This drawing is the property of Inter IKEA Systems B.V. and may, in no way other than for agreed purpose, be used, copied, reproduced or in any other manner made known to a third party, and shall after its intended use be returned to Inter IKEA Systems B.V.
© Inter IKEA Systems B.V.

IKEA ITALIA RETAIL S.R.L.
Strada Provinciale 208, n.3
20061 - CARUGATE (Milano)
Tel.: 02 92 92 71 Fax: 02 92 92 72 60
P.IVA: 02992760963
Procuratore della società: Arch. Agostino Gamba

Società per lo sviluppo e la promozione di Genova e provincia

Sviluppo Genova S.p.a.
Via Martin Piaggio, 17/7
16122 - GENOVA (GE)
Tel.: 010.648.511 Fax: 010.648.51333 E-mail: info@sviluppogenova.com
P.IVA: 03669800108
Legale Rappresentante: Sig. Pier Giulio Porazza

Arch. Emilio Morasso
Via alla Torre dell'Amore, 18/1
16146 Genova Italia
tel. +39 010 36 39 56 fax +39 010 36 75 10
studio@morasso.it www.studiomorasso.com

Progettisti e Affini
Via P. L. Albini n. 32 CILIVERGHE di MAZZANO 25080 BS
Tel 0039 030 2120299 fax 0039 030 2129585 - affini@progettistiaffini.it
Dott. Ing. Marco Medeghini

IMPIANTI
SIEVER S.N.C.
VIA GRILLENZONI 25 - 44122 FERRARA
TEL 0532 769591
FAX 0532 768733
WWW.SIEVER.IT
EMAIL - INFO@SIEVER.IT
RESPONSABILE: ING. GIANNI MINOTTI

STUDIO GEOTECNICO ITALIANO s.r.l.
ingegneria geotecnica–ingegneria ambientale–ingegneria sismica e geologia applicata
Via Ripamonti, 89 – 20141 – Milano
Tel. 02/5220141 – Fax 02/5691845 – info@studiogeotecnico.it

CONSULENTE PREVENZIONE INCENDI
Ing. Donato Mininni
Via Morvillo, 2
70022 Altamura (BA)
tel 080 3115252 ing.donato@mininni.it

PROGETTO EX-NOVO

DATA	AGG.
25-07-2012	

1° TITLE: **SPORTELLO UNICO PER LE IMPRESE - CONFERENZA DEI SERVIZI**

2° Title: **AMPLIAMENTO IKEA GENOVA, VIA LUIGI PERINI 5-7**

3° Title: **RELAZIONE DI FATTIBILITÀ SOTTO IL PROFILO GEOLOGICO, REDATTA IN CONFORMITÀ A QUANTO PREVISTO DALLE NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE DEL PUC**

G	E	X	X	Y	Y		C	V	2	H	A	SCALE
IISSBV STANDARDS Code							IKEA ITALIA STANDARDS Code			DRAWING N.		

File name. estension

IKEA ITALIA PROPERTY s.r.l.

NUOVO IKEA STORE
GENOVA CAMPI (GE)

RELAZIONE DI FATTIBILITÀ SOTTO IL PROFILO GEOLOGICO,
REDATTA IN CONFORMITÀ A
QUANTO PREVISTO DALLE NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE
DEL PUC

I N D I C E

1. PREMESSA 4
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO 6
2.1 Normativa 6
2.2 Documenti di Riferimento 6
2.3 BIBLIOGRAFIA 6
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO GENERALE 9
4. INQUADRAMENTO METEOCLIMATICO 11
5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO 15
6. IL BILANCIO IDROLOGICO 17
7. INQUADRAMENTO TETTONICO STRUTTURALE 20
7.1 Cenni di neotettonica 22
8. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE 24
8.1 Depositi Alluvionali Terrazzati [Pleistocene - bn1-4] 24
8.2 Formazione di Ronco [Cretacico - ROC] 24
8.3 Argilliti di Montanesi [Cretacico - MTE] 25
8.4 Argilliti di Mignanego [Cretacico Sup. - MIG] 25
8.5 Argilloscisti di Murta [Cretacico Inf. - AGF] 25
8.6 Argilloscisti di Costagiudda [Cretacico Inf. - AGI] 26
9. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO DI DETTAGLIO DEL SITO IKEA 29
10. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE 34
11. INQUADRAMENTO IDROSTRATIGRAFICO DI DETTAGLIO DEL SITO IKEA 36
11.1 Caratterstiche granulometriche 38
11.2 Livelli di falda 45
12. SISMICITA' 47
13. I PIANI DI BACINO 56
14. INQUADRAMENTO NORMATIVO 60
15. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI INVESTIGATI 61
16. VERIFICHE DI STABILITÀ 83
17. PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE 84
18. CONCLUSIONI 85

ALLEGATI:

Allegato 1 : Stratigrafie dei sondaggi geognostici

ELENCO DELLE TAVOLE:

Tavola 1: Carta Geologica e Geomorfologica in scala 1:1.000

Tavola 2: Carta Idrogeologica in scala 1:1.000

Tavola 3: Planimetria di progetto con ubicazione indagini pregresse

Tavola 4: Carta delle sezioni stratigrafiche

1. PREMESSA

Scopo della presente relazione è fornire un inquadramento generale dei caratteri geomorfologici, idrografici, geologici, idrogeologici e geotecnici del territorio interessato dalle opere previste per l'ampliamento dello Store IKEA di Genova Campi, in conformità con quanto prescritto dal P.U.C. (Piano Urbanistico Comunale) del Comune di Genova.
L'area IKEA si imposta su un'area di circa 35.000m^2, in Comune di Genova.

Nel seguito saranno trattati i seguenti argomenti:

1) *Inquadramento geografico e geomorfologico generale* (par. 3);
2) *Inquadramento Meteoclimatico* (par. 4);
3) *Idrografia superficiale* (par. 5), con lo scopo di inquadrare i principali caratteri idrografici ed idraulici del Fiume Polcevera e del reticolo idrografico secondario;
4) *Bilancio Idrologico* (par. 6) del Bacino del Polcevera;
5) *Inquadramento Tettonico* (par. 7);
6) *Inquadramento geologico regionale* (par. 8), con lo scopo di definire le caratteristiche stratigrafiche e litologiche dei terreni che affiorano in un intorno significativo dell'area di interesse;
7) *L'assetto geologico stratigrafico del sito* (par. 9), con lo scopo di approfondire la caratterizzazione stratigrafica del sito IKEA di Genova, con particolare riferimento alle risultanze delle campagne di indagine geognostica qui realizzate;
8) *Inquadramento idrogeologico generale* (par. 10), per inquadrare e definire l'assetto idrogeologico regionale;
9) *L'assetto idro-stratigrafico del sito* (par. 11), per definire le caratteristiche di permeabilità e trasmissività dei terreni intercettati e a definire i carichi piezometrici e la soggiacenza della falda;
10) *Inquadramento Sismico* (par. 12), con lo scopo di caratterizzare l'area da un punto di vista sismico, in accordo con la vigente normativa di riferimento;
11) I *Piani di Bacino* (par. 13) per raccogliere e sintetizzare quanto normato dai Piani di Gestione del Territorio, con particolare riferimento ai Piani di Assetto Idrogeologico (PAI);
12) *Inquadramento normativo (*par. 14*)* con particolare riferimento a quanto contenuto nel P.U.C. (Piano Urbanistico Comunale) del Comune di Genova;

13) *Caratterizzazione geotecnica dei terreni investigati* (par. 15);
14) *Verifiche di Stabilità* (par. 16);
15) *Programma di indagine* (par. 17), con lo scopo di definire le eventuali indagini geognostiche necessarie per un approfondimento nella caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni intercettati;
16) *Conclusioni* (par. 18), per riassumere e schematizzare quanto definito nei paragrafi precedenti.

I capitoli di inquadramento meteo climatico (cap. 4), di inquadramento idrografico (cap. 5) e di bilancio idrologico (cap. 6), sono finalizzati a rispondere a quanto prescritto dalle Norme Geologiche (capitolo 1.5) del citato P.U.C. comunale. Bisogna comunque precisare come l'area di progetto sia già attualmente completamente impermeabilizzata, per la presenza delle strutture antropiche ad oggi esistenti, e che, di conseguenza, le opere di progetto non comporteranno una reale modifica della stessa.

.

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVA

[1] Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) approvato con D.P.G.R. n.44 del 10.3.2000. Comune di Genova

[2] Modifica delle Norme di Attuazione del P.U.C. – testo coordinato D.C.C. n. 85/2009 e D.C.C n. 73/2010 - Variante al P.U.C. inerente l'adeguamento alle disposizioni della L.R. n, 16/2008 e s.m. ed il correttivo aggiornamento delle Norme Generali del Piano, la modifica della zonizzazione riferita alla Zona B e delle relative norme di attuazione ed il contestuale inserimento dell'Ambito speciale di Conservazione di S.Ilario, ai sensi del combinato disposto degli artt. 43 e 44, comma 1, della L.R. n. 36/1997 e s.m. e dell'art 88, comma 2, lett.b), della L.R. 16/2008 e s.m.. Comune di Genova

[3] Piano di Bacino Stralcio per la difesa idrogeologica, geomorfologica, per la salvaguardia della rete idrografica e per la compatibilità delle attività estrattive – Torrente Polevera. Provincia di Genova

[4] Decreto Ministeriale del 14 febbraio 2008: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.

[5] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

[6] INTERGEO s.r.l. – Stratigrafie dei sondaggi geotecnici realizzati presso il Nuovo Ikea Store di Genova Campi.

2.3 BIBLIOGRAFIA

[7] Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e le relative note illustrative - Foglio 82 "Genova".

[8] Progetto CARG, Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 213 "Genova" (www.apat.it) e relative note illustrative.

[9] ABBATE E. e BORTOLOTTI V.: Le Unità Liguri dell'Appennino Settentrionale. ~ Sintesi dei dati e delle interpretazioni dal 1970 in poi. In "Cento anni di Geologia Italiana". Vol. giub. I Centenario S.G.I., pp. 215-240, Bologna.

[10] AMBROSETTI P., BOSI C., CARRARO F., CIARANFI N, PANIZZA M., PAPANI G., VEZZANI L. e ZANFERRARI A.: Neotectonic Map of Italy. C.M.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, 1983.

[11] BIGI G., COSENTINO D., PAROTTO M., SARTORI R. e SCANDONE P.: Structural Model of Italy. C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica, 1989.

[12] BOCCALETTI M., COLI M., DECANDIA F., GIANNINI E. e LAZZAROTI A.: Evoluzione dell'Appennino Settentrionale secondo un nuovo modello strutturale. Mem. Soc. Geol. It. 21 (1980) pp. 359-373.

[13] BOLTON, M.D. (1986). “The Strength and Dilatancy of Sands”, Géotechnique, Vol. 36, No.1,pp. 65-78.

[14] BONI A.: Il Pliocene e la neotettonica nelle Alpi Liguri. Mem. Soc. Geol. It. 28 n (1984), pp. 229-265.

[15] BURLAND J.B. (1990). “On the Compressibility and Shear Strength of Natural Clays” Géotechnique, Vol.40, No.3, pp. 329-378.

[16] CORTESOGNO L. e HACCARD D.: Note illustrative alla carta geologica della zona Sestri-Voltaggio. Mem. Soc. Geol. It. 28 (1984), pp. 115-150.

[17] CUBRINOWSKI M., ISHIHARA K. (1998) “Empirical correlation between SPT N-value and relative density for sandy soils with various grain size compositions” Manuscript submitted to the Japanese Geotechnical Society for possible publication in Soils and Foundations as a technical paper.

[18] DAL PIAZ G.V.: Western and Centrai Alps. In "Geology of Italy", 1, 303-326, C.H. n Sayres Ed., the Earth Sc. Soc. of the Libyan Arab. rep. Tripoli.

[19] GELATI R. e GNACCOLINI M.: Evoluzione tettonico-sedimentaria della zona limite tra Alpi ed Appennini tra l'inizio dell'Oligocene ed il Miocene medio. Mem. Soc. Geol. It. 24 (1982), pp. 183-191.

[20] GELATI R. e GNACCOLINI M.: Sequenze deposizionali in un bacino episuturale, nella zona di raccordo tra Alpi ed Appennino Settentrionale. Atti dell'1st. Geol. dell'Univ. di Pavia, Vol. 31 1988.

[21] GELATI R. e PASQUARE' G.: Interpretazione geologica del limite Alpi-Appennini in Liguria. Riv. Ital. Paleont. n. 4, 1970.

[22] GIBBS H.J. e HOLTZ W.G.:Research on determining the density of sands by spoon penetration testing. Proc. IV ICSMFE, London. 1: 35-39 (1957)

[23] MARINI M.: La linea Sestri-Voltaggio nel quadro dell'evoluzione tettogenetica del limite Alpi-Appennini: proposta di interpretazione. Mem. Soc. Geol. It. Vol. XIX (1978).

[24] OHTA Y., GOTO N. (1978) “Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristic soil indexes” Earthquake Engineering anf Structural Dynamics, vol.6.

[25] SKEMPTON A.W. (1986) “Standard Penetration Test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation” Geotechnique 36, n° 3.

[26] VANOSSI M., CORTESOGNO L., GALBIATI B., MESSIGA B., PICCARDO G. e VANNUCCI R.: Geologia delle Alpi Liguri: dati, problemi, ipotesi. Mem. Soc. Geol. It. 28 (1984), pp. 5-75.

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO GENERALE

L'area interessata dall'intervento è ubicata tra Via Luigi Perini e Via Greto di Cornigliano, nel quartiere di Genova Campi (Genova). In Figura 3.1 si riporta l'ubicazione dello Store IKEA.

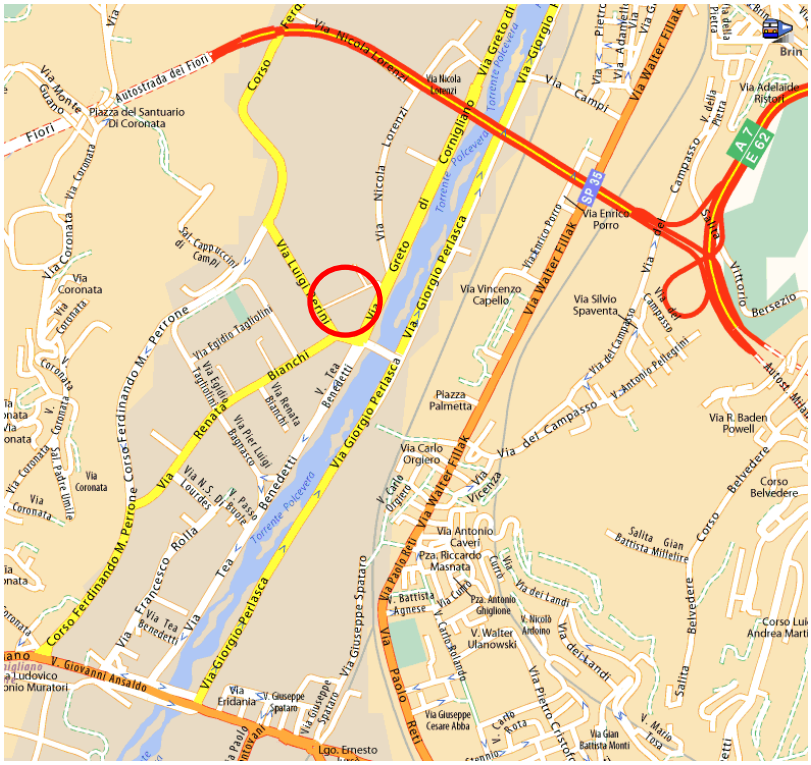


Figura 3.1: Ubicazione dell'area in esame

Il sito è collocato lungo il fondovalle del Torrente Polcevera ad una quota altimetrica di circa 10-12 m s.l.m.m..

L'area è inserita in un contesto molto urbanizzato, soprattutto da strutture adibite ad attività commerciali e di servizio, come si nota in Figura 3.1.

In Figura 3.1 si nota la struttura morfologica del fondovalle del Torrente Polcevera. Il torrente scorre lungo una valle stretta e lateralmente si innalzano rilievi montuosi con acclività relativamente alta, compresa tra 20% e 50%. La quota altimetrica dei crinali più alti si aggira intorno ai 120-150 m s.l.m.m.



Figura 3.2: Foto aerea dell'area in esame

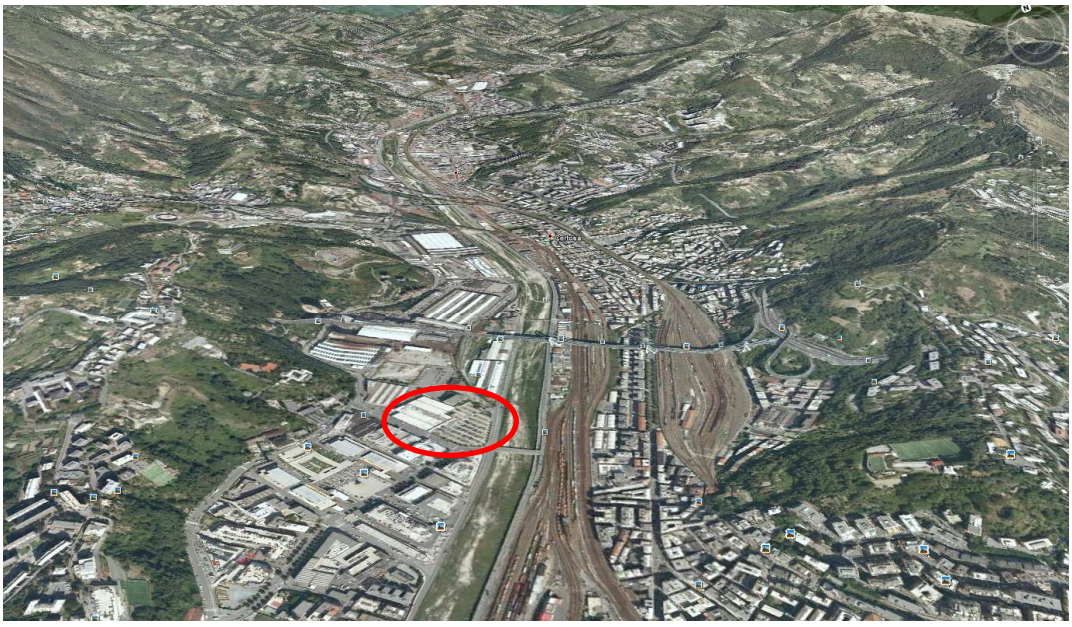


Figura 3.3: Foto aerea dell'area in esame con in evidenza la struttura morfologica del fondovalle del Torrente Polcevera

4. INQUADRAMENTO METEOCLIMATICO

L'area studiata si distribuisce tra i contrafforti appenninici, che costituiscono il limite climatico tra il versante della Riviera Ligure, a clima mediterraneo, e il versante padano, caratterizzato da un clima tipicamente continentale. Da un esame a grande scala della circolazione delle correnti atmosferiche in quota, si osserva come sul Mar Ligure convergano i cicloni atlantici, soprattutto durante i mesi primaverili (Aprile) e autunnali (Novembre), che risultano, quindi, caratterizzati da piogge abbondanti.

Nella valle del Polcevera le precipitazioni medie annue degradano procedendo dal confine Piemonte-Liguria verso la costa: si passa infatti dai 1760.8 mm/anno, distribuiti in 96 giorni, registrati nella stazione di Isoverde, ai 1431,4 mm/anno, in 82 giorni, registrati nella stazione pluviometrica di Pontedecimo e, infine, ai 1153.9 mm/anno caduti in 92 piovosi sulla stazione pluviometrica di Genova Sestri. La carta delle isoiete che segue (Figura 4.1), riassume quanto fino a qui descritto.

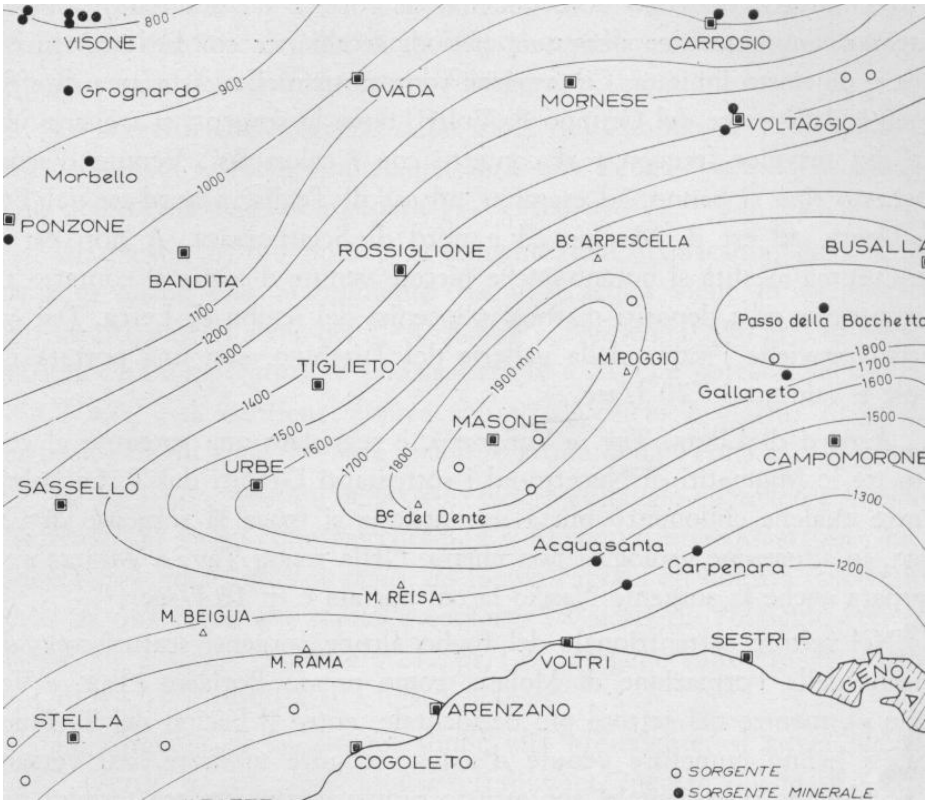


Figura 4.1*: carta delle isoiete delle precipitazioni medie annue segnalate nell'area del foglio "Genova". (Note illustrative del foglio "Genova", 1967).*

Procedendo dal litorale verso l'entroterra le precipitazioni piovose presentano una minore intensità ed una maggiore durata, espressa in un numero maggiore di giorni piovosi all'anno. La media dell'intero bacino del Polcevera può essere stimata in 1667.3 mm/anno di pioggia, caduti in 91 giorni piovosi.[1]

Nella tabella che segue (tabella 1) sono riportati i valori[2] di piovosità media annua e mensile registrati nelle stazioni meteorologiche di Genova Sestri (riferite al decennio 1991-2000) e del Passo dei Giovi (riferite al decennio 1971-1980), utili per completare il quadro di conoscenze sul clima del territorio investigato.

	Genova Sestri (3 m s.l.m.)		**Passo dei Giovi (475 m s.l.m.)**	
Mese	**mm piovuti**	**Giorni di pioggia**	**mm piovuti**	**Giorni di pioggia**
Gennaio	91.5	8	113.6	12
Febbraio	36.9	5	97.9	10
Marzo	44.6	6	98.7	11
Aprile	89.3	11	95.6	13
Maggio	51.1	9	105.3	12
Giugno	67.8	8	51	10
Luglio	24.6	5	36.9	6
Agosto	66.1	5	96.5	10
Settembre	246.9	8	91.7	9
Ottobre	182.5	9	174.3	10
Novembre	170.2	9	125.7	10
Dicembre	82	8	106.6	10
Anno	1153.6	92	1183	122

Tabella 1: dati meteorologici registrati dalle stazioni di Genova Sestri (decennio 1991-2000) e P.sso Giovi (decennio 1971-1980).

[1] I dati pluviometrici relativi alle stazioni della Valle Polcevera sono stati estrapolati dai dati a disposizione presso gli uffici per la difesa del suolo della Provincia di Genova (stralcio del Piano di Bacino, ottobre 2001).
[2] Questi dati sono stati ottenuti dal centro meteo-idrologico della Regione Liguria CMIRL.

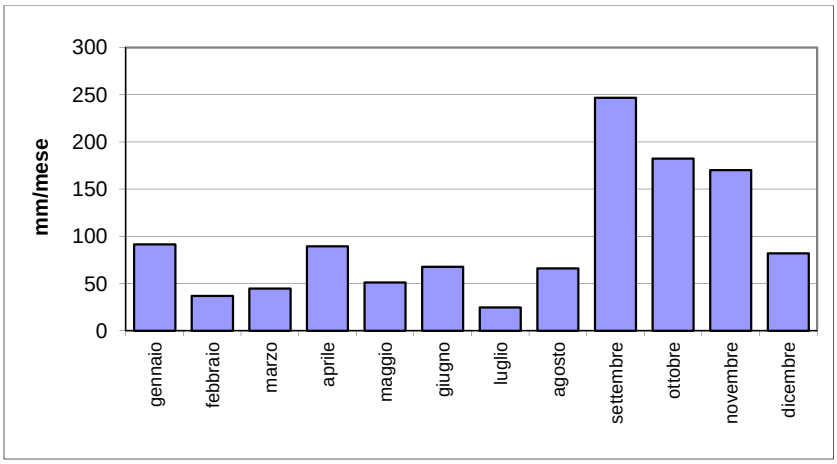


Figura 4.2*: andamento delle precipitazioni registrate dalla stazione di Genova Sestri*

Come si intuisce dall'analisi della Figura 4.2, i mesi a maggior piovosità registrata nella stazione pluviometrica di Genova Sestri rimangono quelli autunnali, il massimo assoluto si registra in Settembre, con 246.9 mm caduti in 8 giorni di pioggia.

Può essere interessante soffermarsi su eventi meteorici eccezionali che hanno interessato la valle Polcevera nella sua storia recente. Il massimo assoluto è stato registrato nella stazione di Isoverde, dove nel 1926 sono caduti, in un anno, 3718 mm di pioggia distribuiti in 132 giorni. Un secondo evento di precipitazioni particolarmente elevate è stato registrato nel 1951 dalla stazione di Madonna della Guardia, dove sono caduti, in 117 giorni, 2952.2 mm di pioggia. Si può notare come questi valori di massimo si allontanino e anche di molto dai valori medi normali riferiti a queste stazioni di misura.

Il minimo assoluto, invece, è stato registrato nel 1921 dalla stazione di Pontedecimo, dove sono caduti solamente 696 millimetri di pioggia in 64 giorni.

Può essere interessante soffermarsi sulla distribuzione annua delle precipitazioni. Dall'analisi della tabella seguente (tab. 2 – archivio interno) si evince come la maggior parte delle precipitazioni si concentri in autunno (con percentuali variabili dal 37% al 44 % sui millimetri totali di pioggia caduta) e in inverno (con percentuali variabili dal 24% al 27%); il restante 29-39 % si distribuisce equamente tra i mesi primaverili e quelli estivi, con una leggera prevalenza per i primi.

	STAZIONI PLUVIOMETRICHE			
Media (mm)	PONTEDECIMO	ISOVERDE	CASTAGNOLA	ISOLA DEL CANTONE
Annua	1327	1781	1715	1275
Inverno	345 (**26%**)	436 (**24%**)	459 (**27%**)	331 (**26%**)
Primavera	201 (**15%**)	364 (**20%**)	296 (**17%**)	252 (**20%**)
Estate	195 (**15%**)	314 (**18%**)	286 (**17%**)	213 (**17%**)
Autunno	586 (**44%**)	666 (**44%**)	671 (**39%**)	479 (**38%**)

Tabella 2: andamento delle precipitazioni medie in 4 diverse stazioni di misura (archivio interno, 1999).

5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Il bacino del Torrente Polcevera, con pattern a ventaglio, si sviluppa verso il Mar Tirreno dove sfocia, perpendicolarmente alla linea di costa, nella città di Genova. Il corso d'acqua ha origine dallo spartiacque Tirreno-Adriatico che, con un andamento SSW – NNE, si sviluppa circa parallelamente alla linea di costa, impostandosi ad una distanza ridotta dalla stessa (la distanza massima, di 16 km, si registra in prossimità della testata del Torrente Polcevera). I due versanti presentano una forte asimmetria: il versante tirrenico, infatti, si sviluppa con pendenze medie del 20%, mentre quello padano non supera mai il 5% di pendenza, morfologia che condiziona fortemente la natura dei reticoli idrografici che si impostano sui due diversi versanti. Lungo il versante tirrenico si hanno bacini di modeste dimensioni, caratterizzati da valli profondamente incise e delimitate da versanti molto ripidi. I corsi d'acqua tirrenici, di conseguenza, presentano un regime tipicamente torrentizio, caratterizzato da importanti variazioni stagionali nelle portate medie in funzione delle diverse precipitazioni meteoriche.

Ridottissimi sono i dati di portata relativi ai diversi corsi d'acqua che si impostano in queste porzioni di territorio. Il Torrente Polcevera, con i sui numerosi affluenti (Rio Verde, Rio Molinassi, Rio Ciliegia, Rio S.Biagio, Rio S.Martino, Rio Secca, i torrenti Riccò, Burba, Trasta, Fegino, Geminiano e Tortella) presenterebbe una portata[3] variabile in funzione delle diverse stazioni di misura (tabella 5.1). Si hanno in realtà a disposizione solamente i valori teorici di portata al colmo stimati per tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni, mancando dati ufficiali sulla portata media del corso d'acqua in esame.

Corso d'acqua	**sezione**	**Portate (m^3/s)**		
		Tr 50	**Tr 200**	**Tr 500**
Polcevera	a monte della confluenza con il Secca	680	860	960
	a valle della confluenza con il Burba	1330	1660	1880
	a valle della confluenza con il Trasta	1340	1660	1880
	a valle della confluenza con il Torbella	1340	1685	1900
Secca	alla confluenza con il Polvevera	620	770	900
Burba	alla confluenza con il Polvevera	190	235	265
Torbella	alla confluenza con il Polvevera	115	145	165

[3] Le portate del torrente Polcevera sono state estratte dalla documentazione ufficiale reperibile presso gli uffici per la difesa del suolo della Provincia di Genova.

Riasso	alla confluenza con il Polvevera	195	234	268
Verde	alla confluenza con il Polvevera	451	465.6	640.7

Tabella 5.1: portate al colmo stimate per il torrente Polcevera e per i suoi principali affluenti, in relazione a tempi di ritorno Tr di 50, 200 e 500 anni.

In Figura 5.1 si riporta uno stralcio della *Carta del Reticolo Idrografico* allegata al *Piano di Bacinio della Provincia di Genova (Bacino del Polcevera).* In un intorno significativo della ristretta area di interesse, non sono cartografati elementi idrografici, ad eccezione dell'alveo attuale del Torrente Polcevera, che, come anticipato nei capitoli precedenti, scorre, arginato, a breve distanza a valle del sito IKEA oggetto di studio.

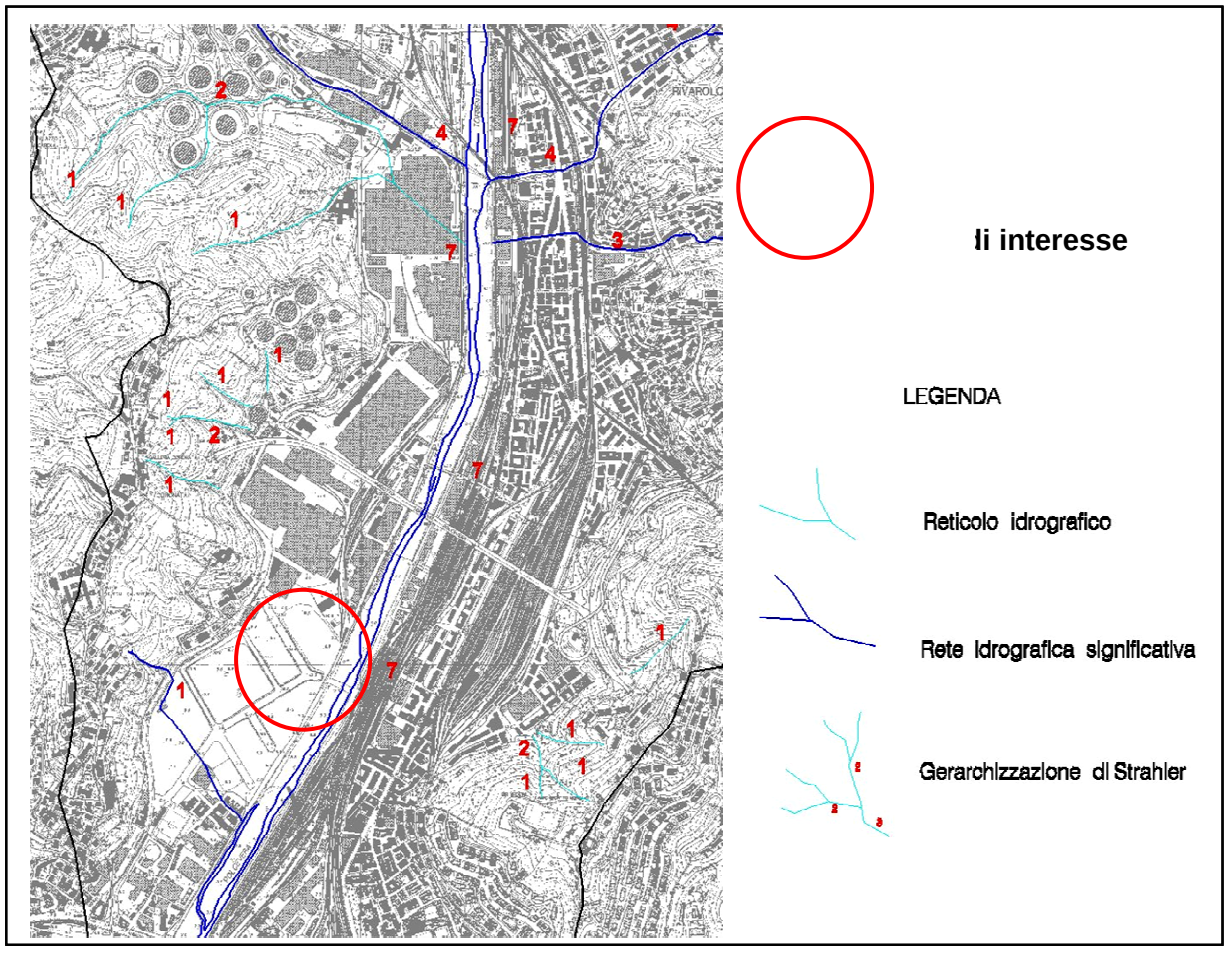


Figura 5.1*: Provincia di Genova, Torrente Polcevera, Piano di Bacino Stralcio, Carta del Reticolo Idrografico.*

6. IL BILANCIO IDROLOGICO

Come ulteriore approfondimento nella definizione del regime idrografico e climatico dell'area di interesse, viene fornito in questo paragrafo un breve inquadramento di quelli che sono i principali fattori che rientrano nel Bilancio Idrologico dell'area. In relazione alle finalità del presente documento, non sembra necessario addentrarsi con un dettaglio maggiore rispetto a quanto di seguito sintetizzato.

I dati geometrici e climatici utilizzati nel computo del bilancio idrologico del Bacino del Polcevera, sono riassunti nella tabella seguente (tab. 6.1)

Lunghezza dell'asta fluviale	16 km
Area del bacino	100 km^2
Precipitazioni medie annue (riferite all'intero bacino)	1667.3 mm/a
Temperatura media annua (riferita alla stazione di misura di Genova)	16 °C

Tabella 6.1: parametri utilizzati nel bilancio idrologico del Polcevera

Il bilancio idrologico di un bacino è riassunto dalla relazione (6.1):

$$\mathbf{P = E_{TR} + Q_P + I_P} \qquad (6.1)$$

dove:

P = precipitazioni

$\mathbf{E_{TR}}$ = evapotraspirazione

$\mathbf{Q_P}$ = ruscellamento superficiale potenziale

$\mathbf{I_P}$ = infiltrazione potenziale

Dal valore di infiltrazione potenziale **Ip** è possibile, nota la quantità d'acqua che si perde dalle sorgenti o per emungimento antropico, quantificare la portata d'acqua (ricarica) che rimane a disposizione per le riserve idriche profonde.

I paragrafi successivi, in realtà, non possono che essere considerati come una stima del reale bilancio idrologico del territorio investigato.

Segue il calcolo del valore di infiltrazione potenziale **Ip** per l'area di Genova.

Nell'equazione (6.1) è possibile sostituire il valore di evapotraspirazione, secondo la formula di Coutagne:

$$E_{TR} = P - \lambda P^2 \qquad (6.2)$$

dove:

E_{TR} = evapotraspirazione reale (m/a)

P = precipitazioni (m/a) = 1,667 m/a

$\lambda = 1 / (0.8 + 0.14\ T)$

T = temperatura media annua (°C) = 16°C

Per il bacino del Polcevera si è calcolato un valore di evapotraspirazione reale di:

$$ETR = 0.75 \text{ m / a.}$$

Mancando un valore rappresentativo della portata media del torrente Polcevera, è stato necessario applicare il metodo indrodotto da Celico (1988) per il calcolo dell'infiltrazione potenziale Ip.

$$\textbf{c.i.p.} = (Ip / D)\ 100 \qquad (6.3)$$

dove: c.i.p. = coefficiente di infiltrazione potenziale (%)

Ip = infiltrazione potenziale (m /a)

D = deflusso idrico totale (D = Ip + Qp)

Per il bacino del Polcevera, interamente impostato su unità stratigrafiche ad affinità argillitica, si è stimato un valore di coefficiente di infiltrazione potenziale c.i.p.=20%[4]. Applicando le formule si ottiene:

$$D = P - Etr \qquad (6.4)$$

Dalla (6.4) di ottiene un deflusso idrico totale D = 0.917 m/a

Dalla (6.3), noto il valore di D, si ottiene un'infiltrazione potenziale:

Ip = 0.18 m / a ovvero[5] **Ip** = 0.57 m^3/s

Applicando la relazione (6.5) Qp = D – Ip:

[4] Per valutare tale valore si è fatto riferimento a quanto introdotto da Celico (1988).

[5] Per ottenere il valore di infiltrazione potenziale in m^3/s , basta moltiplicare il valore espresso in m/a per l'area del bacino, e dividere il tutto per passare da anni a secondi.

si ottiene un ruscellamento superficiale potenziale:

Qp = 0.737 m / a ovvero Qp = 2.34 m^3/s

Il valore di **Qp** ottenuto dovrebbe rappresentare la portata media del torrente Polcevera, mentre il valore di **Ip** dovrebbe quantificare la quantità d'acqua che, infiltrandosi, va ad alimentare le riserve idriche profonde.

Sottraendo al valore di infiltrazione potenziale Ip così ottenuto, il volume d'acqua in uscita dalle sorgenti censite nel territorio investigato, si dovrebbe quantificare la quantità d'acqua che realmente rimane a disposizione per la circolazione idrica profonda.

La portata totale delle sorgenti attive nel bacino (archivio interno), è stata quantificata in ΔU = 0.115 m^3/s (valore che non può che sottostimare la reale quantità d'acqua in uscita dalle sorgenti).

Il volume d'acqua che rimane a disposizione per la circolazione idrica profonda, quindi, è quantificabile in $\Delta W = Ip - \Delta U$ = 0.455 m^3/s (che ancora una volta tende a sovrastimarne la reale quantità).

7. INQUADRAMENTO TETTONICO STRUTTURALE

L'area in esame si inserisce in un settore di grande complessità strutturale, che tradizionalmente giustappone il dominio orogenico Alpino a quello Appenninico. In tale contesto, procedendo da ovest verso est, sono riconoscibili tre settori, con caratteristiche geologiche e strutturali peculiari:

- *Gruppo di Voltri*
- *Zona Sestri Voltaggio*
- *Dominio dei Flysch Appenninici*

Sono inoltre presenti depositi tardo e post orogenici attribuibili al Bacino Terziario Ligure - Piemontese e depositi marini e continentali di differenti età che hanno in parte coperto le unità del substrato e colmato le paleovalli.

La Valle del Torrente Polcevera, oggetto del presente studio, si colloca esattamente in corrispondenza del passaggio tra la *Zona Sestri Voltaggio* e il *Dominio dei Flysch Appenninici*.

In Figura 7.1 si riporta uno schema tettonico di riferimento.

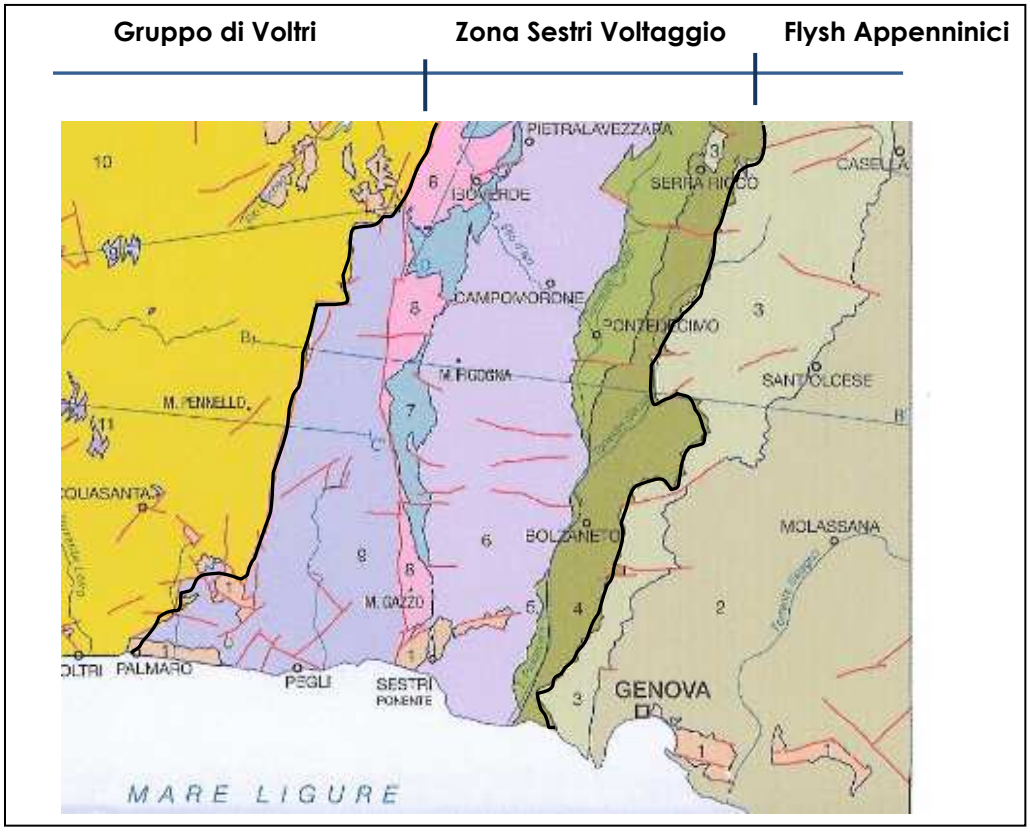


Figura 7.1*: Schema Tettonico (da progetto CARG).*

Il Gruppo di Voltri e la Zona Sestri - Voltaggio, sono separati da un lineamento strutturale diretto N-S, noto in bibliografia come “Linea Sestri Voltaggio”, alla quale viene fatto corrispondere il limite fisico tra Alpi ed Appennini e riconosciuto come parte di un complesso sistema.

La storia geologica di questo settore delle Alpi Liguri inizia nel Giurassico medio quando, in seguito all’apertura dell’Atlantico centrale ed alla deriva verso est della placca africana, si vennero a creare le condizioni per l’apertura di un bacino oceanico (bacino ligure - piemontese) compreso tra il paleocontinente europeo (avampaese) ed il paleocontinente africano (dominio insubrico). Successivamente, si instaurarono le condizioni che portarono all’orogenesi alpina, con la progressiva chiusura del bacino con la collisione tra i due paleocontinenti.

Le principali fasi orogenetiche alpine si sono realizzate in quest’area tra i 90 ed i 40 milioni di anni fa (Cretaceo sup. - Eocene), determinando la deformazione sia dei depositi oceanici (per altro in gran parte subdotti), sia dei depositi continentali, prossimi alla zona di sutura, che risultano traslati verso l’avampaese: ne consegue una struttura a falde di ricoprimento. Ognuna di queste falde costituisce tradizionalmente una unità tettonica o stratigrafico - strutturale la cui successione stratigrafica e la relativa posizione nell’edificio della catena testimoniano, pur con alcune incertezze, l’appartenenza ad un dato dominio paleogeografico.

Alla fine dell’Eocene le Alpi Liguri risultano ormai formate ed emerse (anche se ancora in sollevamento) e costituiscono la zona di alimentazione dei depositi postorogenici.

Tra l’Oligocene sup. ed il Miocene inf. viene a crearsi, nell’area a S, un braccio di mare (Mar Ligure) in conseguenza alla rotazione antioraria del Blocco Sardo-Corso mentre ad est è presente il Bacino Terziario Ligure - Piemontese (i cui depositi caratterizzano la zona delle Langhe ed affiorano solo sporadicamente nell’area in esame).

Il Messiniano rappresenta una cesura di primaria importanza dal punto di vista dell’evoluzione fisiografica del territorio, poiché l’abbassamento drastico del livello base dell’erosione ha “congelato”, il reticolo idrografico preesistente. Le principali strutture vallive e le dorsali montuose si delineano in modo già simile all’attuale. Nel contesto delle unità recenti questo dato è significativo poiché tutti i depositi posteriori suturano una paleogeografia continentale complessa e morfologicamente matura, in cui gli assi vallivi corrispondono generalmente a quelli attuali e su cui la sedimentazione è funzione del tasso di sollevamento della catena e delle variazioni

eustatiche del livello del mare. Si assiste quindi a eventi polifasici di erosione e deposizione all'interno delle valli.

Nell'area rilevata la linea di costa si presentava frastagliata, con valli in cui sfociavano i corsi d'acqua. L'ambiente prossimale è quindi caratterizzato da depositi fini schiettamente marini e da depositi grossolani derivati sia dagli apparati deltizi sia dal detrito di versante della costa alta. La Formazione delle Argille di Ortovero è l'espressione sedimentaria degli eventi deposizionali verificatisi durante il Pliocene.

7.1 CENNI DI NEOTETTONICA

Nel presente paragrafo si fornisce, a titolo di inquadramento, una sintetica descrizione dei principali movimenti neotettonici dell'area ligure di interesse.
Nel corso del Pliocene e del Quaternario si sono a più riprese verificati dei movimenti tettonici, in prevalenza a componente verticale che, oltre a determinare nuovi lineamenti morfologici, hanno spesso provocato sia fenomeni di subsidenza sia modifiche nell'assetto dell'idrografia superficiale.
Una vivace fase neotettonica (1,65 Ma circa) segnerebbe la separazione tra il Pliocene ed il Quaternario, mentre altre due evidenti fasi neotettoniche marcherebbero la conclusione del Pleistocene antico (0,7 Ma) e dell'Olocene (18.000 anni).
In Figura 7.2 è rappresentato uno stralcio della Carta Neotettonica d'Italia (1987) a sintetizzare quanto descritto.

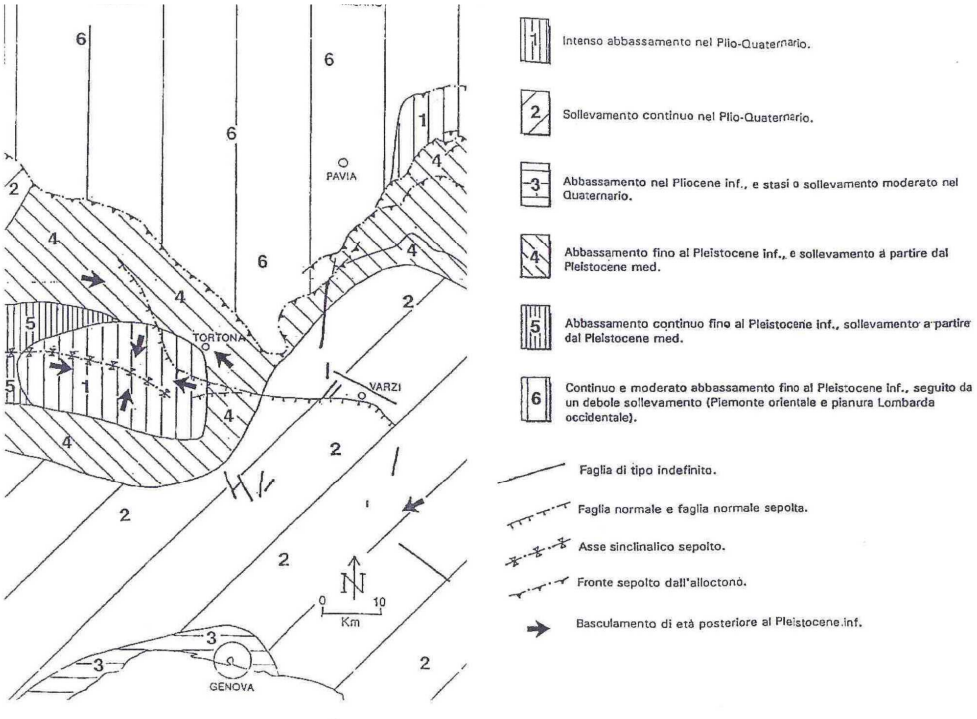


Figura 7.2*: Carta Neotettonica d'Italia, C.N.R., 1987 (stralcio).*

Sia sul Foglio n. 82 della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000, sia sul foglio n. 213 della nuova cartografia CARG in scala 1:50.000, lungo i versanti che bordano la valle del Polcevera è indicata la presenza di lineamenti tettonici (faglie). Le faglie cartografate, in genere, presentano un andamento Alpino (Est-Ovest) ed un estensione limitata.

Tali lineamenti sono cartografati come "coperto" dai depositi alluvionali pleistocenici, essendone quindi antecedenti.

Come indicato dalla descritta cartografia geologica, l'età dei descritti movimenti tettonici si sarebbe conclusa prima del Pleistocene, non interessando, quindi, i depositi alluvionali sui quali insistono le opere oggetto del presente studio.

8. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Lo strumento migliore per la definizione dell'assetto geologico dell'area di interesse, è rappresentato dalla nuova Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 del progetto CARG, di cui in Figura 8.1 si riporta uno stralcio del Foglio 213 Genova (www.apat.gov.it).

Le Formazioni geologiche affioranti nell'area di interesse sono rappresentate da unità torbiditico argillitiche di età cretacica, più o meno metamorfosate, alle quali si sovrappongono depositi alluvionali pleistocenici. La ristretta area di interesse (Sito IKEA) si imposta su terreni riferibili ai *Depositi Alluvionali Terrazzati* (**b_{n1-4}** in Figura 8.1), che colmano l'incisione del Torrente Polcevera. Il substrato di base su cui poggiano i depositi quaternari alluvionali, è costituito dalle *Argilliti di Mignanego* (***MIG*** in Figura 8.1) e dagli Argilloscisti di Murta (***AGF*** in Figura 8.1); l'opposto versante vallivo vede il passaggio tra le *Argilliti di Montanesi* (**MTE**) e la *Formazione di Ronco* (**ROC** in Figura 8.1).

Segue un inquadramento delle principali caratteristiche geologico stratigrafiche delle unità interferite.

La trattazione si basa in parte sui quanto descritto dalle "Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia", in scala 1:100.000, Foglio 82 Genova e in parte su quanto proposto dagli aggiornamenti del progetto CARG di recente preparazione.

8.1 DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI [PLEISTOCENE - BN1-4]

La formazione è rappresentata da depositi alluvionali di età pleistocenica, costituiti in prevalenza da ghiaie e subordinate sabbie.

Tali depositi si collocano nel fondovalle dei corsi d'acqua principali, affiorando, in terrazzo morfologico, ad una quota maggiore rispetto ai depositi alluvionali recenti e/o attuali.

Gli orizzonti più superficiali si presentano intensamente alterati e quasi completamente trasformati dall'azione della pedogenesi.

Il sito IKEA di Genova campi si imposta su terreni ascrivibili a tale formazione.

8.2 FORMAZIONE DI RONCO [CRETACICO - ROC]

Quest'unità risulta costituita da una ritmica successione di sequenze arenaceo-marnose-argillose.

La componente arenacea si presenta grigia in frattura fresca, a grana medio fine, grigio brunastra in superficie; è solitamente organizzata in strati di spessore inferiore a 40 cm con laminazioni interne e frequenti impronte di corrente alla base.

La componente marnosa è grigio scura fino a nerastra in orizzonte di potenza fino a 100 ÷ 150cm, solitamente però lo spessore medio è pari a 20 ÷ 40cm; questa porzione, che mostra spesso una

pseudoscistosità e talora piani di clivaggio (orientati obliquamente rispetto ai piani di stratificazione), sembra svilupparsi maggiormente tra Pedemonte e Orero, quindi fuori dall'area in esame.
La porzione argillosa è talora presente alla sommità delle sequenze in orizzonti caratterizzati da uno spessore di norma inferiore ai 10 cm, raggiungendo talora anche spessori di 20 ÷ 30 cm; è grigio nera o brunastra, talora con tonalità rossicce ed elevato contenuto in resti vegetali.
Lo spessore della Formazione di Ronco si può valutare con sufficiente approssimazione in 500 ÷ 550 m.

8.3 ARGILLITI DI MONTANESI [CRETACICO - MTE]

La formazione è formata essenzialmente da litotipi argillitici di colore grigio, grigio nerastro o bruno rossiccio, ricchi in minerali micacei, ad accentuate scistosità, spesso mal conservati.
Le intercalazioni arenacee sono sporadiche, costituite quasi esclusivamente da litotipi a grana da fine a finissima, sovente manganesiferi, in piccoli strati sottili; più frequenti siltiti marrone chiaro-brunicce disposte in lamine; i fenomeni di albitizzazione e calcitizzazione sono frequenti.
Le Argilliti di Montanesi sono comprese tra le Argilliti di Mignanego al letto (non affioranti nell'area in esame) e la Formazione di Ronco al tetto: il contatto con quest'ultima unità, piuttosto immediato, è sottolineato dalla comparsa di strati arenacei ritmicamente ripetuti e, normalmente, appare evidenziato da una brusca rottura di pendio.
Secondo le informazioni bibliografiche disponibili, lo spessore delle Argilliti di Montanesi è assai variabile, pur essendo comunque sempre superiore a 100 m; risulta inoltre probabile che quest'unità e la Formazione di Ronco siano in parte eteropiche.

8.4 ARGILLITI DI MIGNANEGO [CRETACICO SUP. - MIG]

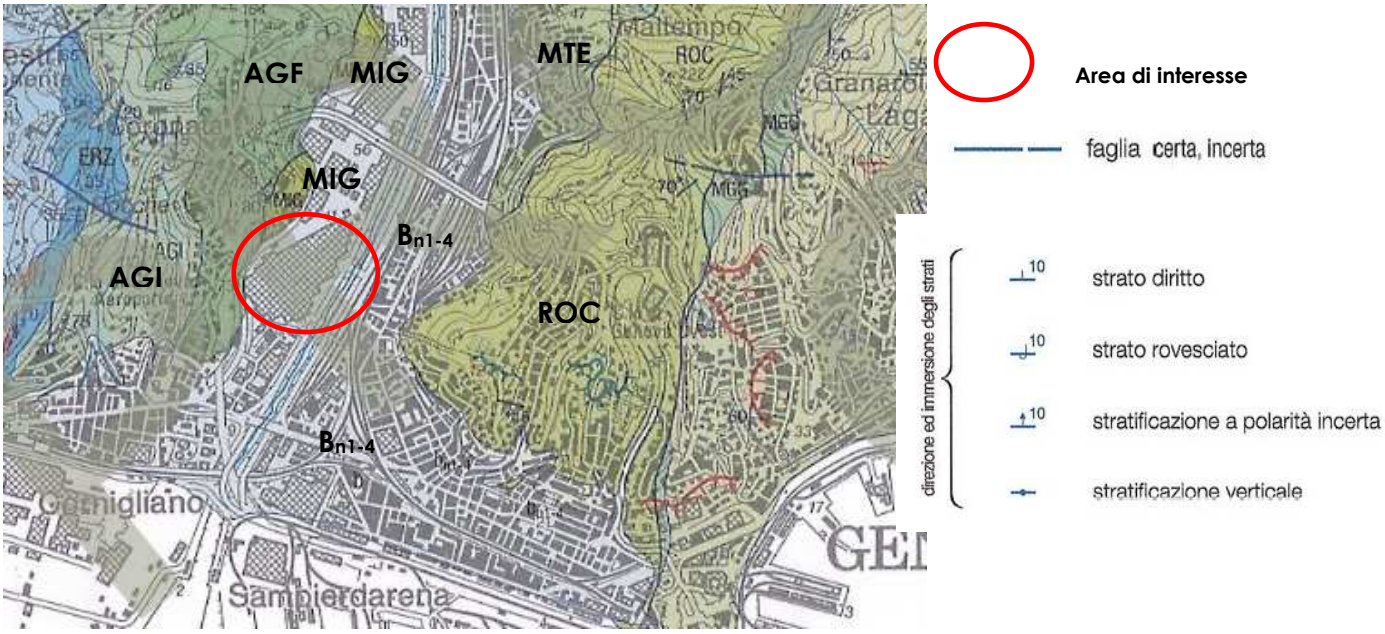
Le Argilliti di Mignanego affiorano in una fascia continua ad andamento NNE-SSO. Consistono in torbiditi a diverso grado di metamorfismo, costituite da siltiti arenacee medio fini in strati da centimetrici a pluridecimetrici, talora con intercalazioni di argilloscisti neri, e da torbiditi marnose a base calcareo-arenacea, in strati da decimetrici a metrici. Lo spessore della formazione dovrebbe essere prossimo ai 300m.

8.5 ARGILLOSCISTI DI MURTA [CRETACICO INF. - AGF]

Sono costituiti da argilloscisti filladici neri, a patina sericitica, con intercalazioni di meta siltiti. Lo spessore degli stati è in genere centimetrino. Frequenti sono le lenti di quarzo ed albite. Lo spessore originario della formazione non risulta determinabile con univocità.

8.6 ARGILLOSCISTI DI COSTAGIUDDA [CRETACICO INF. - AGI]

Gli Argilloscisti di Costagiutta sono costituiti da alternanze di argilloscisti e calcari cristallini. Gli argilloscisti, che rappresentano il litotipo prevalente, hanno colore grigio-nero, ocra in patina di alterazione, con frequenti vene di quarzo ed albite. Si riconoscono intercalazioni a calcari cristallini, metapeliti scistose e metacalcilutiiti siltose più o meno marnose. Gli orizzonti calcarei cristallini hanno spessore da decimetrico a metrico, presentando a luoghi una derivazione marnosa.



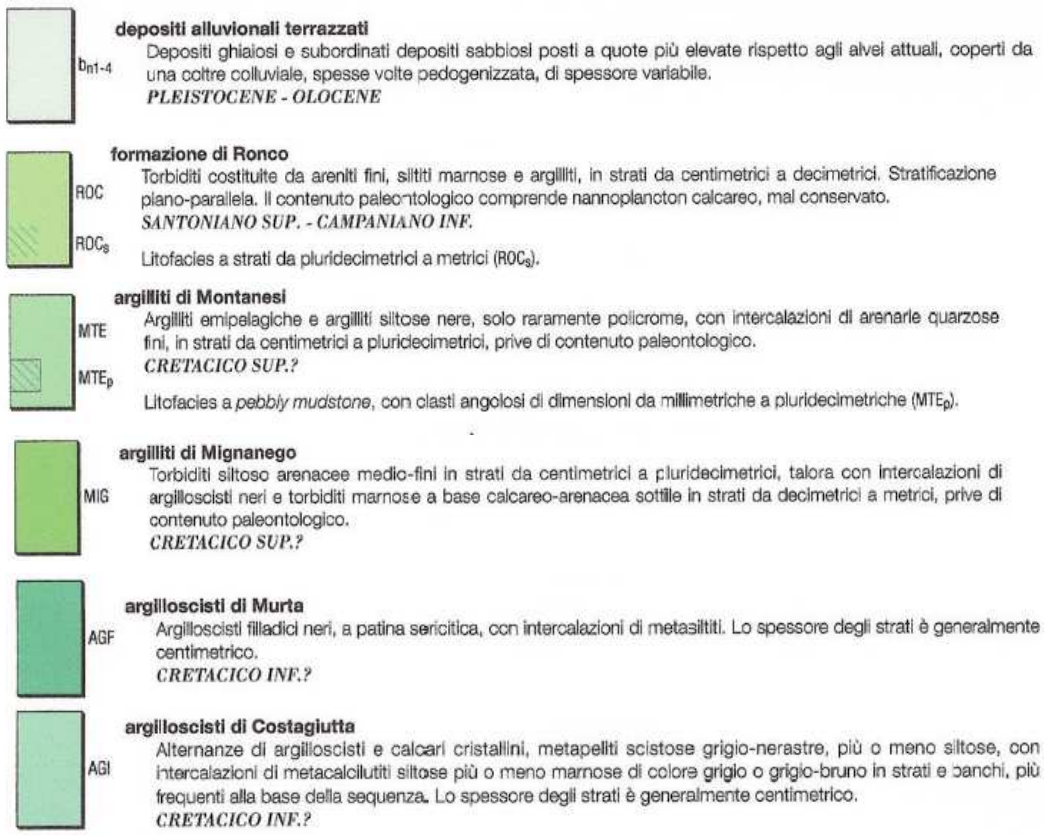


Figura 8.1*: Carta Geologica d'Italia, scala 1:50.000 Progetto CARG (stralcio).*

In Figura *8.2* si riporta un profilo geologico di riferimento (progetto CARG). Si riconosce l'incisione valliva del Torrente Polcevera, colmata da un modesto spessore di *Depositi Alluvionali* (**b**). Il substrato lapideo è in questo settore rappresentato dalla successione torbiditica delle *Argilliti di Mignanego* (**MIG**) e, a profondità maggiori, dagli argilloscisti filladici della Formazione di Murta (**AGF**). Il contatto tra le due unità di substrato è un contatto di tipo tettonico.

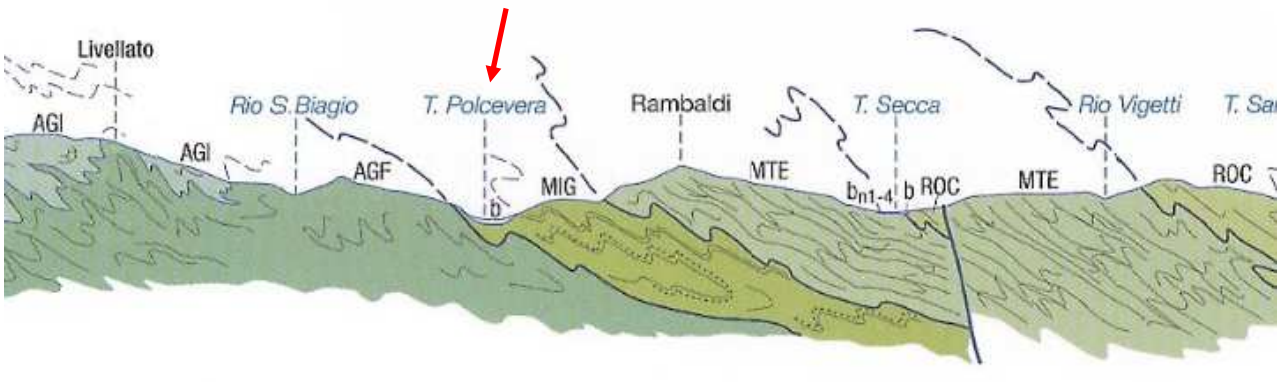


Figura 8.2:*Profilo Geologico - Carta Geologica d'Italia, scala 1:50.000 Progetto CARG (stralcio).*

9. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO DI DETTAGLIO DEL SITO IKEA

Lo scopo del presente capitolo è quello, introdotti nei paragrafi precedenti i caratteri geologici generali dell'area ligure genovese, di fornire un approfondimento sull'assetto stratigrafico di dettaglio che caratterizza il sito IKEA oggetto di studio.

Lo strumento che meglio permette tale analisi è dato dalle risultanze della campagna geognostica eseguita in sito ad hoc tra il gennaio e il febbraio del 2011.

In particolare sono state effettuate le seguenti indagini:

- n.2 sondaggi profondi (SPZ1 e SPZ2), spinti reciprocamente fino alla profondità di 50m e di 30m ed attrezzati con tubazione piezometrica (diametro 3''); nei sondaggi sono state fatte prove SPT e sono stati prelevati campioni rimaneggiati ed indisturbati da sottoporre ad analisi di laboratorio geotecnico;
- n.8 sondaggi (S1÷S8), spinti fino alla profondità, con esecuzione di prove SPT;
- n.3 prove di permeabilità (tipo Lefranc a carico costante), in foro di sondaggio (SPZ1)

Di seguito si descrive la successione stratigrafica tipologica desunta dai sondaggi realizzati nell'area:

- *Riporto*, materiale di riporto costituito principalmente da sabbia debolmente limosa e a tratti limosa con ghiaia; sono presenti abbondanti inclusi di varia natura, quali ciottoli, pietrisco, frammenti di laterizi, frammenti di cemento, plastica, legno e ferro, in genere sotto forma di scorie.
- *Alluvioni*: alternanza di ghiaie da fini a grossolane, e sabbie a tratti debolmente limose con livelletti da millimetrici a centimetrici di limo argilloso debolmente sabbioso e limo sabbioso debolmente argilloso; all'interno del livello ghiaioso sono presenti ciottoli eterometrici, poligenici da subarrotondati a subangolari con diametro massimo di 8-10 cm. L'orizzonte comprende lenti irregolarmente distribuite sia arealmente che verticalmente di limi argillosi e sabbiosi, più raramente di argille, comprendenti livelletti ghiaiosi e sabbiosi. Lo spessore di tali lenti varia tra alcuni decimetri ed alcuni metri, raggiungendo in particolare i valori maggiori in prossimità del centro della valle fluviale, mentre si riduce gradualmente spostandosi verso i fianchi. Lo spessore complessivo dei materiali alluvionali è anch'esso variabile a seconda che venga considerato in prossimità dei versanti od al centro della valle fluviale, ove raggiunge valori di 40-50 m.

- *Substrato*: il substrato roccioso è costituito da argillite, da semilitoide a litoide, intensamente alterata. Sono presenti laminazioni e superfici ondulate e vene con riempimenti di natura calcitica.

Nell'area di Genova Campi, riassumendo, sono quindi presenti i sedimenti alluvionali del Torrente Polcevera, con spessore prossimo ai 40-50 m. Tali depositi alluvionali ricoprono un substrato costituito da argilliti scistose. Il deposito alluvionale è costituito, in prevalenza, da ghiaie a grana media e sabbie, nelle quali, in modo irregolare, sono intercalati livelli di limi argillosi. Dalla fine del secolo XIX, il Torrente Polcevera è stato arginato e risistemato idraulicamente. Il riempimento è stato realizzato con materiali di riporto di varia natura, con spessore medio di circa 3 m. Nell'area dell'attuale parcheggio dello Store IKEA, lo spessore del materiale di riporto risulta variabile da circa 5,0 a 6,5 m.

In Allegato 1 si riportano le stratigrafie relative a tutti i sondaggi realizzati.

In tavola 3 si riporta l'ubicazione delle indagini.

In tavola 4 sono state elaborate n.2 sezioni stratigrafiche, a schematizzare e riassumere quanto descritto nel presente capitolo di approfondimento.

Nelle tabelle che seguono si riportano i dati di maggior interesse relativi alla campagna di indagine.

Tabella 9.1: distribuzione e risultanze delle prove SPT realizzate.

Sondaggio n°	Prova SPT n°	Profondità m da p.c.	N_{SPT} colpi/piede
S4	1	1,50÷1,95	31
	2	5,00÷5,45	40
	3	6,00÷6,45	18
	4	7,50÷7,95	39
	5	9,00÷9,45	30
S5	1	1,50÷1,95	32
	2	6,00÷6,45	11
	3	7,50÷7,95	26
	4	9,00÷9,45	37

Tabella 9.1 (continua): distribuzione e risultanze delle prove SPT realizzate

Sondaggio n°	Prova SPT n°	Profondità m da p.c.	N_{SPT} colpi/piede
S6	1	3,00÷3,45	13
	2	6,10÷6,55	28
	3	9,00÷9,45	31
S7	1	3,10÷3,55	23
	2	6,00÷6,45	26
	3	9,00÷9,45	18
S8	1	3,00÷3,45	5
	2	6,00÷6,45	11
	3	9,00÷9,45	37
	4	12,00÷12,45	33
SPZ1	1	1,50÷1,95	19
	2	3,40÷3,85	4
	3	5,00÷5,45	33
	4	6,00÷6,45	14
	5	7,50÷7,95	23
	6	9,00÷9,45	30
	7	10,50÷10,95	47
	8	13,50÷13,95	9
	9	16,50÷16,95	17
	10	30,00÷30,45	41
	11	34,50÷34,95	50
	12	40,50÷40,91	Rif. 11 cm
SPZ2	1	3,00÷3,45	19
	2	6,00÷6,45	39
	3	9,00÷9,45	43
	4	12,00÷12,45	27

Tabella 9.2: quote di prelievo dei campioni indisturbati.

Sondaggio n°	Campione n°	Tipo campione	Profondità m da p.c.
SPZ1	C.I. 1	Shelby	19,50÷19,89
	C.I. 2	Shelby	20,00÷20,50
SPZ2	C.I. 1	Shelby	19,40÷20,00
	C.I. 2	Shelby	25,50÷25,80

Tabella 9.3: quote di prelievo dei campioni rimaneggiati.

Sondaggio n°	Campione n°	Profondità m da p.c.
Pozzetto Esplorativo	CR1	0,90÷1,20
SPZ1	CR1	1,70÷1,90
SPZ1	CR2	2,00÷3,00
	CR3	6,00÷6,70
	CR4	8,00÷9,00
	CR5	12,60÷13,00
	CR6	14,00÷15,00
	CR7	34,00÷34,50
	CR8	40,00÷40,50
	CR9	45,00÷46,00
S8	CR1	6,00÷7,00
	CR2	13,00÷14,00
SPZ2	CR1	5,00÷6,00
	CR2	8,50÷9,50
	CR3	10,00÷10,50
	CR4	12,00÷12,80
	CR5	15,00÷16,00
	CR6	22,00÷23,00
	CR7	27,00÷28,00

Tabella 9.4: coordinate plano altimetriche dei punti di indagine.

COORDINATE WGS84 GEOGRAFICHE

SONDAGGIO N.	LATITUDINE	LONGITUDINE	QUOTA m s.l.m.
S1	44°25'20.92199"	8°53'3.16649"	10.780
S2	44°25'22.07036"	8°53'2.97835"	10.969
S3	44°25'21.35991"	8°53'5.20131"	10.598
S4	44°25'24.39825"	8°53'5.56837"	10.960
S5	44°25'22.84819"	8°53'5.48162"	10.759
S6	44°25'25.68149"	8°53'5.35149"	9.771
S7	44°25'27.90162"	8°53'4.08767"	9.934
S8	44°25'27.72939"	8°53'3.21831"	9.960
SPZ1	44°25'21.00132"	8°53'4.95501"	10.559
SPZ2	44°25'27.39185"	8°53'4.41387"	9.905

COORDINATE WGS84 CHILOMETRICHE

SONDAGGIO N.	LATITUDINE	LONGITUDINE	QUOTA m s.l.m.
S1	4918827.849	1490810.132	10.780
S2	4918863.294	1490805.958	10.969
S3	4918841.382	1490855.140	10.598
S4	4918935.170	1490863.226	10.960
S5	4918887.323	1490861.324	10.759
S6	4918974.778	1490858.414	9.771
S7	4919043.297	1490830.433	9.934
SONDAGGIO N.	LATITUDINE	LONGITUDINE	QUOTA m s.l.m.

10. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE

Scopo del presente capitolo è fornire un inquadramento generale degli aspetti idrogeologici del territorio ligure genovese.

Questo ambito presenta una notevole omogeneità litologica, con la presenza predominante di argilliti ed argilloscisti, che ne determinano un carattere tendenzialmente impermeabile. Si possono localmente riconoscere condizioni idrogeologiche favorevoli alla formazione di strutture acquifere potenzialmente sfruttabili, e la loro esistenza è controllata sia dalla natura litologica dei materiali interessati (con particolare riferimento alla possibile presenza di litotipi più permeabili affioranti all'interno della massa argillitica dominante) sia dalla presenza negli stessi di lineamenti tettonici in buona persistenza (con fasce a incrementata permeabilità per fratturazione).

Le formazioni litostratigrafiche che meglio esemplificano quanto descritto sono il *Flysch di M. Antola*, dove la permeabilità e la circolazione idrica sono aumentate per fratturazione degli orizzonti calcarei e dove il substrato argilloso garantisce un basamento impermeabile, o la Formazione delle "*Argilliti a Palombini*" (con riferimento agli Argilloscisti di Murta), i cui corpi ofiolitici intensamente fratturati ne rappresentano un esempio analogo.

I corpi ofiolitici più estesi e significativi si concentrano in prossimità del Passo della Bocchetta (comune di Campomorone), e la maggior parte delle sorgenti qui affioranti va ricondotta alla valenza idrogeologica di questi lembi.

Sempre al contrasto litologico sono riferibili alcune sorgenti di contatto ubicate in corrispondenza dei corpi detritici maggiori (accumuli di frana, fasce di detrito), o le numerose sorgenti poste nei pressi di Fraconalto, che sono riferibili ad un acquifero avente come roccia serbatoio un lembo della *Formazione di Molare*, accompagnato dalle relative fasce detritiche, sovrapposti al substrato impermeabile delle *Argilliti a Palombini*.

Gli orizzonti a maggior valenza acquifera sono sicuramente rappresentati dagli accumuli alluvionali di fondovalle, permeabili per porosità: il potente materasso alluvionale che colma la valle del Polcevera, in particolare, rappresenta un serbatoio idrico abbondantemente sfruttato per l'approvvigionamento idrico.

Nell'area di interesse, quindi, affiorano litotipi torbinitici arenaceo – siltosi e litotipi argillitici, caratterizzati da una permeabilità bassa/molto bassa.

Le coperture detritiche quaternarie, affioranti con buona continuità nel settore di fondovalle sul quale insiste il sito IKEA di interesse, risultano caratterizzate da una permeabilità comunque

relativamente modesta, per la presenza degli orizzonti alterati superficiali e/o per la presenza dei descritti (crf. par. 9) livelli fini limoso argillosi. A ciò è importante sottolineare come l'intero settore di fondovalle del Torrente Polcevera risulti intensamente urbanizzato, con ampie e continue aree ormai completamente cementate.

In Figura 10.1 si riporta uno stralcio della Carta Idrogeologica allegata al "*Piano di Bacino Stralcio della Provincia di Genova, Torrente Polcevera*".

La ristretta area di interesse ricade interamente in una "*Area Impermeabile per Urbanizzazione*".

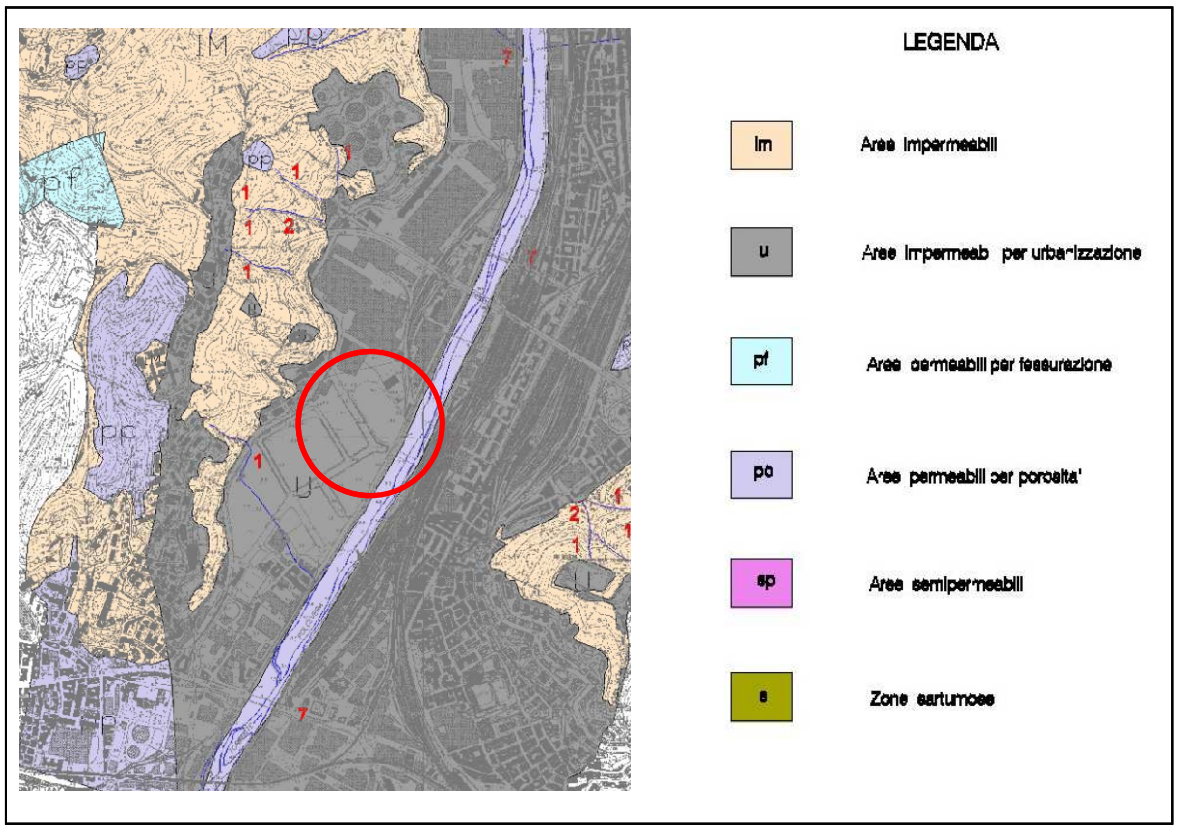


Figura 10.1:*Provincia di Genova, Torrente Polcevera, Piano di Bacino Stralcio, Carta Idrogeologica (Tav.6)*

11. INQUADRAMENTO IDROSTRATIGRAFICO DI DETTAGLIO DEL SITO IKEA

Sulla base di quanto introdotto nel capitolo di caratterizzazione stratigrafica (crf. cap. 9), l'assetto idro-stratigrafico del sito può essere sintetizzato in un unico sistema acquifero, costituito in prevalenza da ghiaie e sabbie, limitato alla base dal substrato roccioso impermeabile, e che presenta al suo interno delle lenti irregolarmente distribuite a bassa permeabilità; tali livelli, costituiti per la maggior parte da limi argillosi e spesso intercalati a sabbie fini, non presentano una distribuzione arealmente o verticalmente uniforme, e per questo non possono essere considerate come un acquitardo che separi due falde distinte.

Per definire le proprietà idrogeologiche dei terreni intercettati, sono state eseguite, nel sondaggio SPZ1, n.3 prove di permeabilità in situ di tipo Lefranc, a carico costante.
Le prove di permeabilità sono state eseguite in fase di avanzamento della perforazione nei depositi alluvionali.
Lo scopo delle prove è stato quello di misurare la conducibilità idraulica orizzontale del terreno.
Le prove sono state eseguite a carico idraulico costante, dal momento che i terreni investigati presentavano una elevata conducibilità idraulica.
Le modalità esecutive di ciascuna prova sono state le seguenti:

- perforazione con carotiere fino alla quota di inizio (tetto) della "tasca" di prova;
- rivestimento del foro fino alla quota raggiunta dalla perforazione, senza uso di fluido di circolazione almeno negli ultimi 100-50 cm di infissione;
- perforazione della "tasca" di prova, per un'altezza di 50cm, con carotiere semplice impiegando comunque acqua in circolazione nella quantità minima necessaria a consentire il carotaggio evitando contemporaneamente di "bruciare" la parete della "tasca";
- inserimento nel foro di ghiaia ben lavata fino a creare uno spessore di 60 cm dal fondo foro;
- misura ripetuta più volte del livello d'acqua nel foro;
- immissione di acqua pulita nella batteria di rivestimento fino alla determinazione di un carico idraulico costante, cui ha corrisposto una portata assorbita dal terreno costante nel tempo e misurata.
- il controllo della portata immessa a regime idraulico costante è stato determinato con contalitri di sensibilità pari a 0.1 litri.
- le condizioni di immissione a regime costante sono state mantenute, senza variazione alcuna, per 10-20 min.

- a partire dal momento della interruzione della prova, si sino misurati gli abbassamenti progressivi del livello dell'acqua all'interno del rivestimento a distanza di 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15', proseguendo fino all'esaurimento dell'abbassamento o al raggiungimento del livello della falda.

Di seguito si descrivono i risultati delle tre prove eseguite nel sondaggio SPZ1, i certificati di prova sono riportati in Allegato 1.

La prima prova è stata realizzata nell'intervallo di profondità compreso tra -16,0 m e -16,5 m da p.c., in un livello di ghiaia con sabbia limosa. La quota della falda è stata misurata a -6,18 m da p.c.. I parametri utilizzati per il calcolo della conducibilità idraulica sono stati:

- D = 0,127 m;
- L = 0,50 m;
- CF = 1,903 m;
- Δh = 7,08 m;
- Q = 0,45556 l/s

La formula usata è stata K = Q/ Δh*CF.

Si è ottenuto un valore di conducibilità idraulica pari a **K = 3,3 E-05 m/s.**

La seconda prova è stata realizzata nell'intervallo di profondità compreso tra -34,0 m e -34,5 m da p.c., in un livello di ghiaia con sabbia. La quota della falda è stata misurata a -6,24 m da p.c.. I parametri utilizzati per il calcolo della conducibilità idraulica sono stati:

- D = 0,127 m;
- L = 0,50 m;
- CF = 1,903 m;
- Δh = 7,20 m;
- Q = 1,73889 l/s

La formula usata è stata K = Q/ Δh*CF.

Si è ottenuto un valore di conducibilità idraulica pari a **K = 1,2 E-04 m/s**.

La terza prova è stata realizzata nell'intervallo di profondità compreso tra -40,0 m e -40,5 m da p.c., in un livello di ghiaia con sabbia debolmente limosa. La quota della falda è stata misurata a -6,10 m da p.c.. I parametri utilizzati per il calcolo della conducibilità idraulica sono stati:

- D = 0,127 m;

- L = 0,50 m;
- CF = 1,903 m;
- Δh = 6,80 m;
- Q = 0,77778 l/s

La formula usata è stata K = Q/ Δh*CF.
Si è ottenuto un valore di conducibilità idraulica pari a **K = 6,0 E-05 m/s**.

Sulla base dei valori di conducibilità idraulica ottenuti dalle prove effettuate in sito nel sondaggio SPZ1, è possibile classificare l'acquifero come *Mediamente Permeabili* (si veda la tabella 11.1).

Classe	Descrizione qualitativa	Permeabilità (m/s)
I	ALTA	$>10^{-03}$
II	ALTA/MEDIA	$10^{-03} \div 10^{-05}$
III	MEDIO/BASSA	$10^{-05} \div 10^{-07}$
IV	BASSA	$10^{-07} \div 10^{-09}$
V	MOLTO/BASSA	$<10^{-09}$

Tabella 11.1 - Classi di permeabilità

11.1 CARATTERSTICHE GRANULOMETRICHE

Nell'ambito delle attività svolte nei mesi di gennaio e febbraio 2011, sono stati prelevati campioni di terreno sia indisturbati che rimaneggiati dai due sondaggi SPZ1 e SPZ2, sui quali sono state eseguite le prove per la determinazione dei fusi granulometrici.
Di seguito si descrivono le caratteristiche granulometriche sia per i materiali grossolani che compongono l'acquifero che per il materiale meno permeabile presente nelle lenti sopra descritte.

Campione 1 - Materiali permeabili (ghiaie e sabbie)

Nella Figura 11.1 si riportano le curve granulometriche relative alle ghiaie e sabbie del sondaggio SPZ1, rappresentato attraverso una serie di campioni prelevati al di sotto della soggiacenza fino a circa 18 m da p.c.. Tale orizzonte è caratterizzato da terreni classificabili come ghiaie con sabbie (si vedano le prime 4 curve dal basso della figura). La percentuale di ghiaia va da un

minimo di 48 ad un massimo di 80 e la percentuale di sabbia invece da un minimo di 14 ad un massimo di 40. La curve che presenta una percentuale più elevata di limo si riferisce ad un livelletto di limoso sabbioso presente intorno ai 13 m da p.c.

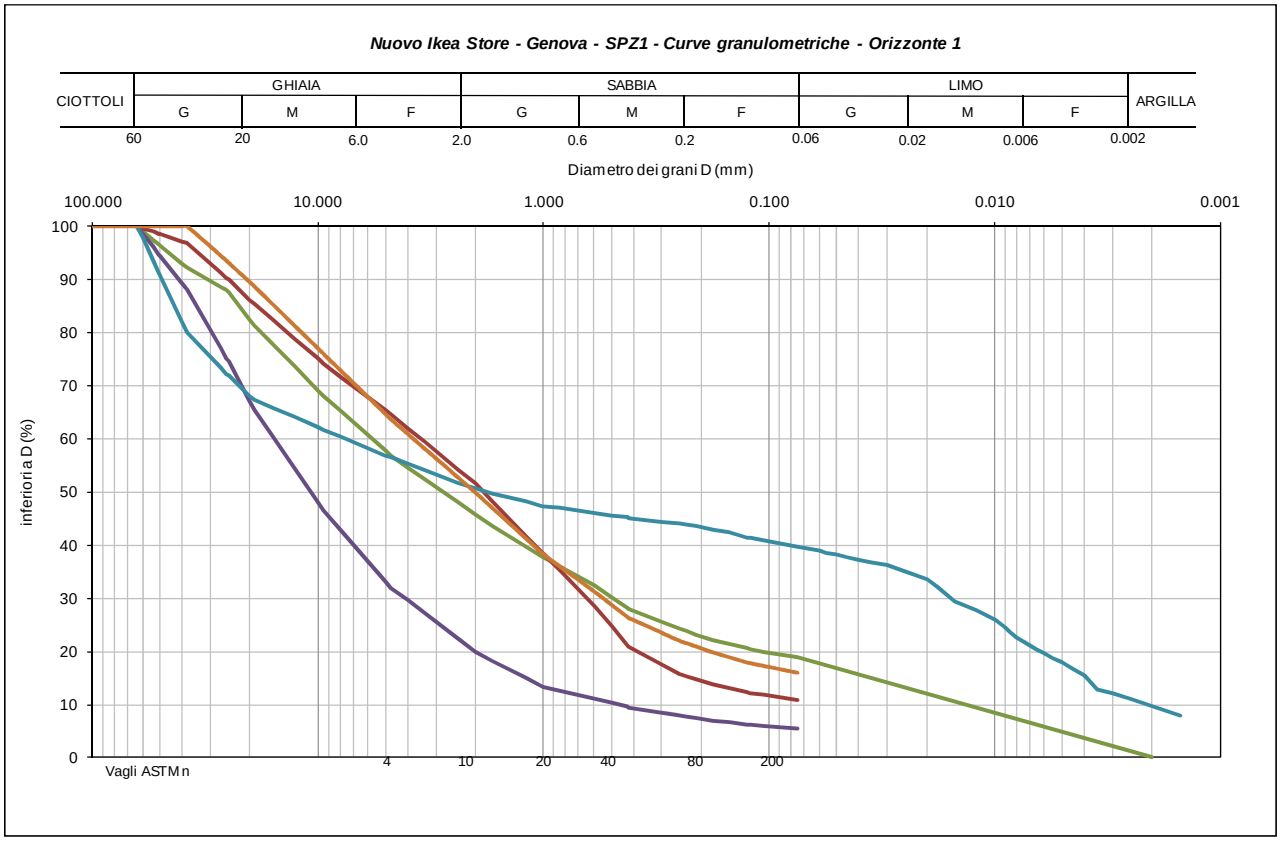


Figura 11.1: Curve granulometriche relative ai materiali permeabili del sondaggio SPZ1.

Invece nella Figura 11.2 si riportano le curve granulometriche relative ai materiali permeabili del sondaggio SPZ2. Tale orizzonte è caratterizzato da terreni classificabili come ghiaie con sabbie come si vede dalle prime 4 curve dal basso della figura. La percentuale di ghiaia va da un minimo di 48 ad un massimo di circa 80 e la percentuale di sabbia invece da un minimo di 14 ad un massimo di 28. L'altra curva in rosso rappresenta un livelletto, di circa 50 cm di spessore, presente alla profondità di circa 10 m da p.c., costituito da limo con sabbia, (limo 74% e sabbia 26%).

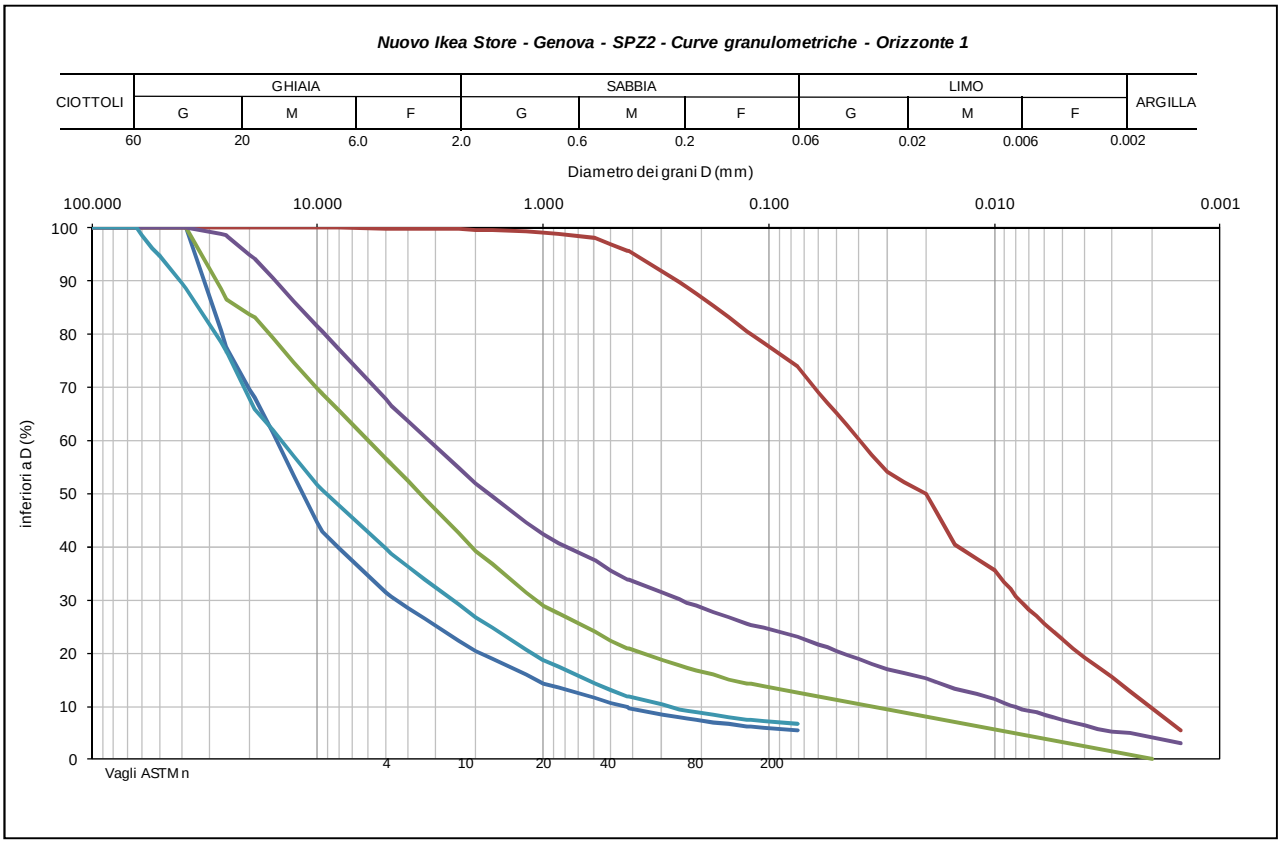


Figura 11.2: Curve granulometriche relative ai materiali permeabili del sondaggio SPZ2.

Dal confronto dei fusi granulometrici dei materiali permeabili riportati nelle figure precedenti, si può ritenere che tale orizzonte sia omogeneo sull'intera area e abbia le stesse caratteristiche granulometriche e di permeabilità. Si vede in entrambi i sondaggi la presenza di un livelletto più fine intorno ai 10 – 13 m dal p.c.

Campione 2 - Materiali meno permeabili (limi e argille)

Per quanto riguarda i materiali meno permeabili, nella Figura 11.3 si riportano le curve granulometriche estrapolate dai campioni prelevati nel sondaggio SPZ1. Tali materiali sono compresi tra circa -18 m a -29 m da p.c. e sono classificabili come limi argillosi a limi sabbiosi. La percentuale di limo varia da 66% a 98% mentre la componente sabbiosa tra 1.30% e 33%. Tale livello costituisce localmente un livello meno permeabile all'interno dell'acquifero e non mostra caratteristiche di continuità orizzontale e verticale.

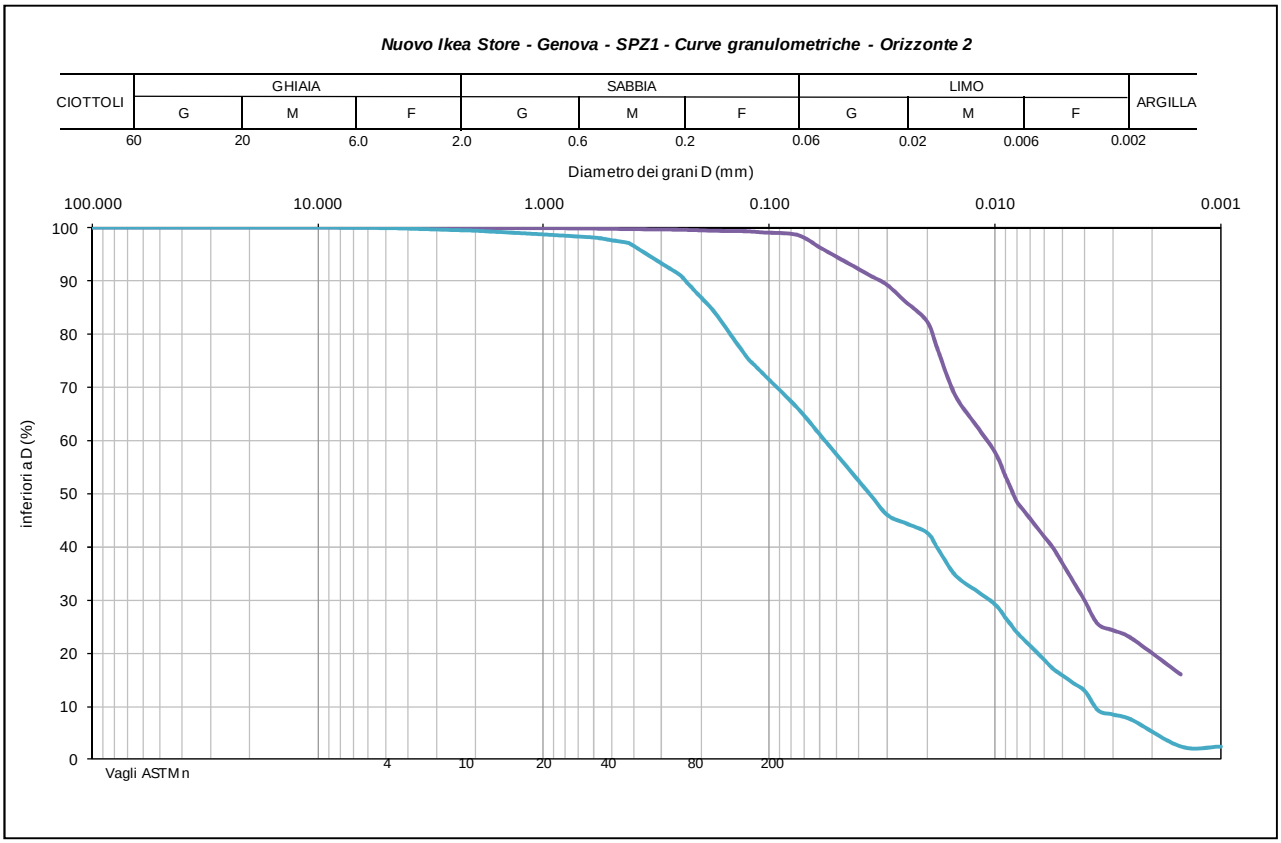


Figura 11.3: Curve granulometriche relative ai materiali meno permeabili del sondaggio SPZ1.

Invece nella Figura 11.4 si riportano le curve granulometriche relative ai materiali meno permeabili del sondaggio SPZ2. In questa area tale materiale si presenta in spessori nettamente inferiori rispetto a quello del sondaggio SPZ1 e con caratteristiche meno omogenee.

Infatti come si nota dalle stratigrafie riportate nell'Allegato 1 e da ciò che si evince dalle curve granulometriche tale orizzonte è caratterizzato da alternanze tra livelli di limo con sabbia e livelli di ghiaia con sabbia. I livelli più fini coesivi sono comunque prevalenti rispetto a quelli più grossolani. Inoltre si nota che le curve relative ai limi sono del tutto analoghe a quelle riscontrate nel sondaggio SPZ1.

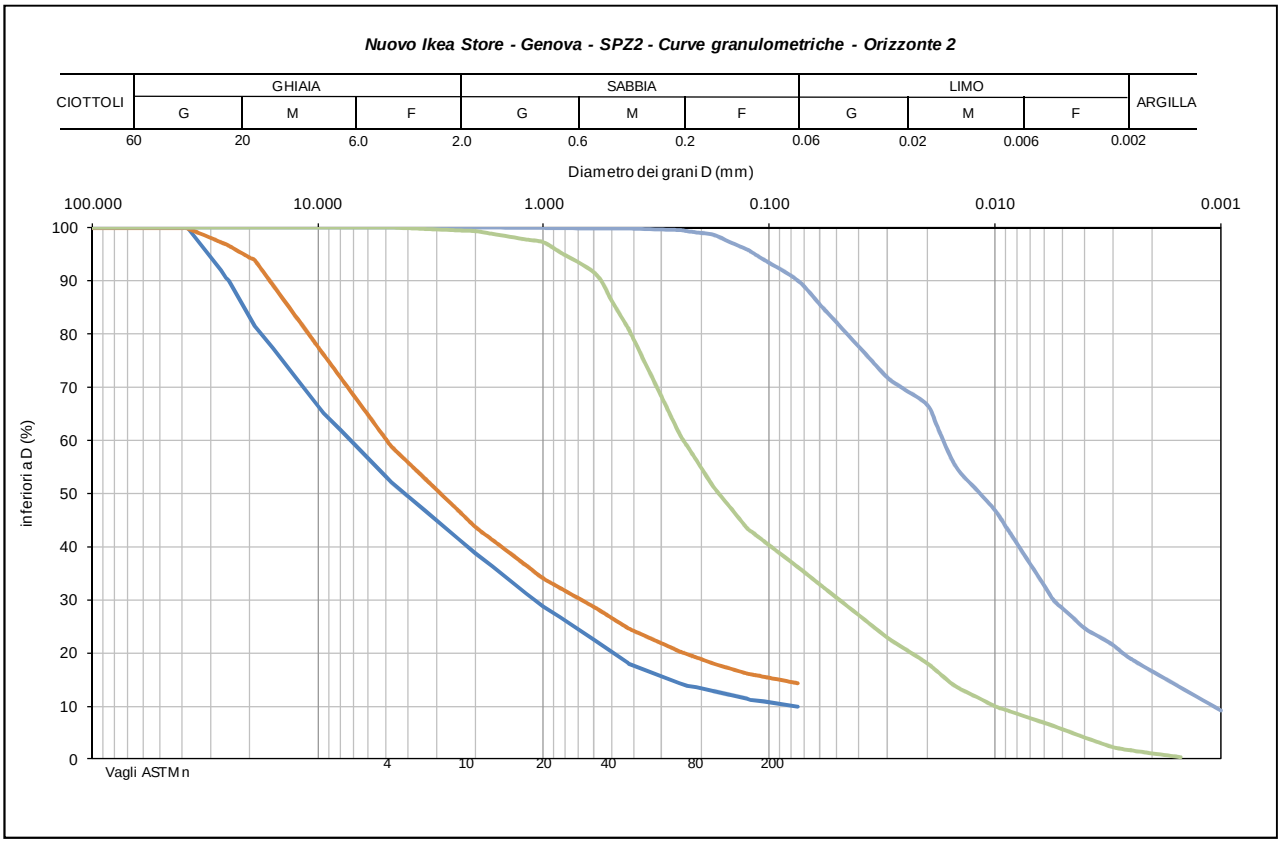


Figura 11.4: Curve granulometriche relative ai materiali meno permeabili del sondaggio SPZ2.

Campione 3 – Materiali permeabili (ghiaie e sabbie)

I fusi granulometrici relativi ai materiali permeabili sono riportati nella Figura 11.5. Tale materiale, prelevato nell'SPZ1, si rinviene tra circa -29 m a -47 m da p.c. e dalle curve granulometriche è classificabile come ghiaia con sabbia e ghiaia sabbiosa debolmente limosa. La percentuale di ghiaia varia da 35% a 78%, la componente sabbiosa tra 12% e 33%, mentre la componente limosa varia da 8% a 30%.

Data l'omogeneità dei depositi presenti nell'area, è possibile estendere la presenza di tale livello anche al di sotto dell'area ex-Ilva.

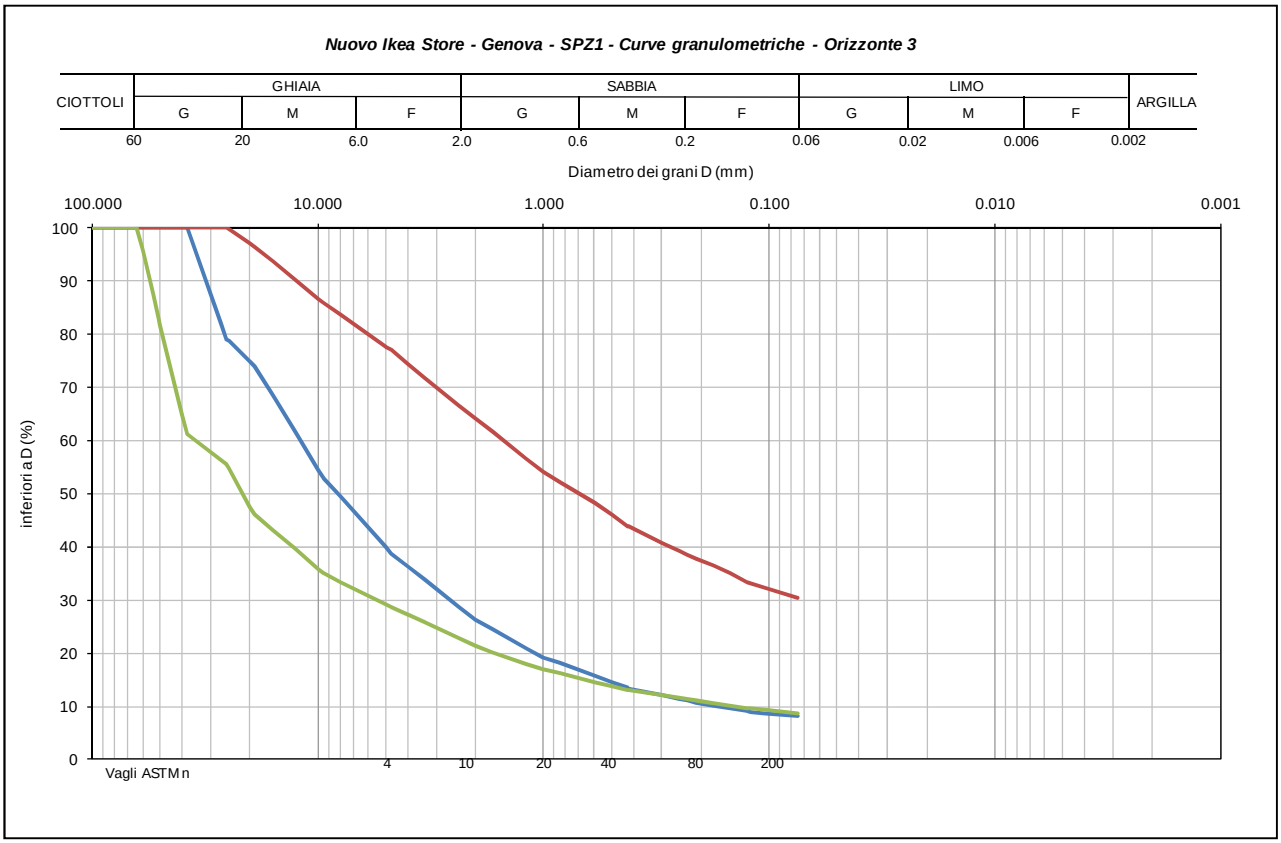


Figura 11.5: Curve granulometriche relative ai materiali permeabili del sondaggio SPZ1.

Di seguito, nelle successive due figure, sono riassunte le caratteristiche granulometriche degli orizzonti presenti nei due sondaggi SPZ1 e SPZ2.

Il diagramma riassuntivo del valore medio della percentuale del passante per tipo di materiale, relativo ai tre orizzonti nel sondaggio SPZ1, evidenzia quanto segue. In Figura 11.6 si può notare come i materiali più permeabili siano caratterizzati da più del 50% da ghiaie, mentre le componenti sabbiosa e limosa rappresentano la restante percentuale. Invece si nota come nel livello meno permeabile sia prevalente la componente limosa per l'82% mentre la restante percentuale sia composta da sabbia.

Invece nella Figura 11.7 si riporta il diagramma riassuntivo del valore medio della percentuale del passante per tipo di materiale, relativo ai due materiali analizzati nel sondaggio SPZ2. Si può notare come il materiale più permeabile sia caratterizzato da più del 50% da ghiaie, mentre le componenti sabbiosa e limosa rappresentano la restante percentuale. Tale materiale risulta del tutto analogo a quello rinvenuto nel sondaggio SPZ1.

Invece il materiale meno permeabile è costituito in percentuali quasi uguali di limo, sabbia e ghiaia. La percentuale della componente limosa risulta essere comunque più alta rispetto alle altre due.

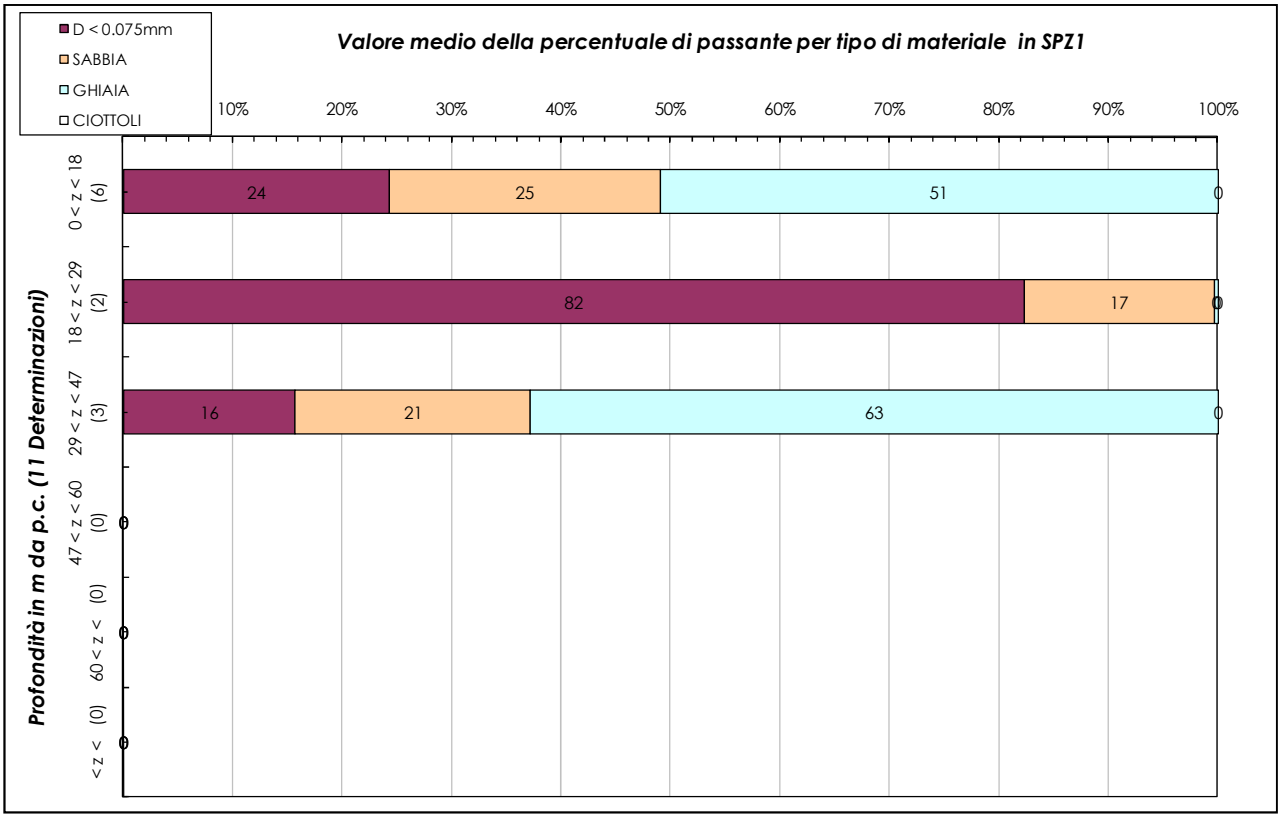


Figura 11.6: Diagramma del valore medio della percentuale del passante per tipo di materiale, relativo ai tre orizzonti nel sondaggio SPZ1.

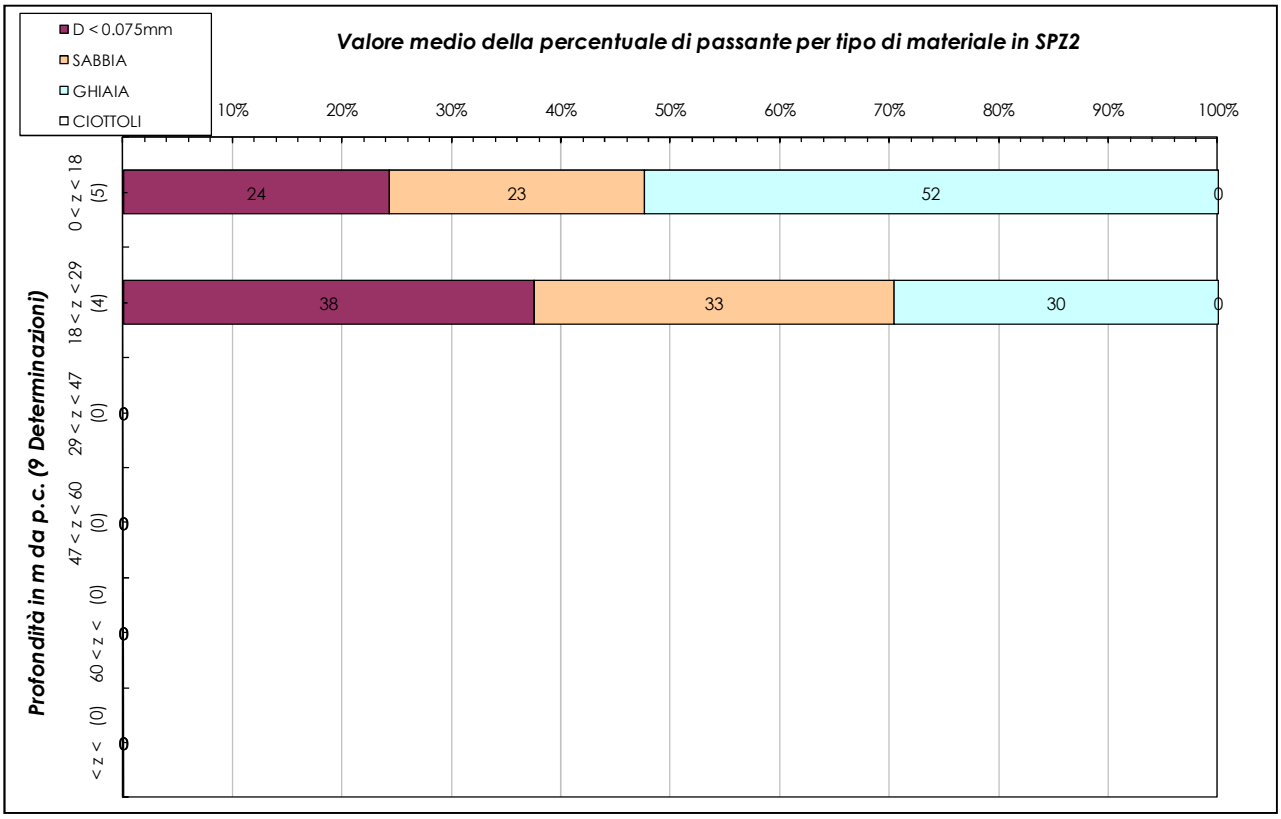


Figura 11.7: Diagramma del valore medio della percentuale del passante per tipo di materiale, relativo ai due orizzonti nel sondaggio SPZ2.

11.2 LIVELLI DI FALDA

Nel febbraio del 2011 è stata eseguita una campagna di misure dei livelli di falda nei piezometri presenti nell'area IKEA in oggetto. In particolare sono stati oggetto di monitoraggio il piezometro SPZ1 (dove si è registrata una soggiancenza della falda di 6,30 m dal piano campagna) e il SPZ2 (dove la soggiacenza misurata è stata di 4,80 m dal p.c.).

La quota assoluta del livello piezometrico in SPZ1 è pari a 4,25 m s.l.m.; mentre in SPZ2 è uguale a 5,10 m s.l.m.

La differenza riscontrata tra i due punti, pari a circa 90 cm, nonostante siano terebrati nello stesso acquifero, potrebbe essere dovuta sia alla presenza locale di lenti a minore permeabilità sia alla presenza nell'area di pozzi industriali in emungimento.

In tabella 11.2 si riportano le caratteristiche costruttive e le misure piezometriche relative ai n.2 piezometri (SPZ1 e SPZ2) presenti nell'area IKEA di Genova Campi.

Sond. n°	Profondità sondaggio	Data Esec.	Profondità Piezometro da p.c.	Diametro piezometro
SPZ1	50,00	02-09/02	50,00	3”
SPZ2	30,00	14-17/02	21,00	3”

Piez. N°	Data	Livello statico (m da bocca pozzo)
SPZ1	21/02/11	6,30
SPZ2	21/02/11	4,80

Tabella 11.2 – caratteristiche costruttive e livelli piezometrici relativi ai piezometri SPZ1 e SPZ2.

12. SISMICITA'

La classificazione sismica della porzione di territorio di interesse qui esposta è orientata alla definizione dell'azione sismica di progetto secondo le disposizioni delle Norme Tecniche di cui al DM 14 Gennaio 2008, Norme tecniche per le costruzioni, Gazzetta Ufficiale n. 29 del 04.02.2008 – Supplemento Ordinario n. 159 (nel seguito NT2008).

Il sito in oggetto si trova nell'area del comune di Genova, caratterizzata da una sismicità classificabile come bassa, ma non trascurabile, come si evince dai dati riportati nel Database delle Osservazioni Macrosismiche DBMI04 (Stucchi et alii. 2007 - . DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/ Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38).

Infatti, sono stati storicamente osservati nell'area di Genova eventi sismici con elevate intensità al sito (si veda la storia macrosismica di *Figura 12.1*). In Tabella 12.1 si riposta un estratto della storia macrosismica con una sintesi dei dati degli eventi principali: assumono notevole rilievo il terremoto di Genova del 1767 (molto vicino come epicentro, ma poco documentato storicamente in termini di risentimenti) ed il terremoto di Imperia/Liguria Occidentale del 1887. In particolare, l'ultimo evento (originato in corrispondenza della struttura sismogenica di Imperia, rif. ITGG130) ha prodotto risentimenti in tutta la Liguria, fino a Genova, con intensità dell'ordine di 6-7.

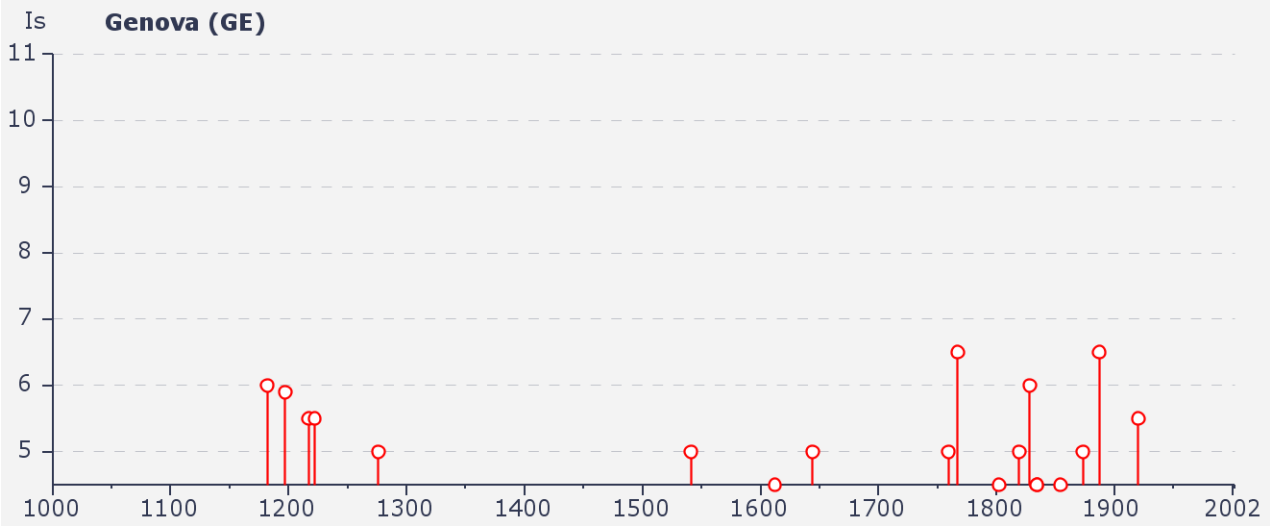


Figura 12.1: Storia macrosismica dell'area del comune di Genova (da DBMI04, Stucchi et al., 2007). Gli eventi principali sono descritti in Tabella 12.1.

Tabella 12.1: Terremoti storici che hanno prodotto i massimi risentimenti registrati nel comune di Genova (da DBMI04, Stucchi et al., 2007)

Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Mw Magnitudo momento	Io Intensità epicentrale (MCS)	Is Intensità massima registrata a Genova
1767 02 07 03 45	GENOVA	5.1	6-7	6-7
1828 10 09 02 20	Valle dello Staffora	5.7	7-8	6
1887 02 23 05 21 50	Liguria occidentale	6.3	9	6-7
1920 09 07 05 55 40	Garfagnana	6.5	9-10	5-6

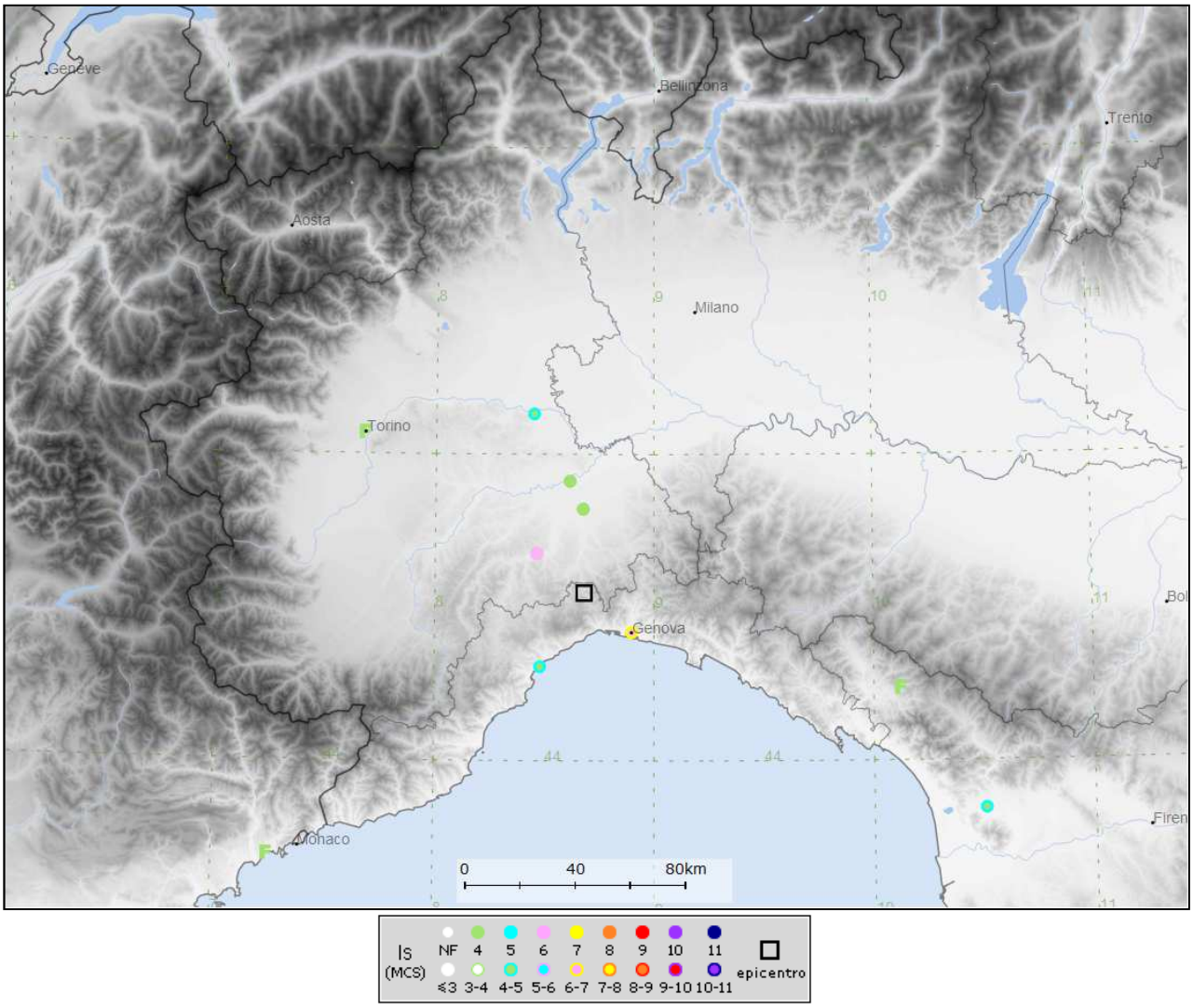


Figura 12.2: Intensità osservate in conseguenza del terremoto del 1767 (Mw=5.06) con epicentro a NW di Genova (elaborazione tratta dal catalogo DBMI04, Stucchi et al., 2007)

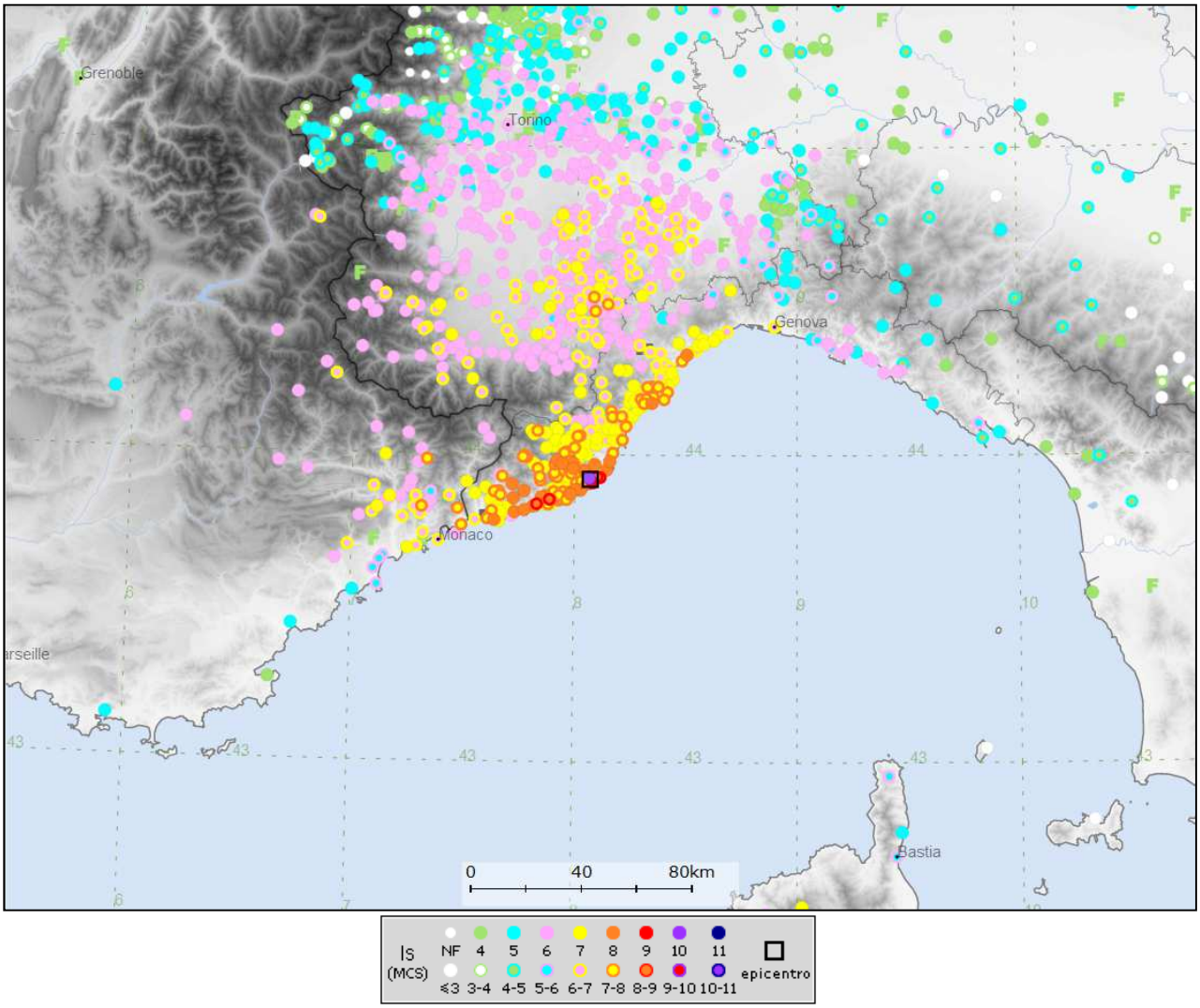


Figura 12.3: Intensità osservate in conseguenza del terremoto del 1887 (Mw=6.3) con epicentro nella Liguria occidentale, Imperia (elaborazione tratta dal catalogo DBMI04, Stucchi et al., 2007)

Secondo quanto indicato nel par. 3 delle NT2008, l'azione sismica in base alla quale valutare il rispetto dei diversi Stati Limite per le strutture in progetto va definita a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, quest'ultima definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido e con superficie topografica orizzontale. La definizione dell'azione sismica richiede la determinazione delle ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$ "ancorato" al valore di a_g, facendo riferimento a diverse probabilità di eccedenza della stessa azione sismica nel periodo di riferimento V_R assunto per la struttura, in funzione dello stato limite considerato. La forma degli

spettri di risposta è definita, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento considerato, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito rigido con superficie orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito.
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_c* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato al testo delle citate Norme Tecniche è presente una tabella nella quale i suddetti valori vengono definiti su una griglia di punti prefissati del territorio nazionale (con passo 5-7 Km). I valori per luoghi geografici situati in punti intermedi della griglia si ottengono per interpolazione lineare sui quattro punti adiacenti.

Il sito di progetto è localizzato in corrispondenza delle seguenti coordinate geografiche (si veda la Figura 12.4):

LONG. E8.884241°, LAT. N44.423590°

Tali coordinate individuano un luogo geografico compreso tra i punti di griglia ID 16695 (NW), 16696 (NE), 16917 (SE) e 16918 (SW): si veda lo schema di Figura 12.5 tratto dal software Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3 (Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2008), impiegato per l'interpolazione per i parametri a_g, F_o e T_c*. Il risultato di tale interpolazione è riportato in Tabella 12.2; sulla base dei parametri spettrali suddetti sono stati costruiti gli spettri di risposta elastici della componente orizzontale di moto sismico mostrati in Figura 12.6, definiti su suolo rigido (Tipo A).



Figura 12.4: Individuazione delle coordinate geografiche di riferimento (mappa da Google Earth™)

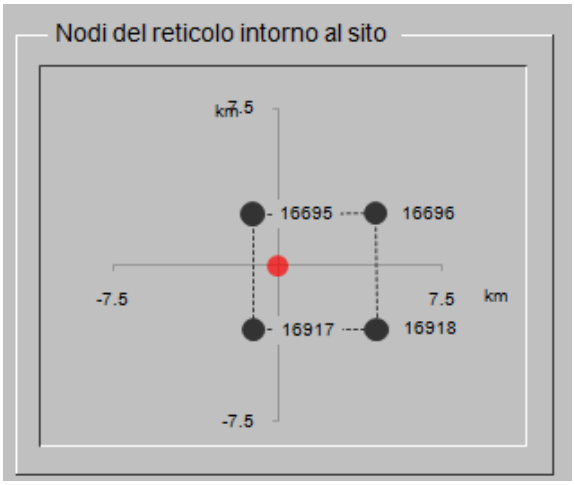


Figura 12.5: Localizzazione del sito di progetto rispetto ai punti adiacenti della griglia di valori di pericolosità sismica da NT2008

Tabella 12.2: Parametri a_g, F_o e T^*_c in funzione del tempo di ritorno T_R di riferimento dell'azione sismica

T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T_c^* (s)
30	0.023	2.546	0.183
50	0.029	2.524	0.206
72	0.034	2.542	0.221
101	0.038	2.555	0.243
140	0.043	2.524	0.265
201	0.050	2.528	0.270
475	0.068	2.537	0.287
975	0.087	2.534	0.298
2475	0.119	2.526	0.306

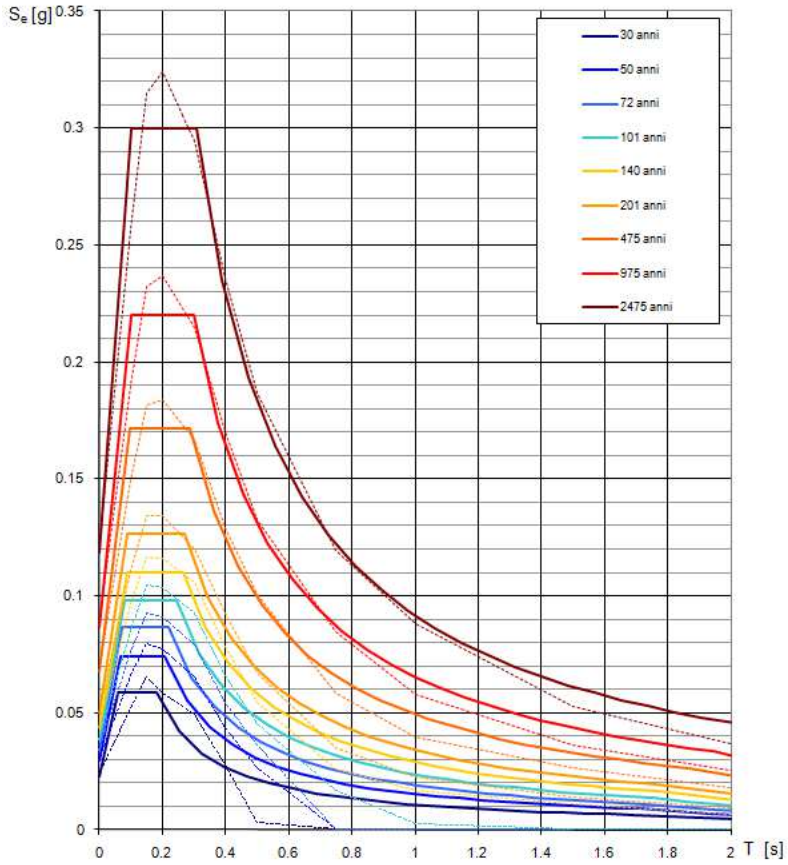


Figura 12.6: Spettri di risposta elastici in accelerazione delle componenti orizzontali NT2008 per diversi periodi di ritorno (linee continue). Le linee tratteggiate mostrano gli spettri a pericolosità costante definiti dal progetto INGV-S1- http://esse1.mi.ingv.it/, a partire dai quali sono stati derivati gli spettri di normativa.

In base all'inquadramento di cui sopra, è possibile definire l'azione sismica da adottare nelle verifiche strutturali e geotecniche fissando il valore di periodo di ritorno T_R di riferimento dell'azione sismica, funzione della Vita nominale dell'opera in progetto (V_N), della sua Classe d'uso, oltre che dello Stato Limite nei confronti del quale si vogliono condurre le verifiche. Nel caso specifico, per la determinazione di T_R si è assunto:

- Vita Nominale dello Store IKEA **V_N = 50 anni** (valore minimo stabilito dalle NT2008 per opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale);

- **Classe d'Uso dell'opera = III** (stabilita dalle NT2008 per costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi, come nel caso in esame), da cui deriva un Coefficiente d'Uso **C_U = 1.5**;

Le verifiche strutturali e geotecniche della struttura in esame verranno condotte rispetto allo **Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)** per il quale, a seguito del terremoto, è ammesso che la costruzione subisca rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici, e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione deve conservare invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali. Allo SLV corrisponde, sempre da NT2008, una probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} pari a **P_{VR} =10%.**

In base a questi parametri si ricavano il periodo di ritorno di riferimento V_R e il periodo di ritorno T_R del sisma come:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.5 = 75\,anni$$

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln\left(1 - P_{V_R}\right)} = -\frac{75}{\ln\left(1 - 0.1\right)} = 712\,anni$$

Il T_R così calcolato è intermedio tra i valori di Tabella 12.2 riferiti ad un periodo di ritorno pari a 475 e 975 anni: a tale riguardo la normativa indica la seguente espressione da adottare per interpolare i valori di tabella al periodo di ritorno desiderato:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

dove con *p* si indica genericamente uno dei parametri a_g, F_o o T_C*.

Per T_R = 712 anni si ottiene:

a_g = 0.078·g

F_o = 2.535

T_c* = 0.293

<u>Amplificazione stratigrafica</u>

In assenza di misure dirette delle caratteristiche elastiche dei terreni di fondazione (eventualmente da prevedersi in fasi successive), i valori del parametro rappresentativo V_{S30} sono

stati calcolati a partire dai risultati delle prove SPT sui terreni a grana grossa mediante la correlazione di Ohta e Goto (1978). Il valore di $V_{S,30}$ calcolato per il profilo di V_S riportato in Figura 12.7 risulta pari a 195 m/s

Sulla base di tale valore l'area di intervento risulta ascrivibile alla Categoria di Suolo C: il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S del sito può essere calcolato attraverso la seguente espressione:

Categoria di suolo C => $S_S : 1.00 \le 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1.50$ => $S_S = 1.50$

Amplificazione topografica

Il sito è caratterizzato da una pendenza del terreno inferiore a 15°, pertanto il coefficiente di amplificazione topografica è pari a $S_T = 1.0$

Accelerazione orizzontale massima al sito

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima al sito per le verifiche allo Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV) risulta essere pari a:

$$a_{MAX} = a_g \cdot S_S \cdot S_T = 0.078 \cdot 1.50 \cdot 1.00 = 0.1167g$$

Verifica della stabilità del sito rispetto al fenomeno di liquefazione

Dato il valore relativamente basso di pericolosità sismica valutato per il sito, e di addensamento dei terreni presenti, non si ritiene allo stato attuale delle conoscenze che possano insorgere fenomeni di liquefazione anche locali. Eventuali verifiche a tale riguardo potranno essere effettuate nelle fasi successive di progettazione.

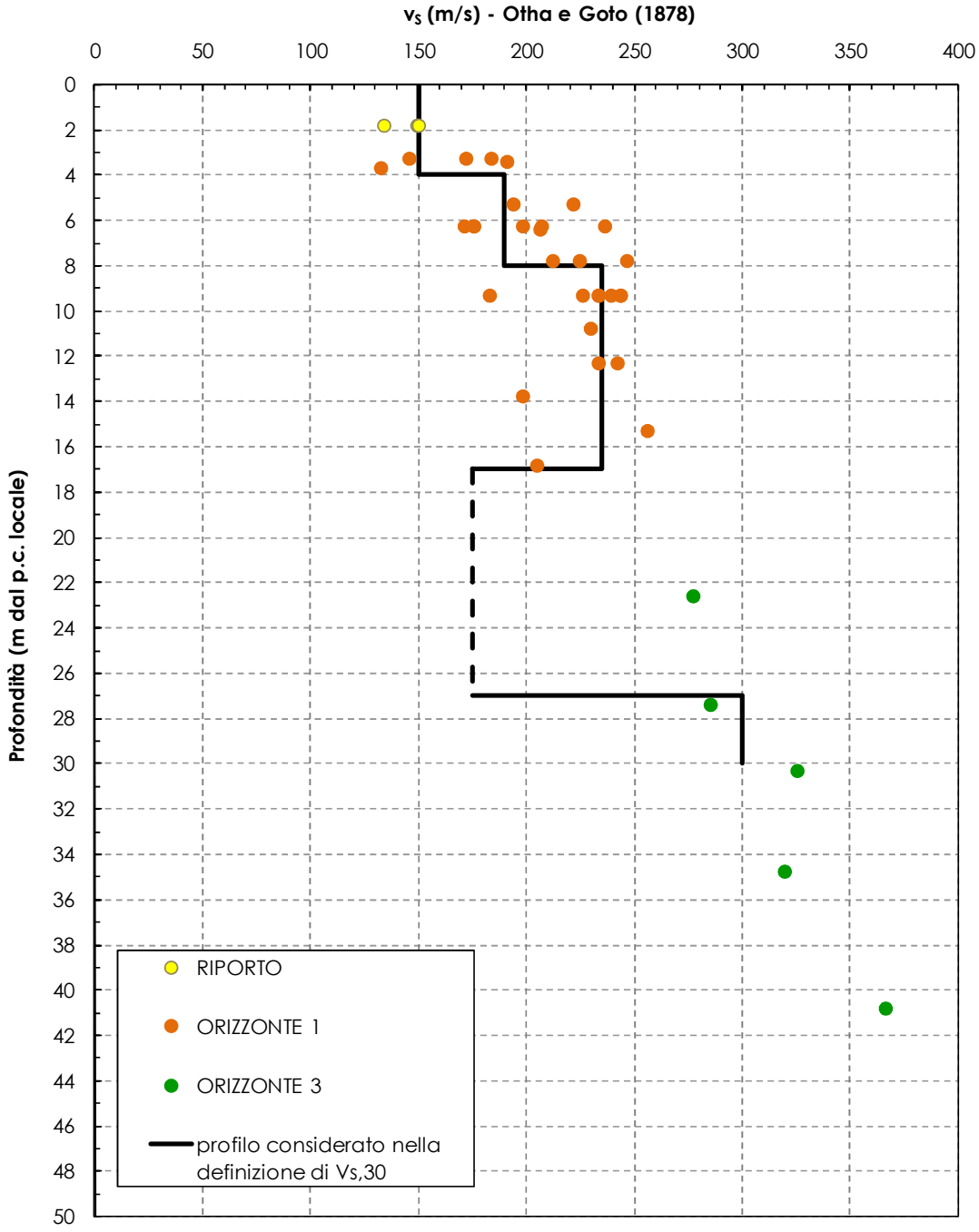


Figura 12.7: Profilo delle V_S per la determinazione di $V_{S,30}$

13. I PIANI DI BACINO

È stata fatta un'analisi della documentazione tecnico-scientifica inerente alle tematiche in oggetto e disponibile per la libera consultazione.

Lo strumento più utile allo scopo è rappresentato dalla relazione tecnica e dalla cartografia tematica, allegate al Piano Stralcio di Bacino della Provincia di Genova, con riferimento all'Ambito del Torrente Polcevera. Il Piano è stato approvato con delibera del consiglio Provinciale n. 14 del 02/04/2003 e con Delibera del Consiglio Provinciale n.38 del 30/09/2004 e s.m.i..

L'analisi della *Carta della Franosità Reale*, della *Carta del Rischio Geomorfologico,* della *Carta della Suscettibilità al Dissesto* e della *Carta del Rischio Idraulico* (di cui uno stralcio alla Figura 13.1, Figura 13.1 Figura 13.1 Figura 13.1 Figura 13.1), allegate al Piano, ha permesso di inquadrare le caratteristiche del territorio in esame.

Dalla *Carta della Franosità Reale* (Figura 13.1) si evince come nella ristretta area di interesse non siano stati cartografati elementi di dissesto.

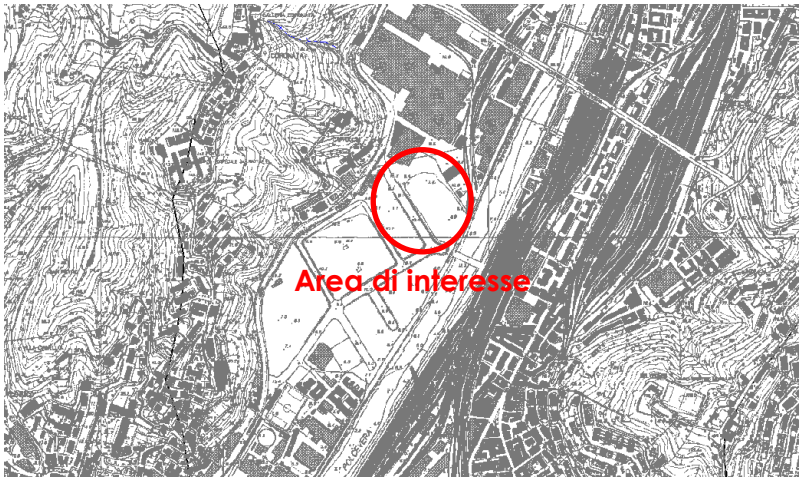


Figura 13.1 : Provincia di Genova, Torrente Polcevera, Piano di Bacino Stralcio, Carta della Franosità Reale (Tav.7)

Dalla *Carta del Rischio Geomorfologico* (Figura 13.1) si evince come l'area di interesse ricada in una fascia classificata con *Rischio Molto Basso*.



Figura 13.2: Provincia di Genova, Torrente Polcevera, Piano di Bacino Stralcio, Carta Rischio Geomorfologico (Tav.17).

Dalla *Carta della Suscettività al Dissesto* (Figura 13.1) si nota che l'area di interesse è classificata con suscettività al dissesto *Molto Bassa,* differenziandosi dai settori limitrofi, caratterizzati da suscettività variabile da *Bassa* a *Media*.



Figura 13.3: Provincia di Genova, Torrente Polcevera, Piano di Bacino Stralcio, Carta della Suscettività al dissesto (Tav.15).

Dalla Carta del Rischio Idraulico (Figura 13.1) si nota che l'area di interesse non risulta classificata, nelle vicinanze ci sono settori classificati con *Rischio Medio (R2)* e *Rischio Basso (R0).*

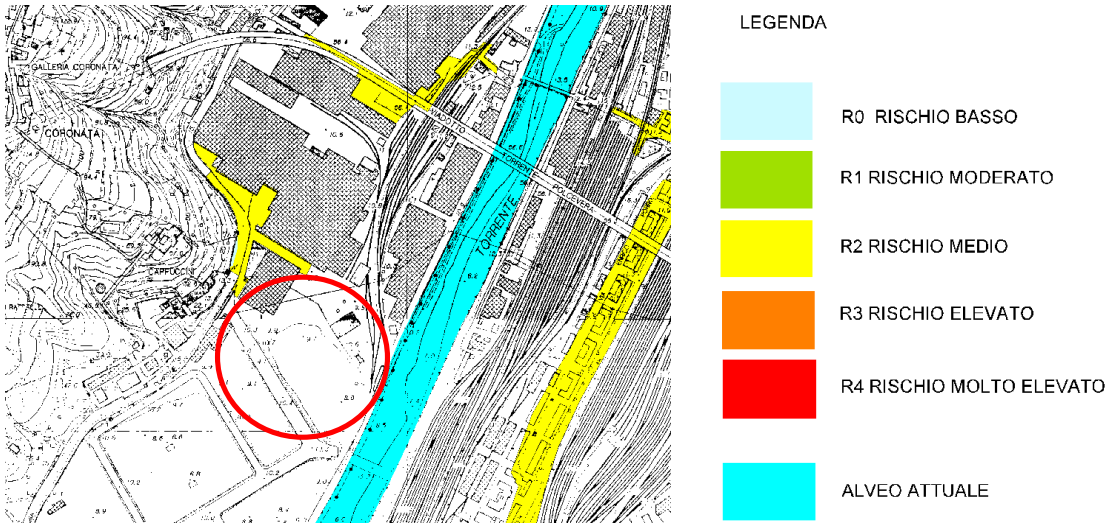


Figura 13.4: Provincia di Genova, Torrente Polcevera, Piano di Bacino Stralcio, Carta del Rischio Idraulico (Tav.18).

Inoltre nelle Figura 13.5 e Figura 13.6 si riportano gli stralci relativi alla Carta delle fasce fluviali e alla Carta delle aree inondabili.

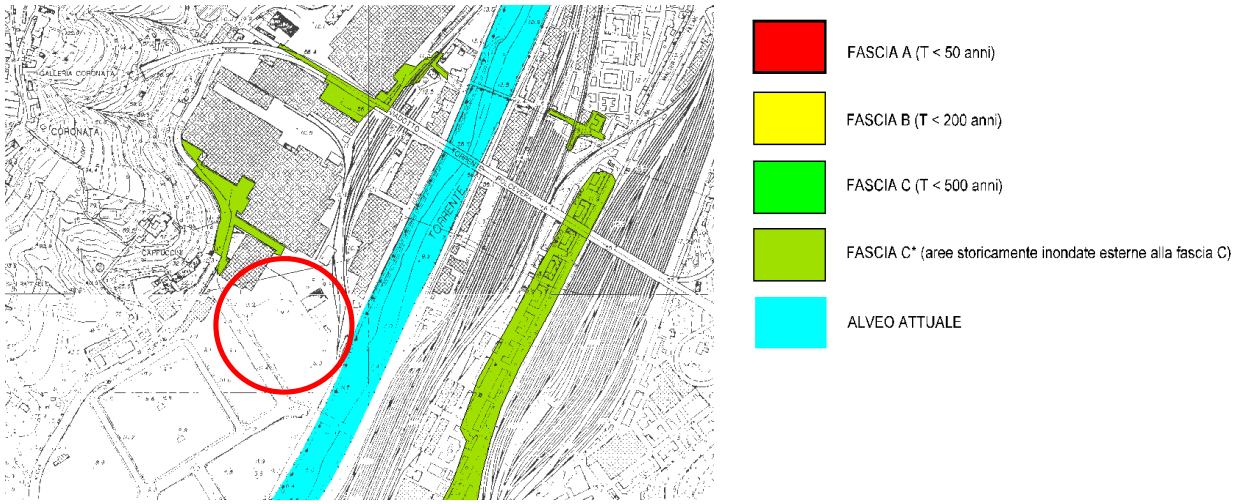


Figura 13.5: Provincia di Genova, Torrente Polcevera, Piano di Bacino Stralcio, Carta delle fasce fluviali (Tav.12b).

L’area di interesse non rientra in nessuna fascia fluviale (*Figura 13.5*). Nelle vicinanze ci sono aree che ricadono nella *Fascia C* (aree storicamente inondate esterne alla fascia C)*

Nella *Figura 13.5* si vede che nell’area di interesse non è presente alcuna area inondabile.

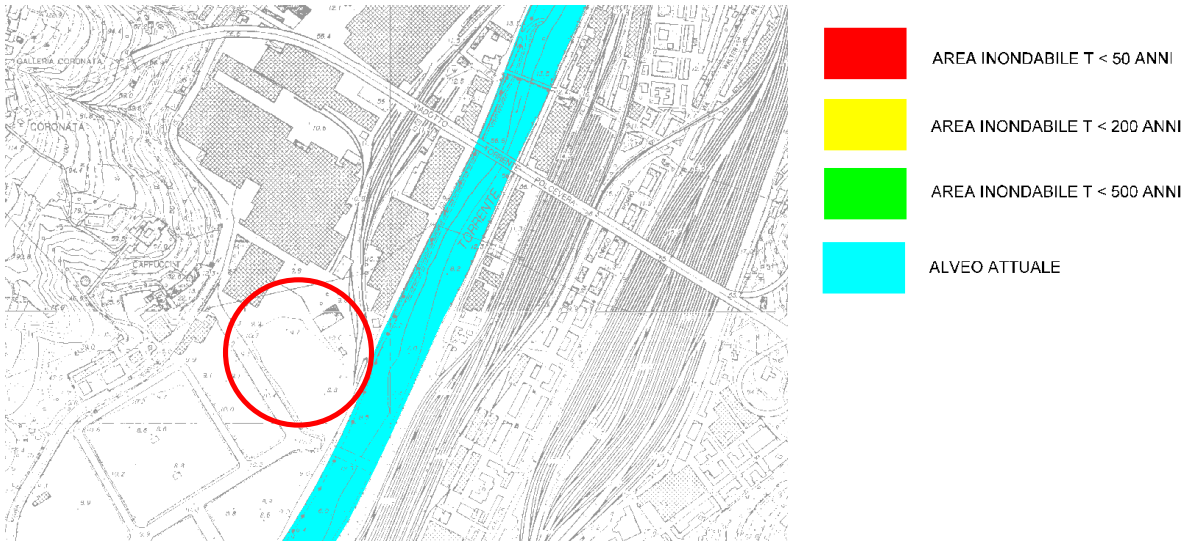
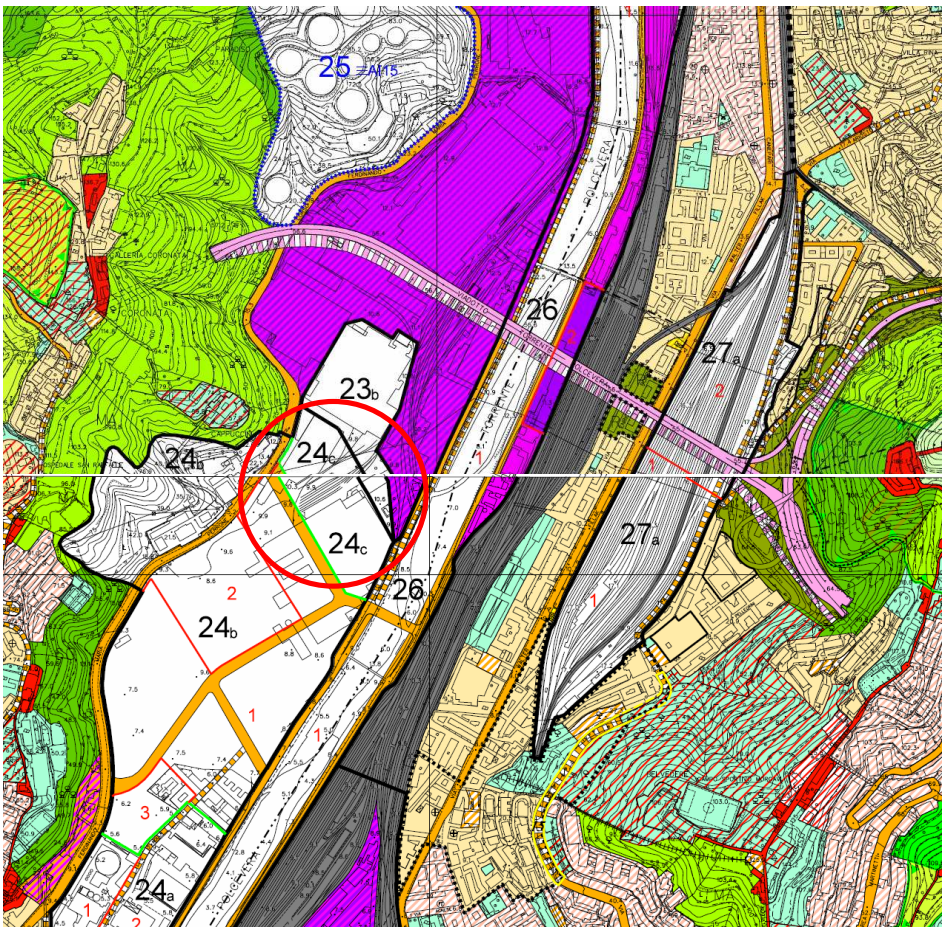


Figura 13.6: Provincia di Genova, Torrente Polcevera, Piano di Bacino Stralcio, Carta delle aree inondabili (Tav.12a).

14. INQUADRAMENTO NORMATIVO

L'area in esame ricade, secondo le normative vigenti di carattere geologico del nuovo Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.), nell'area identificata come area n. 24c Distretto aggregato CAMPI - Campi Nord, inserita nelle aree a norma speciale (Ambiti Speciali V.2). L'obbiettivo della trasformazione è quello della riconversione delle aree per usi produttivi e commerciali diversificati e compatibili. La funzione caratterizzante di tale area è quella dell'industria e dell'artigianato. In tale area sono ammesse funzioni del seguente tipo: servizi pubblici, parcheggi pubblici, viabilità secondaria, pubblici esercizi, assistenza alla mobilità veicolare, esercizi di vicinato, medie e grandi strutture di vendita con esclusione dei generi alimentari, direzionale, terziario e deposito e commercio all'ingrosso.

L'area in esame è compresa nel foglio 27 e nel foglio 37 della zonizzazione del P.U.C.



Stralcio relativo al Foglio 27

Stralcio relativo al Foglio 37

Figura 14.1: Comune di Genova, Piano Urbanistico Comunale, stralci relativi ai fogli 27 e 37

15. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI INVESTIGATI

Si riassumono nel seguito i risultati delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati durante le indagini geognostiche di sito che, integrati con le prove eseguite direttamente sul sito (prove penetrometriche dinamiche), permettono di caratterizzare il terreno da un punto di vista geotecnico.

In Figura 15.1 si riportano i risultati ottenuti dalle prove N_{SPT} rappresentati con colori differenti a seconda dell'orizzonte di appartenenza secondo quanto indicato nel capitolo 9.

Le figure che vanno dalla Figura 15.2 alla Figura 15.9 riportano i risultati delle prove di laboratorio in termini di caratteristiche fisiche dei terreni investigati, nello specifico:

- Figura 15.2: pesi di volume naturale γ_n misurati su campioni indisturbati rappresentativi del solo Orizzonte 2, essi risultano compresi tra 17 e 20 kN/m^3;
- Figura 15.3: contenuti d'acqua naturale w_n misurati su campioni indisturbati e rimaneggiati rappresentativi degli Orizzonti 1 e 2. Essi risultano crescenti con la profondità passando da valori compresi tra 5÷22% per l'Orizzonte 1 a valori compresi tra 20÷42% per l'Orizzonte 2;
- Figura 15.4: indici dei vuoti iniziali e_0 calcolati a partire dai pesi di volume naturale e dai contenuti d'acqua naturale; essi risultano compresi tra 0.6÷1.1;
- Figura 15.5: limiti liquidi LL misurati su campioni indisturbati e rimaneggiati; essi risultano compresi tra 25÷45%
- Figura 15.6: limiti plastici LP; essi risultano compresi tra 20÷35%;
- Figura 15.7: indici plastici IP; essi risultano compresi tra 5÷15%;
- Figura 15.8: attività A; essa risulta variabile tra 0.5 e 1.5;
- Figura 15.9: carta di Casagrande, il materiale in esame risulterebbe costituito da limi inorganici di bassa e media compressibilità.

La Figura 15.10 e la Figura 15.11 riportano le informazioni riguardo allo stato iniziale in sito dei terreni investigati, nello specifico:

- Figura 15.10: indici dei vuoti iniziali e_0 calcolati per un grado si saturazione pari al 100%;
- Figura 15.11: stato iniziale normalizzato e riportato sul piano di Burland (1990); gli stati iniziali del materiale, definiti dall'indice dei vuoti normalizzato I_{vo} e dalla pressione verticale

efficace geostatica σ_{vo}', risultano collocati al di sopra della linea di compressibilità intrinseca in condizioni edometriche ICL_{ed}. Tali materiali potrebbero pertanto risultare strutturati, tale aspetto andrà approfondito in sede di campagna di indagine integrativa (vedi capitolo 17).

Le figure che vanno dalla Figura 15.12 alla Figura 15.15 riportano i risultati delle prove di laboratorio e delle elaborazioni delle prove N_{SPT} in termini di caratteristiche meccaniche di resistenza dei terreni investigati, nello specifico:

- Figura 15.12: densità relativa Dr; calcolata a partire dai risultati delle prove SPT e delle granulometrie dove disponibili (dove non disponibili il D_{50} è stato assunto sulla base della descrizione stratigrafica) sulla base dell'espressione di Cubrinowski e Ishihara (1998);
- Figura 15.13: angolo di attrito φ' calcolato a partire dalla Dr sulla base dell'espressione di Bolton (1986);
- Figura 15.14: resistenza al taglio non drenata Cu da prove di laboratorio TX-UU e pocket penetrometer in sito;
-
- Figura 15.15: resistenza al taglio di picco in condizioni drenate da prove di taglio diretto TD;

Senza entrare nel dettaglio di ciascuna figura, sulla base dei risultati ottenuti si possono fare le seguenti considerazioni principali:

- I valori di resistenza al taglio in condizioni non drenate (c_U) ricavati a partire dalla misure effettuate mediante il pocket penetrometer sui terreni dell'Orizzonte 2, risultano variabili tra 30÷90 kPa, mentre i risultati ricavati dall'unica prova TX-UU eseguita sul campione indisturbato CI1 prelevato durante l'esecuzione del sondaggio SPZ2, riportano un valore di c_U compreso tra 90÷120 kPa
- Sulla base di n.4 prove di taglio diretto eseguite sui campioni indisturbati prelevati durante l'esecuzione dei sondaggi SPZ1 ed SPZ2 in corrispondenza dell'Orizzonte 2, si sono ottenuti i parametri di resistenza al taglio di picco in condizioni drenate pari a φ' = 26÷30° e c'=0÷10 kPa.

Le figure che vanno dalla Figura 15.16 alla Figura 15.19 riportano i risultati delle prove di laboratorio e delle elaborazioni delle prove N_{SPT} in termine di caratteristiche meccaniche di deformabilità dei terreni di investigati, nello specifico:

- Figura 15.16: velocità delle onde di taglio Vs nei terreni a grana grossa (Orizzonte 1 ed Orizzonte 3) ricavate a partire dai risultati delle prove SPT sulla base dell'espressione di Otha e Goto (1978), esse risultano crescenti con la profondità;
- Figura 15.17: moduli di taglio iniziali G_0 ricavati a partire dalle Vs;
- Figura 15.18: moduli di Young iniziali E_0 ricavati a partire da G_0;
- Figura 15.19:modulo edomerico M ricavato da n.3 prove edometriche IL eseguite sui campioni indisturbati prelevati durante l'esecuzione dei sondaggi SPZ1 ed SPZ2 in corrispondenza dell'Orizzonte 2.

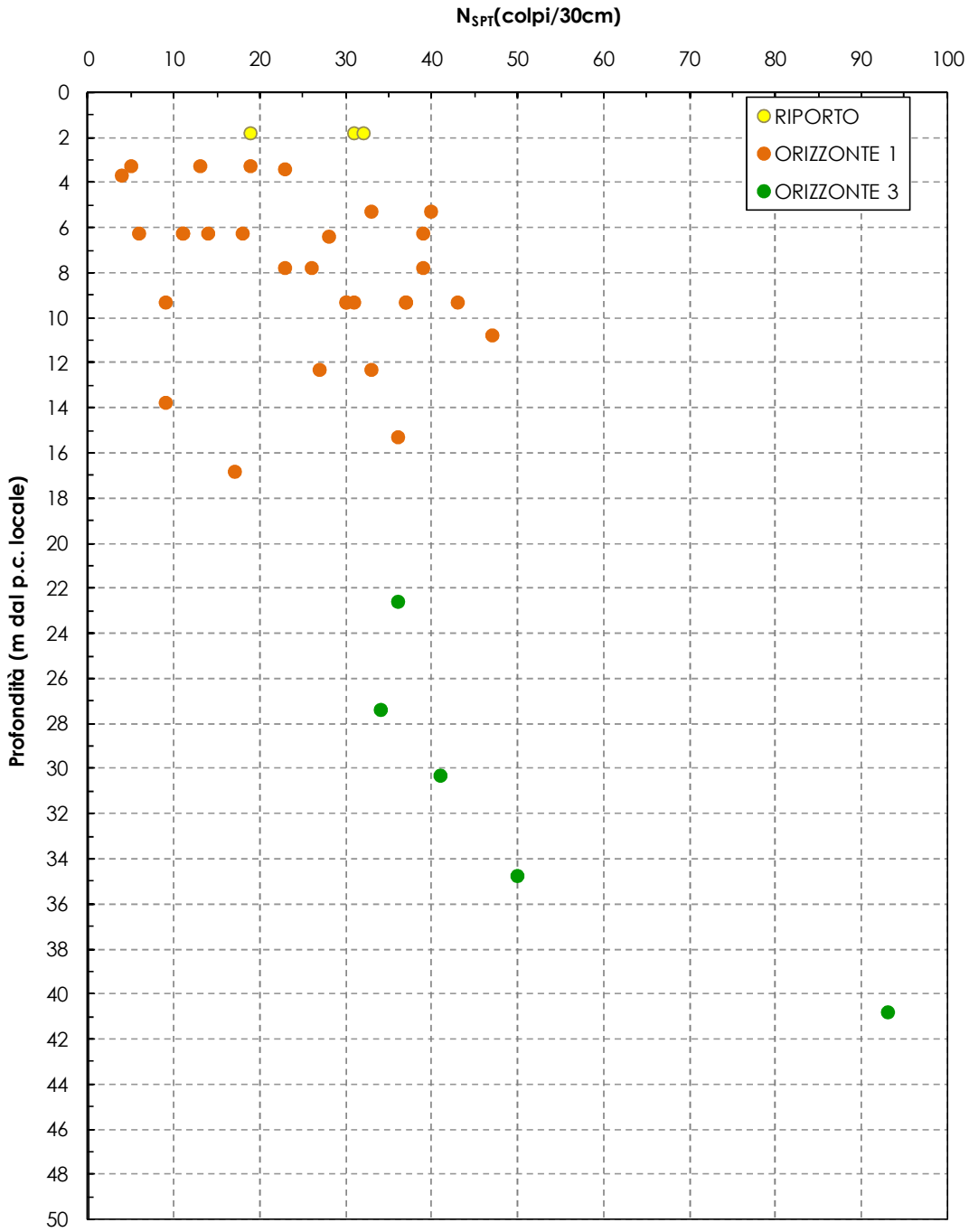


Figura 15.1: Prove S.P.T.

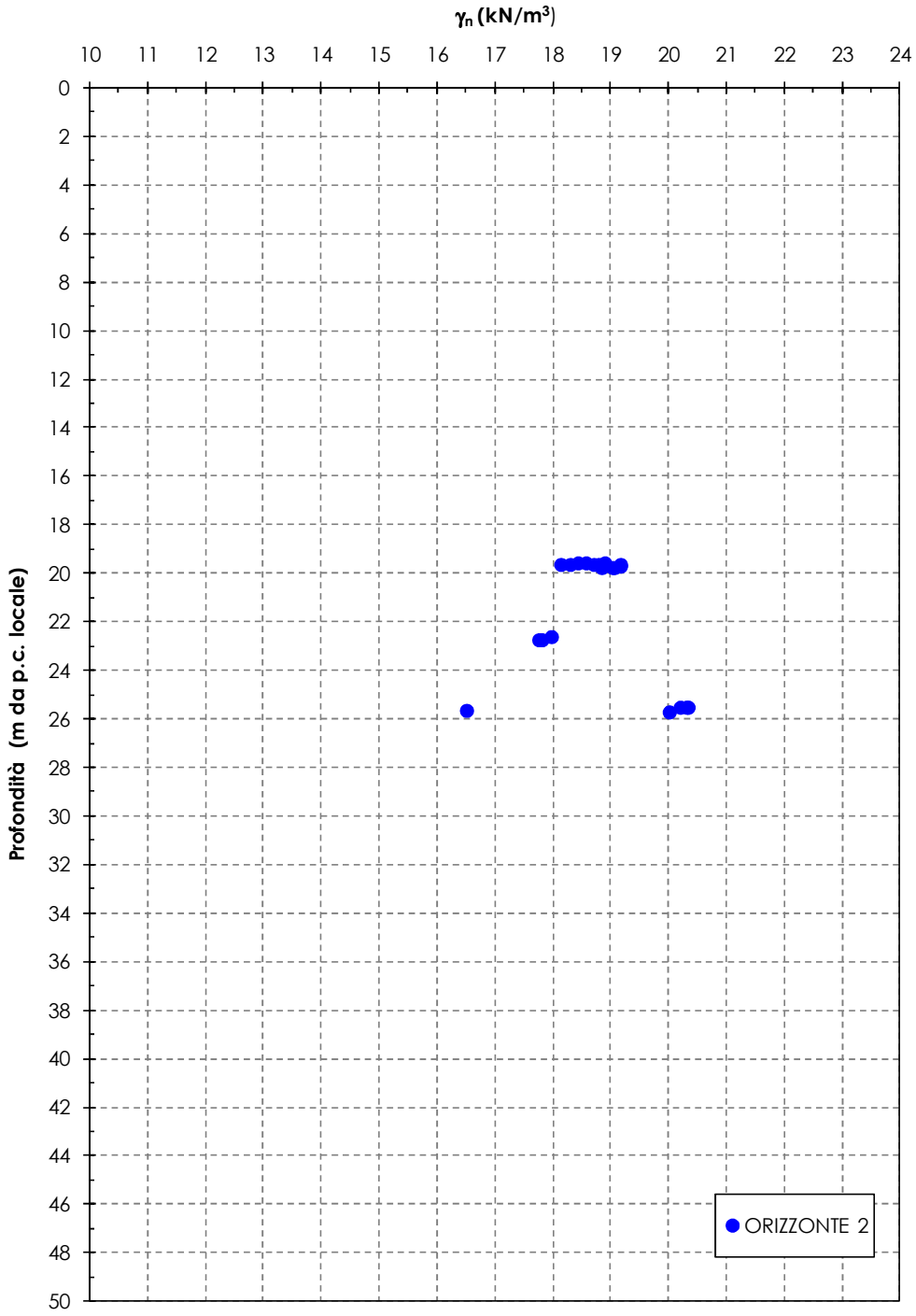


Figura 15.2: Peso di volume naturale

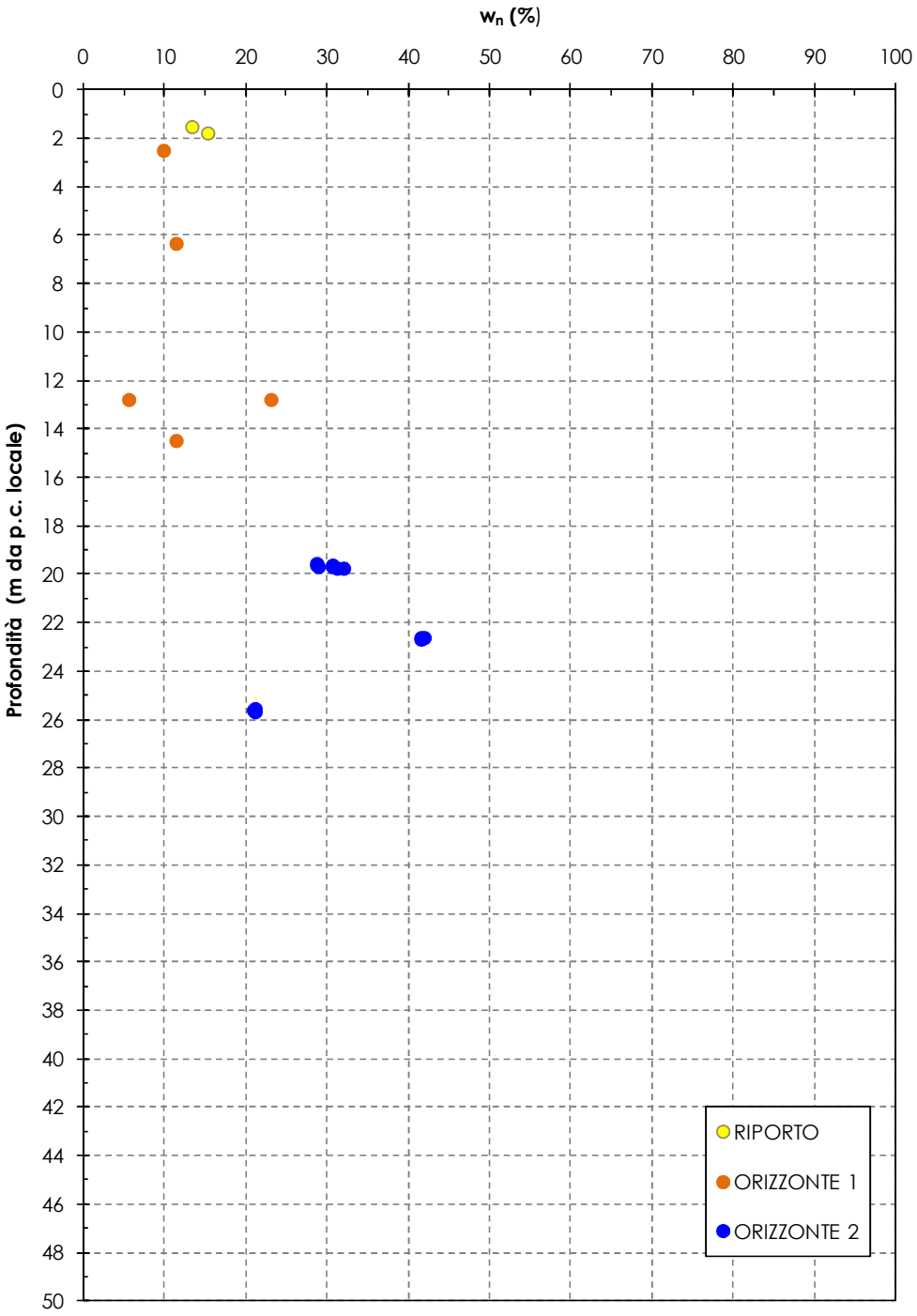


Figura 15.3: Contenuto d'acqua naturale

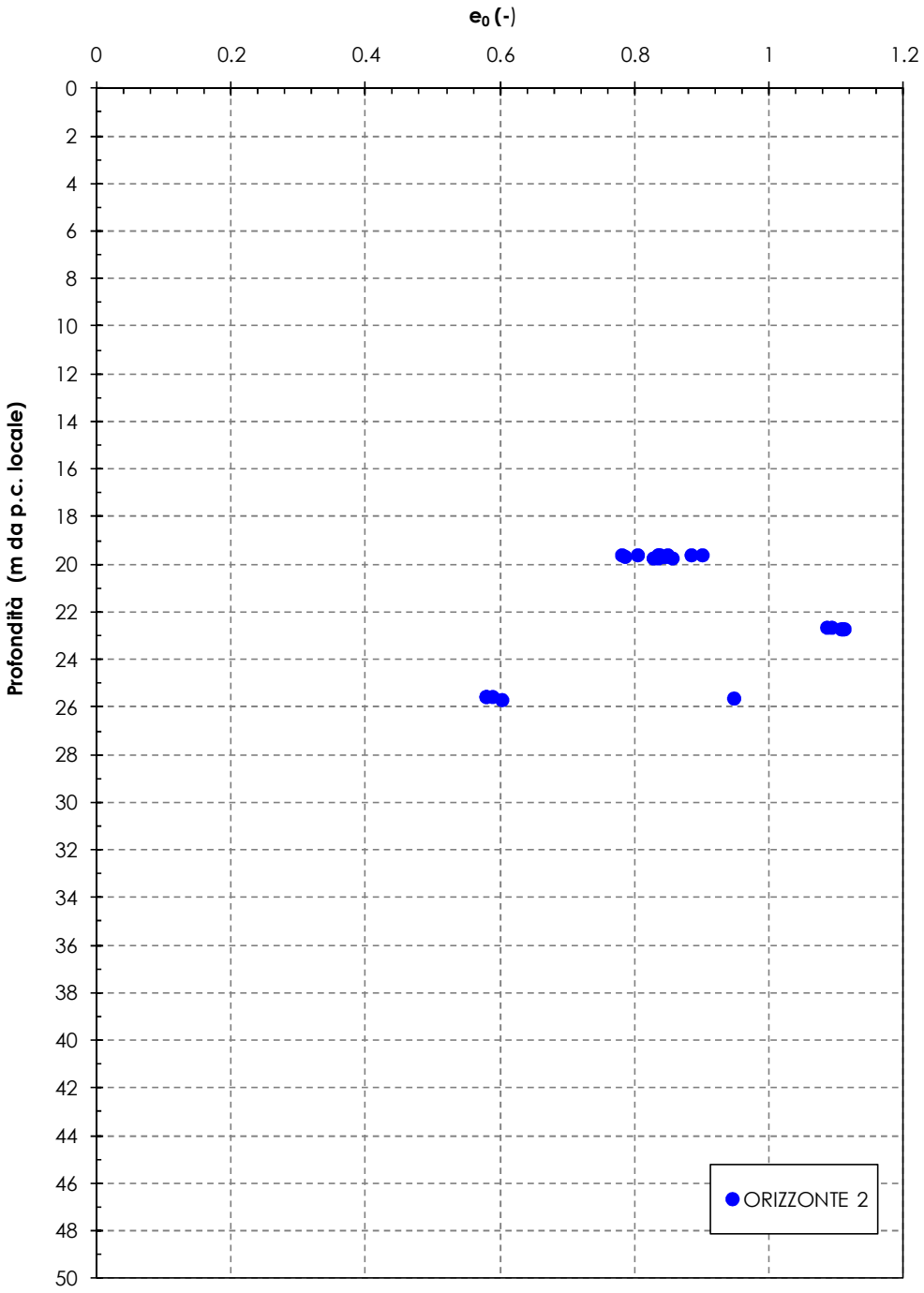


Figura 15.4: Indice dei vuoti iniziale

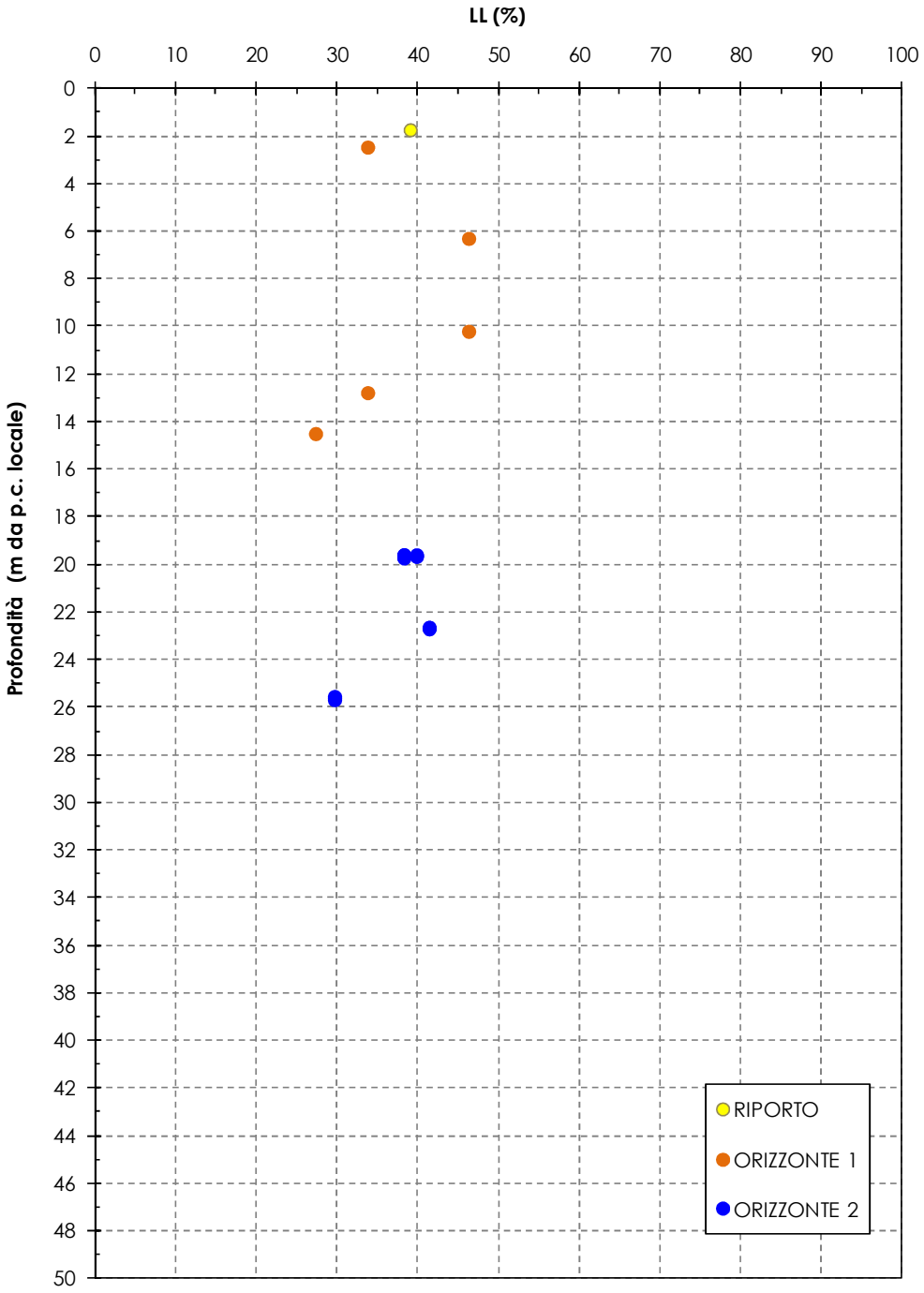


Figura 15.5: Limite liquido

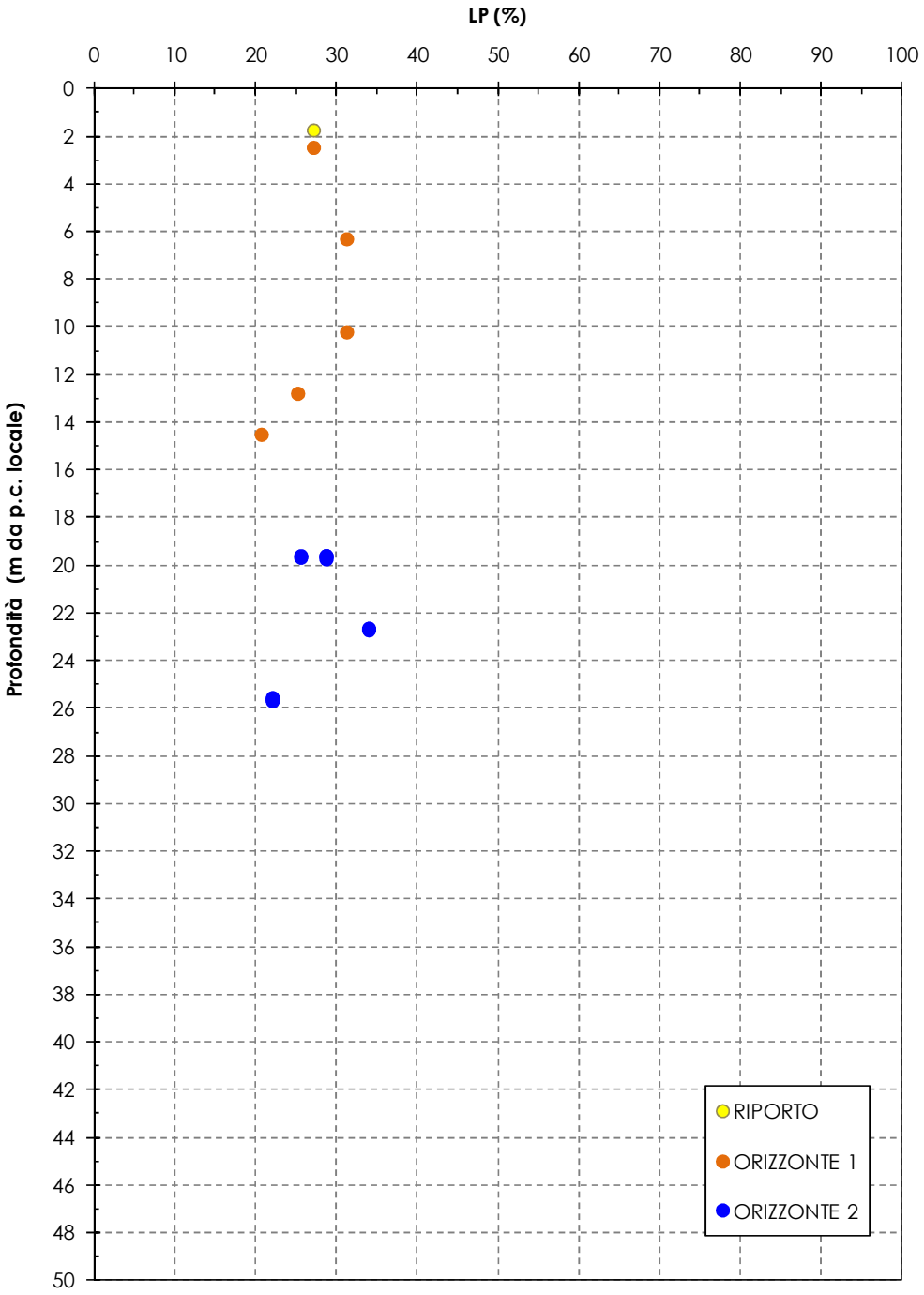


Figura 15.6: Limite plastico

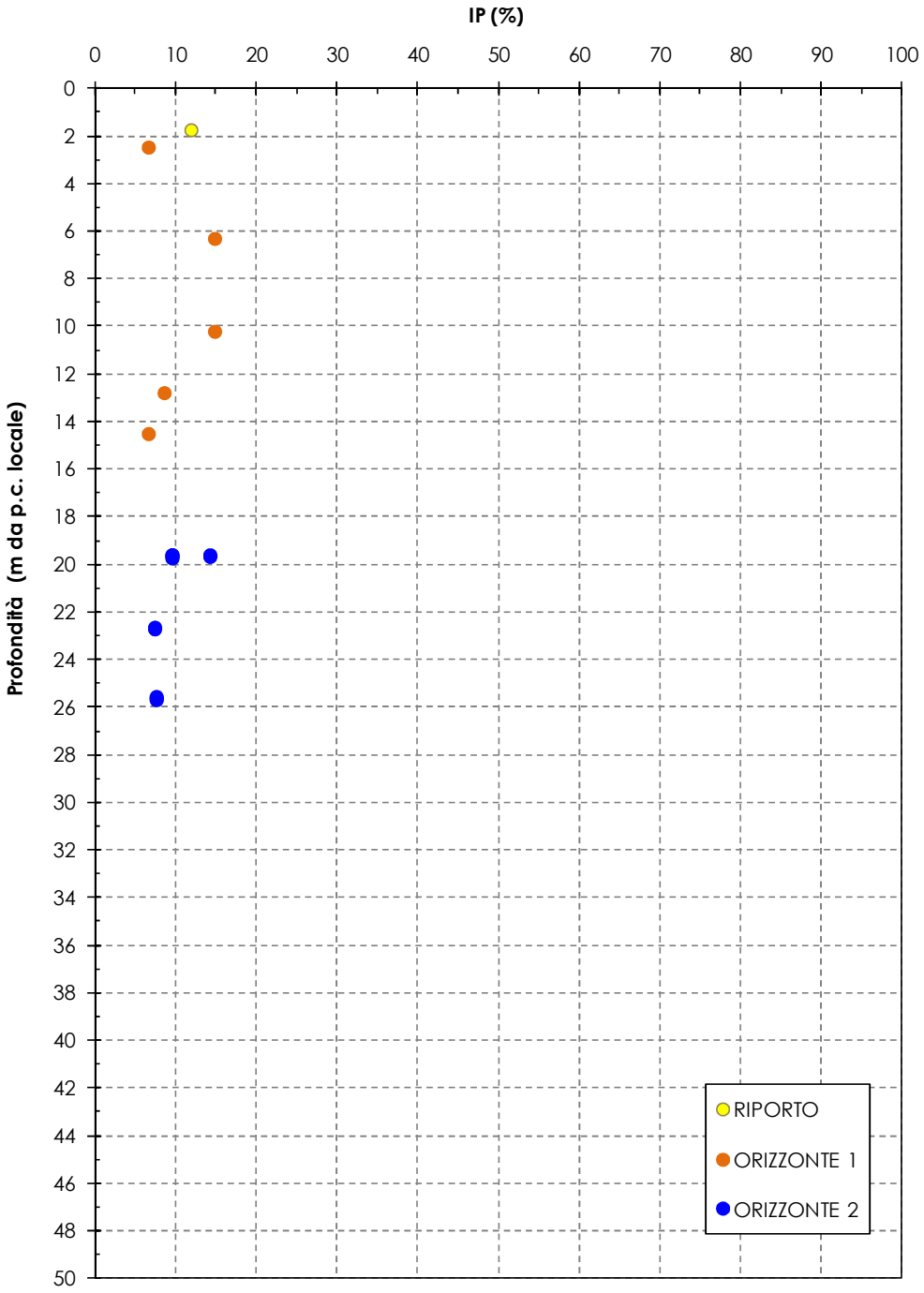


Figura 15.7: Indice di plasticità

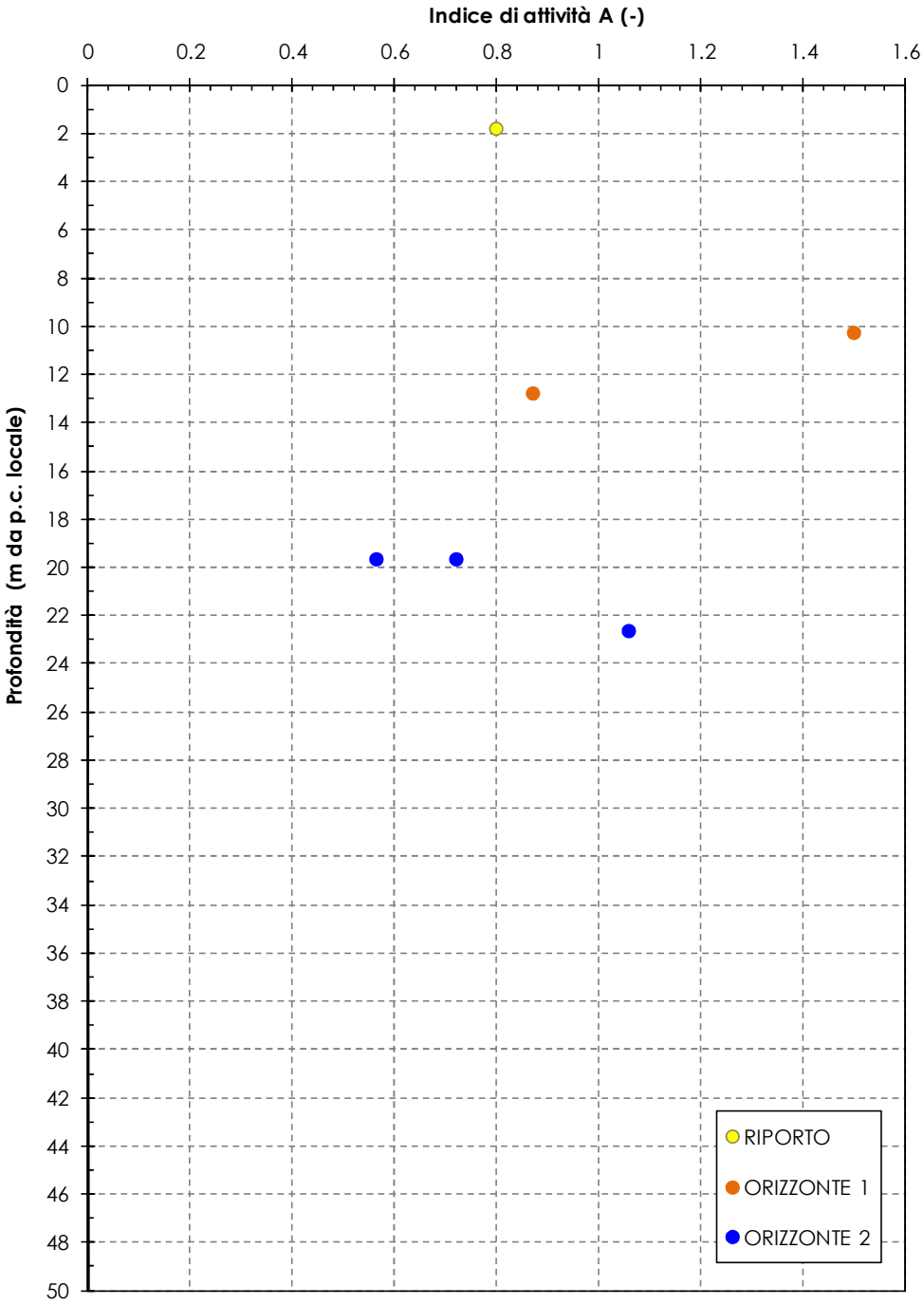


Figura 15.8: Indice di attività

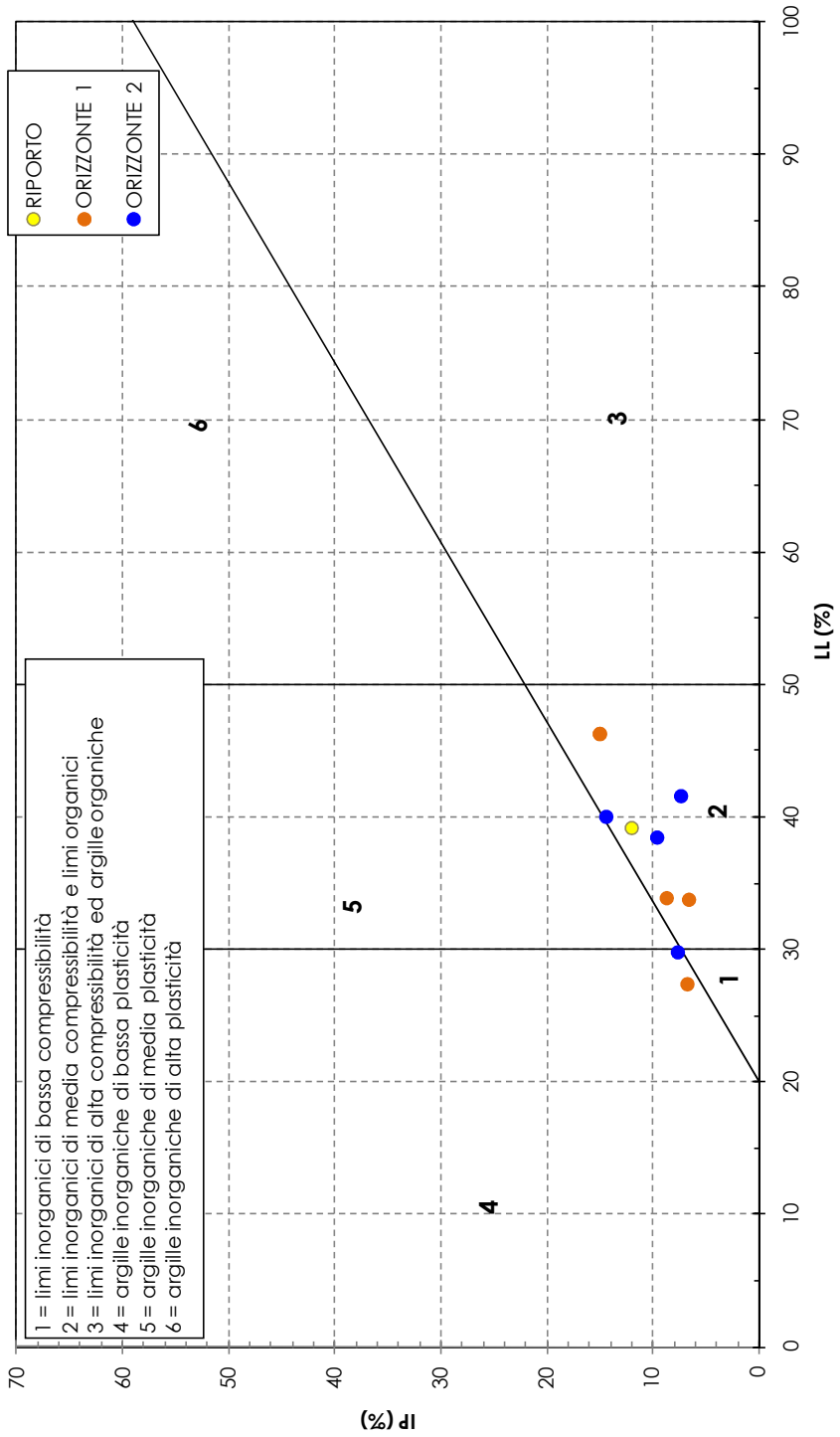


Figura 15.9: Carta di plasticità di Casagrande

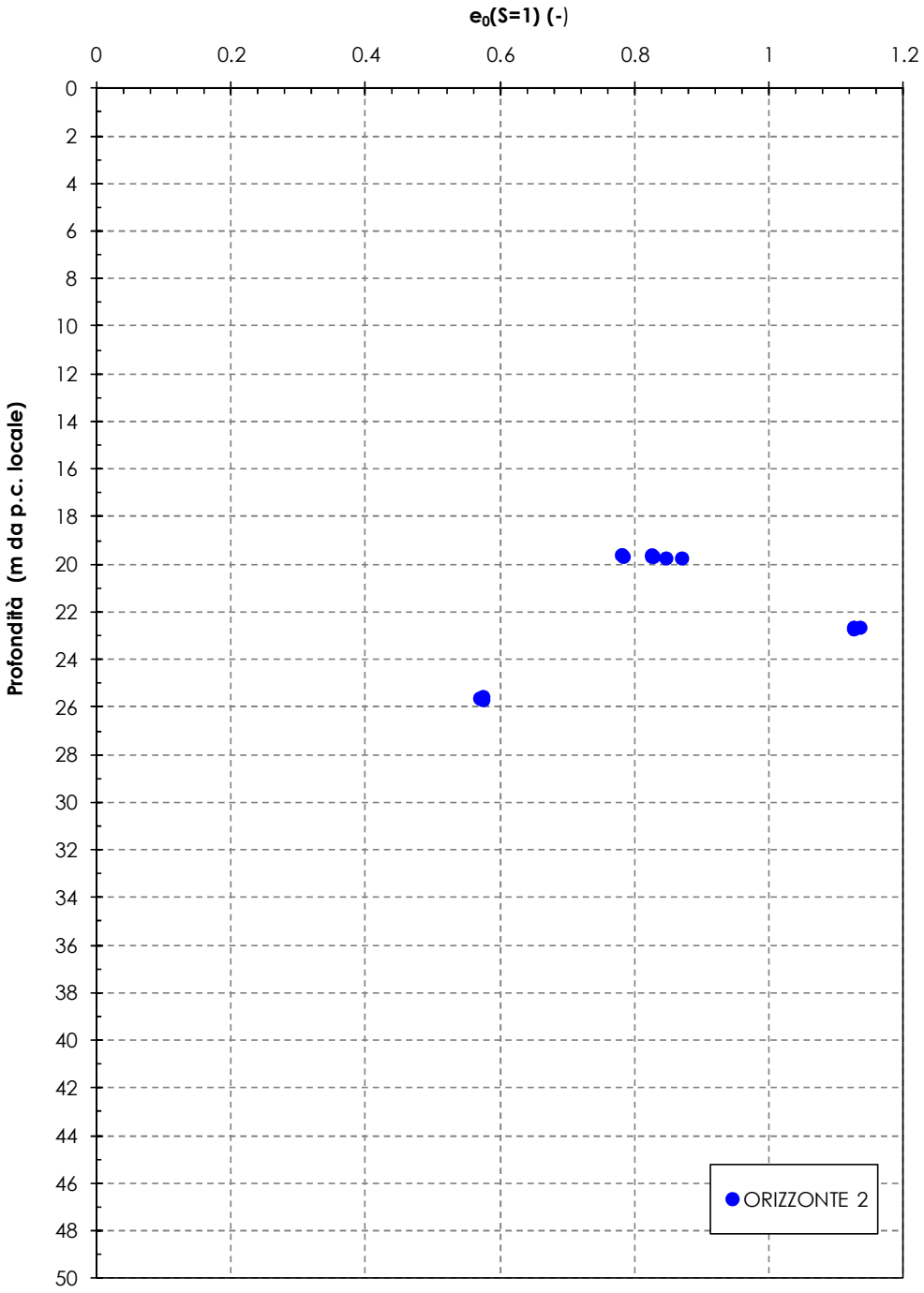


Figura 15.10: Indice dei vuoti iniziale per S=1

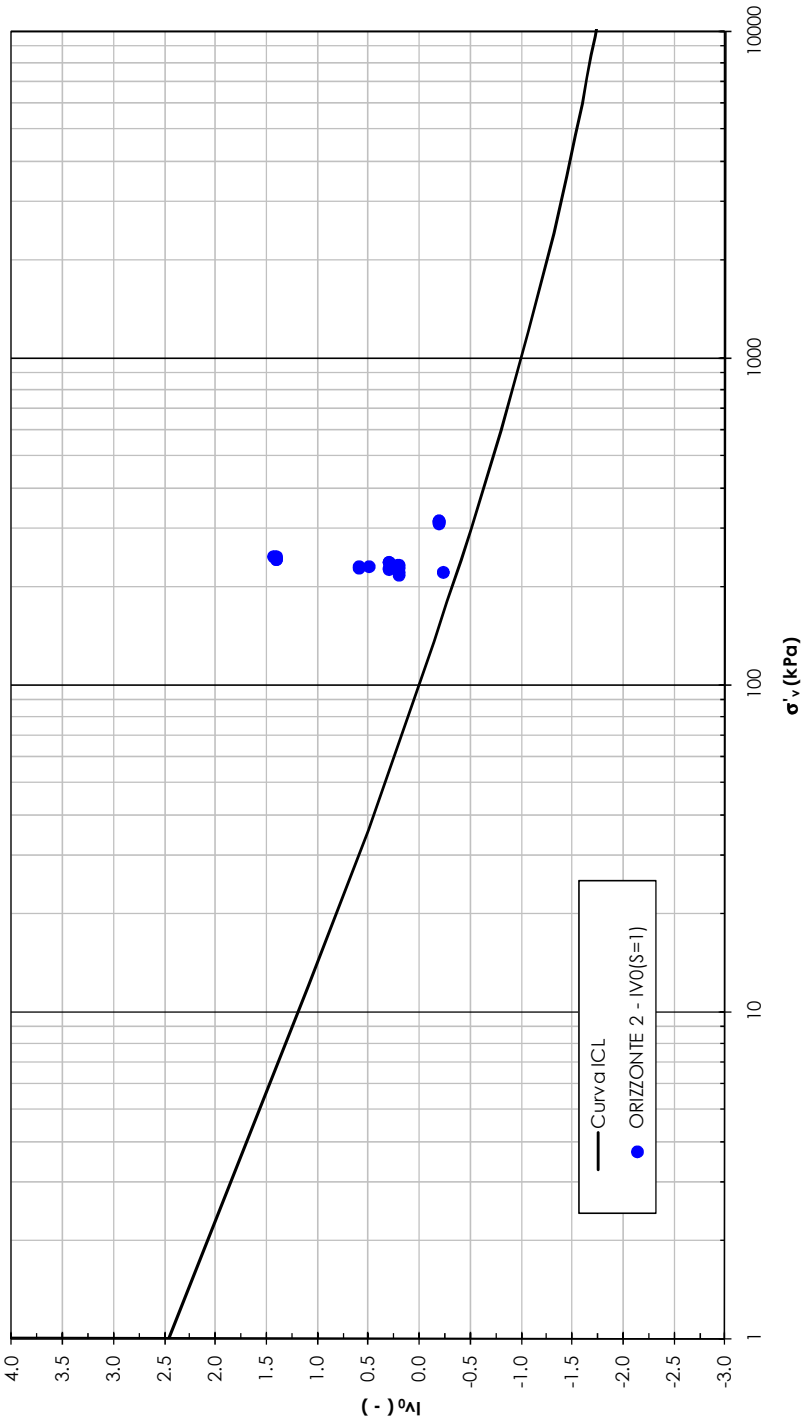


Figura 15.11: Linea di compressibilità intrinseca e stati iniziali in sito normalizzati in accordo a Burland (1990)

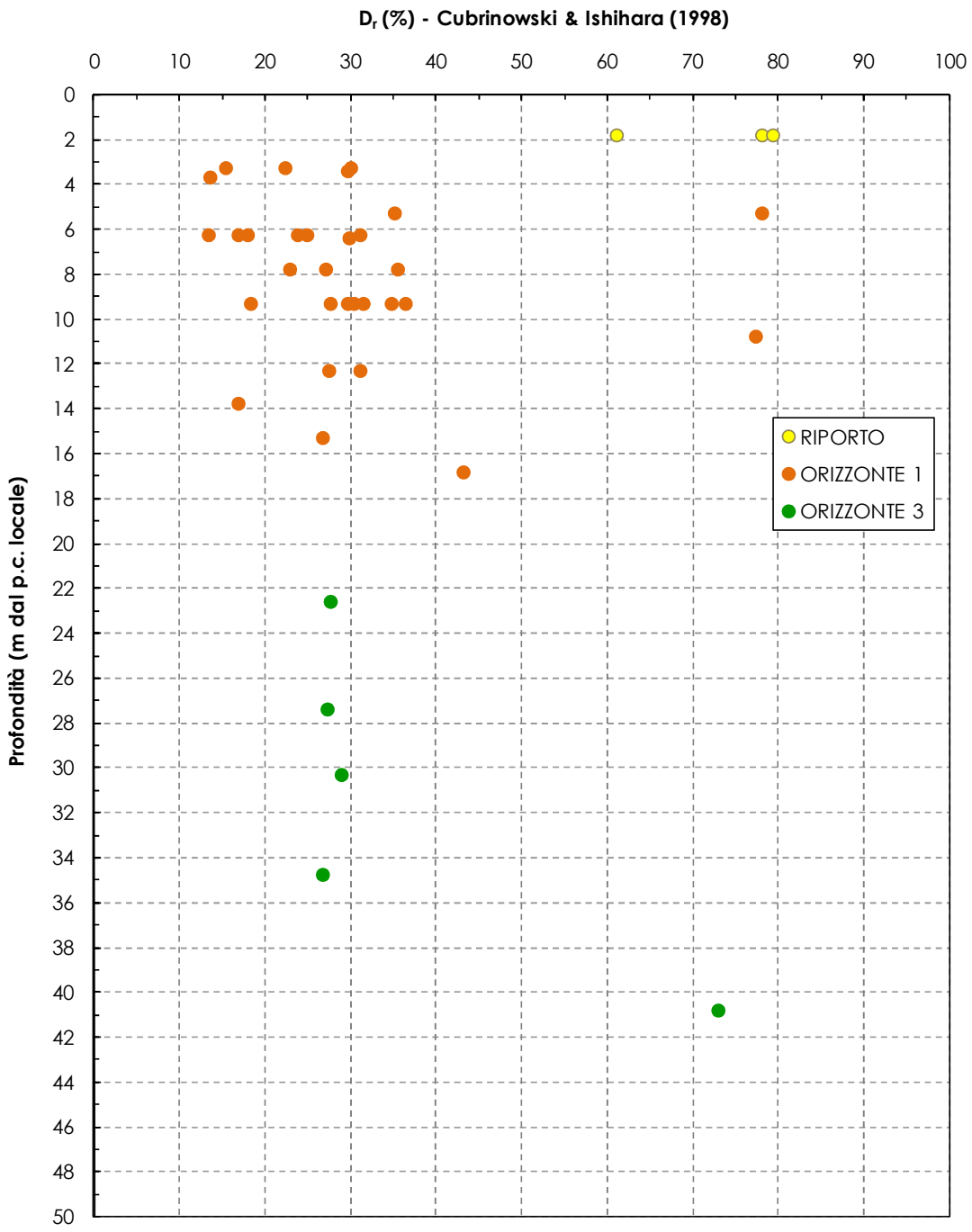


Figura 15.12: Densità relativa

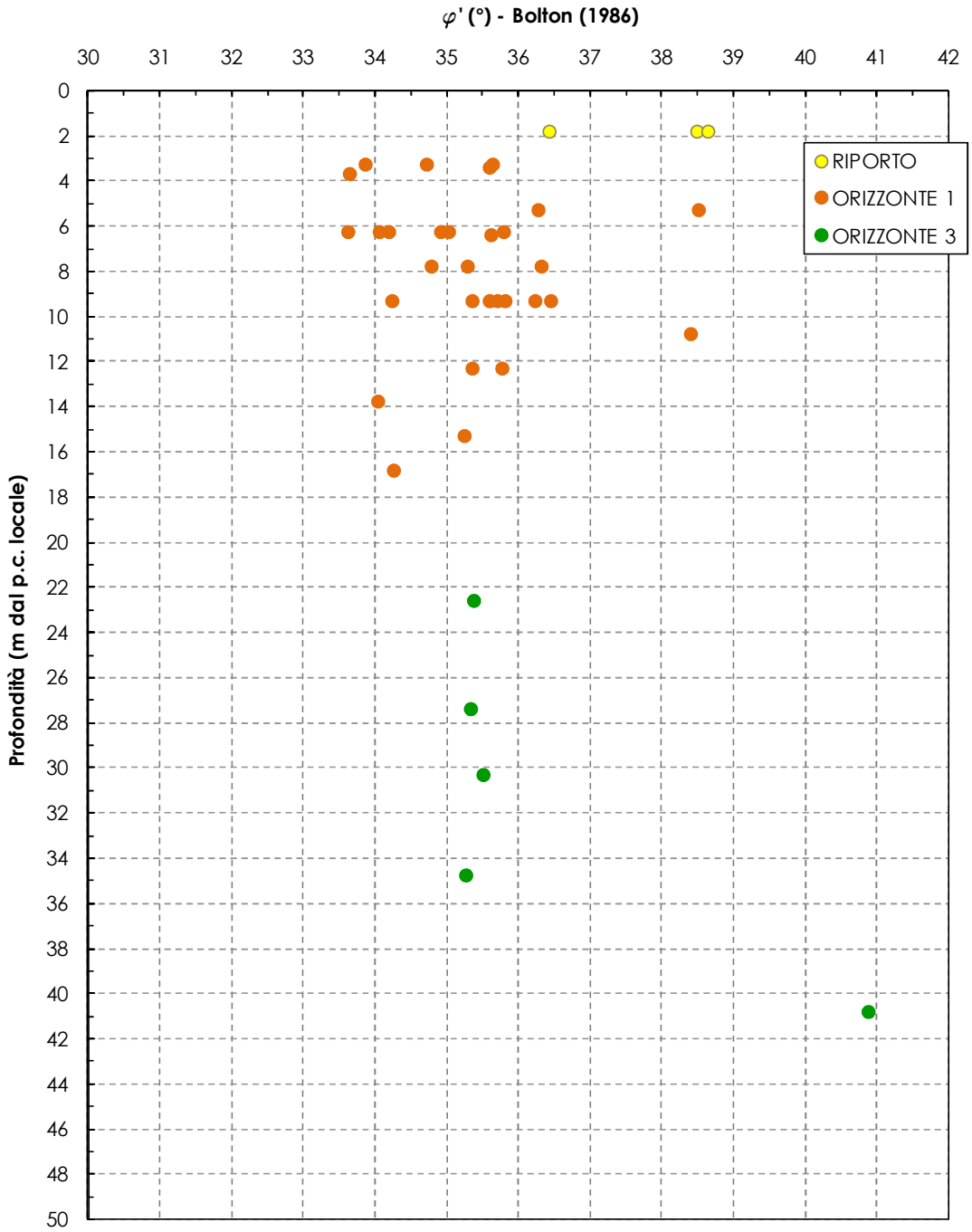


Figura 15.13: Angolo di attrito

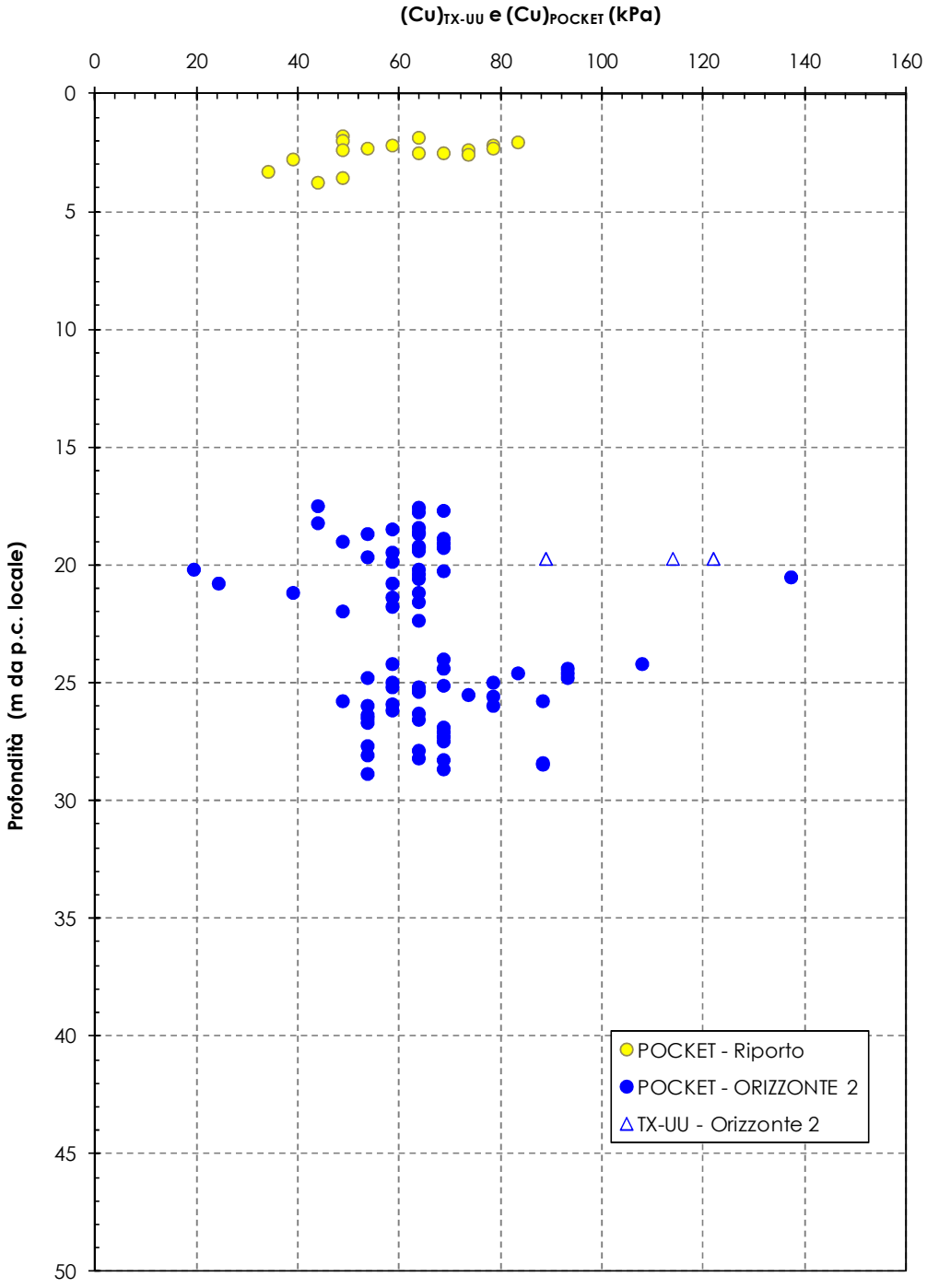


Figura 15.14: Resistenza al taglio non drenata Cu da prove di laboratorio e pocket in sito

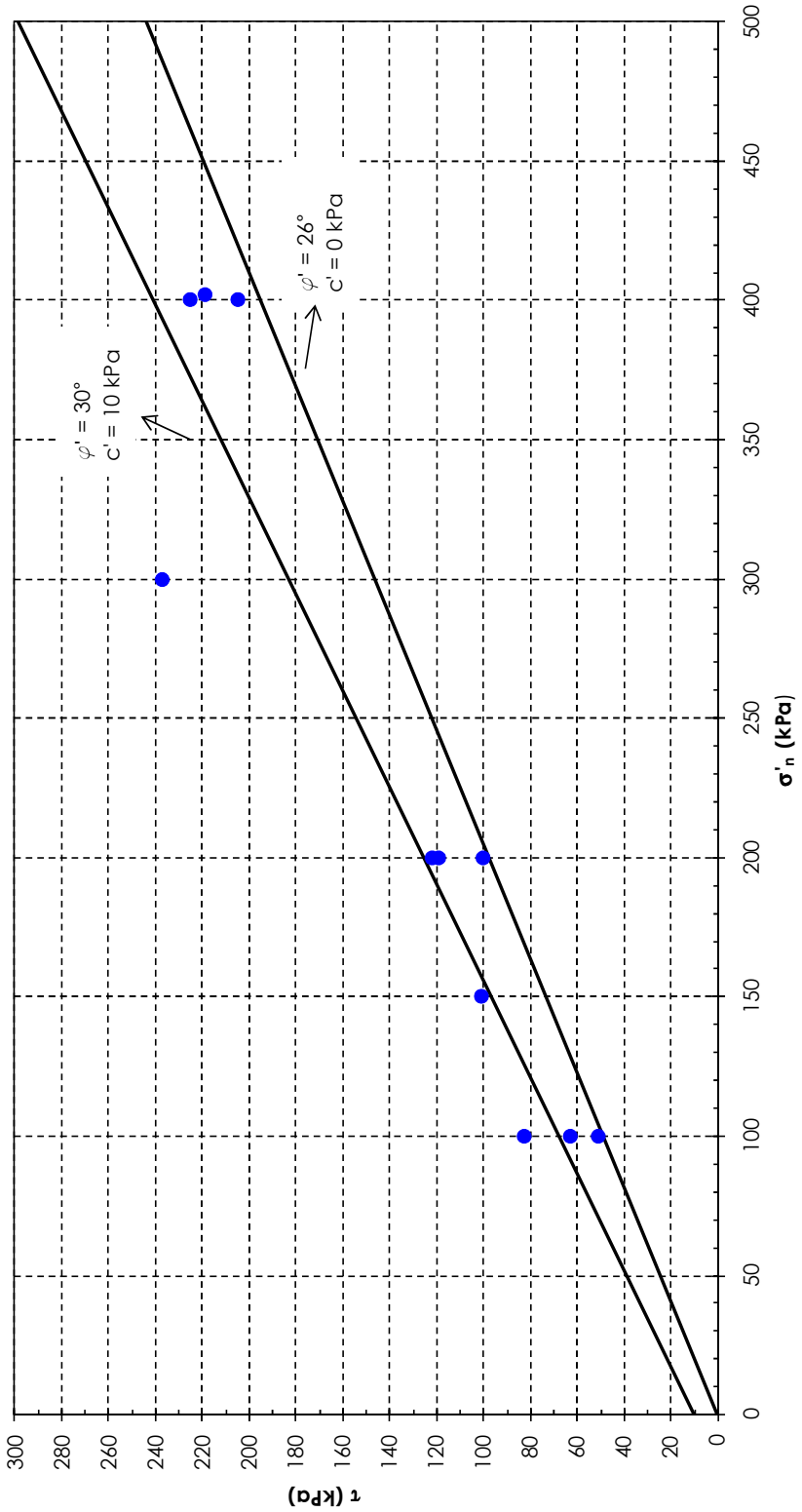


Figura 15.15: Resistenza al taglio di picco in condizioni drenate da prove di taglio diretto TD

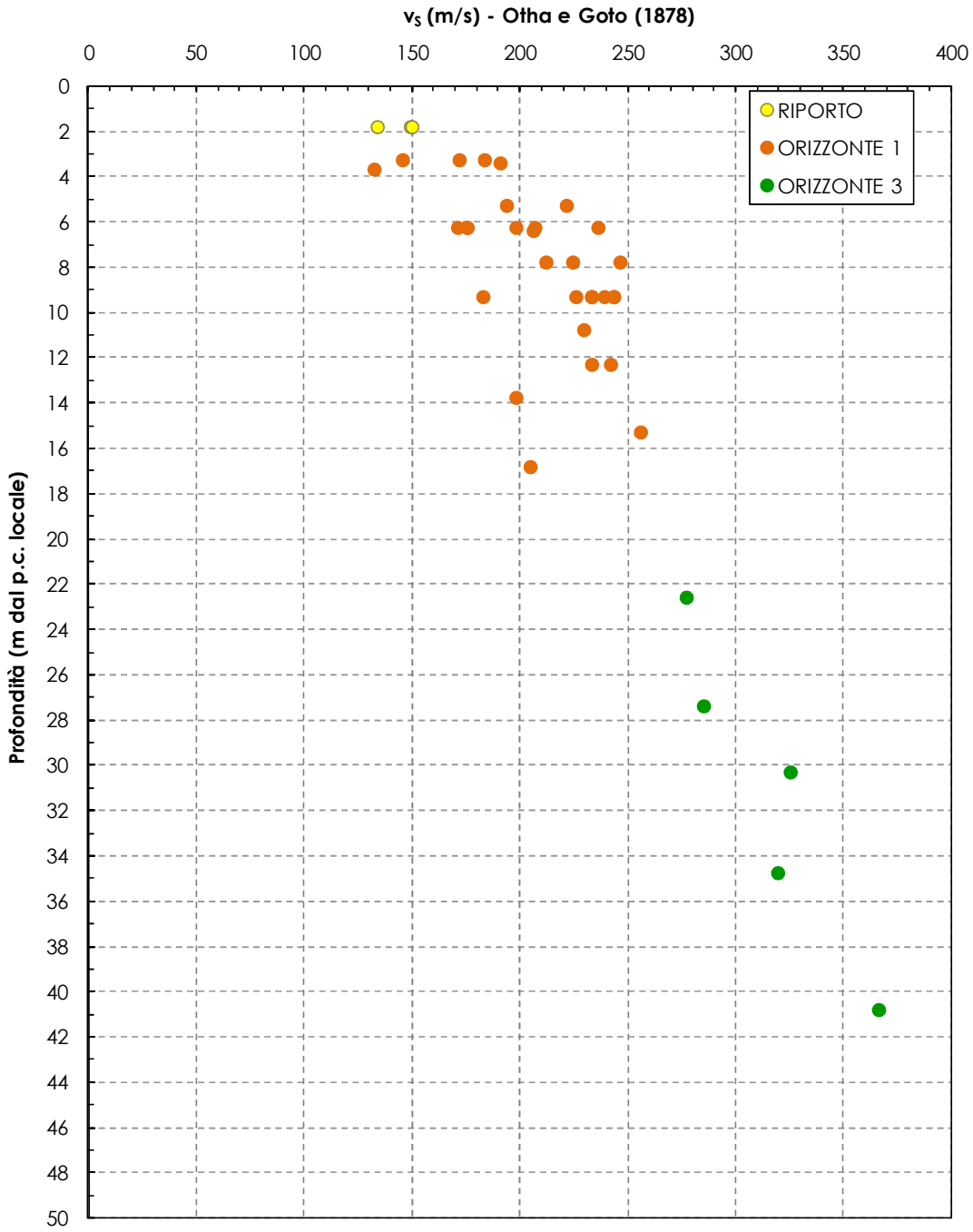


Figura 15.16: Velocità delle onde di taglio Vs

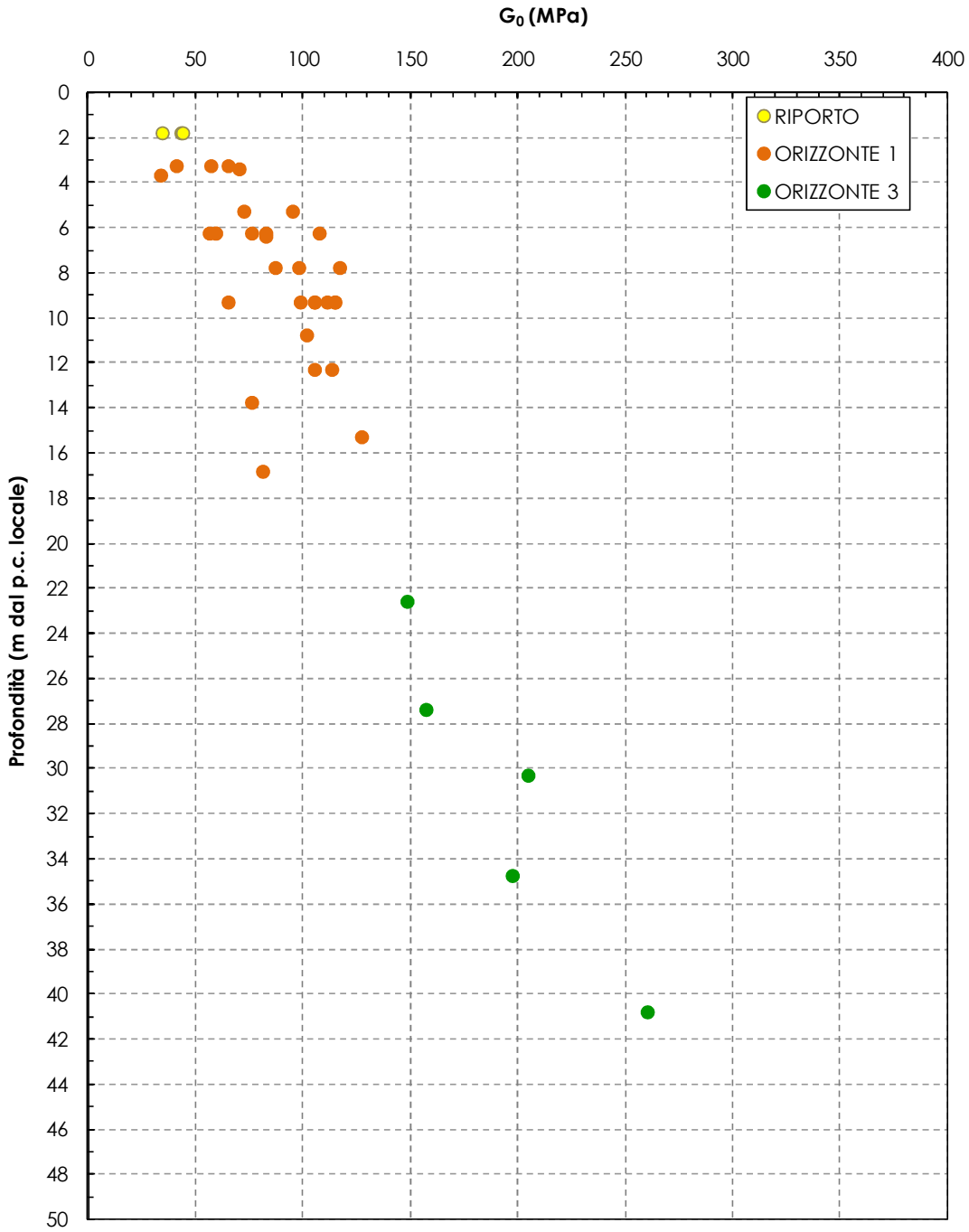


Figura 15.17: Modulo di taglio iniziale G_0

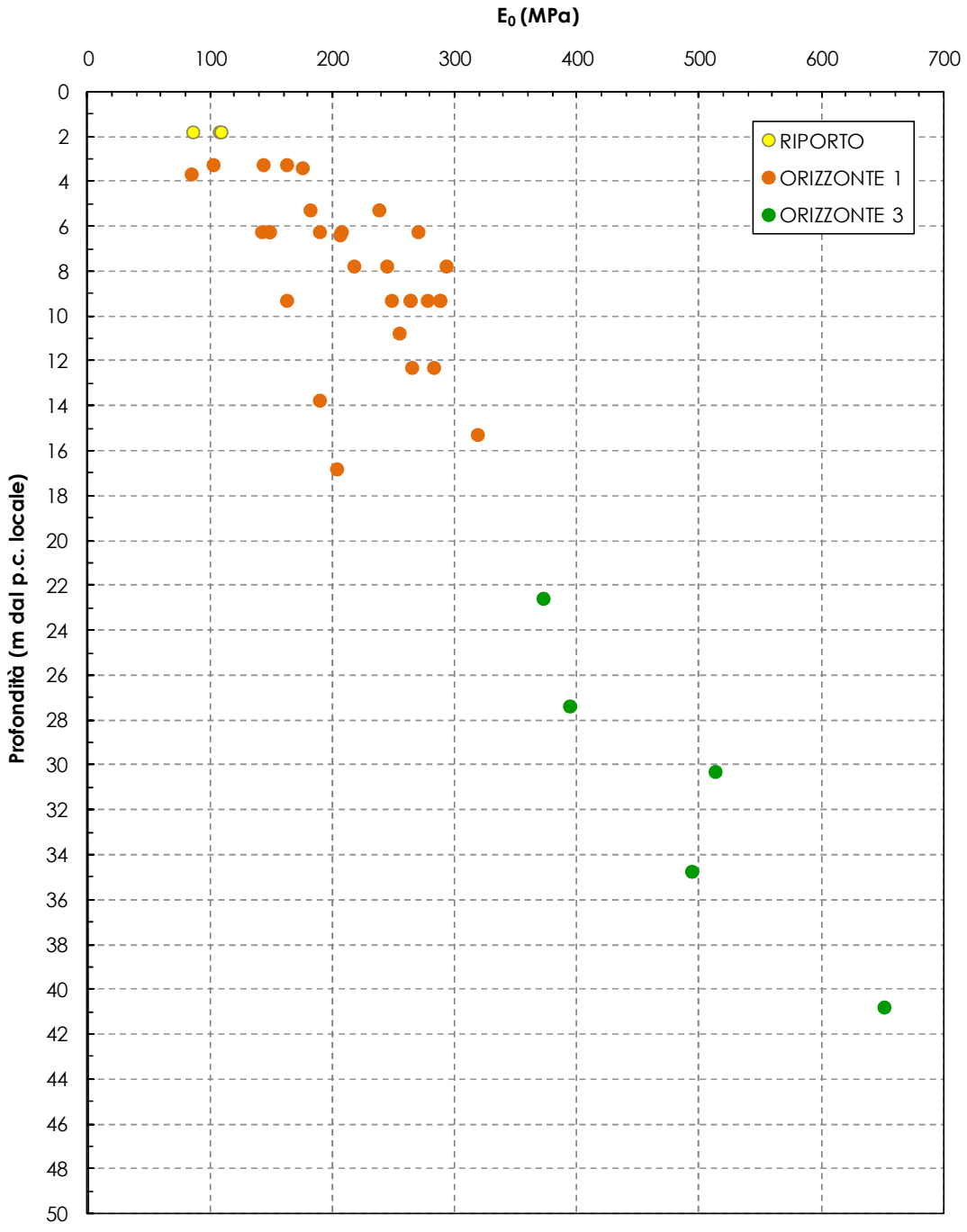


Figura 15.18: Modulo di Young iniziale E_0

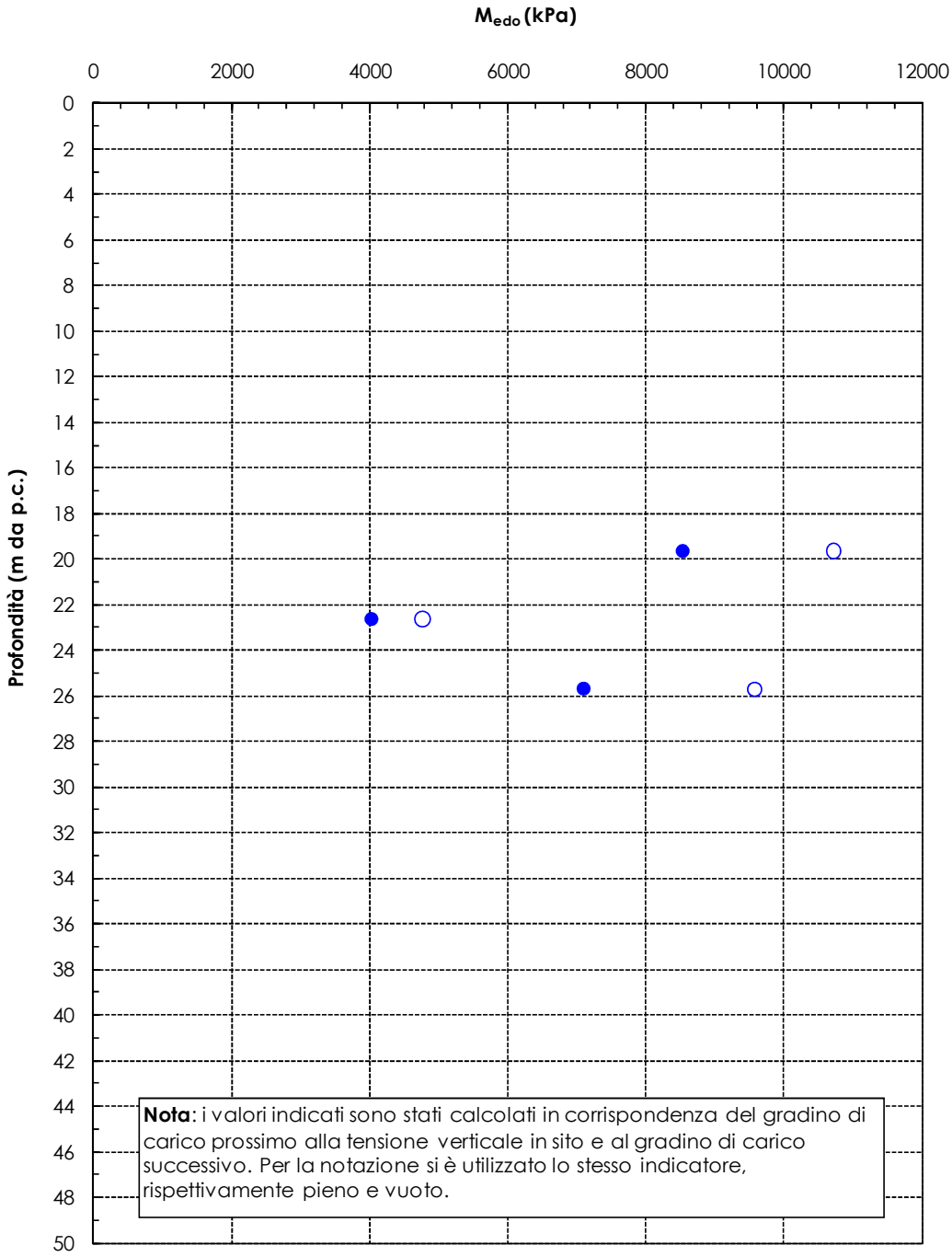


Figura 15.19: Modulo edomerico M

16. VERIFICHE DI STABILITÀ

In considerazione del fatto che nell'attuale area parcheggi è prevista la realizzazione di un parking deck senza piani interrati (e quindi senza necessità di scavo), mentre nell'area ex-ILVA di espansione dell'attuale store è prevista la realizzazione di un solo piano interrato, gli scavi potranno essere realizzati con scarpate di pendenza tale da garantirne la stabilità e, solo ove queste dovranno interferire o essere prossime a strutture esistenti, si ricorrerà ad opere di sostegno provvisionali degli scavi.

17. PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Allo stato attuale si ritiene necessario eseguire un ulteriore piano d'indagini integrativo con lo scopo di intensificare il numero di sondaggi ed ottenere maggiori informazioni stratigrafiche e geotecniche degli orizzonti descritti nei capitoli precedenti. In particolare il livello coesivo presente dalle quote di - 18.0 m a - 29.0 m da p.c. dovrà essere caratterizzato con maggior dettaglio analizzando lo sviluppo areale e le proprietà meccaniche mediante prove di laboratorio.

In sito verranno realizzati sondaggi a carotaggio continuo spinti ad una profondità non inferiore a 30 m dal piano campagna. Dai sondaggi verranno prelevati sia campioni rimaneggiati che indisturbati, inoltre saranno eseguite prove SPT negli orizzonti sabbioso-ghiaiosi. Il numero di campioni da prelevare e delle prove da eseguire in laboratorio verrà definito in base alle evidenze di campo.

Alcuni sondaggi verranno attrezzati con piezometro a tubo aperto nell'acquifero superficiale per monitorare il livello statico della falda freatica.

Inoltre almeno due sondaggi verranno attrezzati con tubazioni in ABS o alluminio per condurre prove geofisiche in foro di tipo Down-Hole per il calcolo delle $V_{S,30}$.

Per quanto riguarda il laboratorio geotecnico si prevede al momento di eseguire le prove di seguito elencate:

Campioni rimaneggiati (classificazione geotecnica):

- descrizioni e prove di classificazione granulometrica e aerometrica
- prove chimiche per l'analisi di cloruri, solfati e pH.

Campioni indisturbati (classificazione geotecnica e prove meccaniche):

- descrizioni e prove di classificazione granulometrica e aerometrica e definizione del peso specifico dei grani e del peso di volume su alcuni campioni;
- prove edometriche;
- prove triassiali;
- prove di taglio diretto
- prove chimiche per l'analisi di cloruri, solfati e pH.

18. CONCLUSIONI

Lo scopo del presente studio è quello di fornire un inquadramento generale dei caratteri morfologici, geologici, geodinamici, idrogeologici e geotecnici del territorio ove si colloca il sito IKEA di Genova Campi (Genova), in progetto di ampliamento. La relazione è stata redatta in conformità con quanto prescritto dal P.U.C. (Piano Urbanistico Comunale) del Comune di Genova.

Lo studio si è basato sull'analisi della bibliografia esistente ed è stato integrato con i risultati della campagna di indagine eseguita, tra il gennaio e il febbraio del 2011, sul sito. Particolare importanza è stata data all'analisi di quanto presente nel *Piano di Bacino Stralcio del Torrente Polcevera*, elaborato dalla Provincia di Genova, Ufficio difesa del suolo. L'insieme di questi dati ha permesso di definire un "Modello Concettuale del Sito", che può essere sintetizzato come segue.

In particolare, si è giunti alle conclusioni di seguito sintetizzate:

1 Il sito IKEA si imposta su terreni ascrivibili ai *Depositi Alluvionali Terrazzati* (**b_{n1-4}**) del Torrente Polcevera che, nell'area di interesse, presentano uno spessore prossimo ai 50m;

2 l'assetto stratigrafico che caratterizza il sottosuolo è qui estremamente omogeneo e costante, sia lungo la verticale, sia in direzione orizzontale; è stata identificata la seguente sequenza stratigrafica:

- *Riporto* (da 0 a 3-5 m): costituito principalmente da sabbia debolmente limosa e a tratti limosa con ghiaia; sono presenti abbondanti inclusi di varia natura, quali ciottoli, pietrisco, frammenti di laterizi, frammenti di cemento, plastica, legno e ferro, in genere sotto forma di scorie;
- *Orizzonte 1* (*d*a 3-5 a 18-20 m) : alternanza di ghiaie da fini a grossolane, e sabbie a tratti debolmente limose e/o limoso argillose debolmente sabbiose e limo sabbioso debolmente argilloso. Lo spessore complessivo dell'Orizzonte 1 è di circa 15-18 m;
- *Orizzonte 2* (*d*a 18-20 a circa 30 m): limo argilloso sabbioso, alternato a livelletti di argilla limosa e debolmente sabbiosa. Sono presenti inclusi di natura organica. Lo spessore di tale livello è di circa 10 m;
- *Orizzonte 3* (*d*a circa 30 m a 47 m): alternanza di sabbie da fini a grossolane con ghiaie a tratti limose e ghiaie con limo sabbioso. lo spessore di tale livello è di circa 20 m, venendo intercettato tra le quote indicative dei 29 m e dei 47 m dal piano campagna;
- *Substrato*: il substrato roccioso è costituito da argillite intensamente alterata.

3 da un punto di vista idrogeologico, è stato riconosciuto il seguente assetto idro-stratigrafico:

a) ***Primo Acquifero*** *(Orizzonte 1)*: compreso tra i 3,0 e i 18,0 m circa di profondità e costituito da una ghiaia con sabbia; per tale orizzonte è stata calcolata una conducibilità idraulica pari a **K = 3,381 E-05 m/s**;

b) ***Aquitardo*** *(Orizzonte 2)*: costituito da limo sabbioso e con uno spessore prossimo ai 10; a tale orizzonte si attribuisce una permeabilità *bassa* o *molto bassa*;

c) ***Secondo Acquifero*** *(Orizzonte 3)*: intercettato dai 29 m ai 47 m circa di profondità dal piano campagna e costituito da ghiaie con sabbie debolmente limose, per tale orizzonte è stata calcolata una conducibilità idraulica media pari a **K = 9,3 E-05 m/s.** Il *Secondo Acquifero* è limitato al letto dal substrato litoide argillitico a *bassa - molto bassa* permeabilità.

il livello di falda varia dai 6,3m di profondità dal piano campagna (misurati in SPZ1) ai 4,80m di profondità (SPZ2);

4 dall'analisi della cartografia tecnica allegata al vigente Piano di Bacino della Provincia di Genova non si rilevano criticità di natura idrogeologica, idraulica e geomorfologica;

5 il PUC classifica l'area con il n° 24c Distretto aggregato CAMPI - Campi Nord ad uso commerciale;

6 in considerazione delle caratteristiche dei terreni naturali e dei materiali di riporto è consigliabile il ricorso a fondazioni profonde costituite da pali trivellati di grande diametro.

ALLEGATO 1

TAVOLE