°)	E (kg/cm ²)	Dr%
Limi prevalenti	6	1.50-1.95	1-1-3	26.3	155	34
Limi prevalenti	6	3.00-3.45	1-1-1	24.3	136	21
Ghiaie, sabbie e ciottoli	7	3.00-3.45	21-22-26	44.2	344	>85
Sabbie, ghiaie e ciottoli	8	3.00-3.45	16-16-17	39	371	>85
Sabbie, ghiaie e ciottoli	9	3.00-3.45	20-21-24	43.2	462	>85

FIG.6: PIANTA DI POSIZIONE



LEGENDA

- S6 ● sondaggio meccanico
- S1 ● sondaggio meccanico di archivio
- 1 ▲ penetrometria dinamica
- P1 ● pozzo
- E1 ■ sondaggio elettrico
- sc.1 ○ scavo esplorativo
- T1 ⬡ log termodifferenziale
- 1 ⚙ stanudin
- B.2 — base sismica a rifrazione (d=diretto - i=inverso)

SCALA 1:2000

4. QUALITÀ AMBIENTALE DEL SITO - ART.84 BIS DI P.R.G.

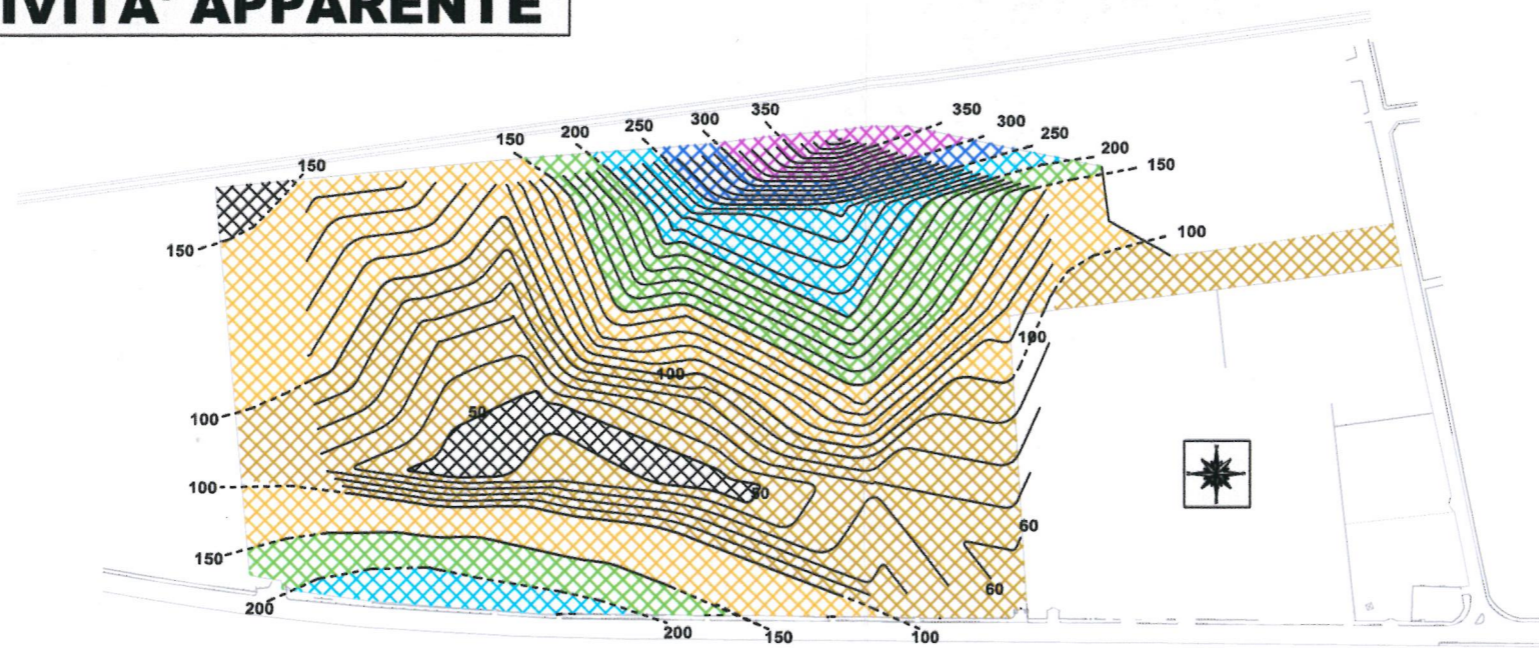
Con riferimento specifico alla tutela idrogeologica come da art.84 bis "**Controllo ambientale sulla qualità dei siti**" della variante alle Norme Tecniche di attuazione del P.R.G. (delibera n.54 d.d. 14/03/2002), si rimanda alla corposa documentazione specifica relativa a tutte le azioni sin qui svolte dall'Amministrazione Comunale per la qualificazione ed il recupero del sito, a suo tempo trasmessa all'APPA dal Servizio Ambiente del Comune di Trento.

Tale documentazione comprende tra gli altri una campagna di indagini geoambientali finalizzate specificatamente alla verifica della presenza di eventuali sostanze inquinanti nel sottosuolo dell'area (*"Relazione conclusiva relativa all'indagine effettuata nei mesi di ottobre e novembre 1998 per indagare la presenza di eventuali contaminanti nell'area Michelin, via S. Severino - Trento"* a firma geol. M. Cavalieri e geol. P. Visintainer) e comprendente, oltre ad una analisi "storica" con ricostruzione delle lavorazioni e composti utilizzati nel tempo per le varie attività produttive, soprattutto il prelievo ed analisi chimico-fisica di numerosi campioni di acqua, terreno e calcestruzzi.

A conclusione degli approfonditi studi condotti, dal punto di vista ambientale veniva certificata l'idoneità qualitativa dei terreni e delle acque presenti sull'area ex Michelin.

In definitiva, con riferimento alla storia e realtà ambientale locale presente e passata, l'area ex Michelin risulta trovarsi nel suo complesso in buone condizioni di qualità ambientale così come richiesto dall'art.84 bis di P.R.G.; condizioni che, con il semplice rispetto della normativa vigente in merito alla tutela idrogeologica, potranno essere facilmente preservate anche durante e dopo la realizzazione degli interventi di riqualificazione previsti sull'area.

FIG.7: RESISTIVITA' APPARENTE

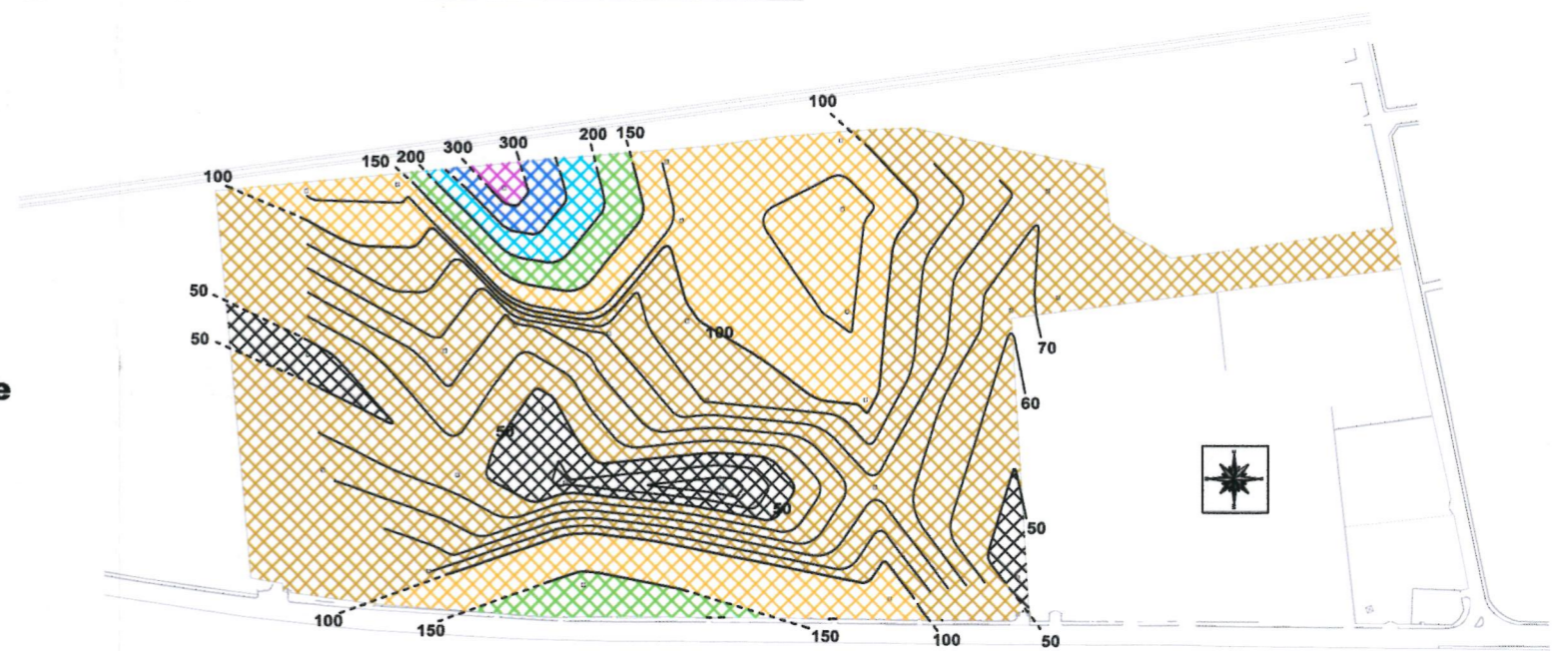


**Resistività apparente
per $AB/2=10$ m**

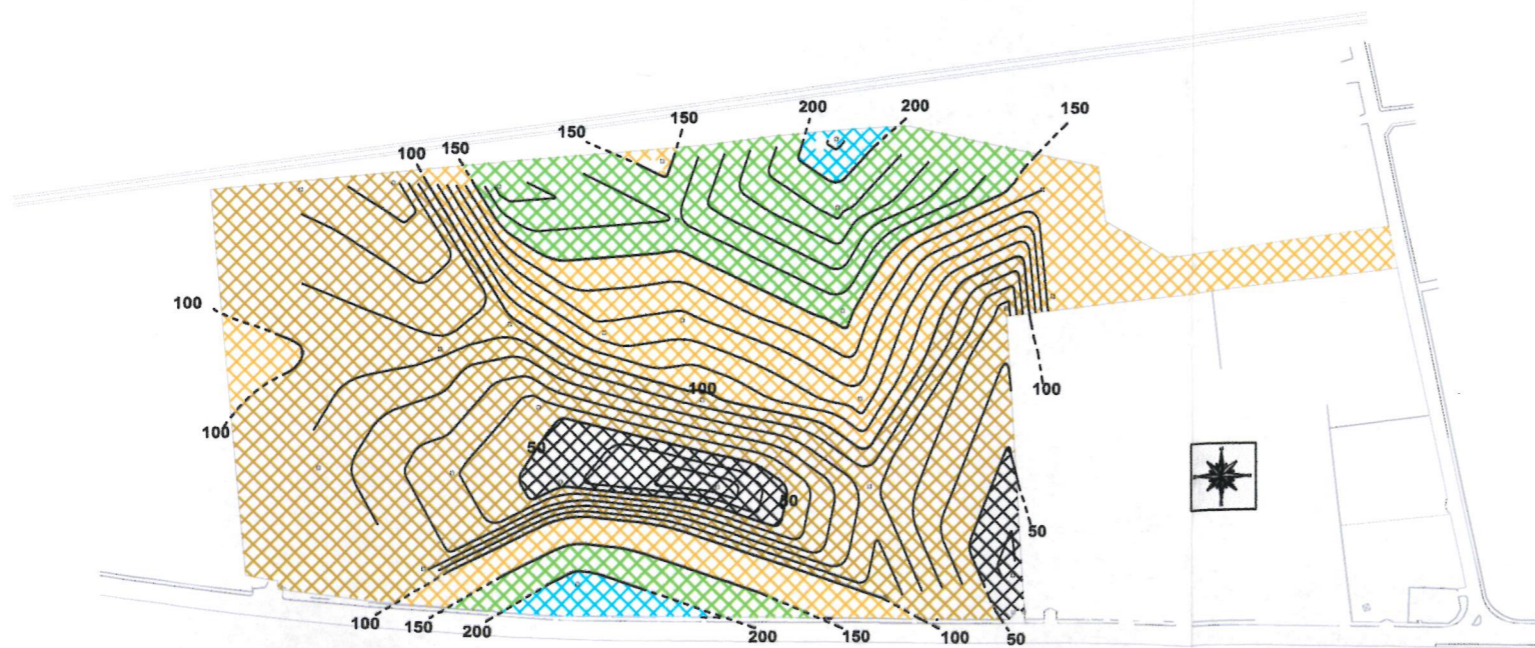
LEGENDA

	< 50 ohm.m
	50-100 ohm.m
	100-150 ohm.m
	150-200 ohm.m
	200-250 ohm.m
	250-300 ohm.m
	> 300 ohm.m

150 - - - Isoresistiva e resistività in ohm.m

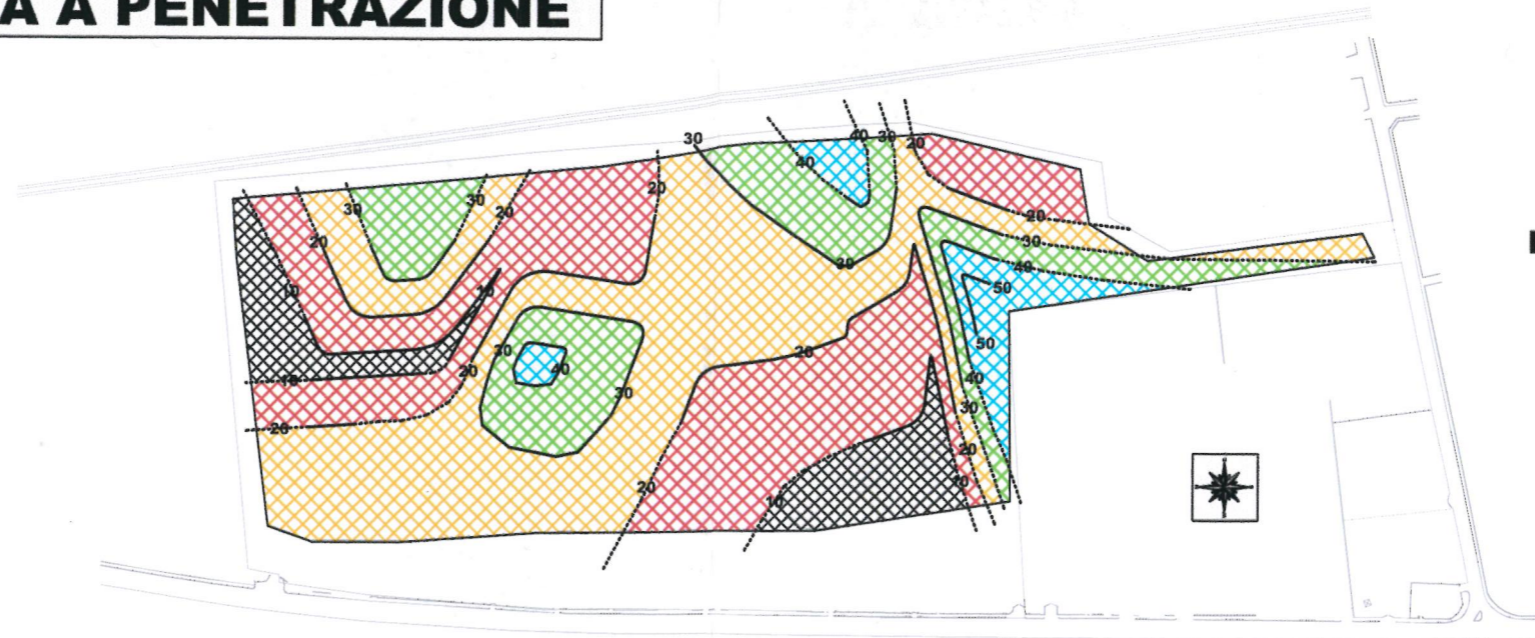


**Resistività apparente
per $AB/2=21.4$ m**



**Resistività apparente
per $AB/2=46.4$ m**

FIG.8: RESISTENZA A PENETRAZIONE



Resistenza a penetrazione a -2.0 m da p.c.

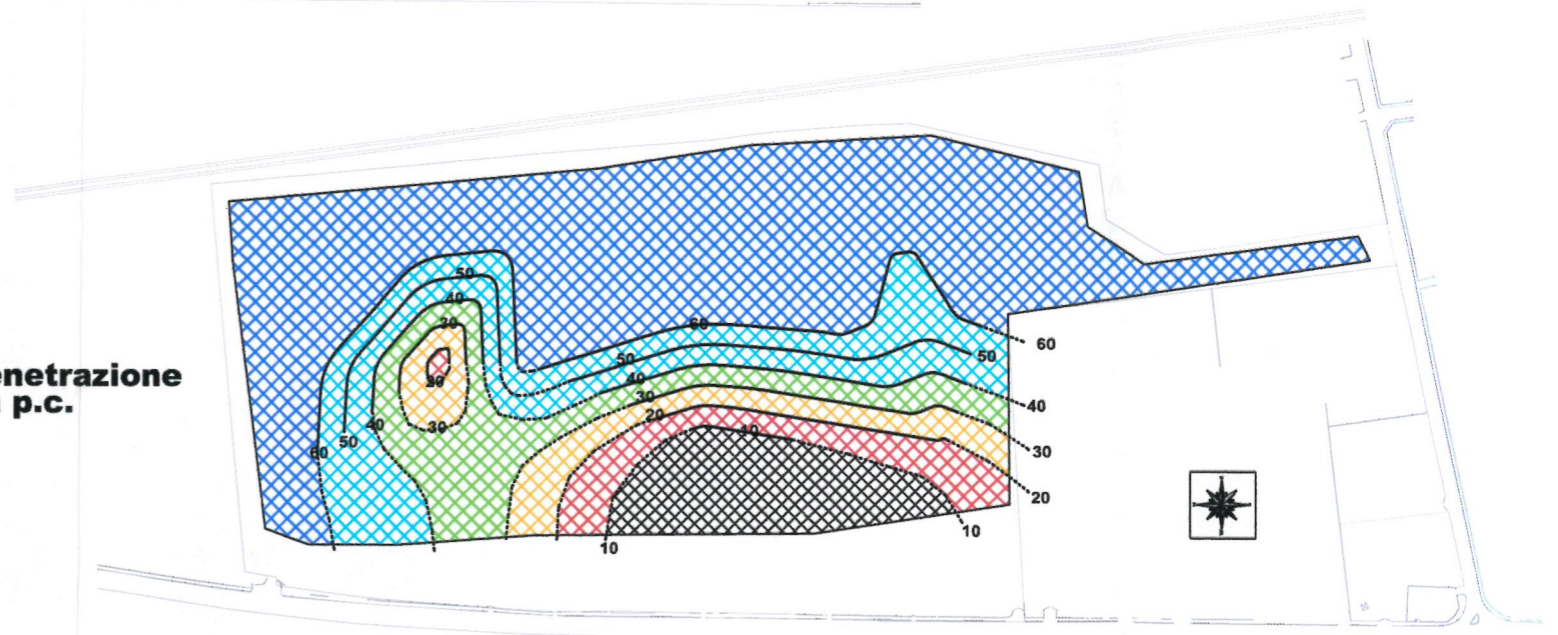
LEGENDA

S1 ● sondaggio meccanico
 1 ► penetrometria dinamica
 —40 isoietta e resistenza a penetrazione in kg/cmq

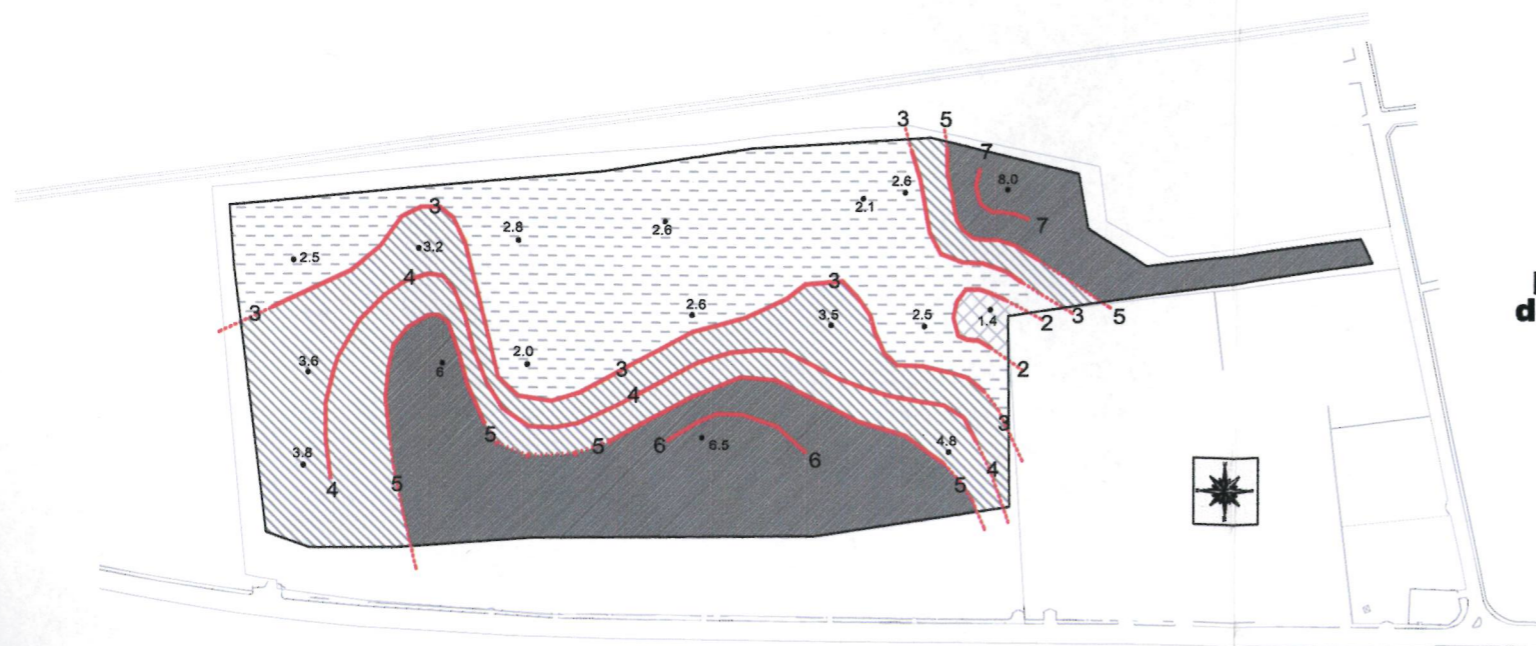
RESISTENZA A PENETRAZIONE

	< 10 kg/cmq
	10-20 kg/cmq
	20-30 kg/cmq
	30-40 kg/cmq
	40-60 kg/cmq
	> 60 kg/cmq

SCALA 1:8000



Resistenza a penetrazione a -4 m da p.c.



Profondità da p.c. del tetto dell'orizzonte geotecnico "3" (Rp > 60 kg/cmq)

LEGENDA

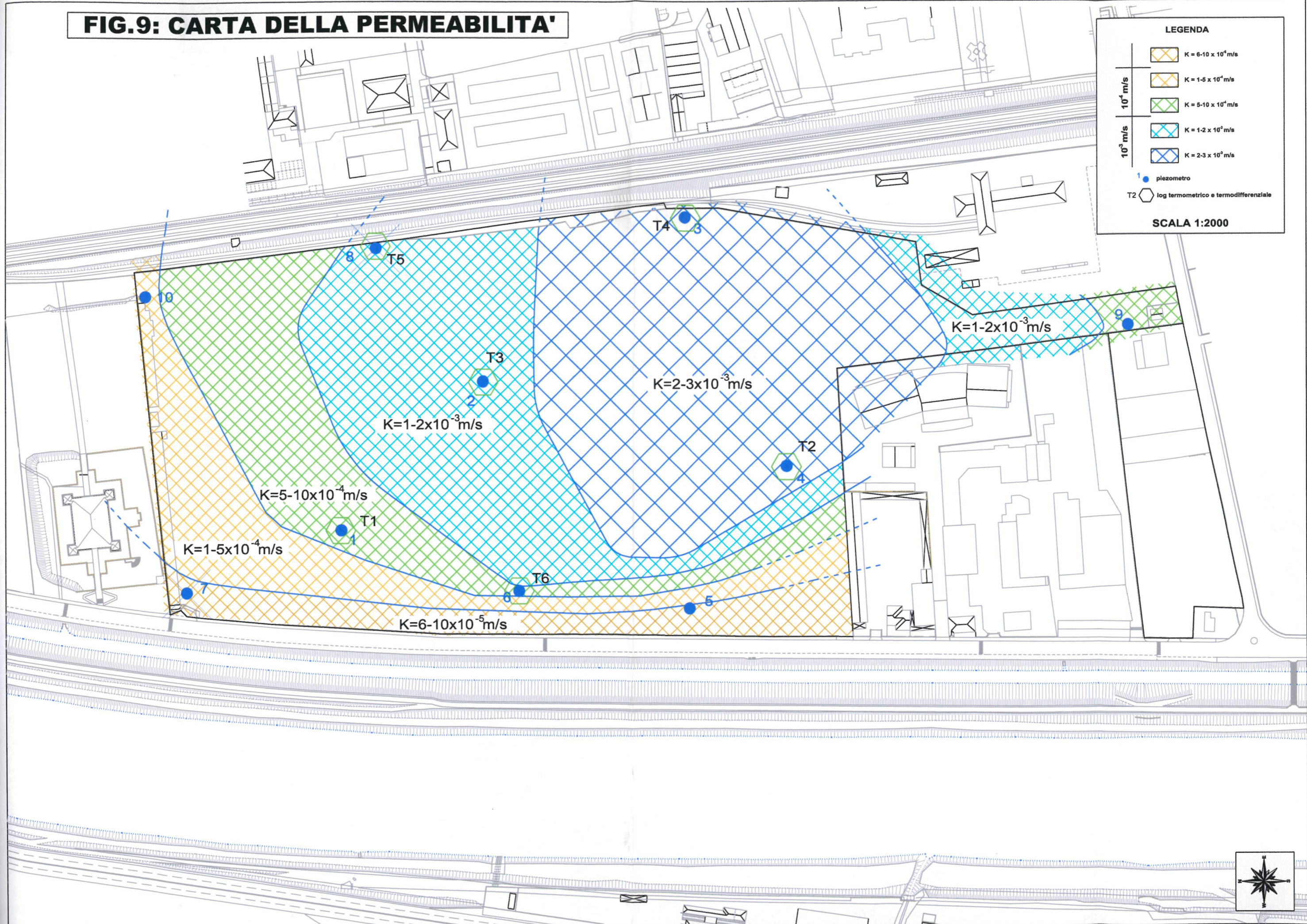
S1 ● sondaggio meccanico
 1 ► penetrometria dinamica
 —2 isobata e profondità in m da p.c.

PROFONDITA' DA P.C.

	< 2.0 m
	2-3 m
	3-5 m
	5-7 m

SCALA 1:8000

FIG.9: CARTA DELLA PERMEABILITA'



6. PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

Adottando il teorema secondo il quale "le medie dei valori di una popolazione che segue una qualunque distribuzione, tendono ad una distribuzione normale con valore medio (V_m) eguale alla media della popolazione complessiva (nel nostro caso i diversi sistemi di fratturazione) +/- un certo errore standard" (da Priest & Hudson, 1981), per la determinazione dei parametri geotecnici di progetto si è proceduto ad una analisi di tipo statistico-probabilistico dei dati ottenuti con le diverse metodologie di prospezione, al fine di determinare il campo di variabilità ed i parametri geotecnici statisticamente più rappresentativi delle caratteristiche medie di ognuno dei principali orizzonti costituenti la successione locale.

Per ogni valore di resistenza alla penetrazione (N_{spt} ed RP) disponibile, mediante un programma di calcolo computerizzato realizzato allo scopo si sono determinati i corrispondenti parametri geotecnici ad esso riferibili utilizzando più formule di correlazione tra quelle maggiormente note e confrontando, correlando e "tarando" tra loro i dati penetrometrici, quelli delle prove SPT, i dati stratigrafici ed i risultati delle prove di laboratorio.

Per ognuno dei principali livelli geotecnicamente differenziati in base alla maggiore o minore resistenza a penetrazione, i dati relativi ad ogni parametro sono stati poi mediati (tenendo conto anche della deviazione standard) ricavando così un valore medio statistico "ponderato".

In base al confronto, incrocio e sintesi dei dati acquisiti con le indagini sin qui condotte, i diversi livelli costituenti la successione locale sono raggruppabili in 4 orizzonti principali, ai quali su base statistica si possono attribuire le seguenti caratteristiche e parametri geotecnici medi.

Orizzonte 1

Comprende depositi sciolti areati, materiale di riporto a granulometria (e resistività) variabile e/o terreni sabbioso limosi scarsamente addensati.

Angolo di attrito.....	19.8°-27.6° - media 22°
Modulo edometrico.....	160 daN/cm ²
Peso di volume medio.....	1.60-1.75
Dens. rel.....	<30%
Rp.....	< 20 kg/cm ²
N < 6	

Orizzonte 2

Sabbie, sabbie limose più o meno ghiaiose, miscele di sabbie e limi.

Angolo di attrito.....	27.6°-30.6° - media 28.7°
Modulo edometrico.....	234 daN/cm ²
Peso di volume.....	1.70-1.80 g/cm ³
Dens. rel.....	30%-50%
Rp.....	20-40 kg/cm ²
N 6-12	

litologia	SM n.	Prof. (m p.c.)	N	FI(°)	E (kg/cm ²)	Dr%
Sabbie prevalenti	6	4.50-4.95	8-12-12	34.6	285	66
Sabbie prevalenti	7	4.50-4.95	13-7-5	29.9	203	52
Ghiaie, sabbie e ciottoli	8	4.50-4.95	14-25-16	40.4	401	>85
Limi prevalenti	9	4.50-4.95	12-10-14	34.6	285	66
Ghiaie, sabbie e ciottoli	7	6.00-6.45	9-11-31	39.5	382	>85
Ghiaie e sabbie	8	6.00-6.45	8-13-12	34.2	276	64
Ghiaie e sabbie	9	6.00-6.45	9-18-32	41.8	431	>85
Ghiaie, sabbie e ciottoli	6	7.50-7.95	10-28-42	46.0	527	>85
Sabbie e ghiaie	8	9.00-9.45	11-14-42	41.5	425	>85
Sabbie e ghiaie	9	9.00-9.45	10-12-15	33.7	267	60
Sabbie prevalenti	7	10.50-10.95	8-17-32	38.9	370	79
Sabbie prevalenti	6	16.50-16.95	7-13-17	32.1	240	51

PROVE DI PERMEABILITÀ

In fase di perforazione si anche sono eseguite delle prove di permeabilità Lefranc a profondità comprese tra i 4.0 ed i 5.7 m da p.c. che, associate ai dati pregressi disponibili ed alle analisi granulometriche dei campioni di carotaggio, hanno consentito la costruzione della carta della permeabilità riprodotta in fig.9.

Come chiaramente evidenziato da questo elaborato grafico, l'acquifero locale risulta caratterizzato in netta prevalenza da una permeabilità piuttosto elevata, dell'ordine dei 10⁻³ m/s.

Spostandoci da est verso ovest, cioè dalla ferrovia verso l'Adige (dalla fascia di prevista edificazione alla fascia a verde), la permeabilità media risulta in progressiva diminuzione passando a valori dell'ordine dei 10⁻⁴ m/s, sino a ridursi a valori dell'ordine dei 10⁻⁵ verso il limite ovest dell'area in prossimità di via Sanseverino.

Questi dati ben corrispondono con le caratteristiche litologiche evidenziate nel corso delle prospezioni per la prima decina di metri di profondità da p.c., caratterizzate nel complesso da un progressivo incremento percentuale delle componenti fini nella stessa direzione.

Orizzonte 3

Ghiaie prevalenti e miscele di ghiaie, sabbie e ciottoli, con matrice fine limosa da scarsa a praticamente assente.

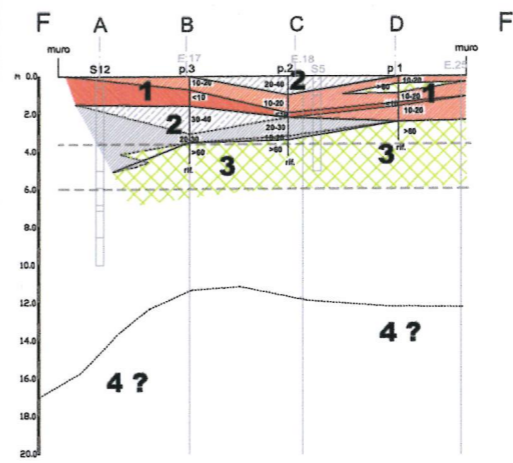
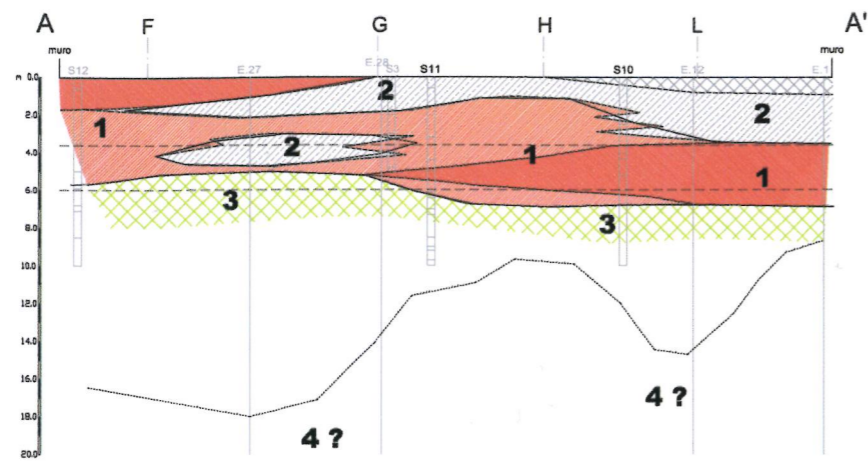
Angolo di attrito.....	33.9°-42.8° - media 37°
Modulo edometrico.....	310 daN/cm ²
Peso di volume.....	1.75-1.85 g/cm ³
Dens. rel.....	> 50 %
Rp.....	>40 kg/cm ²
N	>15

Orizzonte 4

Orizzonte profondo a limi prevalenti, più o meno sabbiosi e/o argillosi (limite di tetto a minimo 9-10 m di profondità da p.c. ed oltre, non raggiunto dalle prove penetrometriche).

Angolo di attrito.....	32°-35°
Modulo edometrico.....	346 daN/cm ²
Peso di volume.....	1.85 g/cm ³
Coesione.....	3.4 kPa

Per gli orizzonti 1, 2 e 3, ai fini progettuali la coesione viene considerata nulla.



NO. DATAREV. EMIS.
NO. DATA. EMESSO

RILIEVO TOPOGRAFICO



PROGETTO ACUSTICA

GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA



PROGETTO VIABILITA'



PROGETTO IDRAULICA E RETI



PROGETTO IMPIANTISTICA



PROGETTO STRUTTURE



PROGETTO URBANISTICO E ARCHITETTONICO

RPBW
RENZO PIANO BUILDING WORKSHOP
Via P.P. Rubens 20, 16156 Genova

COMMITTENTE
INIZIATIVE URBANE S.p.A.
Via Farsina 23, 38100 Trento
Capitale Sociale Euro 9.180.000 i.v.
Tel. 0461/362369 - Fax. 0461/362302
N. Registro delle Imprese di Trento,
P.I. e Codice Fiscale: 01615700224
CCIAA: n. 184699

PROGETTO
**Area ex-Michelin
in Trento**

FASE

TITOLO
**SEZIONI
PENETROMETRICHE
E GEOTECNICHE**

SCALA
Oriz. 1:4000 - Vert. 1:400

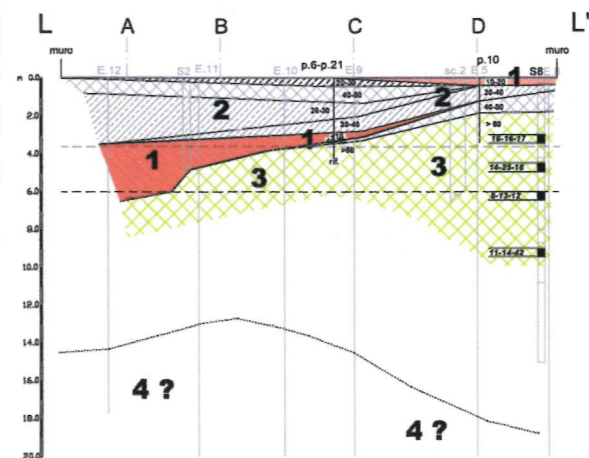
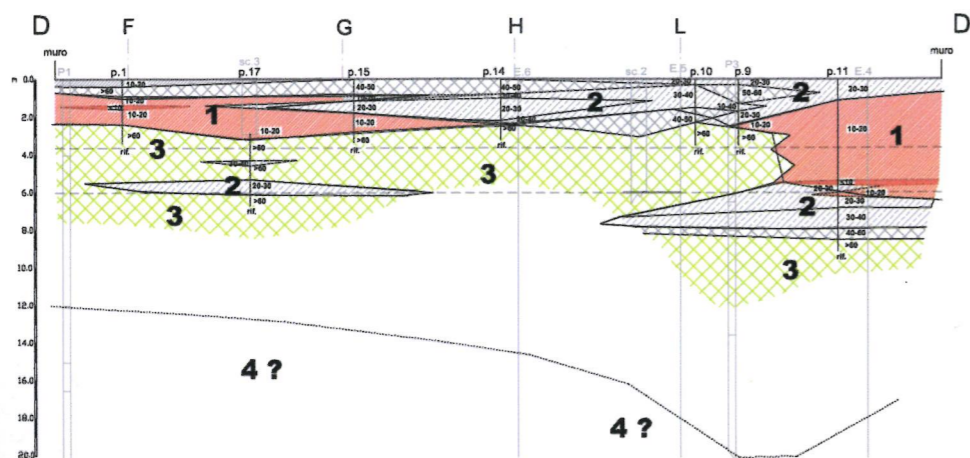
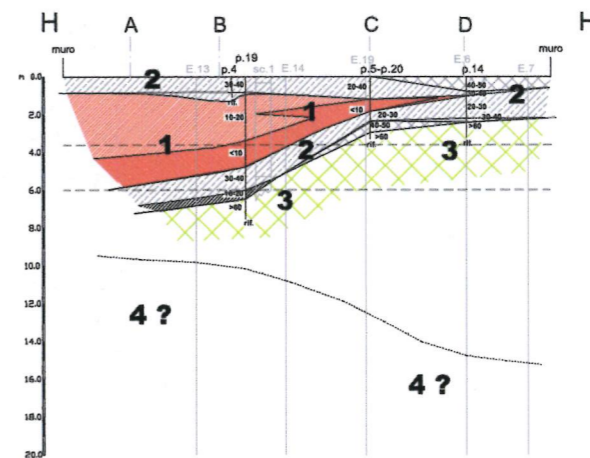
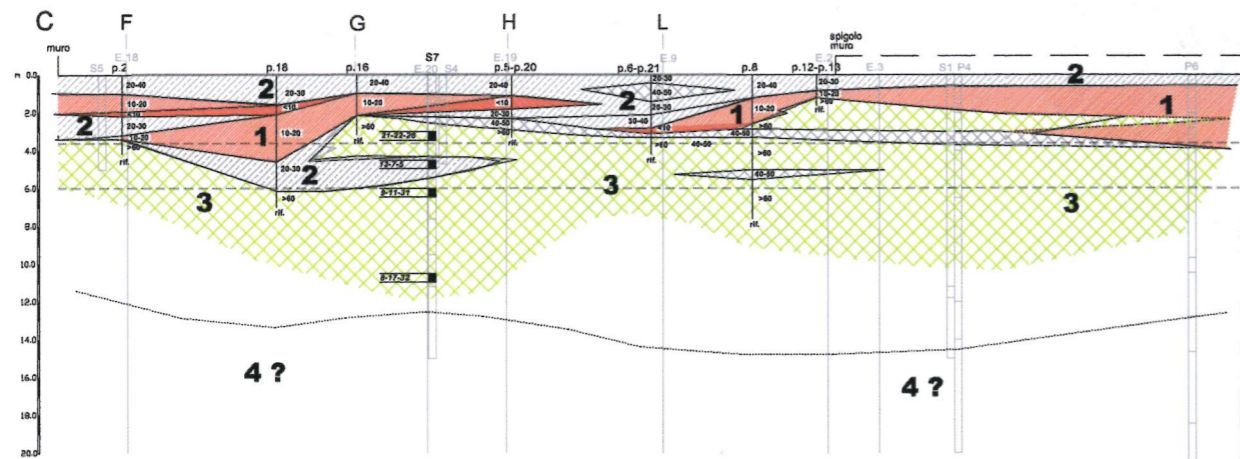
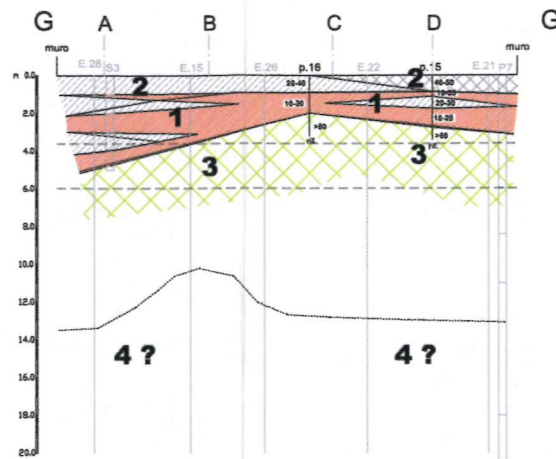
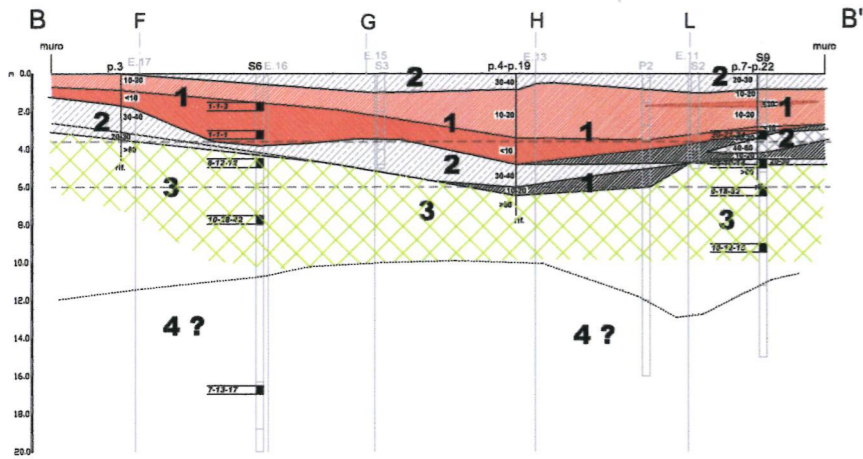
EMESSO IL. PER:

CODICE INTERNO ELABORATO

FIG.10

ESEGUITO VERIFICATO APPROVATO DIR. TI

CODICE ELABORATO



LEGENDA

- p.3 penetrometria
- sondaggio meccanico
- E.16 sondaggio elettrico
- scavo esplorativo
- pozzo
- Nsp1
- 30-40 resistenza e penetrazione Rp (kg/cm²)
- Rp < 10 kg/cm²
- Rp 10-20 kg/cm²
- Rp 20-40 kg/cm²
- Rp 40-60 kg/cm²
- Rp > 60 kg/cm²
- rif. rifilato
- 3 orizzonte geotecnico e n. relativo

7. CONCLUSIONI

Oggetto del presente rapporto sono le indagini geologiche e geotecniche a supporto del piano di lottizzazione dell'Area ex Michelin, ubicata in sinistra Adige nella zona centro-sud di Trento, tra via Sanseverino e la ferrovia del Brennero.

Da osservare innanzitutto che l'area di studio, subpianeggiante e geomorfologicamente stabile, risulta inserita in classe "2a" per rischio geologico, idrogeologico e valanghivo, motivato nel caso specifico da un possibile rischio di esondazione del limitrofo canale Adigetto.

Si riscontra a tale proposito che è già stata progettata e pianificata, da parte del Servizio Opere Idrauliche della PAT, la realizzazione di un idoneo muro di sopraelevazione dell'argine di sinistra del canale, grazie al quale tale pericolo sarà annullato; non si richiedono pertanto altri interventi finalizzati alla messa in sicurezza dell'area.


Sotto il profilo geotecnico non si ravvisano problematiche tali da non potere essere risolte con i semplici accorgimenti previsti dalla "buona norma progettuale"; per ulteriori approfondimenti di carattere geotecnico si rimanda a quanto discusso ai capitoli 5 e 6.

Dal punto di vista idrogeologico è opportuno sottolineare che eventuali strutture interrato di estensione orizzontale eccessiva potrebbero esercitare un certo "effetto diga", con risalienza del livello di falda a tergo più o meno apprezzabile (ovviamente con riferimento alla direzione di provenienza del flusso idrico).

Per annullare questo possibile fenomeno, dove previste tali opere dovranno essere opportunamente "calibrate" in funzione delle caratteristiche locali dell'acquifero (vedi capitolo 3.4), in modo da non influenzare significativamente la piezometrica verso monte e mantenere l'attuale continuità di flusso.

Il presente rapporto ottempera a quanto stabilito dal D.M. 11/03/1988 (capitoli da A ad N) in applicazione della legge n.64 del 2 febbraio 1974 e costituisce pertanto documento progettuale idoneo ai fini del rilascio dei permessi di legge per il piano di lottizzazione in esame.

Trento, ottobre 2004


geol. Maurice Vuillermin