STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E GEOLOGIA APPLICATA ALLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE
Dott. Geol. Enrico Pesenti - Piazza Luccoli 2-5 Sc.D - 16123 Genova
Tel. e Fax 010 2474198 / e-mail: *pesenti.enrico@alice.it*

OGGETTO

COMUNE DI VADO LIGURE - SUA AREA S16 SOTTOZONA 2.
INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE ED IN PROSPETTIVA SISMICA AI SENSI DELLA CIRCOLARE 4551/1989, DELLA DGR 714/2011 ED AI FINI DELLA VERIFICA SCREENING EX LEGGE R.L. N°38/98

COMMITTENTI

Multipolis S.r.l., Via Aurelia 220, 17047 Vado Ligure (SV)

ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA

Verificato ed approvato

Dott.Enrico Pesenti - Geologo

DATA 21.1.2013

ALLEGATI N° 11

SOMMARIO

1. **PREMESSE**

1.1. Incarico ed ubicazione

1.2. Obiettivi

2. **INQUADRAMENTO NORMATIVO**

2.1. Piano di Bacino T.Segno

2.2. N.T.C. 14.01.08 , DGRL n. 1362/2010 e DGRL n. 714/2011

3. **CAMPAGNA DI SONDAGGI E PROVE IN SITO E DI LABORATORIO DELL'APRILE-MAGGIO 2011**

3.1. Sondaggi meccanici a rotazione: commento alle stratigrafie

3.2. Prove di laboratorio e caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione

3.3 Livelli piezometrici

4. **INDAGINI GEOFISICHE**

4.1. Tomografia sismica e MASW eseguite in area contigua Abitcoop

4.2. Prospezioni georadar

4.3. Categorie di sottosuolo ai sensi punto 3.2.2 Tab. 3.2.II N.T.C. 14.01.08 e pericolosità sismica

5. **CARTA DI ANALISI**

5.1. Definizione del modello geologico ed idrogeologico del sito e commento alla carta di analisi

6. **VALUTAZIONE DELL'AREA IN PROSPETTIVA SISMICA**

6.1. Commento alla carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.)

7. **CARTA FINALE DI SINTESI O DEI REGIMI NORMATIVI**

7.1. Commento alla carta di sintesi

8. **NORME GEOLOGICHE DI SUA**

ALLEGATI

ALL. 1 -- Carta ubicazione delle indagini geognostiche scala 1: 1000

ALL. 2 - Carte ubicazione delle indagini geofisiche scala 1: 1000

ALL. 3 - Stratigrafie sondaggi

ALL. 4- Certificati delle prove di laboratorio geotecnico

ALL. 5 - Sezioni geologiche scala 1: 500
scala 1: 200

ALL .6 - Carta delle isopieze estesa all'area "Abitcoop" scala 1:1000

ALL .7 - Indagine geofisica integrata area "Abitcoop":
relazione Dott.F. Montaldo

ALL.8 - Prospezioni georadar. Relazione Ing. F.Fantini
di Techgea Servizi

ALL .9 - Carta di analisi scala 1:1000

ALL 10 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica scala 1:1000

ALL.11 - Carta di sintesi scala 1:1000

1. PREMESSE

1.1. Incarico ed ubicazione

L'incarico e' stato affidato allo scrivente dalla Multipolis S.r.l., Via Aurelia 220, 17047 Vado Ligure (SV) relativamente alle indagini geologico-tecniche ed in prospettiva sismica per lo S.U.A. dell'area S16 di Vado Ligure, Sottozona 2.

La presente costituisce integrazione - come richiesto dalla Regione Liguria, Dipartimento Ambiente , Settore Valutazione di Impatto Ambientale, Aria e Clima, con nota Prot.PG/2012/155108 del 2.11.12. - relativa al progetto di insediamenti residenziali nell'area dello S.U.A. sottozona S2, a seguito della campagna di indagini geognostiche e prove in sito e di laboratorio effettuata nell'Aprile-Maggio 2011, finalizzata anche alla caratterizzazione geo-ambientale dell'area.,

1.2. Obiettivi

Gli obiettivi assegnati alle indagini erano i seguenti:

A. *Inquadramento normativo dell'area dello SUA*, a seguito dell'esame degli strumenti di pianificazione ad oggi realizzati e dei vincoli esistenti sull'area stessa;

B. Utilizzo degli esiti della campagna di indagini geognostiche e prove in sito e di laboratorio ad oggi effettuate per la *stesura della carta di analisi,* ai sensi di quanto indicato dalla Circolare R.L. n.4551 del 12.12.89;

C. *Esecuzione di indagini geofisiche con il metodo sismico a rifrazione e MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves)* finalizzate a verificare la morfologia sepolta dei terreni già indagati con le indagini geognostiche di cui al punto B, a indagare la velocità delle onde di taglio Vs ed a indicare le categorie di sottosuolo ai sensi delle N.T.C. 14.01.08 ;

D. *Stesura della carta di microzonazione in prospettiva sismica* relativa all'area dello SUA ai sensi della D.G.R. n. 471/2010 e della DGR 714 /2011;

E. *Stesura della carta di sintesi e della normativa geologica di S.U.A.,* tenendo conto dei dati geologico-tecnici, idrogeologici ed idrologici acquisiti dalle indagini e delle condizioni a cui sono consentiti gli interventi di nuova edificazione nell'area dello

S.U.A.

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

2.1. Piano di Bacino del T.Segno

L'esame della *cartografia del Piano di bacino ex D.L. 180/98 del T.Segno*, approvato con D.C.P. n.47 del 25.11.2003, evidenzia che *la carta della suscettività al dissesto* attribuisce all'area, come evidente date le sue caratteristiche geomorfologiche, una suscettività molto bassa, che non richiede particolari prescrizioni se non quelle degli strumenti urbanistici.

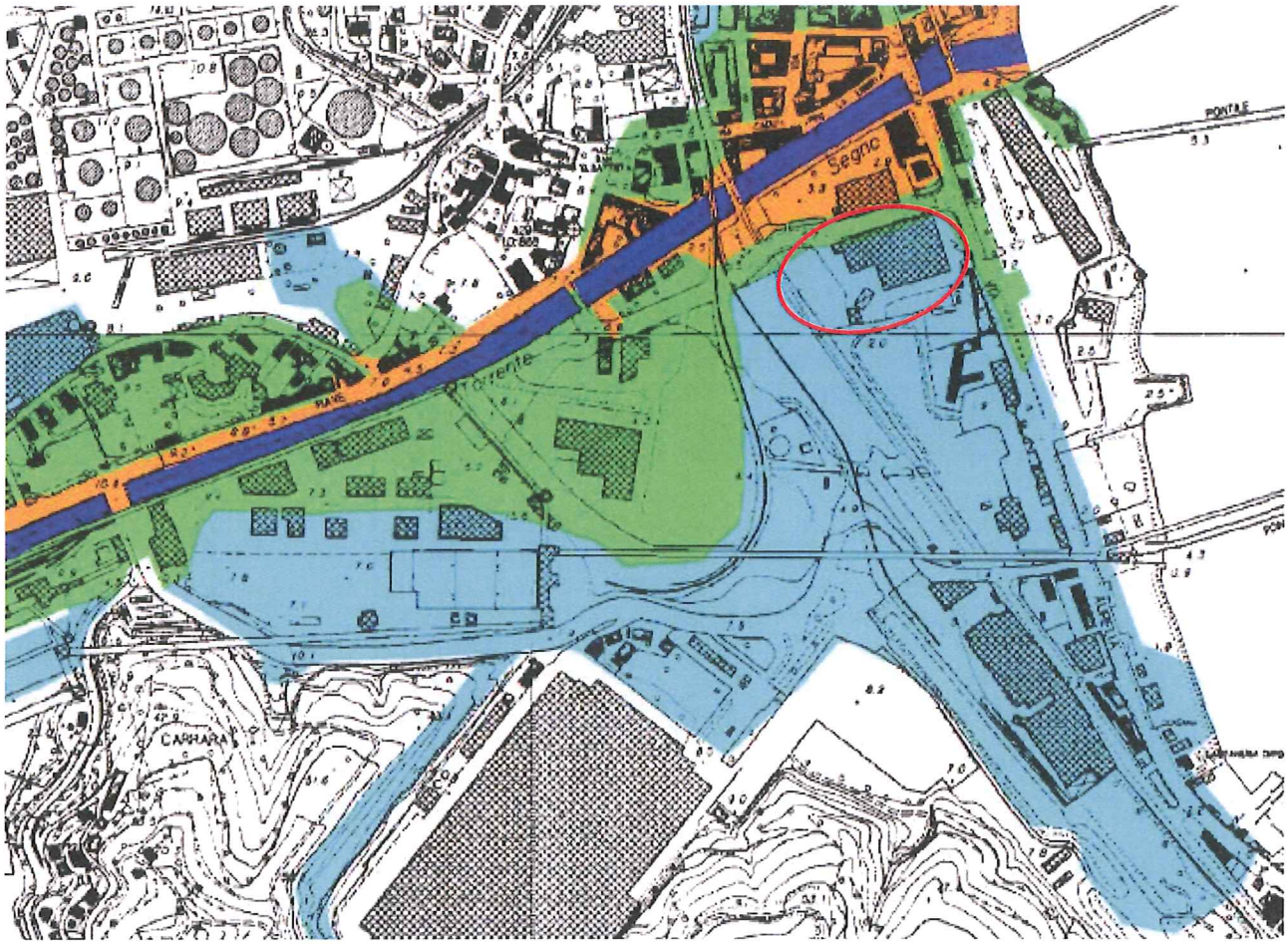
In proposito *la carta della suscettività d'uso del territorio del P.U.C. adottato dal Comune di Vado Ligure* include l'area nelle Zone A 1, la cui legenda così recita :

"Aree di fondovalle con substrato costituito da depositi di spiaggia, o da sedimenti fluviali attuali e recenti . Comportamento granulare e permeabilità medio-alta . Assetto stabile".

Le problematiche geologico-applicative individuate dal P.U.C. , in zone di facile accessibilità e ad alta densità urbana che comprendono molte aree ex industriali da riconvertire – a cui appartiene anche l'area in esame - sono legate alla "potenziale presenza di livelli fini soggetti a liquefazione ed alla presenza della falda freatica con interazione acque dolci-acque marine"

La consultazione delle *norme geologiche di P.R.G. (variante 2007) che classificano l'area nelle zone B1 ad insediabilità alta*, evidenzia che "non sussistono sotto l'aspetto geotecnico significative limitazioni d'uso", salvo che "possono ad esempio sussistere difficoltà per la realizzazione di volumi interrati che raggiungano profondità tali da interferire con la massima oscillazione del tetto freatico, od anche eccessiva onerosità per quegli interventi che per le loro caratteristiche strutturali non offrissero sufficienti garanzie alle azioni sismiche".

L'esame della carta delle fasce di inondabilità allegata alla pagina seguente evidenzia l'appartenenza dell'area alla fascia C "inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T = 500 anni" , in cui è consentito ogni tipo di intervento purchè realizzato con tipologie costruttive finalizzate alla riduzione della vulnerabilità delle opere e, quindi , del rischio per la pubblica incolumità,e coerenti con le azioni e misure di protezione civile previste dal presente Piano e dai piani di protezione civile comunali.



FASCE DI INONDABILITA'
TORRENTE SEGNO – RIO S. NICCOLO'
RIO BELLANDI – RIO TERRUSO

Fascia A

Fascia B

Fascia C

2.2. N.T.C. 14.01.08, DGRL n. 1362/10 e DGRL n.714/2011

L'ordinanza n. 3274 del 20.03.2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", affida alle regioni, all'art. 2 punto 1, "l'individuazione, la formazione e l'aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche", mentre *la successiva Ordinanza n. 3519 del 28.04.2006 "* Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" ha fornito valori più specifici di accelerazione massima del suolo a_g da applicare alle zone sismiche individuate e criteri più definiti per l'assegnazione di un territorio ad una zona sismica.

La Regione Liguria, con D.G.R. n. 1308 del 24.10.08, ha adottato la nuova classificazione sismica del territorio regionale, in cui il Comune di Vado Ligure è inserito nella zona 3B, caratterizzata da P.G.A. (valore di progetto dell'accelerazione sismica al suolo) = 0,100 .

La successiva DGR 1362/2010, tenuto conto che " la DGR n. 1308/2008 è stata approvata e pubblicata prima dell'entrata in vigore delle "Norme Tecniche per le Costruzioni " " ha inserito in particolare il Comune di Vado Ligure in una più ampia zona 3, con gli stessi valori di accelerazione .

Si è provveduto pertanto, visti gli esiti delle indagini geognostiche eseguite e delle indagini geofisiche effettuate a livello dello S.U.A nell'area contigua Abitcoop con il metodo sismico a rifrazione e MASW, ad individuare le categorie di sottosuolo di cui ai punti 3.2.2."Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche "della Circolare n. 617 del 2.02.09 "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.08".suolo di fondazione " dell'Allegato 3 dell'O.P.C.M.

La DGRL n.714 del 21.06.2011 " Specifiche tecniche relative ai criteri e linee guida regionali per l' approfondimento degli studi geologico tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale, ad integrazione della DGR 471/2010"' indica ***tre livelli crescenti di approfondimento degli studi di microzonazione sismica,*** di cui i livelli 1 e 2 attengono alla pianificazione territoriale, mentre il terzo livello è previsto per fornire indicazioni di risposta sismica locale.

Il livello 1 " presenta un carattere qualitativo, propedeuticoa tutti gli studi di MS, e consiste nel raccogliere i dati geologici, geomorfologico, litotecnici di base al fine di suddividere il territorio in *microzone qualitativamente omogenee in termini di prospettiva sismica,* discriminando le aree in cui sono attesi fenomeni di amplificazione sismica e/o suscettibili di instabilità rispetto a quelle dove non si prevedono modifiche dello scuotimento sismico.

Tenuto conto , come indicato a pag. 18 delle DGR 714/2011, che:

- " gli approfondimenti di II° livello, a corredo degli strumenti urbanistici attuativi (SUA o PUO) trovano piena applicazione unicamente nella definizione di scenari semiqualitativi di aree suscettibili di amplificazioni sismiche di carattere morfologico e litologico o di potenziale dissesto sismoindotto.

- pertanto, tali approfondimenti ***devono essere svolti unicamente negli areali caratterizzati da oggettiva disomogeneità locale in termini litologici e morfologici ovvero su progetti attuativi che riguardino estensioni territoriali rilevanti, comunque superiori ai 5 ha."***

e considerato che :

- l'area dello SUA sottozona S2 risulta molto inferiore ai 5 ha;

- i dati litologici , morfologici e topografici relativi all'area dello SUA, confermati dalle indagini geofisiche efftettuate, consentono di prendere in considerazione eventuali limitati fenomeni di amplificazione sismica soltanto relativamente alla differenza di velocità delle onde di taglio tra coltri di copertura e substrato rigido .

si è optato per la esecuzione di una "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica" che rappresenta appunto la sostanziale omogeneità dell'area dello SUA sottozona S2 in tale prospettiva, come sintetizzato nella legenda della carta e come motivato in relazione.

2. CAMPAGNA DI SONDAGGI E PROVE IN SITO E DI LABORATORIO DELL'APRILE-MAGGIO 2011

La campagna di indagini geognostiche effettuata nell'Aprile-Maggio 2011 è consistita nella esecuzione di n. 9 sondaggi a rotazione (cfr. ubicazione in All.1) a cura della SOMITER S.r.l. di Saluzzo (CN), corredati da prelievo di campioni per analisi di laboratorio e da campionamenti di terreno, da misure di livello piezometrico e dalla esecuzione di n.4 prospezioni georadar ubicate in All. 2.

2.2. Sondaggi meccanici a rotazione: commento alle stratigrafie

I sondaggi a rotazione, eseguiti fino a profondità variabili , e precisamente :

- **fino a 15 ml dal p.c**. P1, P2, P4, P6, P7, S1 ed S2;
- **fino a 25 ml dal p.c.:** P3, prolungato fino ad oltre 35 m per la individuazione del substrato, e P5;.

hanno consentito di individuare i seguenti livelli (cfr. stratigrafie e documentazione fotografica in All. 3):

Livello 1 –Materiale di riporto eterometrico in matrice sabbioso-ghiaiosa con laterizi –

Si tratta di riporto localmente ciottoloso (P1, P2, P5) in matrice sabbiosa ghiaiosa e con laterizi, in alcuni settori (P6) con scorie ferrose, avente spessori massimi marginalmente all'area (sondaggi S1 ed S2, in area urbanizzata).

Livello 2 – Limi e sabbie limose, localmente con passate organiche (torbe) e/o con ghiaia e frammenti di laterizi-

Costituiscono depositi alluvionali generalmente fini, localmente con passate torbose, ad indicare un ambiente fluviale deltizio ed anche paludoso della foce del T.Segno, in cui le variazioni del livello marino di base durante il quaternario hanno favorito alternanze con livelli ghiaiosi e di spiaggia (ciottolame elaborato) e con i depositi del livello 3

Si tratta di materiale nella media moderatamente addensato, solo localmente poco addensato, con riferimento alla seguente tabella , in base ai dati delle prove SPT effettuate:

CLASSIFICA ORIENTATIVA DELLO STATO DI COMPATTEZZA DEI TERRENI INCOERENTI	
N (numero colpi)	**VALUTAZIONE DELLO STATO DI ADDENSAMENTO**
0 - 4	SCIOLTO
4 - 10	POCO ADDENSATO
10 - 30	MODERATAMENTE ADDENSATO
30 - 50	ADDENSATO
> 50	MOLTO ADDENSATO

I livelli a più omogeneo comportamento geotecnico**,da moderatamente addensati ad addensati o molto addensati con riferimento agli esiti delle prove SPT effettuate nei sondaggi, **sono presenti alle seguenti profondità:

P2: da 8 m ca a 15m ca.
P3: da 4,50 a 9,80 m ca.
P6 : da 1,00 m ca. fino a 5,50 ca. e da 12 a 15 m
P7 : da 2m ca. fino a 9,00 m ca.

Livello 3 – Sabbie medio-fini , ghiaie e/o ciottolame leggermente arrotondato

Si alternano con i precedenti fino alle profondità raggiunte dai sondaggi , ed in particolare dai sondaggi più profondi P3 e P5 .

I livelli a più omogeneo comportamento geotecnico**, da moderatamente addensati ad addensati con riferimento agli esiti delle prove SPT effettuate nei sondaggi, **sono presenti alle seguenti profondità:

P1 : da 1,5 m ca. fino a 7,70 m ca.
P2 : da 1,00 m ca.a. fino a 8,00 m ca.
P3: da 2 m ca a 4,50 m ca. e da 9,80 m a 17,00 m
P4 : da 2 m ca. fino a 6,00 m ca.
P5: da 3 m ca. fino a 6,00 m ca.
P7 : da 12 m a 15 m

Il substrato metamorfico) della formazione di Murialdo (scisti filladici)**,** molto alterato a seguito degli episodi di erosione subaerea conseguenti alle regressioni marine durante il quaternario, è stato attraversato, relativamente a livelli alternati a sabbie limose, dal sondaggio P3, a partire dalla profondità di 23 m circa (livelli alteratissimi) e con livelli più riconoscibili a partire da 30 mca..

3.2. Prove di laboratorio geotecnico

I campioni indisturbati prelevati secondo le indicazioni della D.L. sono stati sottoposti alle analisi/prove di seguito indicate, consistenti soprattutto, vista la *granulometria prevalente limo-sabbiosa, limo-argillosa e/o sabbiosa ghiaiosa,* nell'analisi granulometrica con setacci e per sedimentazione , nella determinazione dei limiti di consistenza , e nella determinazione del contenuto in sostanza organica (livelli torbosi), per cui si rinvia all'esame dei relativi certificati in All. 4.

Elenco dei campioni

Sondaggi	profondità	Prove
P3	2,00-2,60	Granulometria
P4	2,00-2,60	Granulometria
P4	7,50-8,00	Granulometria e Limiti
P5	7,50-8,00	Granulometria Limiti e Sost.organiche
P5	22,50-23,00	Granulometria
P6	2,00-2,60	Granulometria
P6	13,50-14,00	Granulometria
P7	3,00-3,50 m	Granulometria e Limiti
P7	12,00-12,50 m	Granulometria
S2	7,50-8,00	Granulometria Limiti e Sost.organiche

La stima dei parametri geotecnici effettuata sulla base delle prove SPT, ha consentito di valutare i seguenti parametri, validi per i livelli a comportamento omogeneo di cui ai paragrafi 3.1. e 5.1.

y = peso di volume = 1,9 KN/mc

ϕ = angolo di attrito interno = 32° (valori medio-bassi dalle prove)

Cu = coesione non drenata = 50 KPa (dalle prove "pocket penetrometer" sui livelli più argillosi con la relazione Cu = ½ R.Pocket delle prove che hanno fornito i valori minori)

3.3. Livelli piezometrici

Nei piezometri installati nei fori di sondaggio sono state eseguite a cura della Somiter S.r.l. le letture di falda, in metri dal p.c., di cui alla tabella seguente(giorni 20, 21,27, 29 Aprile) mentre nel corso delle prove "slug test " in data 27.05.11 sono state rilevate le misure di soggiacenza dalla testa tubo (in grassetto nella tabella stessa) utilizzate per la esecuzione della carta delle isopieze in quanto più correttamente correlabili con le quote di testa pozzo rilevate dalla Stegeo di Genova in entrambe le aree.

	20.04.11	21.04.11	27.04.11	29.04.11	27.05.11
P1			0,60	0,62	**0,84**
P2	0,62	0,60	0,62	0,65	**0,95**
P3	0,65	0,65	0,66	0,68	**1,01**
P4				1,03	**1,19**
P5			1,05	1,05	**1,27**
P6			1,03	1,05	**1,42**
P7		0,65	0,60	0,62	**0,78**

Il sistema acquifero identificato risulta essenzialmente monofalda, in assenza di livelli pelitici/argillosi significativi tali da permettere la configurazione di falde confinate.

I livelli di falda per ora rilevati ai piezometri evidenziano, grazie alle successive correlazioni effettuate nel § 5.1. tramite la carta delle isopieze in All. 6 estesa alle due aree, una direzione di deflusso principale parallela all'andamento del T.Segno ed una direzione di drenaggio verso SSE, probabilmente influenzata dalla messa in opera di materiale arido drenante sul piano di posa dei capannoni esistenti.

4. INDAGINI GEOFISICHE

Nell'area contigua Abitccop (Sottozona S1) sono state effettuate una stesa sismica a rifrazione (tomografia sismica) lunga 100 ml ca., con elaborazione dei dati MASW per la determinazione di V_{s30}, definita come la velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, utilizzata come riferimento anche per la nostra area, mentre nella ns. area sono state effettuate n.7 prospezioni georadar, commentate nella relazione della Techgea Servizi in All.8.

4.1. Tomografia sismica e MASW

Rinviando alla relazione del Dott. Geol. F.Montaldo di Genova "Indagine Geofisica Integrata – Tomografia Sismica, Masw, GeoRadar " in All.7, per ogni dettaglio riguardante l'interpretazione delle prospezioni , è sufficiente qui evidenziare , con riferimento al modello tomografico finale, le seguenti osservazioni conclusive :

- il livello superficiale (riporti in matrice sabbiosa ghiaiosa) presenta velocità dell'ordine di 300-400 m/s;

- tra le profondità di 5 e 7 m dal p.c. la velocità aumenta superando i 1000 m/s, con diminuzione locale in relazione alla presenza della falda, e al di sotto di tale livello aumenta progressivamente fino a raggiungere i 2000 m/s;

- il passaggio al substrato roccioso è segnato da un gradiente elevato della velocità compreso , nell'area S1, tra la profondità di 26 m (lato SE dell'area) e 35 m(lato NW) ;

- *il valore di V_{s30} determinato, inteso come la velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, è pari a 380 m/s.*

4.2. Prospezioni Georadar

In accordo con la D.L. sono state effettuate n. 7 prospezioni georadar (cfr. Sezz. da GR1 a GR 7 in All. 2), che hanno fornito dati relativi alla ubicazione di possibili manufatti interrati.

Con riferimento alla relazione della TECHGEA SERVIZI di Torino in All. 8, a cui si rinvia per ogni dettaglio descrittivo, ed alla planimetria in All.2 si sono riconosciuti:

Sez. GPR1 . probabile basamento della tettoia (progressive 31-40 m)

Sez. GPR2 . manufatto interrato (trincea con passaggio di sottoservizi) al di sotto della traccia di scavo (progressive 15-17 m) **e Sez. GPR3 progressive 14-16 m)**

Sez. GPR2: tombino metallico interrato (crepa di forma quadrata nel manto di asfalto) con possibile sottostante serbatoio alle progressive 36-37 m;

Sez. GPR2: diversi possibili manufatti interrati (progressive 38-45, 51-55, 82-85 m);

Sez. GPR3 possibile manufatto interrato (vasca in cemento) al di sotto di una estesa traccia visibile sul piazzale (progressive 23-36 m);

Sez. GPR7 . possibile manufatto interrato (progressive 36-43 m)

4.3. Categorie di sottosuolo ai sensi punto 3.2.2 Tab. 3.2.II N.T.C. 14.01.08

Il punto 3.2.2. ."Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche " delle NTC individua, nella Tabella 3.2.II, le categorie di sottosuolo "ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto", con un approccio semplificato, a partire dalla lettera A alla E, ed aggiunge a queste categorie altre due, denominate S1 ed S2, per le quali " è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche".

Visti i dati geognostici e geofisici acquisiti **la categoria di suolo di fondazione che più si approssima alle caratteristiche individuate è la categoria E,** così definita:

E – Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m posti sul substrato di riferimento con V_S **> 800 m/s..**

Per la precisione il substrato di riferimento *(formazione di Murialdo)* è stato attraversato con livelli estremamente alterati (nel sondaggio P3)a partire da -23 m ca. dal p.c. mentre ancora in P3 è stato raggiunto a circa 30 m dal p.c..

4.4. Pericolosità sismica

In base alle Norme Tecniche per le Costruzioni l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base" in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC).", .

La consultazione del software Geostru ha fornito, nelle condizioni soprariportate e con introduzione delle coordinate del sito, il valore dei seguenti parametri, per un edificio rientrante nella classe II , per V_R (vita nominale) = 50 anni e nello stato limite di operatività (SLO):

a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno = 0,019
F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale = 2,577
T $*_c$ = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale = 0,158

Detti valori vengono calcolati in relazione a :

a) stati limite di esercizio**:**

Stato limite di operatività (SLO)

Stato limite di danno (SLD)

b) stati limite ultimi

Stato limite di salvaguardia di vita (SLV)

Stato ultimo di prevenzione al collasso (SLC)

Ad ognuno degli stati limite viene associato un valore di P_{VR} che rappresenta la probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R. Lo stesso software ha fornito, introducendo la categoria stimata di sottosuolo (E) e la categoria topografica (T1), i valori dei *coefficienti sismici* caratteristici di ciascun stato limite:

Ss, St, (coefficienti stratigrafico e topografico -parametri di ingresso)

Cc, dipendente dalla categoria di sottosuolo e funzione di F_0 e T_{c^*} (per terreni tipo A vale 1)

Kh= componente orizzontale dell'accelerazione= βs*Amax/g

Kv= componente verticale dell'accelerazione =1/2 kh

Amax= accelerazione orizzontale massima attesa al sito

βs=coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

Il calcolo può essere fatto con riferimento a "fondazioni e pendii", o "opere di sostegno", o "paratie".

Calcolo dei coefficienti sismici

○ Opere di sostegno ○ Paratie

◉ Stabilità dei pendii e fondazioni

Categoria sottosuolo	E
Categoria topografica	T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss *				
Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,60	1,60

Cc * Coeff. funz categoria	2,40	2,24	1,85,	1,81
St * Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,006	0,008	0,019	0,025
kv	0,003	0,004	0,010	0,013
Amax [m/s²]	0,297	0,394	0,945	1,227
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

5. CARTA DI ANALISI

5.1. Definizione del modello concettuale geologico ed idrogeologico del sito e commento alla carta di analisi

La ricostruzione geologica dell'area effettuata nelle sezioni significative CC e DD in All. 5 indica un modello deposizionale di ambiente fluviale-deltizio in cui i terreni più fini, anche con passaggi a livelli torbosi, significativi di un ambiente lagunare-paludoso, si presentano alternati sia in senso orizzontale che verticale con i depositi sabbiosi-ghiaiosi del livello 3, ad indicare variazioni di energia deposizionale, alla foce del T.Segno, collegate alle variazioni del livello marino di base durante il quaternario.

Il sottostante substrato metamorfico, individuato a profondità attorno ai 30 m dal p.c. nel sondaggio P3, si presenta in condizioni di alterazione/erosione, da attribuire agli episodi di erosione subaerea conseguenti alle regressioni marine durante il quaternario.

L'esame delle sezioni unito alla valutazione della permeabilità media degli acquiferi presenti indica una possibilità di movimento della falda sia in senso orizzontale che verticale, con gradienti moderati, nell'ambito delle due aree.

La carta delle isopieze estesa alle due aree rappresentata in All. 6 evidenzia una direzione di deflusso principale parallela all'andamento del T.Segno ed una direzione di drenaggio verso SSE, pertanto drenante rispetto all'alveo del T.Segno,

probabilmente influenzata dalla messa in opera di materiale arido drenante sul piano di posa dei capannoni esistenti.

La carta di analisi (cfr. All.9) su cui sono ubicate tutte le indagini geognostiche e geofisiche eseguite, indica in legenda le seguenti condizioni litostratigrafiche generali già descritte nel § 3.1 e/o idrogeologiche (§ 5.1.) :

- *presenza di **m**ateriale di riporto eterometrico in matrice sabbioso-ghiaiosa, con spessori variabili da 1,50- 2,60, mediamente, fino ad un massimo marginalmente all'area di 4,60 m (S1) localmente rimaneggiati da scorie ferrose e laterizi, in copertura su depositi alluvionali generalmente fini, localmente con passate torbose, ad indicare un ambiente fluviale deltizio ed anche paludoso della foce del T.Segno, in cui le variazioni del livello marino di base durante il quaternario hanno favorito alternanze con livelli ghiaiosi e di spiaggia fino alla profondità del substrato alterato della formazione di Murialdo (scisti filladici e micascisti) , presente localmente attorno ai 30 m dal p.c.*

- *appartenenza dell'area alla fascia C "inondabile al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T = 500 anni ",a cui rispondono i criteri di intervento indicati nella relazione idraulica dell'Ing. Di Salvo allegata alla documentazione dello S.U.A.;*

- *principali direzioni di deflusso della falda (da carta delle isopieze).*

6. VALUTAZIONE DELL'AREA IN PROSPETTIVA SISMICA

6.1. Commento alla carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

Come indicato nel § 2 "Inquadramento normativo" la DGRL n.714 del 21.06.2011 " Specifiche tecniche relative ai criteri e linee guida regionali per l' approfondimento degli studi geologico tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale, ad integrazione della DGR 471/2010"' indica ***tre livelli crescenti di approfondimento degli studi di microzonazione sismica,*** di cui i livelli 1 e 2 attengono alla pianificazione territoriale, mentre il terzo livello è previsto per fornire indicazioni di risposta sismica locale.

Il livello 1 " presenta un carattere qualitativo, propedeuticoa tutti gli studi di MS, e consiste nel raccogliere i dati geologici, geomorfologico, litotecnici di base al fine di suddividere il territorio in *microzone qualitativamente omogenee in termini di prospettiva*

sismica, discriminando le aree in cui sono attesi fenomeni di amplificazione sismica e/o suscettibili di instabilità rispetto a quelle dove non si prevedono modifiche dello scuotimento sismico.

Tenuto conto , come indicato a pag. 18 delle DGR 714/2011, che:

- " gli approfondimenti di II° livello, a corredo degli strumenti urbanistici attuativi (SUA o PUO) trovano piena applicazione unicamente nella definizione di scenari semiqualitativi di aree suscettibili di amplificazioni sismiche di carattere morfologico e litologico o di potenziale dissesto sismoindotto.

- Pertanto, tali approfondimenti ***devono essere svolti unicamente negli areali caratterizzati da oggettiva disomogeneità locale in termini litologici e morfologici ovvero su progetti attuativi che riguardino estensioni territoriali rilevanti, comunque superiori ai 5 ha."***

e considerato che :

- l'area dello SUA sottozona S2 risulta molto inferiore ai 5 ha;

- i dati litologici , morfologici e topografici relativi all'area dello SUA, confermati dalle indagini geofisiche efftettuate, consentono di prendere in considerazione eventuali limitati fenomeni di amplificazione sismica soltanto relativamente alla differenza di velocità delle onde di taglio tra coltri di copertura e substrato rigido ;

si è optato per la esecuzione di una "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica" che rappresenta appunto la sostanziale omogeneità dell'area dello SUA in tale prospettiva, come sintetizzato nella legenda della carta .

L'area dello S.U.A. sottozona S2 appartiene pertanto ad un'unica zona definita " ***zona stabile suscettibile di limitate amplificazioni per effetto della situazione litostratigrafica locale, in quanto caratterizzata dalla presenza di coltri alluvionali a composizione limoso-sabbiosa e/o sabbiosa-ghiaiosa nella media moderatamente addensate, con Vs30 attorno a 380 m/s, in copertura sul substrato scistoso filladico, (bedrock sismico) con velocità delle onde di taglio Vs > 800 m/s, presente localmente alla profondità di 30 m circa dal p.c..***

La valutazione della pericolosità sismica dell'area (a_g = accelerazione orizzontale massima attesa del terreno = 0,019) porta da sola ad escludere la possibilità del verificarsi di fenomeni di liquefazione, pur in presenza dei livelli di falda piuttosto superficiali misurati durante la campagna d'indagini geognostiche .

7. CARTA FINALE DI SINTESI O DEI REGIMI NORMATIVI

Viste le caratteristiche geologico-tecniche dell'area in esame, e tenendo conto degli obiettivi dello strumento urbanistico, si è definita, nella carta di sintesi (All. 11) un'unica zona omogenea, avente le caratteristiche di seguito indicate e da assoggettare ai criteri di utilizzo analogamente indicati:

*Zona omogenea caratterizzata da presenza di **m**ateriale di riporto eterometrico in matrice sabbioso-ghiaiosa, con spessori da 1,50 a 2,60, mediamente, localmente rimaneggiati da scorie ferrose e laterizi, in copertura su depositi alluvionali fini, localmente con passate torbose di ambiente fluviale deltizio ed anche paludoso della foce del T.Segno, in alternanze verticali ed orizzontali con livelli ghiaiosi e di spiaggia fino alla profondità del substrato alterato della formazione di Murialdo (scisti filladici e micascisti) , presente localmente a 30 m circa dal p.c.*
Inondabilità - appartenenza dell'area alla fascia C "inondabile al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T = 500 anni ",a cui rispondono i criteri di intervento indicati nella relazione idraulica dell'Ing. Di Salvo allegata alla documentazione dello S.U.A.;
Livelli di falda- variabili da -2,20 a -1,80 m dal p.c.da Ovest verso Est ;
Categoria di sottosuolo che più si assimila : E ai sensi punto 3.2.2 Tab 3.2.II NTC 14.01.08.:
E – Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m posti sul substrato di riferimento con V_S > 800 m/s..
Fattibilità - lintegrazione dei sondaggi già effettuati mediante nuovi sondaggi geognostici nell'area interessata dagli interventi residenziali (con installazione di piezometri nei fori di sondaggio) con finalità di verificare definitivamente lo stato di addensamento ed i parametri geotecnici delle coltri di copertura e le condizioni idrogeologiche dell'area , conclusi da relazione geologico-tecnica sulle indagini ex NTC 14.01.08 e Norme Piano di Bacino ex D.L. 180/98 - Ambito 14.
Tipologia fondazionale - Tipologie di fondazione differenziate con pali di grosso diametro in corrispondenza delle strutture portanti degli edifici a maggior carico sul terreno, insistenti sui livelli , individuati dai sondaggi (§ 3.1.,) di caratteristiche geotecniche omogenee, da confermare con le nuove indagini, e fondazioni dirette a platea in corrispondenza delle zone di minor carico, anche in funzione delle possibili limitate amplificazioni di cui alla carta delle MOPS
Sistemazioni idrogeologiche/idrauliche - Intercapedini atte all'isolamento delle parti interrate e sistemi di pompaggio, oltre a quanto indicato nella relazione idraulica dell'Ing. Di Salvo allegata allo S.U.A

I criteri di utilizzo sopraindicati saranno confermati, con le integrazioni e le ottimizzazioni consentite dalla esecuzione delle indagini puntuali, nella relazione geologica e nella relazione geotecnica sulle indagini stesse redatta ai sensi delle NTC 14.01.08 e delle

Norme del Piano di Bacino T.Segno .

L'omogeneità dell'area sotto il profilo geologico-tecnico vale anche in prospettiva sismica, richiamando le considerazioni esposte nel precedente paragrafo 6.1.

8. NORME GEOLOGICHE DI SUA

La *Legge Regione Liguria n. 24 dell'8.7.87* prescrive tra i contenuti degli Strumenti Urbanistici Attuativi, all'art.2 punto h "la dimostrazione della fattibilità geotecnica delle opere".

La *Circolare n. OO4551*, inviata il 12-12-89 dal Servizio Difesa del Suolo e dal Servizio Strumenti Urbanistici della Regione Liguria a tutti i Sindaci dei Comuni Liguri, oltre che a tutti gli altri Enti interessati, precisa e definisce in dettaglio i contenuti degli studi e indagini geologiche per ogni tipo di SUA, distinguendo tra SUA-AP in terreni interamente di pianura, in cui rientra l'area dello SUA. e SUA-AM in terreni interamente collinari o montani.

Tra i contenuti delle Norme, che devono "guidare l'intervento geologico in tutte le fasi successive della progettazione e della realizzazione dello SUA....." si precisa in particolare a pag.9 che le stesse "forniranno indirizzi e prescrizioni in ordine a:

a) dettagliata progettazione delle indagini integrative (idrogeologiche, geomorfologiche, geognostiche, geotecniche, geomeccaniche, ...) obbligatorie.....
b) approfondimenti geognostici particolari...
c) contenuti specifici degli indirizzi metodologici e tecnico-costruttivi in ordine alle fondazioni....

A ciò si devono aggiungere le condizioni di cui alle Norme di Attuazione del Piano di Bacino del T.Segno, valide in particolare per le aree rientranti nelle fasce di inondabilità di tipo B.

Tutto ciò premesso, si indicano i seguenti contenuti per le Norme Geologiche di SUA, relativamente all'unica zona individuata:

*Zona omogenea caratterizzata da presenza di **m**ateriale di riporto eterometrico in matrice sabbioso-ghiaiosa, con spessori variabili da 1,50 a 2,60 m mediamente, localmente rimaneggiati da scorie ferrose e laterizi, in copertura su depositi alluvionali fini, localmente con passate torbose di ambiente fluviale deltizio ed anche paludoso della foce del T.Segno, in alternanze verticali ed orizzontali con livelli ghiaiosi e di spiaggia fino alla profondità del substrato alterato della formazione di Murialdo (scisti filladici e micascisti) presente localmente a 30 m circa dal p.c.*

Inondabilità - appartenenza dell'area alla fascia C "inondabile al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T = 500 anni ",a cui rispondono i criteri di intervento indicati nella relazione idraulica dell'Ing. Di Salvo allegata alla documentazione dello S.U.A.;

Livelli di falda- variabili da -2,20 a -1,80 m dal p.c.da Ovest verso Est ;

Categoria di sottosuolo che più si assimila: E ai sensi punto 3.2.2 Tab 3.2.II NTC 14.01.08.:

E – Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m posti sul substrato di riferimento con V_S > 800 m/s..

Fattibilità - Integrazione dei sondaggi già effettuati mediante nuovi sondaggi geognostici, nell'area interessata dagli interventi residenziali (con installazione di piezometri nei fori di sondaggio) con finalità di verificare definitivamente lo stato di addensamento ed i parametri geotecnici delle coltri di copertura e le condizioni idrogeologiche dell'area , conclusi da relazione geologico-tecnica sulle indagini ex NTC 14.01.08 e Norme Piano di Bacino ex D.L. 180/98 - Ambito 14.

Tipologia fondazionale - Tipologie di fondazione differenziate con pali di grosso diametro in corrispondenza delle strutture portanti degli edifici a maggior carico sul terreno, insistenti sui livelli, individuati dai sondaggi (§ 3.1.,) di caratteristiche geotecniche omogenee, da confermare con le nuove indagini, e fondazioni dirette a platea in corrispondenza delle zone di minor carico, anche in funzione delle possibili limitate amplificazioni di cui alla carta delle MOPS

Sistemazioni idrogeologiche/idrauliche - Intercapedini atte all'isolamento delle parti interrate e sistemi di pompaggio, oltre a quanto indicato nella relazione idraulica dell'Ing. Di Salvo allegata allo S.U.A

I criteri di utilizzo sopraindicati saranno confermati, con le integrazioni e le ottimizzazioni consentite dalla esecuzione delle indagini puntuali, nella relazione geologica e nella relazione geotecnica sulle indagini stesse redatte ai sensi delle NTC 14.01.08 , che dovranno in particolare verificare e richiamare i criteri di protezione civile di cui alle Norme del Piano di Bacino del T.Segno.

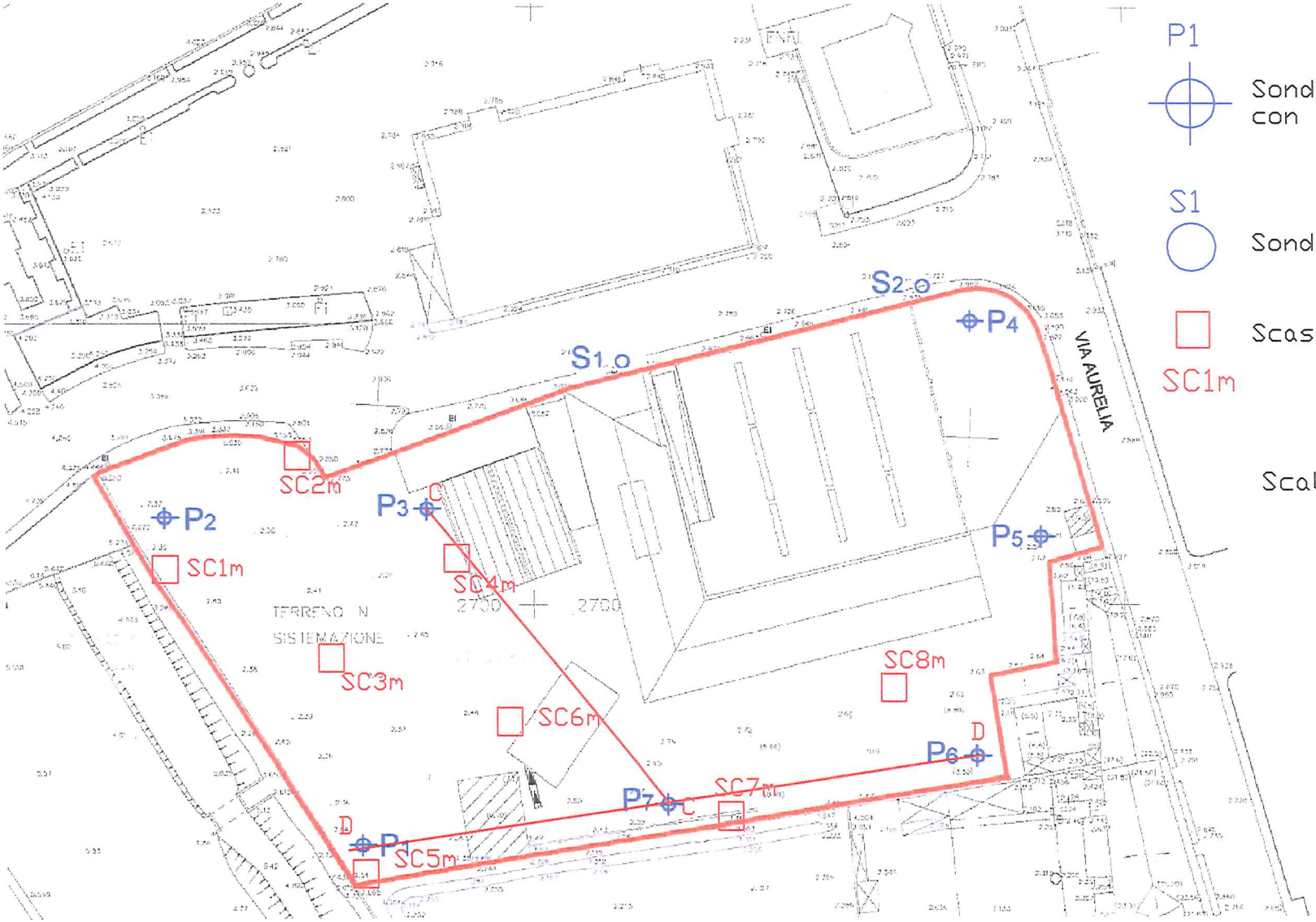
Alla conclusione dei lavori dovrà essere prodotta una relazione geologica e geotecnica di fine lavori, a firma congiunta del professionista incaricato delle indagini geognostiche, del progettista delle strutture e del direttore dei lavori, contenente l'attestazione della corretta esecuzione degli interventi sul suolo e sul sottosuolo, a garanzia delle verifiche effettuate, della stabilità delle opere realizzate e di quelle preesistenti, nonché per la tutela dell'equilibrio geomorfologico e dell'assetto idrogeologico ed idraulico della zona di intervento.

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. Enrico Pesenti A.P. n. 21 data iscr. 11/05/68

Dott.Geol.Enrico Pesenti

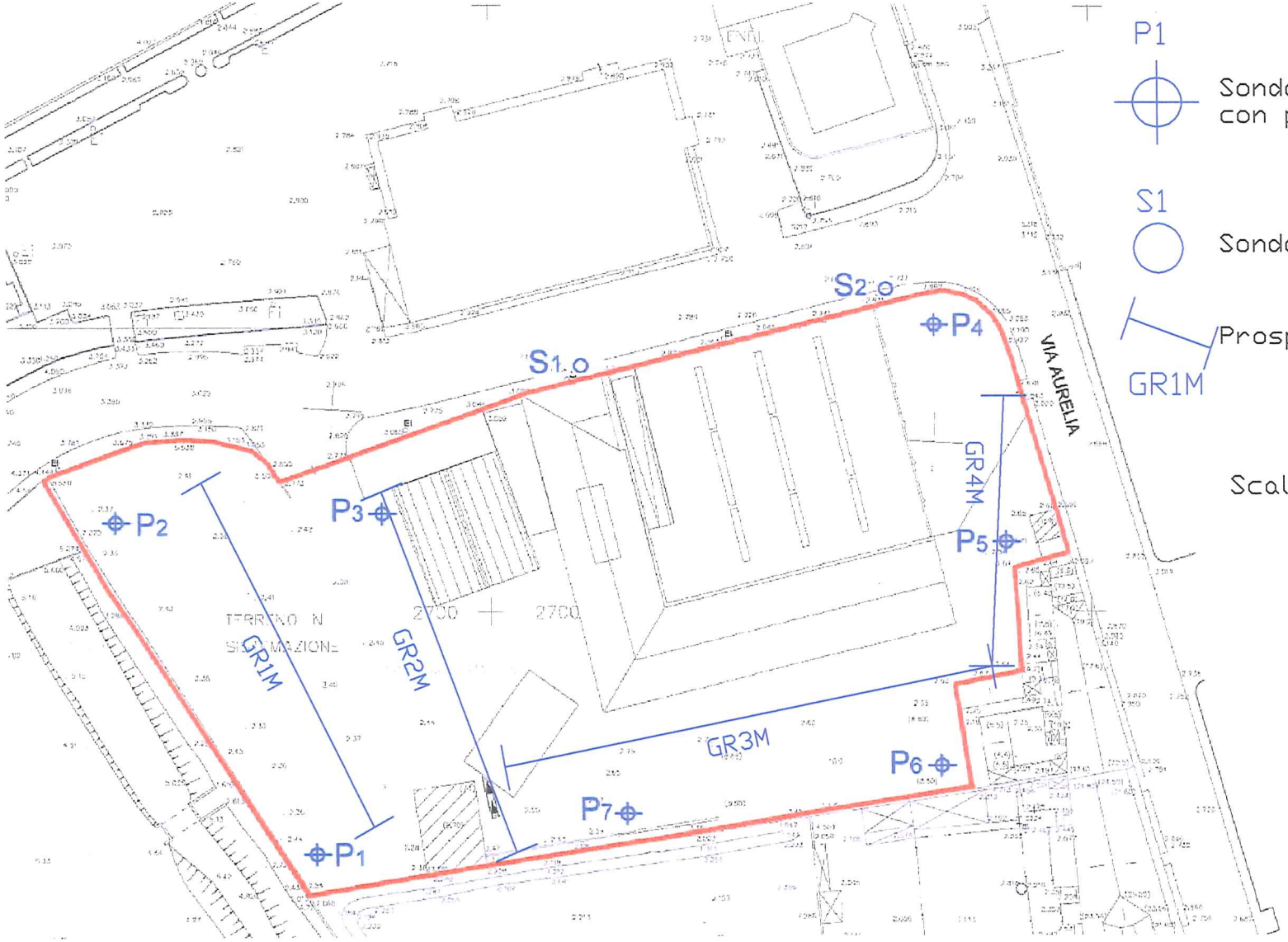
Allegato 1
Carta ubicazione indagini geognostiche
Area Multipolis S.r.l.

Zona S16 - sottozona 2



Allegato 2
Carta ubicazione indagini geofisiche
Area Multipolis S.r.l.

Zona S16 - sottozona 2



ALL.3

STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI

ENRICO PESENTI - GEOLOGO
PIAZZA LUCCOLI 2/5
16123 GENOVA
TEL. E FAX 0102474198
E-MAIL pesenti.enrico@alice.it

Sondaggio N°	P1
Data	APRILE 2011
Ubicazione	Area S16 - Sottozona 2 Vado Ligure - Savona
Metodo di perforazione	A ROTAZIONE
Perforatore	Somiter S.r.l.

Profondità dal p.c. in metri	Quote parz. in metri	Stratigrafia	Descrizione della Stratigrafia	Scala	RQD %	S.P.T. N° Colpi	Pock. Pen. (Kg/cm2)	Campioni D	Campioni I	H2O
0, 10	0, 10		ASFALTO							
1, 50	1, 50		RIPORTO CIOTTOLOSO IN MATRICE SABBIOSA							
4, 50	3, 00		GHIAIETTO E SABBIA MARRONCINI							
5, 20			GHIAIA IN MATRICE ABBONDANTE SABBIOSA, LIMOSA E ARGILLOSA							
7, 70	2, 50		GHIAIA ETEROMETRICA IN MATRICE SABBIOSA			12 19 22				
11, 0	3, 70		SABBIA LIMOSA FINE MARRONCINA CHIARA			14 5 3				
14, 0	3, 00		SABBIA LIMOSA CON INTERVALLI CIOTTOLOSI ARROTONDATI (13,30 - 13,45 m) E PASSATE CARBONIOSE (11,70 - 11,90m)			9 6 5				
15, 0			GHIAIETTO CON INTERVALLI SABBIOSI FINI							

ENRICO PESENTI - GEOLOGO
PIAZZA LUCCOLI 2/5
16123 GENOVA
TEL. E FAX 0102474198
E-MAIL pesenti.enrico@alice.it

Sondaggio N°	P2
Data	APRILE 2011
Ubicazione	Area S16 - Sottozona 2 Vado Ligure - Savona
Metodo di perforazione	A ROTAZIONE
Perforatore	Somiter S.r.l.

Profondità dal p.c. in metri	Quote parz. in metri	Stratigrafia	Descrizione della Stratigrafia	Scala	RQD %	S.P.T. N° Colpi	Pock. Pen. (Kg/cm2)	Campioni D	Campioni I	H2O
0, 10	0, 10		ASFALTO							
1, 00	0, 90		RIPORTO SABBIOSO E GHIAIOSO							
2, 00	1, 00		GHIAIA (CIOTTOLI)							
5, 00	3, 00		GHIAIA E SABBIA LEGGERMENTE LIMOSA DI COLORE MARRONCINO (INTERVALLO FRANCAMENTE SABBIOSO DA 2,55 A 3,00).			10 10 19				
8, 00	3, 00		GHIAIA DA MEDIA A GROSSOLANA CON CIOTTOLI ETEROGENEI (QUARZITE, SCISTI DI MURIALDO, ROCCE VERDI) CON SABBIA DI COLORE GRIGIO			12 18 20 4 6 9				
9, 35	1, 35		SABBIA LEGGERMENTE LIMOSA CON GHIAIA E CIOTTOLI COME SOPRA			7 7 8				
15, 0	5, 65		SABBIA LIMOSA PIUTTOSTO ADDENSATA, CENERINA, CON INCLUSI CIOTTOLETTI ARROTONDATI			18 19 32 15 29 35 10 32 45				

ENRICO PESENTI - GEOLOGO
PIAZZA LUCCOLI 2/5
16123 GENOVA
TEL. E FAX 0102474198
E-MAIL pesenti.enrico@alice.it

Sondaggio N°	P3
Data	APRILE 2011
Ubicazione	Area S16 - Sottozona 2 Vado Ligure - Savona
Metodo di perforazione	A ROTAZIONE
Perforatore	Somiter S.r.l.

Profondità dal p.c. in metri	Quote parz. in metri	Stratigrafia	Descrizione della Stratigrafia	Scala	RQD %	S.P.T. N° Colpi	Pock. Pen. (Kg/cm2)	Campioni D	Campioni I	H2O
0, 50	0, 50		ASFALTO							
2, 00	1, 50		SABBIA FINE LIMOSA							
3, 00	1, 00		GHIAIA LIMOSO - SABBIOSA							
4, 50	1, 50		SABBIA E GHIAIA			8 8 22				
5, 65	1, 15		SABBIA FINE GRIGIA LIMOSA							
6, 00	0, 35		CIOTTOLAME GROSSOLANO IN MATRICE SABBIOSA							
9, 80	3, 80		SABBIA FINE GRIGIA LIMOSA			7 7 8				
15, 0	5, 20		CIOTTOLAME (METAMORFITI SCISTOSE) LEGGERMENTE ARROTONDATO DA CENTIMETRICO A PLURICENTIMETRICO IN MATRICE SABBIOSA CHIARA			21 R 15 25 50 30 R				
16, 6	1, 60		GHIAIETTO GRIGIO IN MATRICE SABBIOSA GIALLASTRA LEGGERMENTE ARGILLOSA							
17, 65	1, 05		INTERVALLO SCISTOSO FILLADICO ALTERATISSIMO IN MATRICE SABBIOSA-ARGILLOSA			12 R				
18, 7	1, 05		GHIAIETTO GRIGIO REGOLARE							
19, 15	0, 45		INTERVALLO SCISTOSO C.S. ALTERATISSIMO							
22, 6	3, 45		SABBIA LIMOSA DI COLORE CENERINO-GIALLASTRO CON GHIAIA ANGOLARE			14 37 R				
25, 0	2, 40		GHIAIA DA CENTIMETRICA A DECIMETRICA (FRAMMENTI ANGOLARI DI METAMORFITI LOCALMENTE ALTERATISSIMI) CON SABBIA LIMOSA GRIGIO-VERDOLINA			38 44 R				

ENRICO PESENTI - GEOLOGO
PIAZZA LUCCOLI 2/5
16123 GENOVA
TEL. E FAX 0102474198
E-MAIL pesenti.enrico@alice.it

Sondaggio N°	P4
Data	APRILE 2011
Ubicazione	Area S16 - Sottozona 2 Vado Ligure - Savona
Metodo di perforazione	A ROTAZIONE
Perforatore	Somiter S.r.l.

Profondità dal p.c. in metri	Quote parz. in metri	Stratigrafia	Descrizione della Stratigrafia	Scala	RQD %	S.P.T. N° Colpi	Pock. Pen. (Kg/cm2)	Campioni D	Campioni I	H2O
0, 10	0, 10		ASFALTO							
0, 65	0, 55		RIPORTO GHIAIOSO/SABBIOSO GRIGIO							
2, 00	1, 35		GHIAIA ETEROMETRICA IN MATRICE SABBIOSO-LIMOSA CON INCLUSI FRAMMENTI DI LATERIZI							
5, 30	3, 30		SABBIA GHIAIOSA MARRONCINA CHIARA			8 10 22			CI	
6, 00	0, 70		GHIAIA BIANCASTRA LEGGERMENTE SABBIOSO-LIMOSA							
14, 0	8, 00		SABBIA LIMOSA FINE GRIGIA, CON PASSATE TORBOSE E LEGGERA CONTAMINAZIONE OLFATTIVA			3 5 7 6 6 10				
15, 0	1, 00		SABBIA GRIGIA GROSSOLANA			7 12 16				

ENRICO PESENTI - GEOLOGO
PIAZZA LUCCOLI 2/5
16123 GENOVA
TEL. E FAX 0102474198
E-MAIL pesenti.enrico@alice.it

Sondaggio N°	P5
Data	APRILE 2011
Ubicazione	Area S16 - Sottozona 2 Vado Ligure - Savona
Metodo di perforazione	A ROTAZIONE
Perforatore	Somiter S.r.l.

Profondità dal p.c. in metri	Quote parz. in metri	Stratigrafia	Descrizione della Stratigrafia	Scala	RQD %	S.P.T. N° Colpi	Pock. Pen. (Kg/cm2)	Campioni D / I	H2O
			ASFALTO						
0,15	0,15								
2,60	2,45		RIPORTO DI PIETRISCO E LATERIZI IN MATRICE FINE SABBIOSA LIMOSA						
3,00	0,40		LIVELLO LIMOSO-SABBIOSO NERRASTRO (LEGGERA CONTAMINAZIONE OLFATTIVA)						
6,00	3,00		GHIAIA ETEROMETRICA SABBIOSA LEGGERMENTE LIMOSA (CIOTTOLI DI ROCCE VERDI, QUARZITI)			11 18 20			
15,0	9,00		SABBIA LIMOSA GRIGIA CON PASSATE ORGANICHE (TORBE)			3 5 6 7 13 15 7 17 27		CI	
19,7	4,70		SABBIA GHIAIOSA DI COLORE CINERINO-GIALLASTRO			2 1 2			
20,0	0,30		LIMO ARGILLOSO						
22,0	2,00		GHIAIA SABBIOSA GIALLASTRA-OCRACEA						
23,6	1,60		LIMO SABBIOSO CON INCLUSI GHIAIOSI GROSSOLANI					CI	
25,0	1,40		GHIAIA GROSSOLANA LOCALMENTE APPIATTITA IN MATRICE LIMOSA						

ENRICO PESENTI - GEOLOGO
PIAZZA LUCCOLI 2/5
16123 GENOVA
TEL. E FAX 0102474198
E-MAIL pesenti.enrico@alice.it

Sondaggio N°	P6
Data	APRILE 2011
Ubicazione	Area S16 - Sottozona 2 Vado Ligure - Savona
Metodo di perforazione	A ROTAZIONE
Perforatore	Somiter S.r.l.

Profondità dal p.c. in metri	Quote parz. in metri	Stratigrafia	Descrizione della Stratigrafia	Scala	RQD %	S.P.T. N° Colpi	Pock. Pen. (Kg/cm2)	Campioni D	Campioni I	H2O
0,15	0,15		ASFALTO							
0,55	0,40		SCORIE FERROSE							
5,50	4,95		SABBIA LIMOSO-GHIAIOSA GIALLASTRA-ROSSASTRA			12 20 22				
13,5	8,00		SABBIA LIMOSA GRIGIA CON PASSATE ORGANICHE (TORBE) ABBONDANTI DA 5,50 A 5,80m) E CON INCLUSIONI LOCALI DI CIOTTOLI SIA DI PROVENIENZA FLUVIALE CHE MARINA (ROCCE VERDI, QUARZITI)			2 3 5 13 39 13				
15,0	1,50		SABBIA LIMOSA GIALLASTRA CON GHIAIA ETEROMETRICA DI PROVENIENZA COME SOPRA			20 42 46			CI	

ENRICO PESENTI - GEOLOGO
PIAZZA LUCCOLI 2/5
16123 GENOVA
TEL. E FAX 0102474198
E-MAIL pesenti.enrico@alice.it

Sondaggio N°	P7
Data	APRILE 2011
Ubicazione	Area S16 - Sottozona 2 Vado Ligure - Savona
Metodo di perforazione	A ROTAZIONE
Perforatore	Somiter S.r.l.

Profondità dal p.c. in metri	Quote parz. in metri	Stratigrafia	Descrizione della Stratigrafia	Scala	RQD %	S.P.T. N° Colpi	Pock. Pen. (Kg/cm2)	Campioni D	Campioni I	H2O
0, 15	0, 15		ASFALTO							
1, 60	1, 45		SABBIA LEGGERMENTE LIMOSA CON FRAMMENTI DI LATERIZI							
3, 50	1, 90		SABBIA LIMOSA GIALLASTRA LEGGERMENTE ARGILLOSA							
5, 00	1, 50		SABBIA LIMOSA - GHIAIOSA GIALLASTRA			10 10 12				
6, 00	1, 00		SABBIA LIMOSA GRIGIA CON FRAMMENTI DI LATERIZI							
9, 00	3, 00		SABBIA LIMOSA CON GHIAIA ANGOLARE E FRAMMENTI DI LATERIZI ABBONDANTI			11 12 15				
12, 0	3, 00		SABBIA LIMOSA GRIGIO VERDOLINA CON RARI INCLUSI GHIAIOSI			9 8 10				
15, 0	3, 00		SABBIA MARRONCINA (12,00 - 13,85m) E GRIGIA (13,85 - 15,00m) CON GHIAIETTO ELABORATO REGOLARE			3 6 15				
						9 19 35				

ENRICO PESENTI - GEOLOGO
PIAZZA LUCCOLI 2/5
16123 GENOVA
TEL. E FAX 0102474198
E-MAIL pesenti.enrico@alice.it

Sondaggio N°	S1
Data	APRILE 2011
Ubicazione	Area S16 - Sottozona 2 Vado Ligure - Savona
Metodo di perforazione	A ROTAZIONE
Perforatore	Somiter S.r.l.

Profondità dal p.c. in metri	Quote parz. in metri	Stratigrafia	Descrizione della Stratigrafia	Scala	RQD %	S.P.T. N° Colpi	Pock. Pen. (Kg/cm2)	Campioni D	Campioni I	H2O
0, 10	0, 10		ASFALTO							
4, 65	4, 55		RIPORTO GHIAIOSO/SABBIOSO CON LATERIZI							
10, 9	6, 25		SABBIA LIMOSA FINE GRIGIA MICACEA, CON PASSATE TORBOSE			9 6 5 3 4 5				
13, 0	2, 10		SUBSTRATO METAMORFICO ALTERATO PER DECALCIFICAZIONE							
14, 0	1, 00		SUBSTRATO METAMORFICO COMPATTO LEGGERMENTE OSSIDATO							
15, 0	1, 00		GHIAIA ETEROMETRICA CON FRAMMENTI SCISTOSI ANGOLARI							

ENRICO PESENTI - GEOLOGO
PIAZZA LUCCOLI 2/5
16123 GENOVA
TEL. E FAX 0102474198
E-MAIL pesenti.enrico@alice.it

Sondaggio N°	S2
Data	APRILE 2011
Ubicazione	Area S16 - Sottozona 2 Vado Ligure - Savona
Metodo di perforazione	A ROTAZIONE
Perforatore	Somiter S.r.l.

Profondità dal p.c. in metri	Quote parz. in metri	Stratigrafia	Descrizione della Stratigrafia	Scala	RQD %	S.P.T. N° Colpi	Pock. Pen. (Kg/cm2)	Campioni D	Campioni I	H2O
0, 10	0, 10		ASFALTO							
2, 00	1, 90		RIPORTO GHIAIOSO/SABBIOSO CON LATERIZI							
3, 00	1, 00		SABBIA-LIMOSA E ARGILLA						CI	
5, 30	2, 30		SABBIA E GHIAIA MARRONCINA CON LATERIZI			6 7 11				
12, 0	6, 70		SABBIA LIMOSA GRIGIA, CON PASSATE TORBOSE			4 5 9				
13, 7	1, 70		SABBIA LIMOSA GIALLASTRA CON GHIAIA			6 6 11				
15, 0	1, 30		SABBIA LIMOSO-ARGILLOSA (MAGGIORMENTE ARGILLOSA DA 14 A 15m) DI COLORE CENERINO-GIALLASTRO							

ALL.4

CERTIFICATI DELLE PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione:14/07/11

ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1863

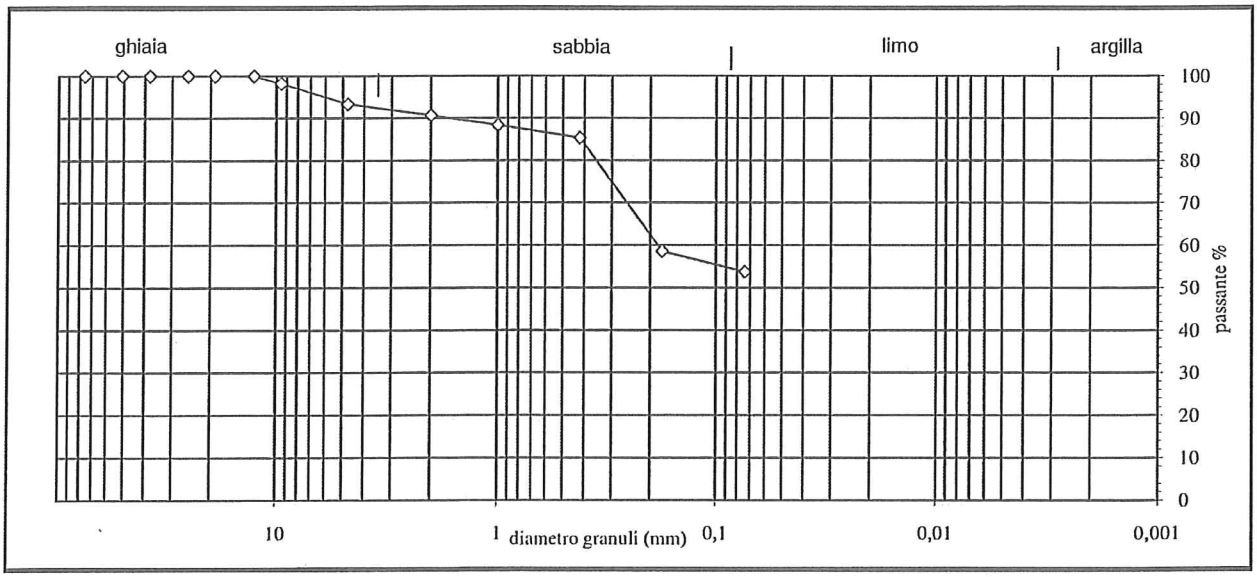
Committente: Multipolis
Cantiere: S16 Sottozona S2
Località: Vado Ligure (SV)
Verbale di accettazione n°:94
Data verbale: 7/07/11
Note:

Sondaggio: P3
Campione:
Profondità: 2.00-2.60 m
Data esecuzione prova: 11-13/07/11
Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Rep: 11/95

Analisi con setacci — **Terreno analizzato M (gr) = 186.67**

Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	**76.2**	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	**50.8**	0.00	0.00	0.00	100.00
1" 1/2	**38.1**	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	**25.4**	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	**19.10**	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	**12.70**	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	**9.52**	3.23	1.73	1.73	98.27
4	**4.76**	9.16	4.91	6.64	93.36
10	**2.00**	5.01	2.68	9.32	90.68
20	**1.00**	4.37	2.34	11.66	88.34
40	**0.42**	5.65	3.03	14.69	85.31
80	**0.177**	49.79	26.67	41.36	58.64
200	**0.074**	9.09	4.87	46.23	53.77
Fondo		100.37			

Classificazione		**D (60%) =**	**% ghiaia**	**% sabbia**	**% limo/argilla**
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) =**	**6.64**	**39.59**	**53.77**
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione:14/07/11

ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1874

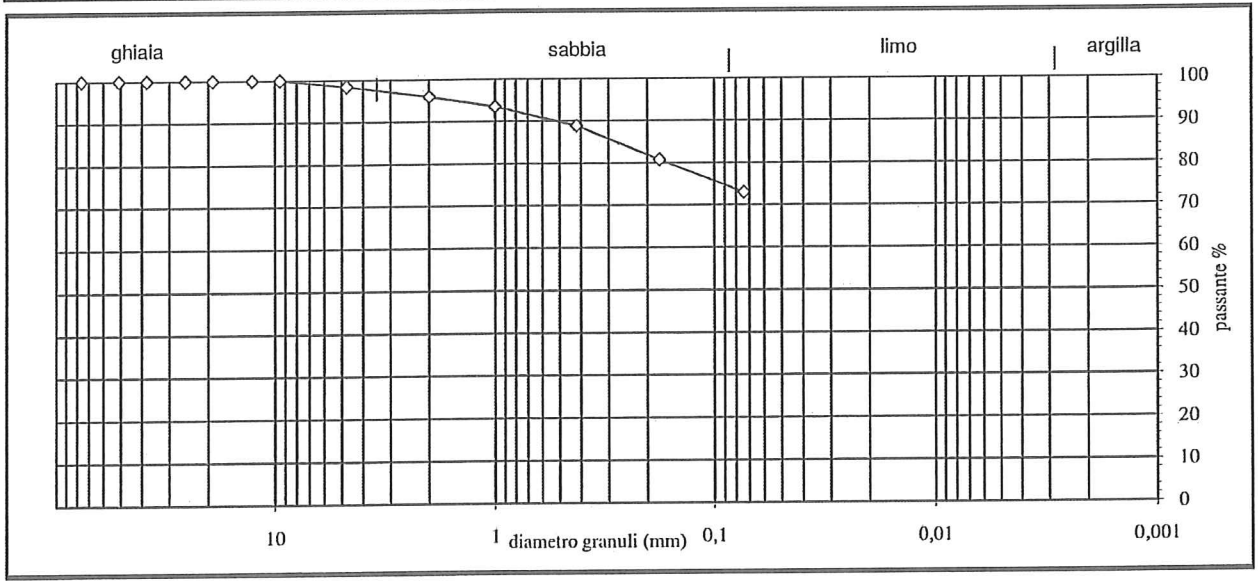
Committente: Multipolis
Cantiere: S16 Sottozona S2
Località: Vado Ligure (SV)
Verbale di accettazione n°:94
Data verbale: 7/07/11
Note:

Sondaggio: P4
Campione:
Profondità: 2.00-2.60 m
Data esecuzione prova: 11-12/07/11
Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Rep: 11/95

Analisi con setacci — **Terreno analizzato M (gr) = 235.87**

Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	**76.2**	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	**50.8**	0.00	0.00	0.00	100.00
1" 1/2	**38.1**	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	**25.4**	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	**19.10**	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	**12.70**	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	**9.52**	0.00	0.00	0.00	100.00
4	**4.76**	3.56	1.51	1.51	98.49
10	**2.00**	5.87	2.49	4.00	96.00
20	**1.00**	5.75	2.44	6.44	93.56
40	**0.42**	11.04	4.68	11.12	88.88
80	**0.177**	19.23	8.15	19.27	80.73
200	**0.074**	18.30	7.76	27.03	72.97
Fondo		172.12			

Classificazione		**D (60%) =**	**% ghiaia**	**% sabbia**	**% limo/argilla**
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) =**	**1.51**	**25.52**	**72.97**
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione:14/07/11

ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1876

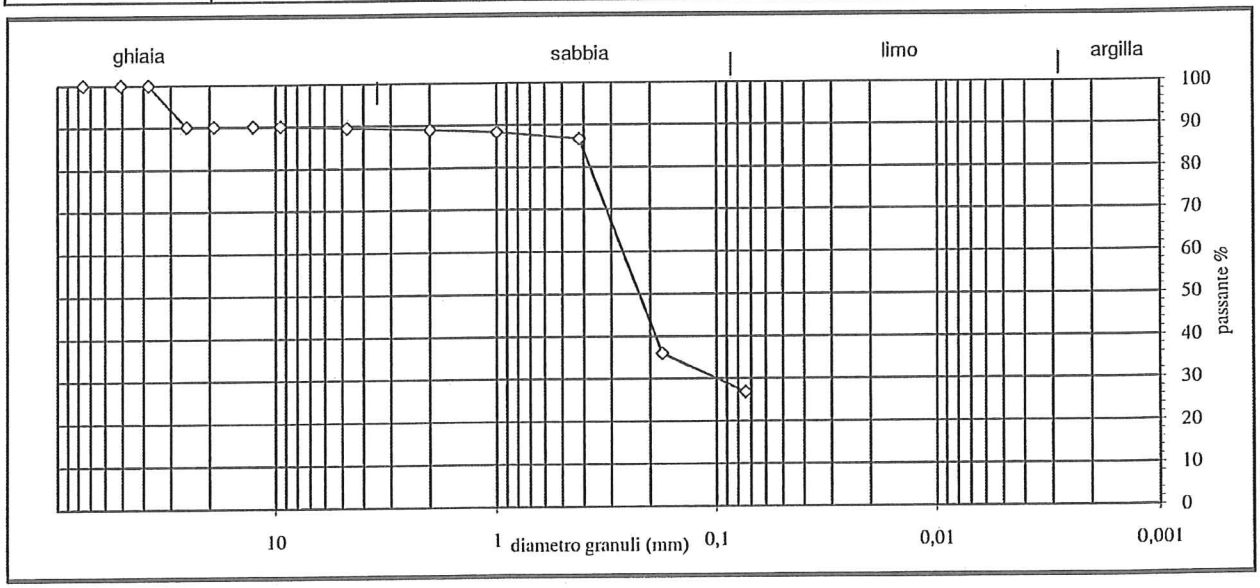
Committente: Multipolis
Cantiere: S16 Sottozona S2
Località: Vado Ligure (SV)
Verbale di accettazione n°:94
Data verbale: 7/07/11
Note:

Sondaggio: P4
Campione:
Profondità: 7.50-8.00 m
Data esecuzione prova: 8-13/07/11
Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Rep: 11/95

Analisi con setacci — **Terreno analizzato M (gr) = 388.12**

Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	**76.2**	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	**50.8**	0.00	0.00	0.00	100.00
1" 1/2	**38.1**	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	**25.4**	38.30	9.87	9.87	90.13
3/4"	**19.10**	0.00	0.00	9.87	90.13
1/2"	**12.70**	0.00	0.00	9.87	90.13
3/8"	**9.52**	0.00	0.00	9.87	90.13
4	**4.76**	2.28	0.59	10.46	89.54
10	**2.00**	2.21	0.57	11.02	88.98
20	**1.00**	2.27	0.58	11.61	88.39
40	**0.42**	6.69	1.72	13.33	86.67
80	**0.177**	196.54	50.64	63.97	36.03
200	**0.074**	35.76	9.21	63.32	26.81
Fondo		104.07			

Classificazione		**D (60%) =**	**% ghiaia**	**% sabbia**	**% limo/argilla**
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) =**	**10.46**	**62.73**	**26.81**
SM		**U =**			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione:14/07/11

Certificato n° 1864

ANALISI GRANULOMETRICA

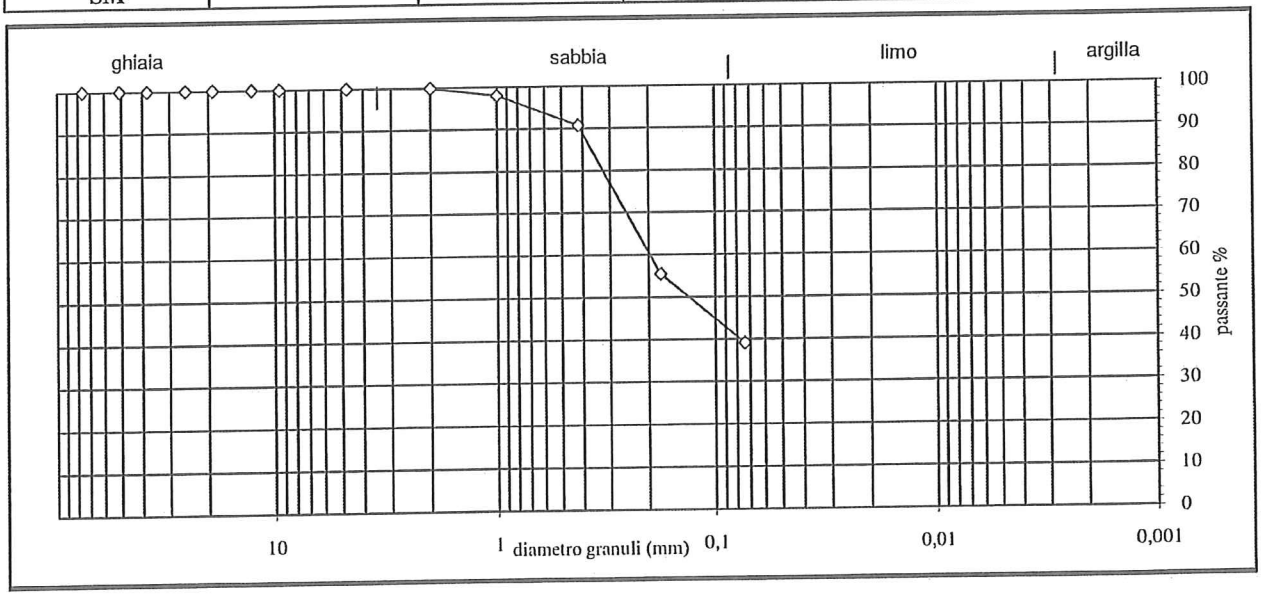
Committente: Multipolis
Cantiere: S16 Sottozona S2
Località: Vado Ligure (SV)
Verbale di accettazione n°:94
Data verbale: 7/07/11
Note:

Sondaggio: P5
Campione:
Profondità: 7.50-8.00 m
Data esecuzione prova: 8-11/07/11
Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Rep: 11/95

Analisi con setacci — **Terreno analizzato M (gr) = 225.29**

Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1" 1/2	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
10	2.00	0.27	0.12	0.12	99.88
20	1.00	4.29	1.90	2.02	97.98
40	0.42	16.32	7.24	9.27	90.73
80	0.177	79.39	35.24	44.51	55.49
200	0.074	37.07	16.45	60.96	39.04
Fondo		87.95			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	0.00	60.96	39.04
SM		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione:14/07/11

Certificato n° 1870

ANALISI GRANULOMETRICA

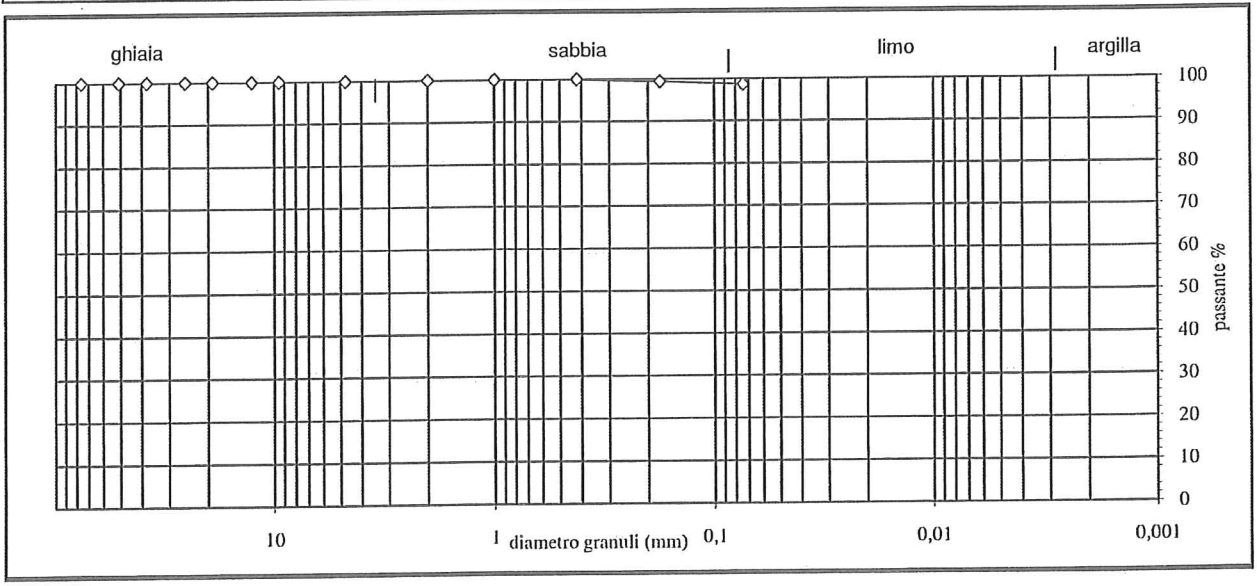
Committente: Multipolis
Cantiere: S16 Sottozona S2
Località: Vado Ligure (SV)
Verbale di accettazione n°:94
Data verbale: 7/07/11
Note:

Sondaggio: P5
Campione:
Profondità: 22.50-23.00 m
Data esecuzione prova: 8-11/07/11
Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Rep: 11/95

Analisi con setacci — **Terreno analizzato M (gr) =** 179.73

Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1" 1/2	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
10	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00
20	1.00	0.00	0.00	0.00	100.00
40	0.42	0.00	0.00	0.00	100.00
80	0.177	0.93	0.52	0.52	99.48
200	0.074	1.44	0.80	1.32	98.68
Fondo		177.36			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	0.00	1.32	98.68
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione:14/07/11

ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1878

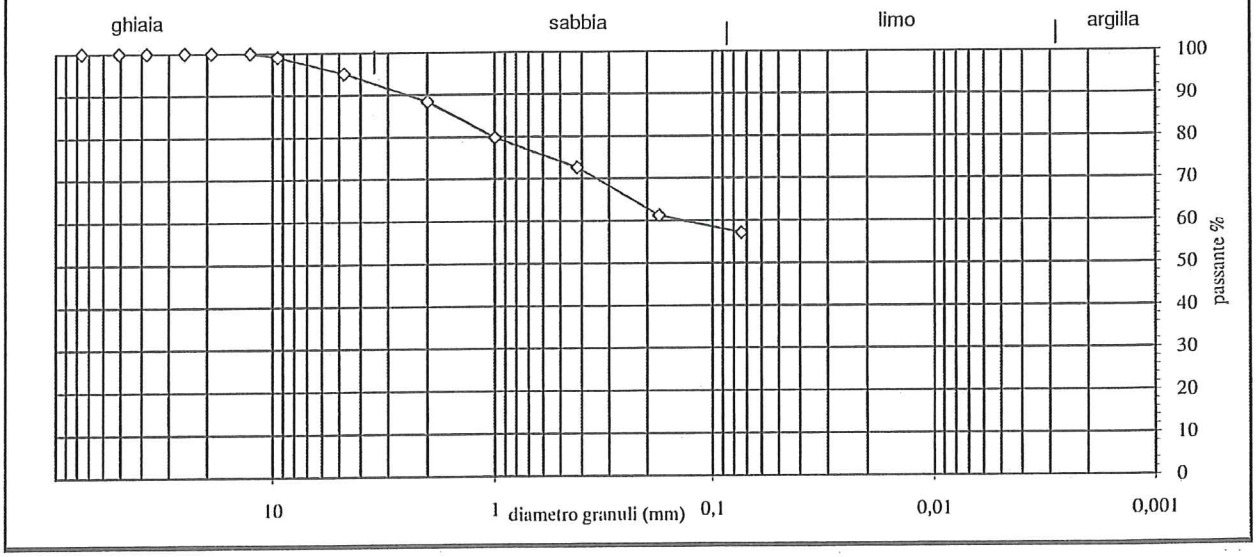
Committente: Multipolis
Cantiere: S16 Sottozona S2
Località: Vado Ligure (SV)
Verbale di accettazione n°:94
Data verbale: 7/07/11
Note:

Sondaggio: P6
Campione:
Profondità: 2.00-2.50 m
Data esecuzione prova: 8-12/07/11
Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Rep: 11/95

Analisi con setacci — **Terreno analizzato M (gr) = 569.72**

Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	**76.2**	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	**50.8**	0.00	0.00	0.00	100.00
1" 1/2	**38.1**	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	**25.4**	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	**19.10**	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	**12.70**	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	**9.52**	5.11	0.90	0.90	99.10
4	**4.76**	22.65	3.98	4.87	95.13
10	**2.00**	38.41	6.74	11.61	88.39
20	**1.00**	48.87	8.58	20.19	79.81
40	**0.42**	40.77	7.16	27.35	72.65
80	**0.177**	65.35	11.47	38.82	61.18
200	**0.074**	23.03	4.04	42.86	57.14
Fondo		325.53			

Classificazione		**D (60%) =**	**% ghiaia**	**% sabbia**	**% limo/argilla**
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) =**	**4.87**	**37.99**	**57.14**
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione:14/07/11

Certificato n° 1875

ANALISI GRANULOMETRICA

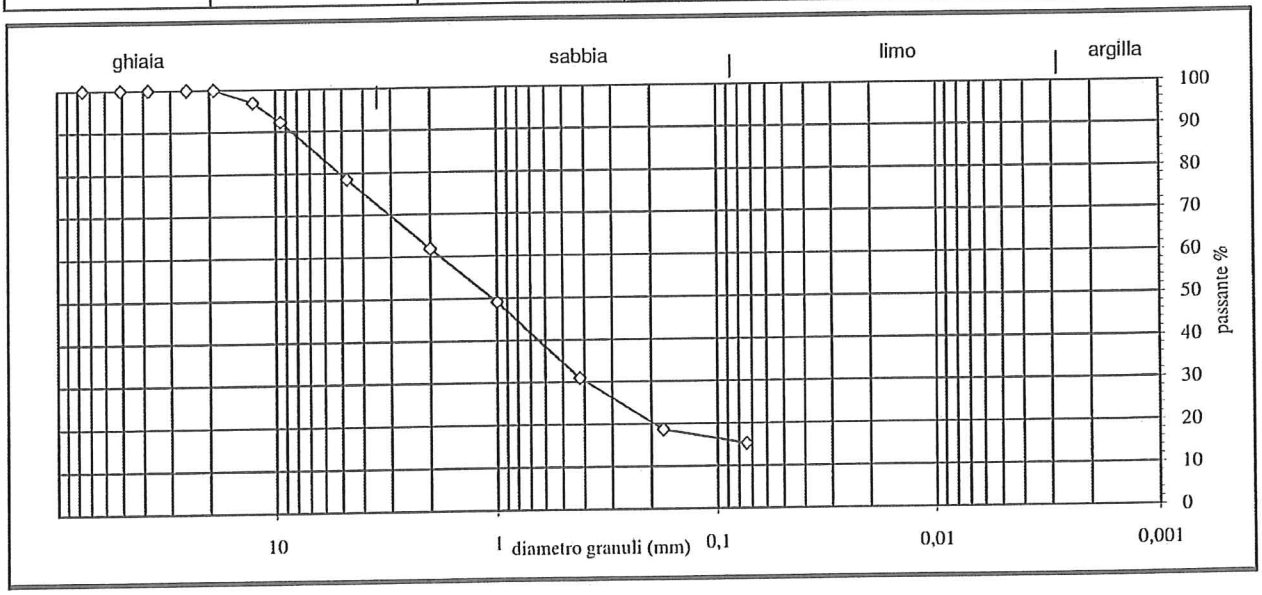
Committente: Multipolis
Cantiere: S16 Sottozona S2
Località: Vado Ligure (SV)
Verbale di accettazione n°:94
Data verbale: 7/07/11
Note:

Sondaggio: P6
Campione:
Profondità: 13.50-14.00 m
Data esecuzione prova: 8-12/07/11
Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Rep: 11/95

Analisi con setacci — **Terreno analizzato M (gr) = 732.77**

Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	**76.2**	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	**50.8**	0.00	0.00	0.00	100.00
1" 1/2	**38.1**	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	**25.4**	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	**19.10**	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	**12.70**	22.50	3.07	3.07	96.93
3/8"	**9.52**	34.00	4.64	7.71	92.29
4	**4.76**	100.81	13.76	21.47	78.53
10	**2.00**	122.01	16.65	38.12	61.88
20	**1.00**	94.12	12.84	50.96	49.04
40	**0.42**	132.31	18.06	69.02	30.98
80	**0.177**	90.16	12.30	81.32	18.68
200	**0.074**	25.27	3.45	84.77	15.23
Fondo		111.59			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	21.47	63.30	15.23
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione:14/07/11

ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1867

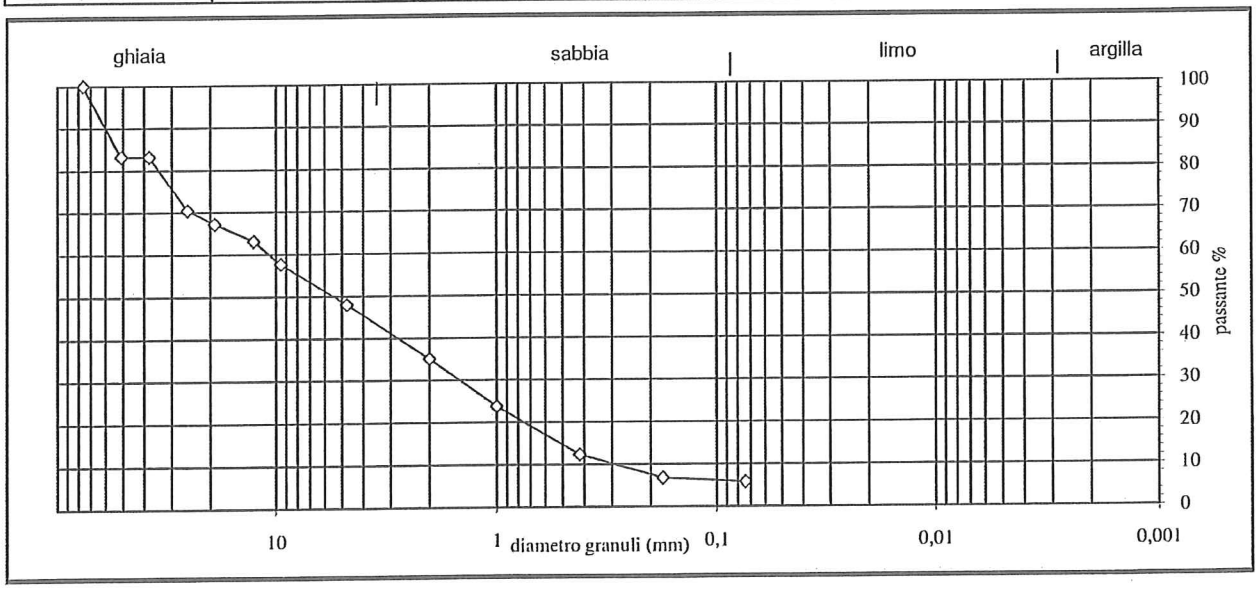
Committente: Multipolis
Cantiere: S16 Sottozona S2
Località: Vado Ligure (SV)
Verbale di accettazione n°:94
Data verbale: 7/07/11
Note:

Sondaggio: P7
Campione:
Profondità: 3.00-3.50 m
Data esecuzione prova: 11-12/07/11
Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Rep: 11/95

Analisi con setacci — **Terreno analizzato M (gr) = 1270.4**

Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	**76.2**	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	**50.8**	213.80	16.83	16.83	83.17
1" 1/2	**38.1**	0.00	0.00	16.83	83.17
1"	**25.4**	161.49	12.71	29.54	70.46
3/4"	**19.10**	40.86	3.22	32.76	67.24
1/2"	**12.70**	52.55	4.14	36.89	63.11
3/8"	**9.52**	69.63	5.48	42.37	57.63
4	**4.76**	122.40	9.63	52.01	47.99
10	**2.00**	163.45	12.87	64.88	35.12
20	**1.00**	143.81	11.32	76.20	23.80
40	**0.42**	146.08	11.50	70.87	12.31
80	**0.177**	71.09	5.60	76.46	6.71
200	**0.074**	12.34	0.97	64.72	5.74
Fondo		72.90			

Classificazione		**D (60%) =**	**% ghiaia**	**% sabbia**	**% limo/argilla**
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) =**	**52.01**	**42.25**	**5.74**
GW-GM		**U =**			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione:14/07/11

ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1869

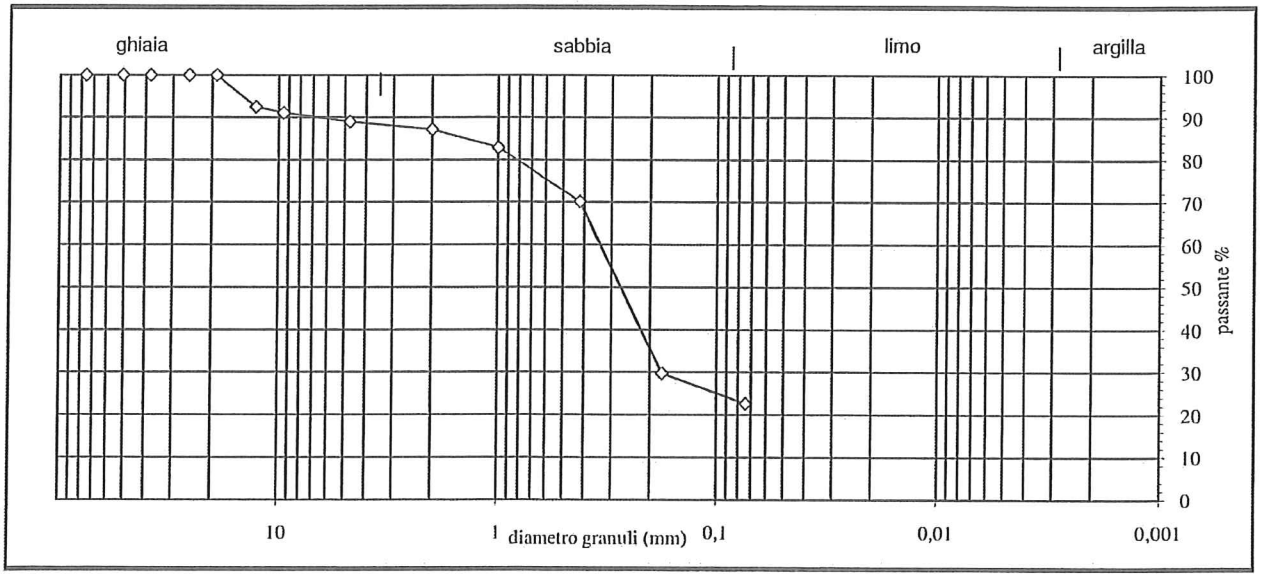
Committente: Multipolis
Cantiere: S16 Sottozona S2
Località: Vado Ligure (SV)
Verbale di accettazione n°:94
Data verbale: 7/07/11
Note:

Sondaggio: P7
Campione:
Profondità: 12.00-12.50 m
Data esecuzione prova: 11-12/07/11
Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Rep: 11/95

Analisi con setacci — **Terreno analizzato M (gr) = 677.85**

Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	**76.2**	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	**50.8**	0.00	0.00	0.00	100.00
1" 1/2	**38.1**	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	**25.4**	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	**19.10**	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	**12.70**	50.70	7.48	7.48	92.52
3/8"	**9.52**	9.65	1.42	8.90	91.10
4	**4.76**	14.41	2.13	11.03	88.97
10	**2.00**	12.59	1.86	12.89	87.11
20	**1.00**	28.85	4.26	17.14	82.86
40	**0.42**	86.38	12.74	29.89	70.11
80	**0.177**	273.82	40.40	70.28	29.72
200	**0.074**	48.12	7.10	77.38	22.62
Fondo		153.33			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	**11.03**	**66.35**	**22.62**
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione:14/07/11

ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1871

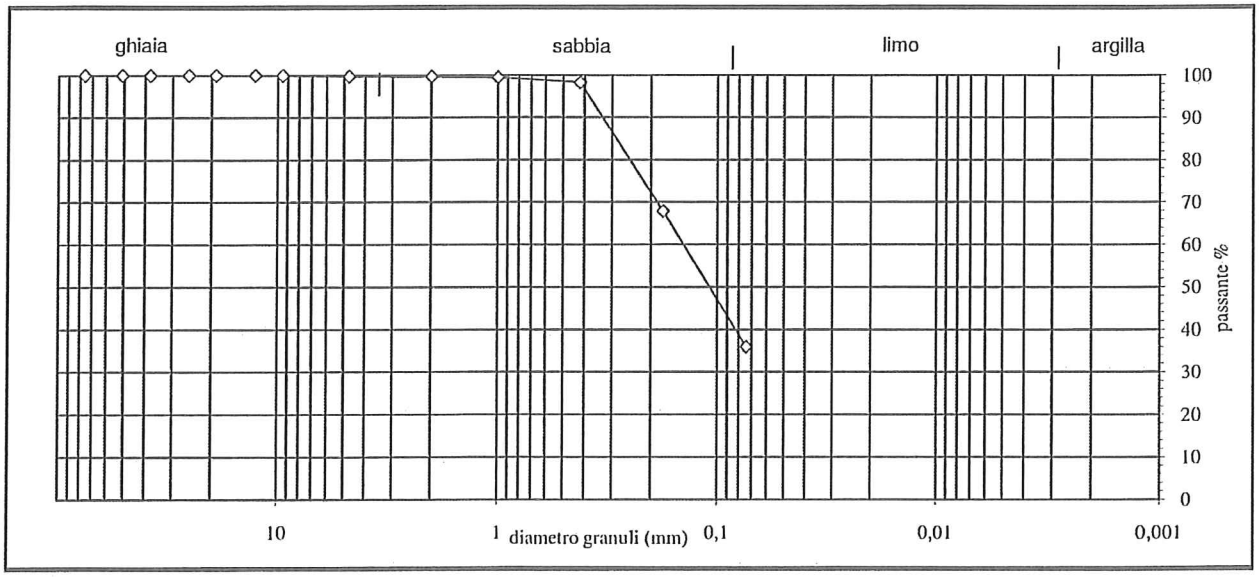
Committente: Multipolis
Cantiere: S16 Sottozona S2
Località: Vado Ligure (SV)
Verbale di accettazione n°:94
Data verbale: 7/07/11
Note:

Sondaggio: S2
Campione:
Profondità: 7.50-8.00 m
Data esecuzione prova: 11-12/07/11
Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Rep: 11/95

Analisi con setacci — **Terreno analizzato M (gr) = 225.2**

Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	**76.2**	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	**50.8**	0.00	0.00	0.00	100.00
1" 1/2	**38.1**	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	**25.4**	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	**19.10**	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	**12.70**	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	**9.52**	0.00	0.00	0.00	100.00
4	**4.76**	0.34	0.15	0.15	99.85
10	**2.00**	0.17	0.08	0.23	99.77
20	**1.00**	0.58	0.26	0.48	99.52
40	**0.42**	2.61	1.16	1.64	98.36
80	**0.177**	68.65	30.48	32.13	67.87
200	**0.074**	71.90	31.93	64.05	35.95
Fondo		80.95			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	**0.15**	**63.90**	**35.95**
SM		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

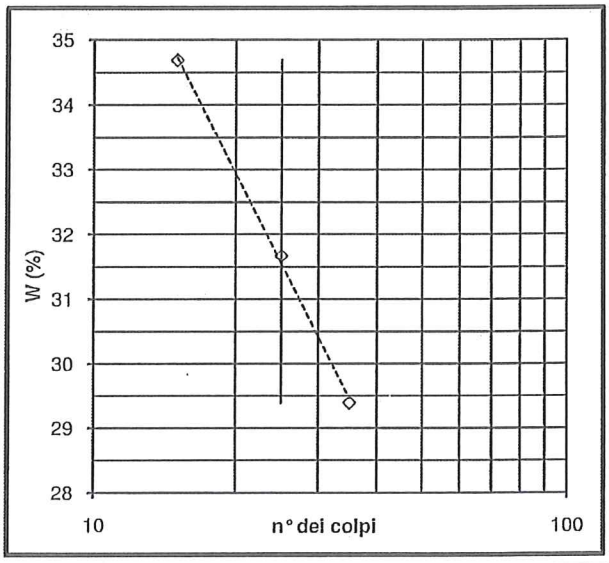
Data emissione: 14/07/11
Certificato n° 1877

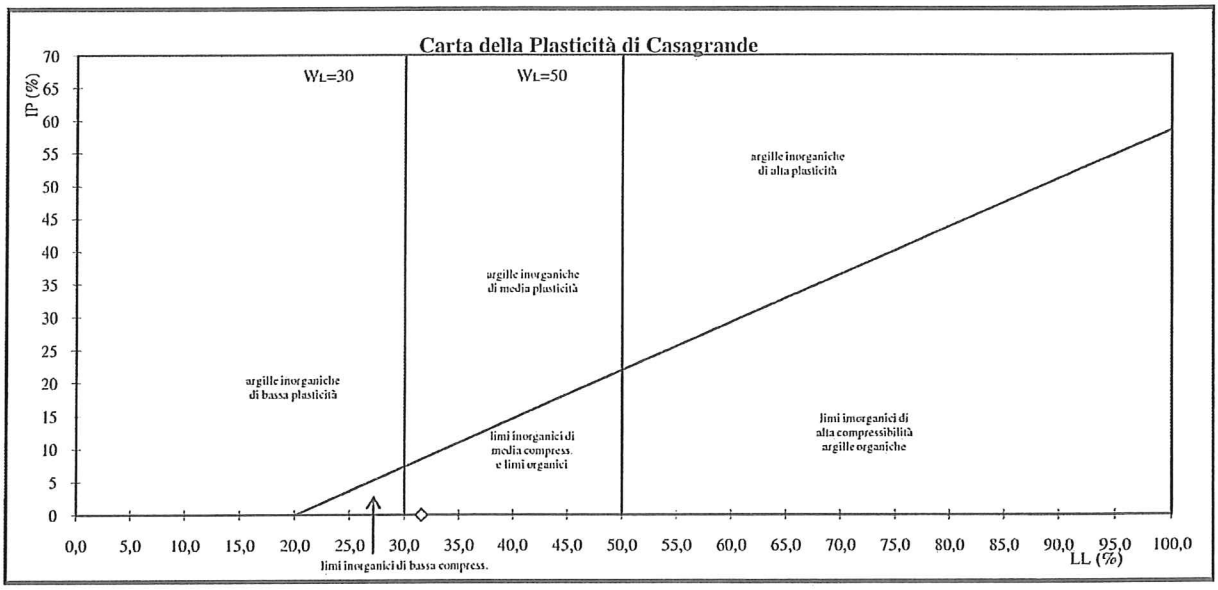
LIMITI DI CONSISTENZA

Committente: Multipolis
Cantiere: S16 Sottozona S2
Località: Vado Ligure (SV)
Verbale di accettazione n°:94
Data verbale: 7/07/11
Note:

Sondaggio: P4
Campione:
Profondità: 7.50-8.00 m
Data esecuzione prova: 12-13/07/11
Specifica di prova: ASTM D4318-00
Rep: 11/95

Limite liquido		LL (%) =	31.6
Contenitore	1	2	3
Massa umida + t (g)	51.87	55.00	55.88
Massa secca + t (g)	49.90	53.22	54.09
Massa acqua contenuta (g)	1.97	1.78	1.79
Tara t (g)	44.22	47.60	48.00
Massa secca netta (g)	5.68	5.62	6.09
Contenuto d'acqua W (%)	34.68	31.67	29.39
Numero colpi	15	25	35
Limite plastico		LP (%) =	N.P.
Contenitore			
Massa umida + t (g)			
Massa secca + t (g)			
Massa acqua contenuta (g)			
Tara t (g)			
Massa secca (g)			
Contenuto d'acqua W (%)			
Indice di Plasticità	*(LL-LP) =*	**IP**	**N.P.**





Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

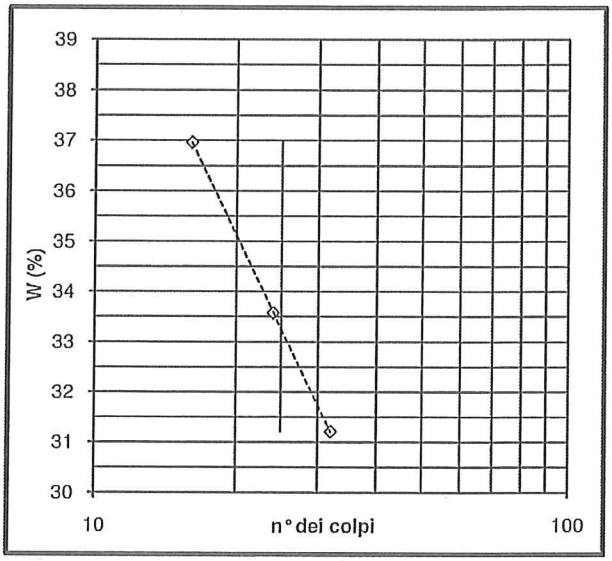
Data emissione: 14/07/11
Certificato n° 1865

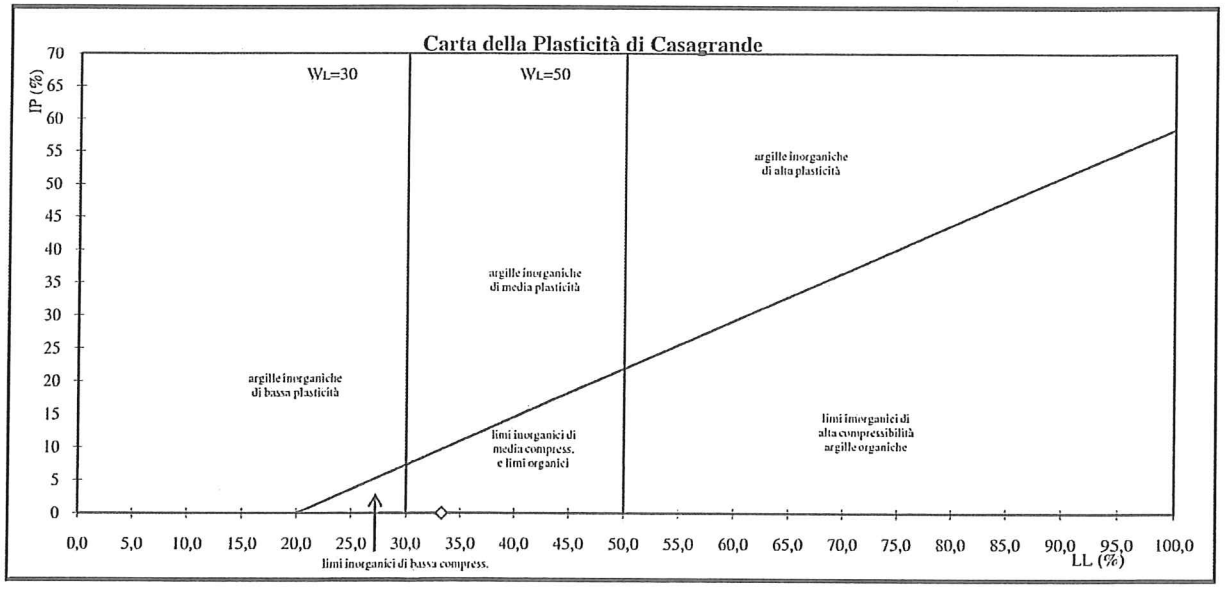
LIMITI DI CONSISTENZA

Committente: Multipolis
Cantiere: S16 Sottozona S2
Località: Vado Ligure (SV)
Verbale di accettazione n°:94
Data verbale: 7/07/11
Note:

Sondaggio: P5
Campione:
Profondità: 7.50-8.00 m
Data esecuzione prova: 12-13/07/11
Specifica di prova: ASTM D4318-00
Rep: 11/95

Limite liquido		LL (%) =	33.3
Contenitore	1	2	3
Massa umida + t (g)	52.62	51.86	52.48
Massa secca + t (g)	50.38	50.01	50.61
Massa acqua contenuta (g)	2.24	1.85	1.87
Tara t (g)	44.32	44.50	44.62
Massa secca netta (g)	6.06	5.51	5.99
Contenuto d'acqua W (%)	36.96	33.58	31.22
Numero colpi	16	24	32
Limite plastico		LP (%) =	N.P.
Contenitore			
Massa umida + t (g)			
Massa secca + t (g)			
Massa acqua contenuta (g)			
Tara t (g)			
Massa secca (g)			
Contenuto d'acqua W (%)			
Indice di Plasticità	*(LL-LP) =*	**IP**	**N.P.**





Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

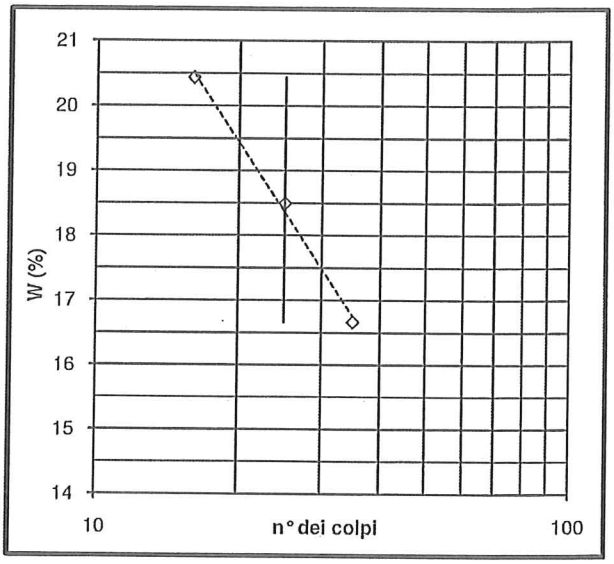
LIMITI DI CONSISTENZA

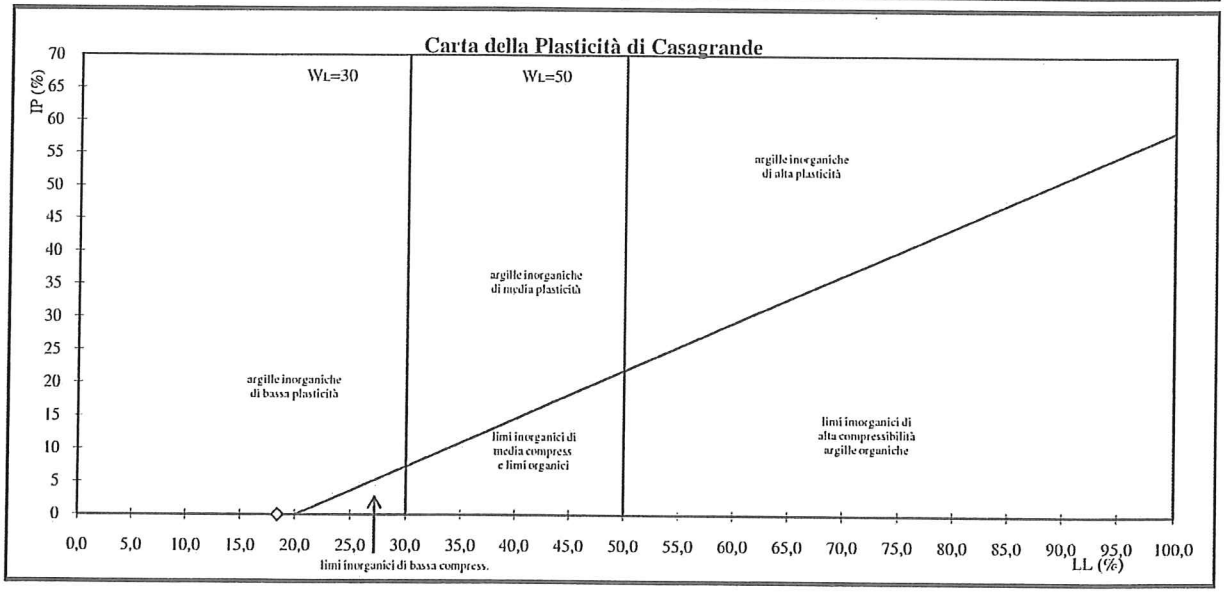
Data emissione: 14/07/11
Certificato n° 1868

Committente: Multipolis
Cantiere: S16 Sottozona S2
Località: Vado Ligure (SV)
Verbale di accettazione n°:94
Data verbale: 7/07/11
Note:

Sondaggio: P7
Campione:
Profondità: 3.00-3.50 m
Data esecuzione prova: 12-13/07/11
Specifica di prova: ASTM D4318-00
Rep: 11/95

Limite liquido		LL (%) =	18.4
Contenitore	1	2	3
Massa umida + t (g)	40.72	42.87	48.80
Massa secca + t (g)	39.41	41.32	47.65
Massa acqua contenuta (g)	1.31	1.55	1.15
Tara t (g)	33.00	32.94	40.75
Massa secca netta (g)	6.41	8.38	6.90
Contenuto d'acqua W (%)	20.44	18.50	16.67
Numero colpi	16	25	35
Limite plastico		LP (%) =	N.P.
Contenitore			
Massa umida + t (g)			
Massa secca + t (g)			
Massa acqua contenuta (g)			
Tara t (g)			
Massa secca (g)			
Contenuto d'acqua W (%)			
Indice di Plasticità	*(LL-LP) =*	IP	N.P.





Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

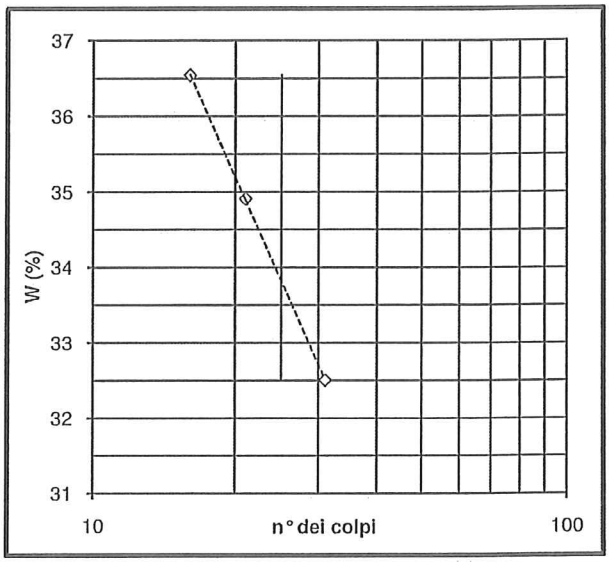
Data emissione: 14/07/11
Certificato n° 1872

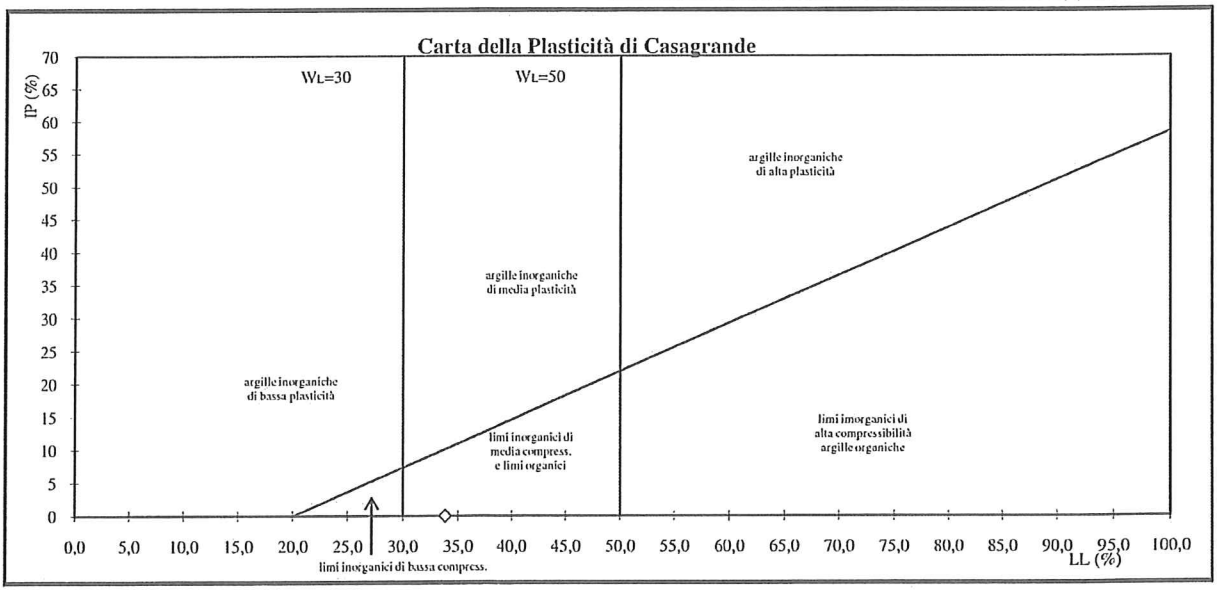
LIMITI DI CONSISTENZA

Committente: Multipolis
Cantiere: S16 Sottozona S2
Località: Vado Ligure (SV)
Verbale di accettazione n°:94
Data verbale: 7/07/11
Note:

Sondaggio: S2
Campione:
Profondità: 7.50-8.00 m
Data esecuzione prova: 12-13/07/11
Specifica di prova: ASTM D4318-00
Rep: 11/95

Limite liquido		LL (%) =	33.8
Contenitore	1	2	3
Massa umida + t (g)	55.80	51.48	51.67
Massa secca + t (g)	53.94	49.34	49.97
Massa acqua contenuta (g)	1.86	2.14	1.70
Tara t (g)	48.85	43.21	44.74
Massa secca netta (g)	5.09	6.13	5.23
Contenuto d'acqua W (%)	36.54	34.91	32.50
Numero colpi	16	21	31
Limite plastico		LP (%) =	N.P.
Contenitore			
Massa umida + t (g)			
Massa secca + t (g)			
Massa acqua contenuta (g)			
Tara t (g)			
Massa secca (g)			
Contenuto d'acqua W (%)			
Indice di Plasticità	*(LL-LP) =*	**IP**	**N.P.**





Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione:14/07/11
Certificato n° 1866

CONTENUTO IN SOSTANZA ORGANICA

Committente: Multipolis
Cantiere: S16 Sottozona S2
Località: Vado Ligure (SV)
Verbale di accettazione n°:94
Data verbale: 7/07/11
Note:

Sondaggio: P5
Campione:
Profondità: 7.50-8.00 m
Data esecuzione prova: 13-14/07/11
Specifica di prova: ASTM D2974-87
Rep:11/95

Numero contenitore	1	2
Massa campione iniziale (g)	29.99	30
Massa campione finale (g)	29.17	29.17
Sostanza organica (g)	0.82	0.83
Sostanza organica (%)	2.73	2.77

Contenuto medio in sostanze organiche	**SO %**	**2.75**

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it

SERVIZI GEOTECNICI
LIGURI

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

CONTENUTO IN SOSTANZA ORGANICA

Data emissione:14/07/11
Certificato n° 1873

Committente: Multipolis
Cantiere: S16 Sottozona S2
Località: Vado Ligure (SV)
Verbale di accettazione n°:94
Data verbale: 7/07/11
Note:

Sondaggio: S2
Campione:
Profondità: 7.50-8.00 m
Data esecuzione prova: 13-14/07/11
Specifica di prova: ASTM D2974-87
Rep:11/95

Numero contenitore	1	2
Massa campione iniziale (g)	30	30.01
Massa campione finale (g)	29.36	29.39
Sostanza organica (g)	0.64	0.62
Sostanza organica (%)	2.13	2.07

Contenuto medio in sostanze organiche	**SO %**	**2.10**

Lo Sperimentatore

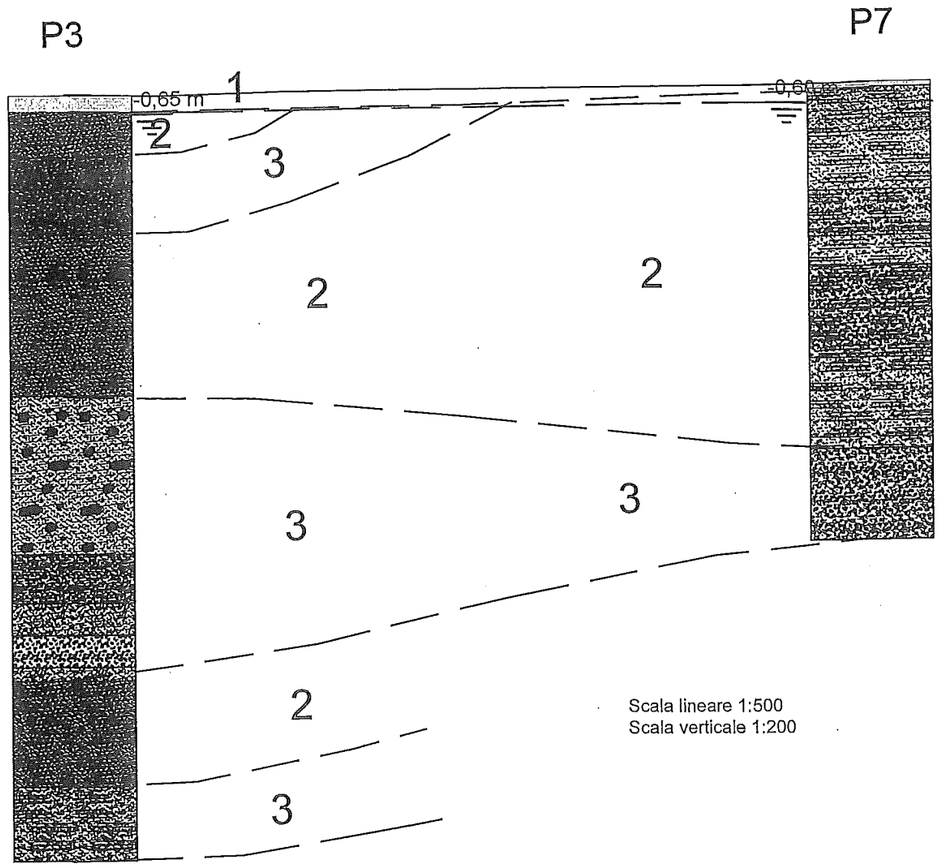
Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

ALL.5

SEZIONI GEOLOGICHE

SCALA 1: 500

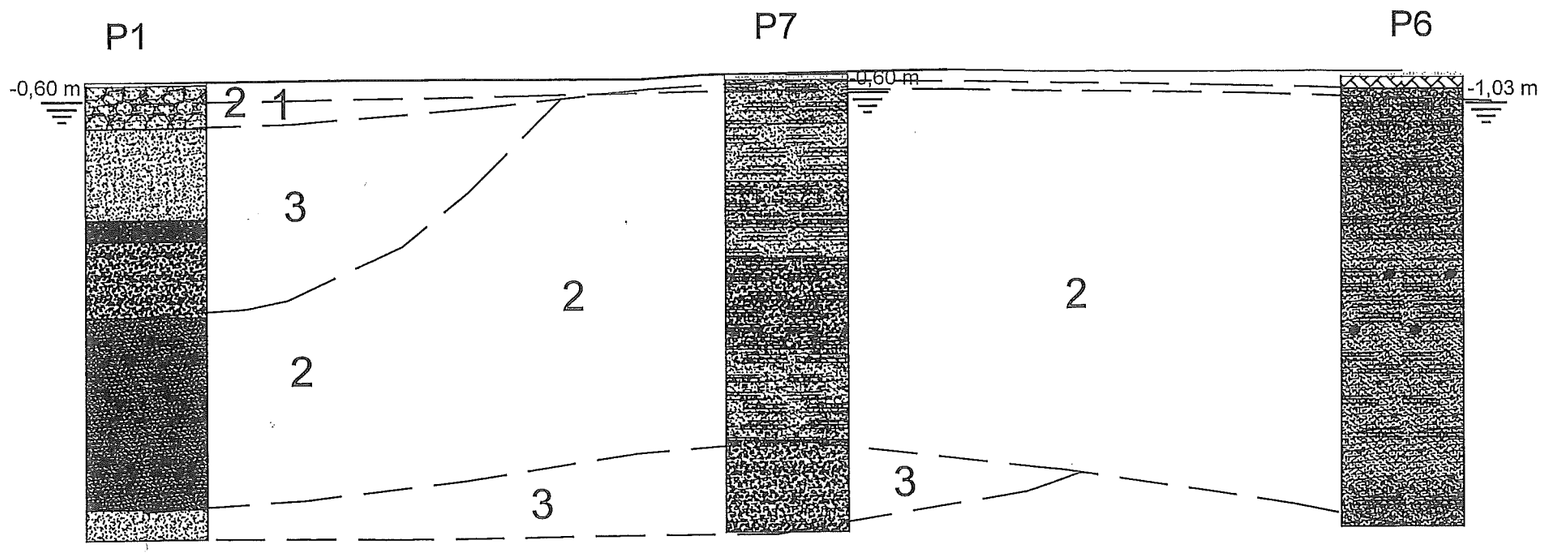
SCALA 1: 200



Scala lineare 1:500
Scala verticale 1:200

Sezione C-C

1	Materiale di riporto eterometrico in matrice sabbioso-ghiaiosa con laterizi
2	Limi e sabbie limose, localmente con passate organiche (torbe) e/o con ghiaia e frammenti di laterizi
3	Sabbie medio fini, ghiaie e/o ciottolame leggermente arrotondato
-1,03 m	Livello falda maggio 2011



1 Materiale di riporto eterometrico in matrice sabbioso-ghiaiosa con laterizi

2 Limi e sabbie limose, localmente con passate organiche (torbe) e/o con ghiaia e frammenti di laterizi

3 Sabbie medio fini, ghiaie e/o ciottolame leggermente arrotondato

-1,03 m Livello falda maggio 2011

Sezione D-D

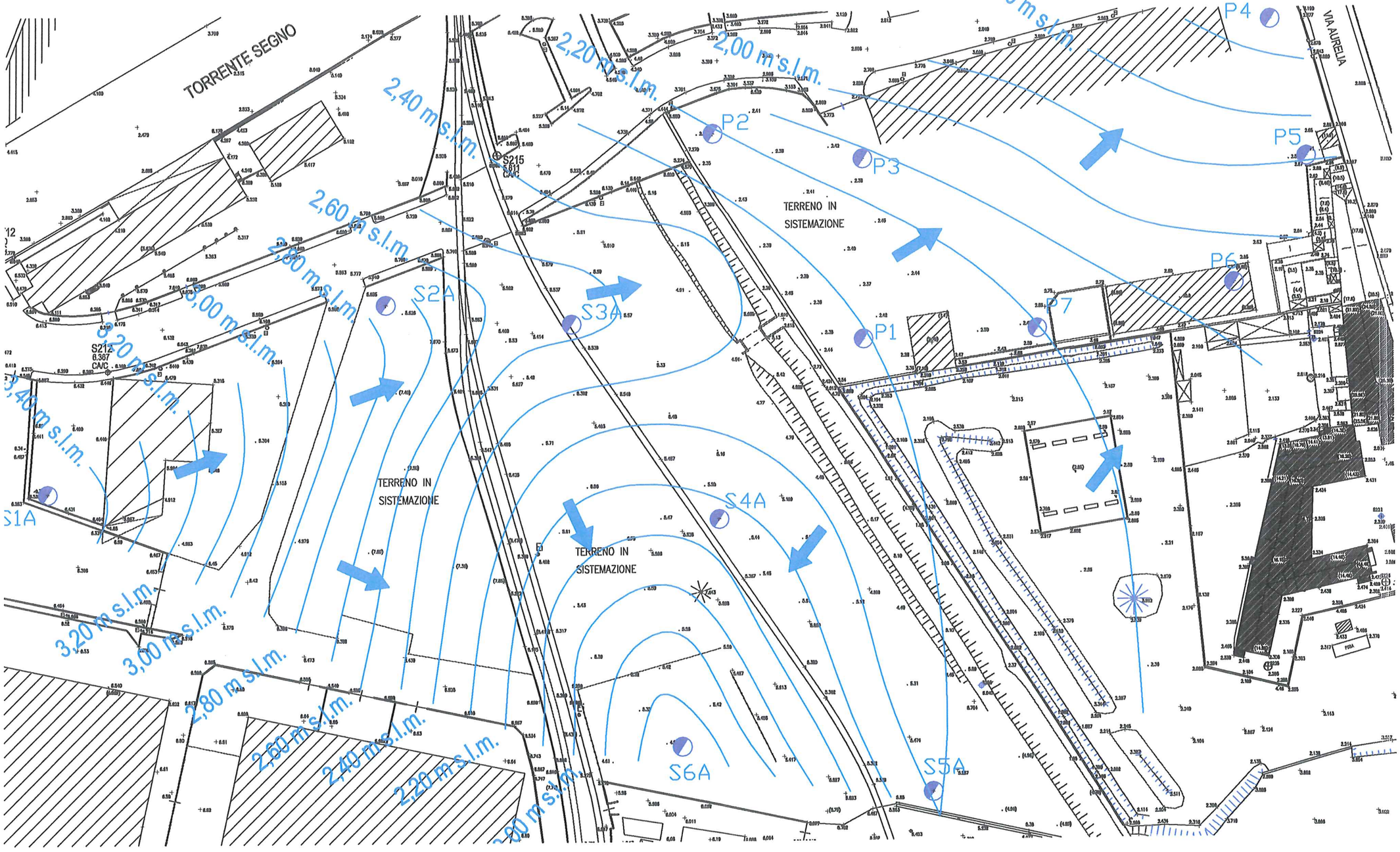
Scala lineare 1:500
Scala verticale 1:200

ALL.6

CARTA DELLE ISOPIEZE ESTESA

ALL'AREA ABITCOOP

SCALA 1: 1000


TORRENTE SEGNO
VIA AURELIA
TERRENO IN SISTEMAZIONE
TERRENO IN SISTEMAZIONE
2,40 m s.l.m.
2,20 m s.l.m.
2,00 m s.l.m.
1,80 m s.l.m.
2,60 m s.l.m.
2,80 m s.l.m.
3,00 m s.l.m.
3,20 m s.l.m.
3,40 m s.l.m.
3,20 m s.l.m.
3,00 m s.l.m.
2,80 m s.l.m.
2,60 m s.l.m.
2,40 m s.l.m.
2,20 m s.l.m.
2,00 m s.l.m.
S1A
S2A
S3A
S4A
S5A
S6A
S7
P1
P2
P3
P4
P5
P6
S212
6.367
CAVC
S215
5.611
CAVC
PISTA

ALL.7

INDAGINE GEOFISICA INTEGRATA AREA ABITCOOP

: RELAZIONE DOTT. F. MONTALDO

Dott. Geol. Franco Montaldo
Geologia & Geofisica applicata

Indagine Geofisica Integrata

Tomografia Sismica, MASW, GeoRadar

nell'area di cantiere Abitcoop, Vado Ligure

NS rif 11141SA
Dott. Geol. Franco Montaldo
Cell. 349554591 // Fax 010 364741
e-mail: franco_montaldo@fastwebnet.it

P.IVA 03509620104
Via Orlando 18/16
16146 Genova

1. Premessa

Obiettivo della presente relazione è la determinazione del profilo sismico e l'individuazione di eventuali strutture sepolte nell'area di cantiere Abitcoop di Vado Ligure.

L'indagine sismica effettuata è consistita in *i)* una tomografia tramite le onde rifratte compressionali (*P*) per ottenere un modello bidimensionale (2D) della sismostratigrafia V_P e in *ii)* un *MASW* per ricavare un modello monodimensionale (1D) medio della sismostratigrafia V_S delle onde di taglio (*S*); dai dati ottenuti si è poi stimato il parametro V_{S30}.

Inoltre si è effettuata un'indagine georadar a campione per identificare eventuali sotto-servizi o strutture sepolte.

L'area di indagine è presentata nella seguente Fig. 1.

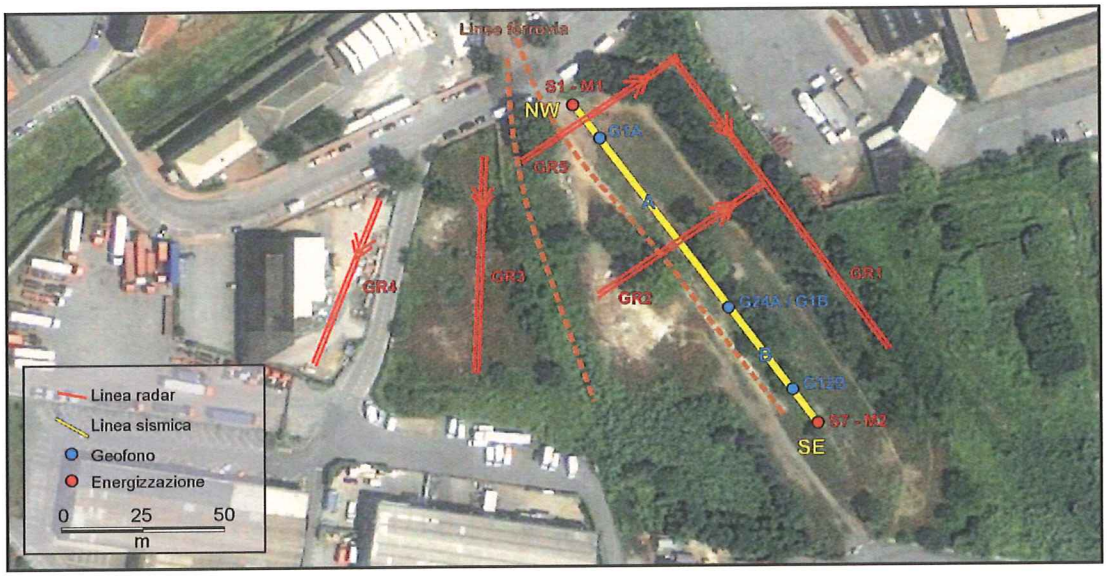


Fig. 1. Posizione delle linee georadar (in rosso) e sismica (in giallo). Per i simboli della linea sismica si vedano anche la Fig. 2 e il testo. Le tracce delle vecchie linee ferroviarie sono indicate in tratteggio.

2.Metodologia indagine sismica

2.1 Tomografia a rifrazione

Nella tomografia sismica a rifrazione i dati vengono acquisiti nel modo standard della sismica a rifrazione, valutando i primi arrivi delle onde compressionali P. Le dromocrone relative alle diverse energizzazioni vengono dapprima interpretate tramite inversione col metodo del fronte d'onda, considerato il più affidabile e meno approssimato tra i metodi tradizionali di interpretazione della sismica a rifrazione. Il modello ottenuto viene poi utilizzato come modello iniziale dal software di inversione tomografica per ottenere un modello 2D delle velocità delle onde P che si propagano in maniera curvilinea a causa dei gradienti di velocità verticali.

2.2 MASW

Nelle indagini MASW (Multichannel Analysis of SurfaceWaves) vengono studiate le velocità delle onde superficiali di Rayleigh al variare della frequenza, ricavandone un sondaggio delle velocità Vs delle onde di taglio. Infatti le onde di superficie di Rayleigh interessano una porzione di terreno fino a una profondità dell'ordine della metà della loro lunghezza d'onda λ. Una volta che si è ricavata la frequenza relative a diverse lunghezza d'onda tramite trasformata fk, se ne ricava la velocità ottenendo la cosiddetta curva di dispersione f-V. Da questa, tramite inversione, si ricava l'andamento delle Vs con la profondità, ottenendo quindi un sondaggio verticale.

3. Geometria dello stendimento sismico e parametri di acquisizione

La linea sismica, posizionata in Fig. 1, è stata effettuata integrando due differenti stese *A* e *B* (Fig 2 e 3) con spaziatura tra i geofoni di 3 *m*. La prima a 24 canali (G1A - G24A), con il primo geofono G1A coincidente con l'inizio linea a NW. La seconda a 12 canali (G1B - G12B), con il primo geofono G1B coincidente con il ventiquattresimo della precedente (G24A), procedendo verso SE. Gli otto punti di energizzazione (S1 - S7 per la tomografia, M1 per il MASW) sono stati gli stessi per le due stese. In questo modo, dalla sovrapposizione delle due, si è ottenuta una unica stesa a 35 canali, spaziatura tra i geofoni di 3 *m*, lunghezza totale pari a 102 *m* tra primo e ultimo geofono e 126 *m* tra le due energizzazioni di offset S1 e S7.

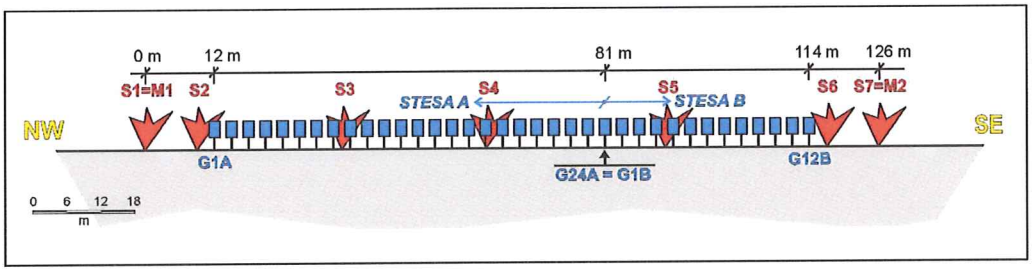


Fig. 2. Geometria stesa sismica. Si veda anche Fig. 3

Di seguito vengono riportati i parametri di acquisizione utilizzati:

Campionamento: 1/8 *ms* (S1-S7), 1 *ms* (M1)
Numero campioni: 4096 (S1-S7), 2048 (M1)
Durata registrazione: 512 *ms* (S1-S7), 2048 *ms* (M1)
Canali: 35 (stesa A: 24; stesa B: 12)
Spaziatura geofoni: 3 m
Energizzazioni: 7 per la tomografia (S1-S7), 1 per il MASW (M1)

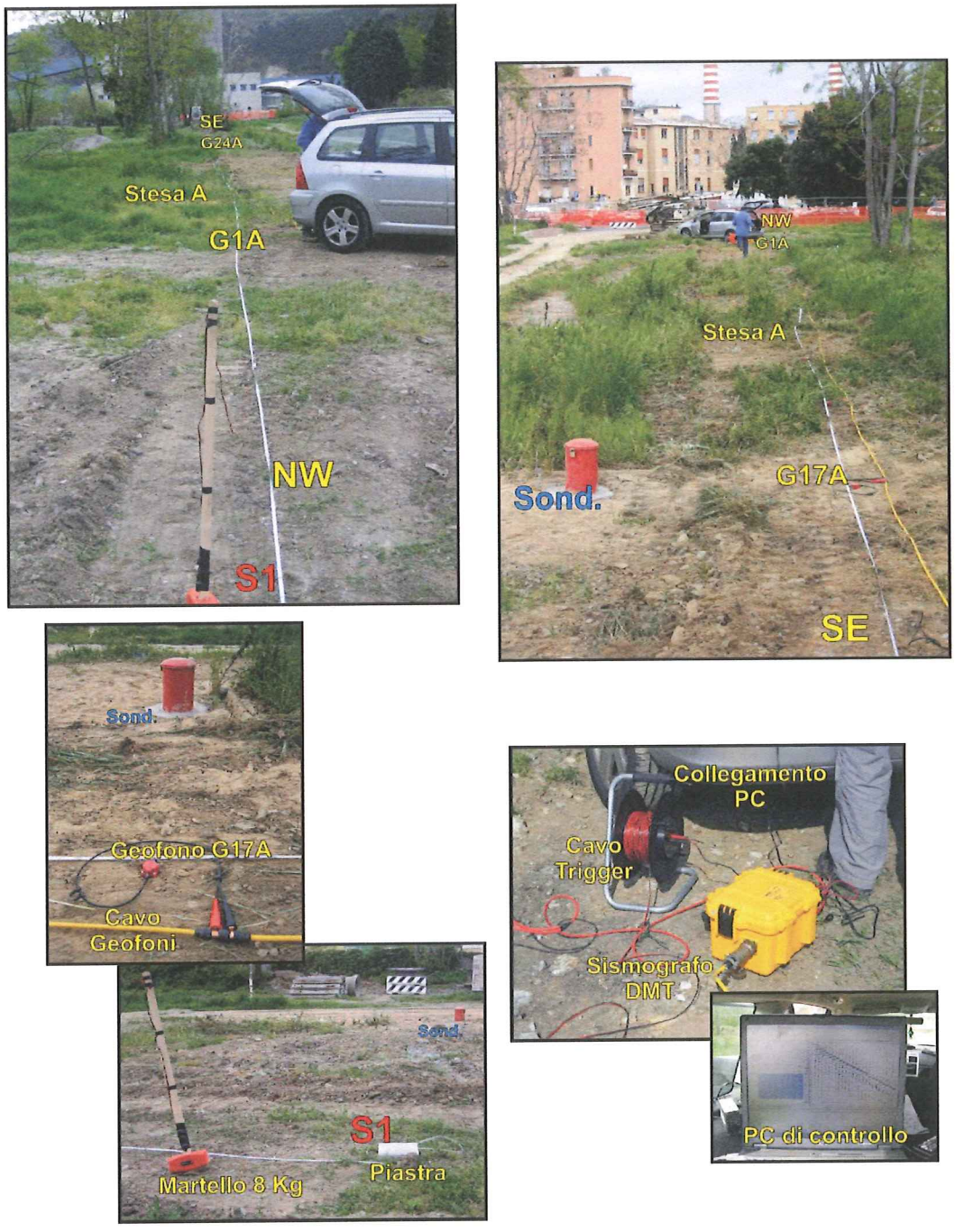


Fig. 3. Documentazione fotografica stesa sismica

4. Strumentazione sismica

Per l'indagine sismica (tomografica e MASW) è stato utilizzato un sismometro DMT Summit a 24 canali, dinamica 24 bit, geofoni verticali a 4.5 Hz, mazza di battuta da 8 Kg su piatto in alluminio. In particolare, oltre all'ovvio vantaggio di acquisire contemporaneamente 24 canali, l'elevata dinamica dello strumento permette di lavorare senza dover applicare fattori di amplificazione differenti sui diversi canali (maggiori per i canali più distanti).

Le caratteristiche del sismometro DMT Summit sono riportate nella tabella seguente (Fig. 4).

Technical Specifications

Sample Interval	1/48, 1/32, 1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2, 4, 8 ms
Record Length	0.5 K samples, ..., 120 K samples
Preamp Gain	0 dB, 20 dB or 40 dB
A/D Converter	24 bit delta sigma technology
Maximum Input Signal	2.0 Volt RMS 5.6 Volt peak to peak
Input Impedance	20 kOhm
Instantaneous Dynamic Range	> 120 dB @ 2 ms sampling interval
Equivalent Input Noise	Less than 0.2 µV RMS @ 2 ms sampling interval and 40 dB preamp gain
Crosstalk	> 112 dB (between channels)
Total Harmonic Distortion	< 0.0008%
Common Mode Rejection Ratio	> 100 dB
Gain Accuracy	Typical 1 % (between all channels)
Time Accuracy	Typical 5 ppm (between all channels)
Analog Anti-Alias Filter	7.2 kHz; 6 dB/octave
Analog Low-Cut Filter	1 Hz; 6 dB/octave
Digital Anti-Alias Filter	0.8 x Nyquist
Rejection at Nyquist Frequencies	-120 dB
Passband Ripple	+/- 0.05 dB

Fig. 4. Caratteristiche tecniche del sismometro DMT a 24 canali e dinamica 24 bit

5. Acquisizione dati tomografia sismica (onde P)

In Fig. 5 è riportato un esempio di sismogramma acquisito per la tomografia a rifrazione, relativo all'energizzazione S4 (si vedano le Figg. 1 e 2 per il posizionamento). Il sismogramma finale è composto da 35 tracce, ottenute dalla composizione delle due stese effettuate. I sismogrammi sono risultati in generale di buona qualità, con elevato rapporto segnale / rumore e quindi di semplice interpretazione.

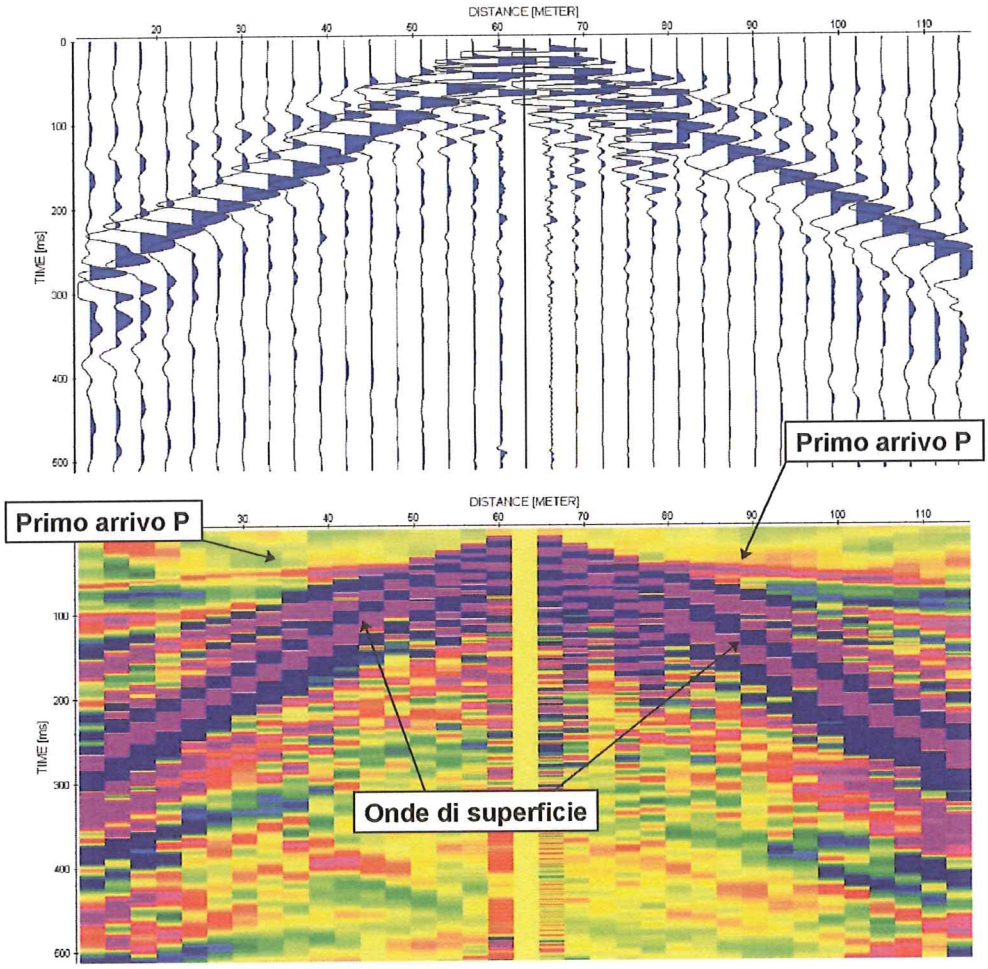


Fig. 5 -Sismogramma relativo all'energizzazione S4. Vengono presentate sia la rappresentazione tramite tracce (in alto) sia quella tramite scala di colori (in basso).

Per il MASW, si sono effettuate due energizzazioni M1 e M2 in corrispondenza delle energizzazioni S1 e S7 (si veda la Fig. 2), in modo da avere un controllo tramite energizzazioni poste da entrambe le estremità della stesa. Il risultato è riportato in Fig. 6. Nel sismogramma sono visibili le onde superficiali di Rayleigh, sia il loro modo fondamentale che i modi superiori, caratterizzati da maggiori velocità.

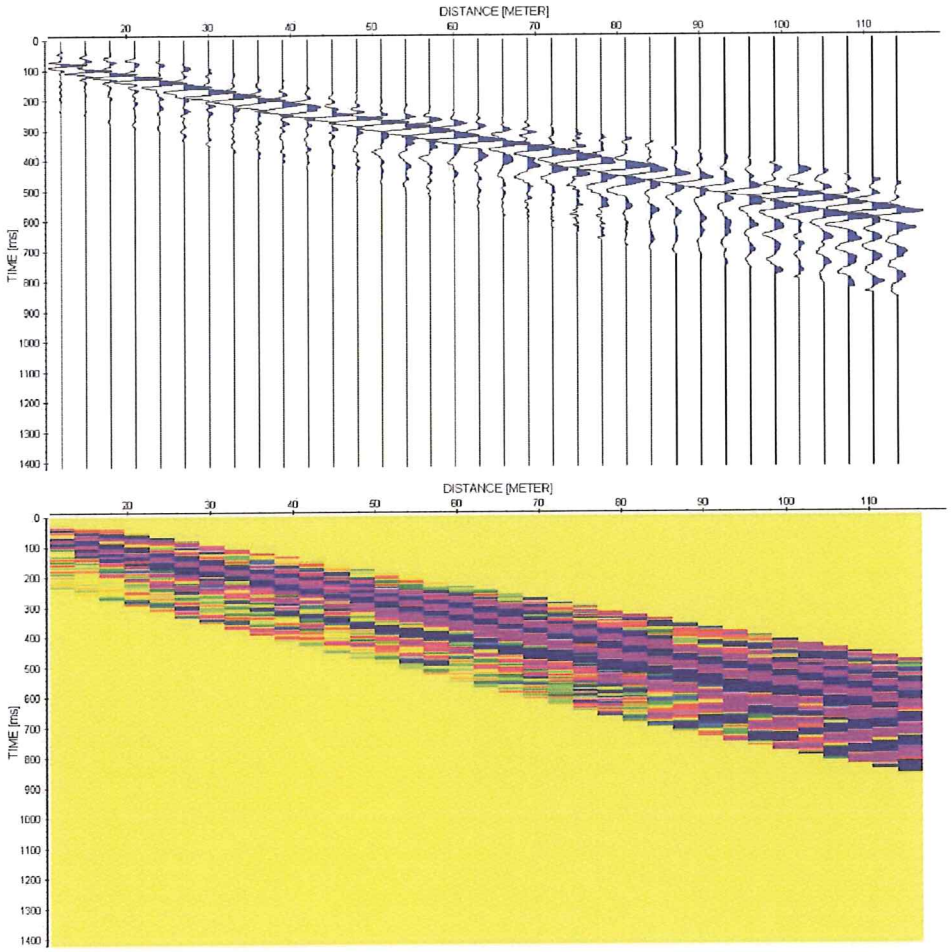


Fig. 6 -Sismogramma relativo all'energizzazione M1. Vengono presentate sia la rappresentazione tramite tracce (in alto) sia quella tramite scala di colori (in basso).

6. Elaborazione dati rifrazione

Dai sismogrammi S1 - S7 si sono estratti i tempi dei primi arrivi delle onde compresionali, ottenendo le sette dromocrone presentate in Fig. 7

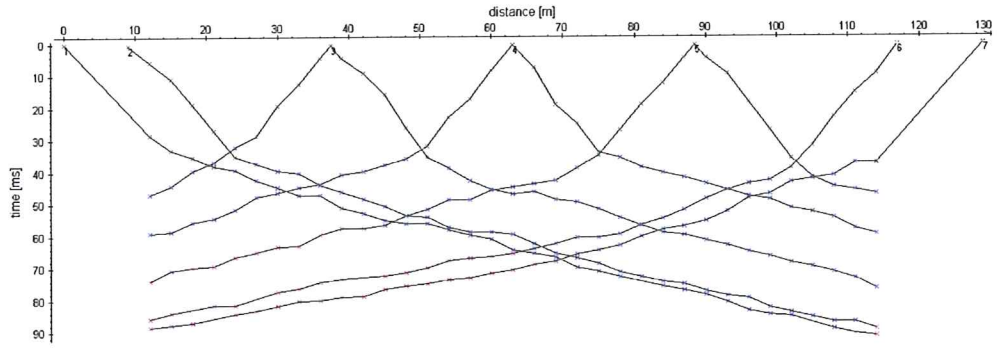


Fig. 7 -Dromocrone relative alle energizzazioni S1 - S7.

I primi arrivi sono stati assegnati ai diversi rifrattori ed elaborati tramite inversione col metodo del fronte d'onda. Si è ottenuta quindi una sezione 2D verticale delle velocità Vp, presentata in Fig. 8

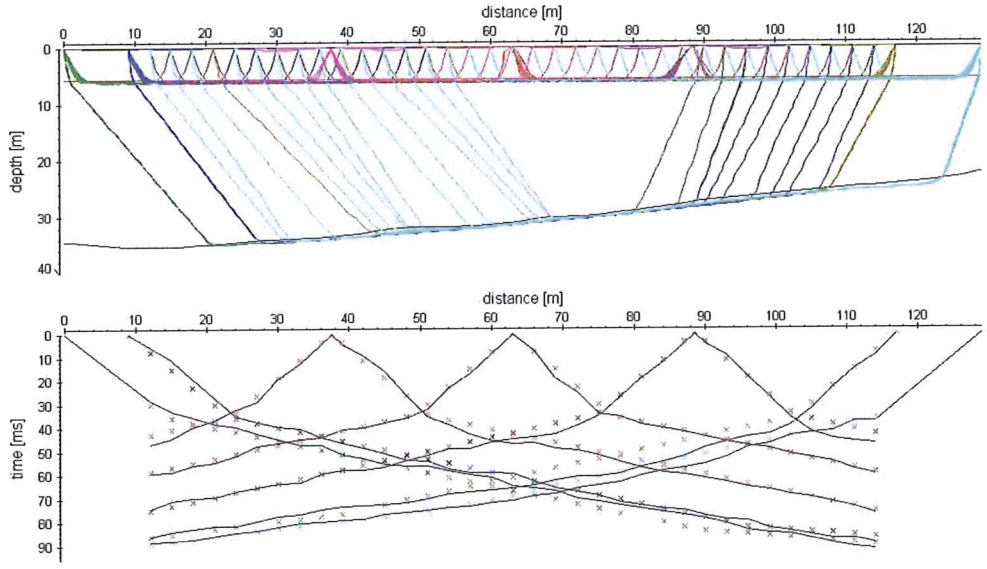


Fig. 8 -In alto: modello ottenuto tramite inversione con metodo dei fronti d'onda e relativo percorso dei raggi sismici. In basso: confronto tra le dromocrone calcolate (croci in colore) e misurate (linee nere continue).

Pur potendosi già considerare la corrispondenza tra primi arrivi calcolati e misurati soddisfacente, si è preferito affinare il risultato e procedere ad inversione tomografica utilizzando il modello di Fig. 8 come modello iniziale. Si è utilizzato il pacchetto software ReflexW 4.2 della Sandmeier Software. Il sottosuolo è stato discretizzato tramite una maglia discreta con spaziatura 0.25 m fino alla profondità di 40 m. Il risultato ottenuto è presentato in Fig. 9.

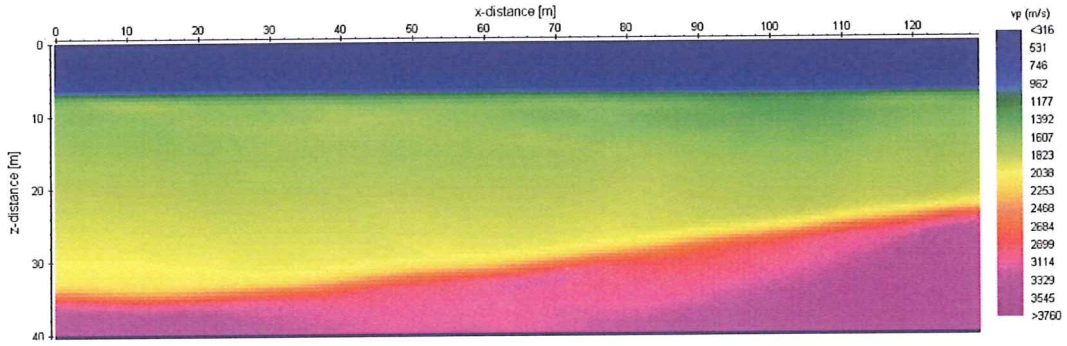


Fig. 9 -Modello tomografico finale.

Le velocità del livello superficiale sono dell'ordine di 300 - 400 m/s. Tra le profondità di 5 e 7 m dal piano campagna la velocità aumenta superando i 1000 m/s. Questo aumento può essere messo in relazione alla presenza della falda. Al di sotto di tale livello le velocità aumentano progressivamente fino a raggiungere i 2000 m/s. Un gradiente elevato della velocità compreso tra le profondità di 26 m (alla progressiva 130 m, lato SE) e 35 m (progressiva 0 m, lato NW) segna evidentemente il passaggio al substrato roccioso.

7. Elaborazione dati MASW

Al sismogramma a 35 canali presentato in Fig. 6 è stata applicata la trasformata *f-v*, che consiste sostanzialmente nella trasformata di Fourier bidimensionale del sismogramma (trasformata *f-k*) da cui si ricava la velocità considerando che $\lambda=1/k$ e $v=\lambda*f$. In Fig. 10 è appunto presentata la trasformata *f-v* relativa al sismogramma.

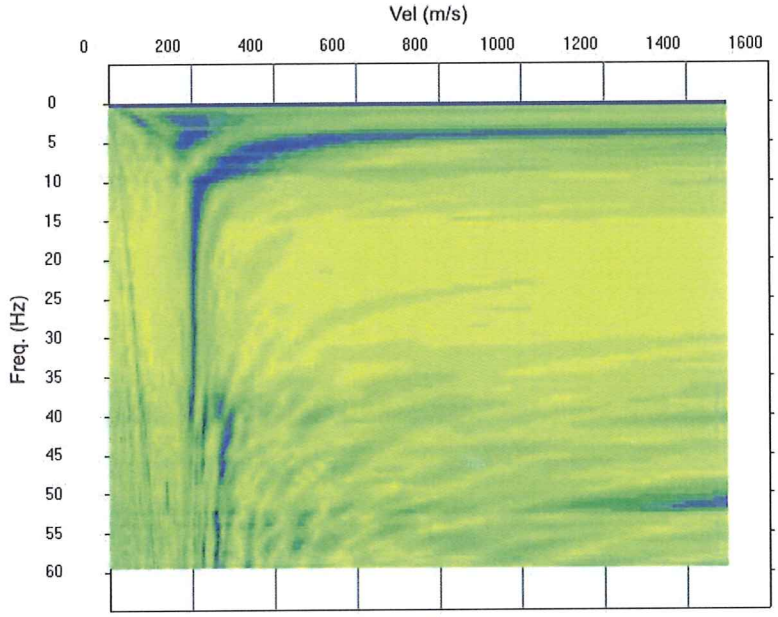


Fig. 10 -Trasformata f-v.

In ordinata è rappresentata la frequenza *f* del segnale (*Hz*), in ascissa la velocità (*m/s*). Il treno d'onda corrispondente ad una certa coppia *f-v*, essendo più energetico del rumore di fondo, sarà caratterizzato da elevata ampiezza dello spettro. Le coppie *f*, *v* che corrispondono alle onde superficiali di diversa velocità vengono quindi individuate in corrispondenza dei massimi dello spettro. Da queste coppie (punti dello spettro) si ottiene la curva di dispersione, visibile anch'essa in figura.

La curva di dispersione ottenuta tramite il "picking" dei massimi della trasformata è riportata in rosso nel grafico di Fig. 11, dove viene rappresentata la velocità (*m/s*) dell'onda di superficie in funzione della sua frequenza (*Hz*).

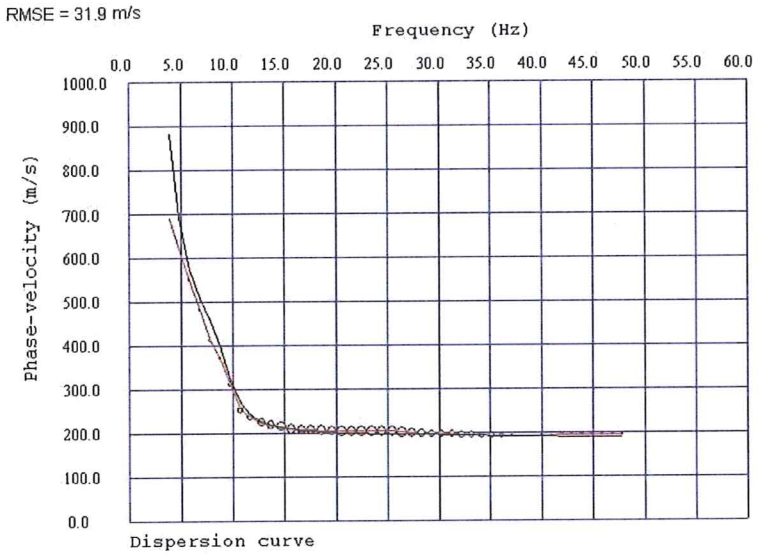


Fig. 11 - Curva di dispersione (linea rossa) ricavata dallo spettro f-v di Fig. 10. In nero è riportata, per confronto, la curva calcolata relativa al modello di Fig. 12.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il modello delle velocità Vs al variare della profondità, presentato in Fig. 12. La curva di dispersione relativa al modello ottenuto è presentata (in nero) in Fig. 11, dove è messa a confronto con la curva ottenuta sperimentalmente (in rosso), ottenendo un errore medio RMS di 31.9 m/s.

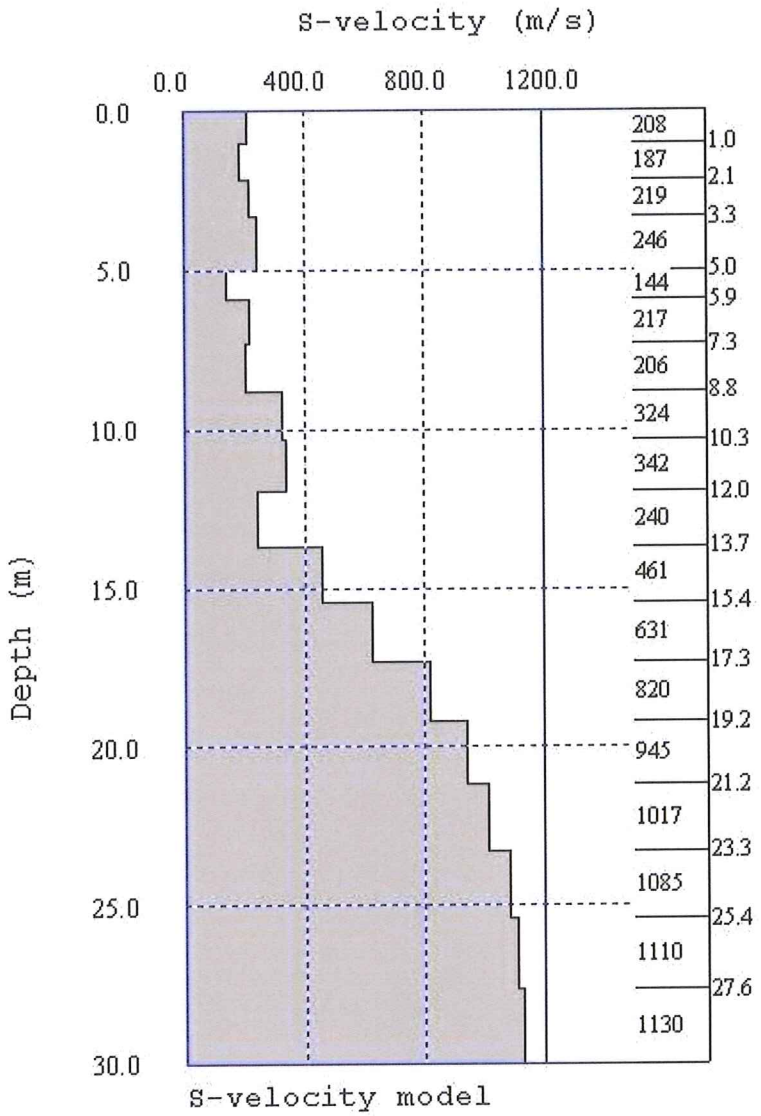


Fig. 12 -Modello delle velocità V_S.

Il modello ottenuto deve essere inteso come rappresentante le condizioni medie al di sotto della stesa.

Le velocità V_S aumentano in generale progressivamente con la profondità fino a raggiungere i 1130 *m/s* a 30 *m*. La lieve inversione a 6 *m* dal piano campagna puo' essere messa in relazione con la presenza della falda, che spesso comporta una diminuzione delle V_S nei primi metri.

Non si riscontra il passaggio al substrato roccioso nei primi 30 *m* di profondità.

8. Determinazione del parametro $V_{S,30}$

In base ai valori Vs presentati nel grafico di Fig. 12, è possibile stimare il parametro $V_{S,30}$ definito come la velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 *m* del sottosuolo, secondo la seguente relazione:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_i \frac{h_i}{V_i}}$$

essendo:

h_i spessore strato *i*-esimo

V_i velocità strato *i*-esimo

Considerando i valori di *Vs* a partire dal piano campagna del modello di Fig. 12, si ottiene infine un valore di $V_{S,30}$ pari a:

$$V_{S,30} = 380 \ m/s$$

9. Metodologia Georadar

Nella metodologia georadar un'antenna emette onde elettromagnetiche ad alta frequenza (50 - 2000 *MHz*) e ne riceve poi le riflessioni da strutture e contatti stratigrafici nel sottosuolo caratterizzate da buon contrasto della costante dielettrica.

In generale, all'aumentare della frequenza aumenta la risoluzione (che è generalmente dell'ordine di un quarto della lunghezza d'onda) ma diminuisce la profondità di penetrazione, in funzione essenzialmente della conducibilità del terreno. Un'antenna da 600 *MHz*, usata per avere buona risoluzione, non penetra nelsottosuolo generalmente per più di 1 - 2 *m*; un'antenna da 200 *MHz* invece può raggiungere i 4 - 5 m di profondità, ma con risoluzione minore.

10. Geometria degli stendimenti georadar

La posizione degli stendimenti georadar è riportata in Fig. 1. Si sono effettuate come richiesto 5 stese denominate GR1 - GR5. Ciascuna stesa è costituita da due linee parallele, alla distanza di un metro, in modo da poter discriminare tra riflessioni dovute a corpi compatti (ad es. eventuali trovanti) che potrebbero comparire su una sola linea, e riflessioni dovute a strutture lineari o comunque più estese, circa perpendicolari alle linee stesse, che dovrebbero invece comparire su entrambe le linee. Tenendo conto che per ogni linea sono registrate 2 frequenze diverse (200 e 600 *MHz*) si hanno in totale 4 radargrammi per ogni stendimento.

Le lunghezze di ciascuna linea sono riportate nella tabella seguente (Tab. 1).

Stesa	Lunghezza (m)	N.ro di linee	Lungh. totale (m)
GR1	113	2	216
GR2	62	2	124
GR3	67	2	134
GR4	55	2	110
GR5	58	2	116

Tab. 1. Lunghezza delle stese Georadar. Ciascuna stesa è composta da due linee (vedi anche Fig. 1)

11. Strumentazione georadar

Per la prospezione Georadar si è utilizzato un sistema IDS composto da una unità di controllo DAD FastWave (SS 09177) e un'antenna a doppia frequenza TRMF HI MOD 08 da 600 e 200 MHz. L'antenna a doppia frequenza permette di registrare contemporaneamente le riflessioni più superficiali con elevata risoluzione (600 MHz) e quelle più profonde (200 MHz). L'unità di controllo DAD FastWave è collegata ad un PC con software di controllo e visualizzazione dati. Le specifiche tecniche sono riportate in Fig. 13.

Technical Specification	DAD 1 Ch FastWave	DAD MCh FastWave
PRF (Pulse Repetition frequency)	400 KHz	400 KHz
No. of simultaneously acquired channels	2 Tx + 2 Rx	2 Tx + 2 Rx
A/D clock	400 KHz	400 KHz
Bits per sample	16	16
Max. number of driven antennas	1 (including Dual - F)	8
Max. Scan rate	4760 scan/sec. (@128 samples)	4760 scan/sec. (@128 samples)
Max. range	9999 nsec.	9999 nsec.
Max. number of samples/scan	8192	8192
Stacking (automatic or user selected)	32768	32768
Connection to Data Logger	Ethernet LAN Wireless (WiFi IEEE 802.11b)	Ethernet LAN Wireless (WiFi IEEE 802.11b)
Dimensions (LxWxH)	22x17x5.5 cm	22x17x5.5 cm
Weight	1.5 Kg	1.5 kg
Power Supply	12V	12V
Power consumption	< 10 W average	< 10 W average

Fig. 13. Caratteristiche tecniche sistema IDS DAD FastWave

Nella foto seguente (Fig. 14) è visibile il sistema in assetto di misura sulla linea GR4.



Fig. 14. Sistema IDS DAD FastWave montato su carrello, in assetto di misura, sulla linea GR4.

12. Linee georadar

I radargrammi completi sono riportati a seguire, inseriti come allegato in formato A3. Per ogni stesa sono riportate le due linee (indicate con *A* e *B*) e, per ciascuna linea, le due frequenze (200 e 600 Mhz).

Sui radargrammi è stata eseguito l'elaborazione standard tramite il pacchetto software GresWin, consistente in: riconoscimento e traslazione della linea di zero, rimozione del background, filtraggio passa-banda verticale (time domain), correzione del guadagno.

Per identificare i diversi riflettori, si è utilizzata la seguente simbologia (Fig. 15)

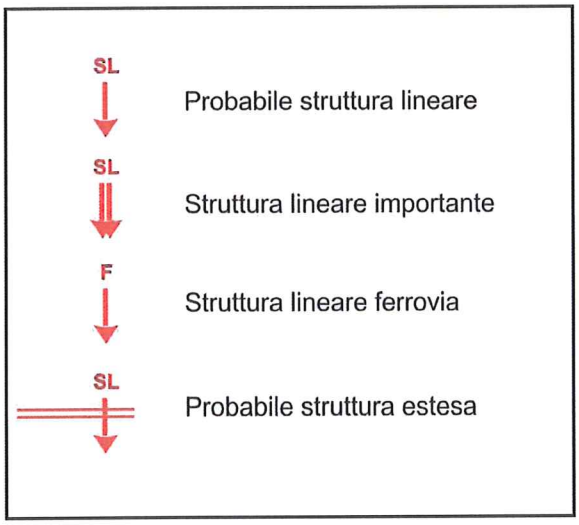


Fig. 15. Legenda radargrammi.

La progressiva della posizione delle strutture individuate è indicata sull'asse orizzontale. La profondità è da intendersi indicativa, in quanto dipende dalla costante dielettrica del mezzo che non è conosciuta con precisione e comunque variabile da punto a punto.

La natura degli elementi strutturali individuati (naturale o antropica) è in generale difficile da inferire sulla base delle linee effettuate che non permettono una ricostruzione areale delle riflessioni e quindi dei relativi corpi riflettori.

In generale tutte le sorgenti individuate di tipo "Probabile struttura lineare" hanno profondità inferiore al metro. L'origine di tali anomalie è difficile da discriminare. Può trattarsi di corpi di dimensioni ridotte, di tipo naturale come trovanti oppure piccole tubazioni o corpi di discarica di dimensioni ridotte. Sono in generale invece da escludere strutture murarie o simili.

Le riflessioni relative alle strutture indicate come "Struttura lineare ferrovia" sono dovute ai binari e alle strutture ad essi connesse, visibili in superficie lungo la linea.

I due riflettori indicati come "Struttura lineare importante" che appaiono sulle linee GR2 e GR5 alle progressive 46.5 e 49 metri sono probabilmente da identificare in due grosse tubature a profondità compresa tra 1 e 2 metri che, avendo direzione NW – SE, intersecano entrambe le linee.

La "Struttura estesa" individuata sulla linea GR1 intorno alla progressiva 30 metri è identificata con un canale sotterraneo rivestito in cemento (e alle strutture murarie connesse) che interseca la linea in quel punto e si riversa, visibile, nel canale che scorre parallelo alla linea, lato Est.

Le "Struttura estese" individuate sulla linea GR1 alla progressiva 0 - 4 metri e sulla linea GR5 alla progressiva 56 – 60 metri (insieme alle riflessioni di tipo "Probabile struttura lineare" connesse) sono da mettere in relazione ad una unica struttura posta alla profondità di circa un metro sulla cui natura non è possibile fare ipotesi.

13. Conclusioni

La tomografia a rifrazione delle onde compressionali P ha permesso di delineare la stratigrafia del sottosuolo nell'area indagata. Il substrato roccioso sano è stato individuato a una profondità variabile dal piano campagna tra 26 e 35 *m*.

Tramite l'indagine MASW si è ottenuto il profilo verticale *medio* delle velocità delle onde compressionali di taglio nell'area indagata. I valori ottenuti sono riassunti nella seguente tabella:

Spessore (m)	Profondità p. c. (m)	VS (m/s)
1.0	1.0	209
1.1	2.1	188
1.2	3.3	219
1.7	5.0	247
0.9	5.9	145
1.4	7.3	217
1.5	8.8	207
1.6	10.3	324
1.6	12.0	342
1.7	13.7	241
1.8	15.4	462
1.8	17.3	631
1.9	19.2	820
2.0	21.2	946
2.1	23.3	1017
2.1	25.4	1086
2.2	27.6	1110
2.4	30.0	1131

Sulla base delle misure effettuate il valore del coefficiente $V_{S,30}$ è risultato pari a:

$$V_{S,30} = 380\ m/s$$

Infine l'indagine georadar ha permesso di individuare diversi corpi riflettori. Di questi sono ritenuti rilevanti, e quindi eventualmente suscettibili di una verifica diretta tramite scavo, i seguenti:

Stesa	Progressiva anomalia (m)	Profondità (m)	Note
GR1	0 - 5	1-3	Sorgente senza direzione preferenziale, di estensione maggiore di almeno 3 m, visibile anche alla fine della GR5. Potrebbe anche avere origine stratigrafica.
GR1	19	0.5 - 1.5	Sorgente allungata in direzione circa perpendicolare alla linea.
GR1	23	0.5 - 1.5	Sorgente allungata in direzione circa perpendicolare alla linea.
GR1	27 - 33	1 - 2	Corrisponde a canale sotterraneo.
GR1	51	0.5 - 1.5	Sorgente allungata in direzione circa perpendicolare alla linea.
GR1	55	0.5 - 1.5	Sorgente allungata in direzione circa perpendicolare alla linea.
GR1	70	0.5 - 1.5	Sorgente allungata in direzione circa perpendicolare alla linea.
GR1	84	0.5 - 1.5	Sorgente allungata in direzione circa perpendicolare alla linea.
GR1	97	0.5 - 1.5	Sorgente allungata in direzione circa perpendicolare alla linea.
GR1	105 - 108	0.5 - 1.5	Sorgente allungata in direzione circa perpendicolare alla linea.
GR2	3	0.5 - 1.5	Sorgente allungata in direzione circa perpendicolare alla linea.
GR2	10	0.5 - 1.5	Sorgente allungata in direzione circa perpendicolare alla linea.
GR2	24 - 34	0.5 - 2.5	Sorgenti probabilmente connesse alla linea ferroviaria dismessa.
GR2	38	0.5 - 1.5	Sorgente allungata in direzione circa perpendicolare alla linea.
GR2	50, 54	1 - 2	Sorgenti allungate in direzione circa perpendicolare alla linea. Visibili anche in GR5. Probabili grosse tubature.
GR2	60 - 62	0.5 - 1.5	Sorgente allungata in direzione circa perpendicolare alla linea.
GR3	2 - 6	0.5 - 1.5	Sorgente allungata in direzione circa perpendicolare alla linea.
GR3	15 - 16	0.5 - 1.5	Sorgente allungata in direzione circa perpendicolare alla linea.
GR3	61 - 62	0.5 - 1.5	Sorgente allungata in direzione circa perpendicolare alla linea.
GR4	2	0.5 - 1	Sorgente allungata in direzione circa perpendicolare alla linea. Probabile tubatura.
GR4	5 -7	0 - 1	Binari e strutture connesse.
GR4	25 - 30	0.5 - 1	Serie di sorgenti allungate in direzione circa perpendicolare alla linea. Probabili tubature.
GR4	43	0.5 - 1	Sorgente allungata in direzione circa perpendicolare alla linea. Probabile tubatura.
GR4	49 - 52	0.5 - 1	Serie di sorgenti allungate in direzione circa perpendicolare alla linea. Probabile tubature.
GR5	2 - 5	0.5 - 1	Serie di sorgenti allungate in direzione circa perpendicolare alla linea. Tubature, Trovanti?
GR5	14 - 20	0.5 - 1.5	Binari e strutture connesse.
GR5	47, 49	1 - 2	Sorgenti allungate in direzione circa perpendicolare alla linea. Visibili anche in GR2. Probabili grosse tubature.
GR5	53 - 58	0.5 - 1.5	Serie di sorgenti allungate in direzione circa perpendicolare alla linea, probabilmente in parte continue, collegabili alle anomalie in GR1. Possibile anche origine stratigrafica

L'origine di tali corpi riflettori (naturali o antropici) è comunque in generale difficile da stabilire sulla scorta delle linee acquisite, in quanto non è comunque possibile tracciare i contorni di tali anomalie sul piano orizzontale mancando una copertura areale completa.

Genova, 13 maggio 2011

Dott. Geol. Franco Montaldo

ALL.8

PROSPEZIONI GEORADAR

RELAZIONE ING. F.FANTINI

DI TECHGEA SERVIZI:

Techgea Servizi
Geofisica Geologia Ambiente

Somiter S.r.l.

Sito: Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2)
Via alla Costa, Vado Ligure (SV)



Indagine georadar per la verifica di strutture interrate

Relazione n.:	1757/11
Redatto da:	Dott. Ing. Fabrizio Fantini
Controllato da:	Dott. Geol. Mario Naldi
Data:	Maggio 2011
Revisione:	0

SOMMARIO

1 INTRODUZIONE 1

2 TEORIA DELLE INDAGINI GEORADAR 2

2.1 Richiami preliminari sulle indagini georadar 2

2.2 Strumentazione georadar 4

3 UBICAZIONE DELLE INDAGINI 5

4 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA 6

5 ELABORAZIONE DEI DATI 6

6 RISULTATI OTTENUTI 7

In allegato:

Figura 1 Ubicazione dell'indagine georadar

Figure 2÷18 Risultati dell'indagine georadar (radargrammi)

1 INTRODUZIONE

Su incarico della società Somiter S.r.l. di Saluzzo (CN), in data 2 Maggio 2011 è stato eseguito un rilievo georadar presso l'Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 – sottozona 2), sita in Via alla Costa a Vado Ligure (SV). L'intervento è stato richiesto al fine di individuare la presenza di eventuali strutture interrate al disotto del piazzale interno al sito, in previsione dei futuri interventi di bonifica.

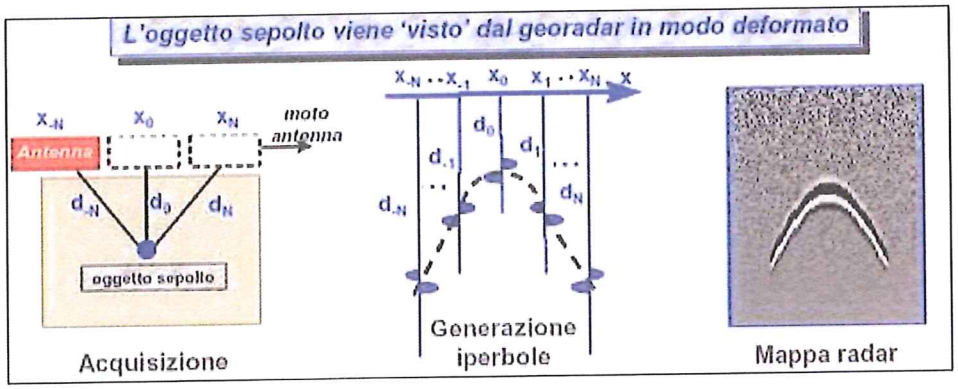
Nella planimetria di Figura 1 viene riportata l'ubicazione delle sezioni georadar realizzate e delle principali anomalie riscontrate dall'analisi dei risultati ottenuti. Nelle successive Figure 2÷18 si riportano tutti i radargrammi acquisiti con relativi commenti e fotografie.

I risultati dell'indagine georadar sono descritti in dettaglio nelle pagine successive.

2 TEORIA DELLE INDAGINI GEORADAR

2.1 Richiami preliminari sulle indagini georadar

I rilievi georadar o GPR (Ground Penetrating Radar) si basano sulla risposta di un segnale elettromagnetico di carattere impulsivo ad alta frequenza che viene inviato da un'antenna trasmittente. La presenza di discontinuità di proprietà elettromagnetiche del materiale provoca fenomeni di rifrazione, riflessione e diffrazione dell'energia elettromagnetica incidente su tale discontinuità. In generale, si analizza la risposta dell'onda elettromagnetica che viene riflessa in corrispondenza delle discontinuità del mezzo e che ritorna in superficie, dove viene captata da un'antenna ricevente.



Il principio di funzionamento del georadar differisce da quello del radar convenzionale in quanto il mezzo di trasmissione non è più l'aria ma una roccia o un terreno, la risoluzione è in genere decimetrica o centimetrica, e il campo di misura è limitato ad alcuni metri di profondità.
In geofisica ambientale il georadar è utilizzato per l'individuazione di sottoservizi e strutture antropiche sepolte (cisterne interrate, fondazioni, ecc.); le applicazioni principali del georadar interessano anche le indagini archeologiche e la valutazione dell'integrità strutturale di elementi architettonici.

La velocità di propagazione di un'onda piana smorzata si ricava dalla soluzione dell'equazione d'onda e vale:

$$V_m = c / \left\{ (\varepsilon_r \mu_r / 2) \left[\left(1 + P^2\right) + 1 \right] \right\}^{1/2}$$

dove c'è la velocità dell'impulso radar nel vuoto (c ≅ 0.3 m/ns), ε_r è la costante dielettrica relativa e μ_r è la permeabilità magnetica relativa. P è il fattore di perdita (loss factor) che vale :

$$P = \tan\delta = \frac{\sigma}{\omega\varepsilon}$$

ed è un indice del grado di dispersività del mezzo.
Si distingue tra dielettrici poco dispersivi (P«1) e buoni conduttori (P»1). Quando la frequenza dell'oscillazione del campo elettrico è sufficientemente elevata e la conducibilità del mezzo indagato è bassa, come nel caso di rocce e terreni, la corrente di spostamento prevale rispetto a quella di conduzione, la propagazione del segnale è di tipo ondulatorio e il termine P può considerarsi nullo. Se inoltre si è in presenza di materiali non ferromagnetici ($\mu \cong \mu_0$), la relazione della velocità media si semplifica:

$$v_m = c/\sqrt{\varepsilon_r} = 0.3/\sqrt{\varepsilon_r}$$

I valori della costante dielettrica e della velocità di propagazione di alcuni materiali sono riportati nella tabella seguente. La lunghezza d'onda inoltre risulta: λ=v/f.

Materiale	Velocità di propagazione v [m/ns]	Costante dielettrica ε_r
Aria	0.3	1
Acqua dolce	0.033	81
Acqua di mare	0.033	81
Argilla	0.047 - 0.134	5-40
Argillite (bagnata)	0.113	7
Arenaria (bagnata)	0.112	6
Asfalto	0.134 - 0.173	3-5
Calcare	0.1-0.113	7-9
Calcestruzzo	0.055 - 0.112	6-30
Dolomia	0.106 - 0.155	6.8-8
Ghiaccio	0.160	4
Granito	0.160 - 0.120	5-8
PVC	0.173	3
Quarzo	0.145	4.3
Sabbia asciutta	0.12-0.16	3-6
Sabbia satura	0.055-0.06	25-30
Silt	0.055 - 0.134	5-30
Suolo argilloso	0.173	3
Suolo "medio"	0.075	16

Velocità di propagazione e costante dielettrica di alcuni materiali (Reynolds, 1997)

Si dimostra che per piccole lunghezze d'onda (λ < 1 m) e per mezzi elettricamente poco conduttivi (6 <100 mS/m), i fenomeni legati alla propagazione di un'onda elettromagnetica possono essere trattati con la teoria dell'ottica geometrica; sono quindi applicabili all'elaborazione dei dati georadar molti algoritmi della sismica a riflessione.

Si osserva che, a causa dell'elevata costante dielettrica dell'acqua, le velocità variano molto con la saturazione in acqua del materiale e che per rocce e terreni sono in genere comprese tra 0.06 e 0.175 m/ns.

2.2 Strumentazione georadar

Il georadar è un dispositivo ad ampia banda che può operare nel campo di frequenza compreso tra 10 e 2500 MHz, ed è caratterizzato dall'emissione di segnali che possono essere assimilati a impulsi aventi in dominio di tempo un'ampiezza τ di qualche ns.
L'intervallo di tempo tra l'impulso di emissione e l'arrivo della riflessione da un bersaglio dipende, dalla profondità del bersaglio e dalla velocità di propagazione del mezzo.

Nella schematizzazione più semplice un sistema georadar si compone di:

- ✓ una sorgente impulsiva, con impulsi di 1÷2 ns di durata, ampiezza di picco di 100 V e frequenza di ripetizione degli impulsi variabile da 30 a 100 kHz;
- ✓ una o più coppie di antenne con funzione di trasmettitore e ricevitore;
- ✓ un convertitore analogico/digitale (8 - 16 bit);
- ✓ un sistema di memorizzazione su supporto magnetico dei segnali numerici e dispositivi di elaborazione dei segnali e di interfaccia grafica per la rappresentazione su schermo dei segnali.

La rappresentazione dei dati acquisiti avviene normalmente su un diagramma tempi-ampiezze del segnale ricevuto dal georadar. Spostando l'antenna lungo una direzione prestabilita e accostando i diversi diagrammi tempi-ampiezze per i successivi segnali, si ottengono delle sezioni georadar, detti radargrammi, in cui le ampiezze di riflessione sono rappresentate in funzione del tempo di andata e ritorno (twt) e della posizione dell'antenna lungo il profilo di acquisizione.
Durante l'acquisizione gli impulsi sono ripetuti con frequenza tra 30 e 100 kHz. Le tracce rilevate dall'antenna ricevente sono mediate prima di essere registrate: in tal modo, ogni singola traccia registrata è il risultato di una operazione di stacking, che ha come effetto l'aumento del rapporto segnale/rumore.
In acquisizione si opera inoltre impiegando dei filtri in dominio di frequenza (filtri passa banda), con banda passante larga abbastanza da non perdere segnale utile. Successivamente, è possibile procedere ad un ulteriore filtraggio digitale sulle tracce acquisite.

Opportune procedure di elaborazione dei dati consentono di passare dalle sezioni radar grezze a immagini che meglio localizzano gli oggetti sepolti.

Un oggetto di forma e dimensioni tali da provocare la diffrazione del segnale, presenta nel radargramma una risposta dalla caratteristica forma a iperbole rovesciata, detta iperbole di diffrazione. Corpi che forniscono tipicamente una simile risposta sono, tra gli altri, le condotte sepolte.
Si ottiene una iperbole perché il fenomeno della diffrazione consente di rilevare un segnale, anche quando l'antenna ricevente non è posta sulla verticale dell'oggetto. Tale segnale percorre una distanza pari a

$$2d = 2\sqrt{x^2 + z^2}$$

dove z è la profondità dell'oggetto sepolto e x la distanza, misurata in superficie, tra l'oggetto e l'antenna. Il tempo di andata e ritorno del segnale diffratto è quindi:

$$t = 2\frac{\sqrt{x^2 + z^2}}{v}$$

Tale equazione rappresenta, nel piano (x, t), un'iperbole avente vertice nel punto (0, 2z/v) e asintoti t(x) = ±2x/v.
Se è possibile individuare un'iperbole di diffrazione nei dati sperimentali, è anche possibile, per via grafica, stimare la profondità dell'oggetto che l'ha prodotta e la velocità di propagazione del mezzo. Si osserva che velocità di propagazione decrescenti, corrispondono a iperboli più strette.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda alla letteratura specialistica (1).

3 UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Come detto nel capitolo introduttivo, le indagini realizzate hanno interessato il piazzale interno all'Area Multipolis S.r.l., sita in Via alla Costa a Vado Ligure (SV).
La localizzazione delle sezioni georadar realizzate ha tenuto presente delle indicazioni fornite dalla committenza, compatibilmente con gli ostacoli presenti in sito e con la necessità di caratterizzare l'intero piazzale in esame. L'ubicazione delle sezioni georadar acquisite viene riportata nella planimetria di Figura 1 (tonalità di colore magenta); le lunghezze di tali sezioni vengono riportate nella seguente tabella riassuntiva.

Linea georadar	Lunghezza [m]
GPR 1	47
GPR 2	89
GPR 3	72
GPR 4	44
GPR 5	22
GPR 6	40
GPR 7	63
Totale	**377**

Computo metrico delle indagini georadar eseguite

(1) J. L. Davis e A. P. Annan, 1989 : "Ground penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy", Geophysical prospecting 37, pp. 531÷551.

4 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Si è utilizzata l'unità di controllo e acquisizione di segnali radar SIR-3000 (*G.S.S.I. - USA*) con una antenna da 400MHz di frequenza per ottenere il miglior compromesso tra grado di dettaglio e profondità di indagine (fino a circa 3 m di profondità).
La frequenza delle onde elettromagnetiche è inversamente proporzionale alla profondità di indagine, con grado di risoluzione differente: antenne ad alta frequenza hanno una bassa penetrazione del segnale radar, ma con elevato grado di risoluzione. Viceversa, antenne a più bassa frequenza mostrano un'elevata penetrazione del segnale radar, ma con minor grado di risoluzione.
I parametri di acquisizione sono stati i seguenti:

1. numero di scansioni per metro = 50 (una scansione ogni 2 centimetri)
2. filtri verticali = 100 - 800 MHz (taglia-basso e taglia-alto)
3. finestra di acquisizione = 100 nanosecondi

5 ELABORAZIONE DEI DATI

Le sezioni radar sono state sottoposte alle seguenti procedure (software di elaborazione *ReflexW 5.0* - Sandmeier Software):

- ✓ sottrazione della media del segnale al fine di eliminare le basse frequenze presenti nell'acquisizione (Subtract-mean) e ottenere il recupero delle ampiezze;
- ✓ rimozione dell'ampiezza di riflessione media per eliminare quelle parti del segnale che si riferiscono all'arrivo delle onde dirette e alla riflessione della superficie su cui vengono trascinate le antenne (Background Removal);
- ✓ stima della velocità di propagazione del mezzo sulla base di iperboli di diffrazione dovute alla presenza di oggetti nel sottosuolo;
- ✓ rimozione dei primi ns delle tracce, relativi all'aria interposta tra l'antenna ed il suolo (Move Starttime);
- ✓ passaggio dalla scala dei tempi alla scala delle profondità.

6 RISULTATI OTTENUTI

Le informazioni ottenute dall'analisi di tutti i radargrammi acquisiti ha consentito l'individuazione di diversi probabili manufatti interrati, la cui ubicazione viene riportata nella planimetria di Figura 1.

Nello specifico si sono riconosciuti:

- ⇒ Sez. GPR 1: probabile basamento della tettoia (progressive 31-40 m);
- ⇒ Sez. GPR 2: manufatto interrato (trincea con passaggio di sottoservizi) al di sotto della traccia di scavo (progressive 15-17 m e Sez. GPR 3 progressive 14-16 m);
- ⇒ Sez. GPR 2: tombino metallico interrato (individuabile in sito per la presenza di una crepa di forma quadrata nel manto di asfalto) con possibile presenza di un manufatto (possibile serbatoio) sottostante (progressive 36-37 m);
- ⇒ Sez. GPR 2: diversi possibili manufatti interrati (progressive 38-45, 51-55 e 82-85 m);
- ⇒ Sez. GPR 3: manufatto interrato (possibile vasca in cemento) presente al di sotto di una estesa traccia visibile sul piazzale (progressive 23-36 m);
- ⇒ Sez. GPR 7: possibile manufatto interrato (progressive 36-43 m);

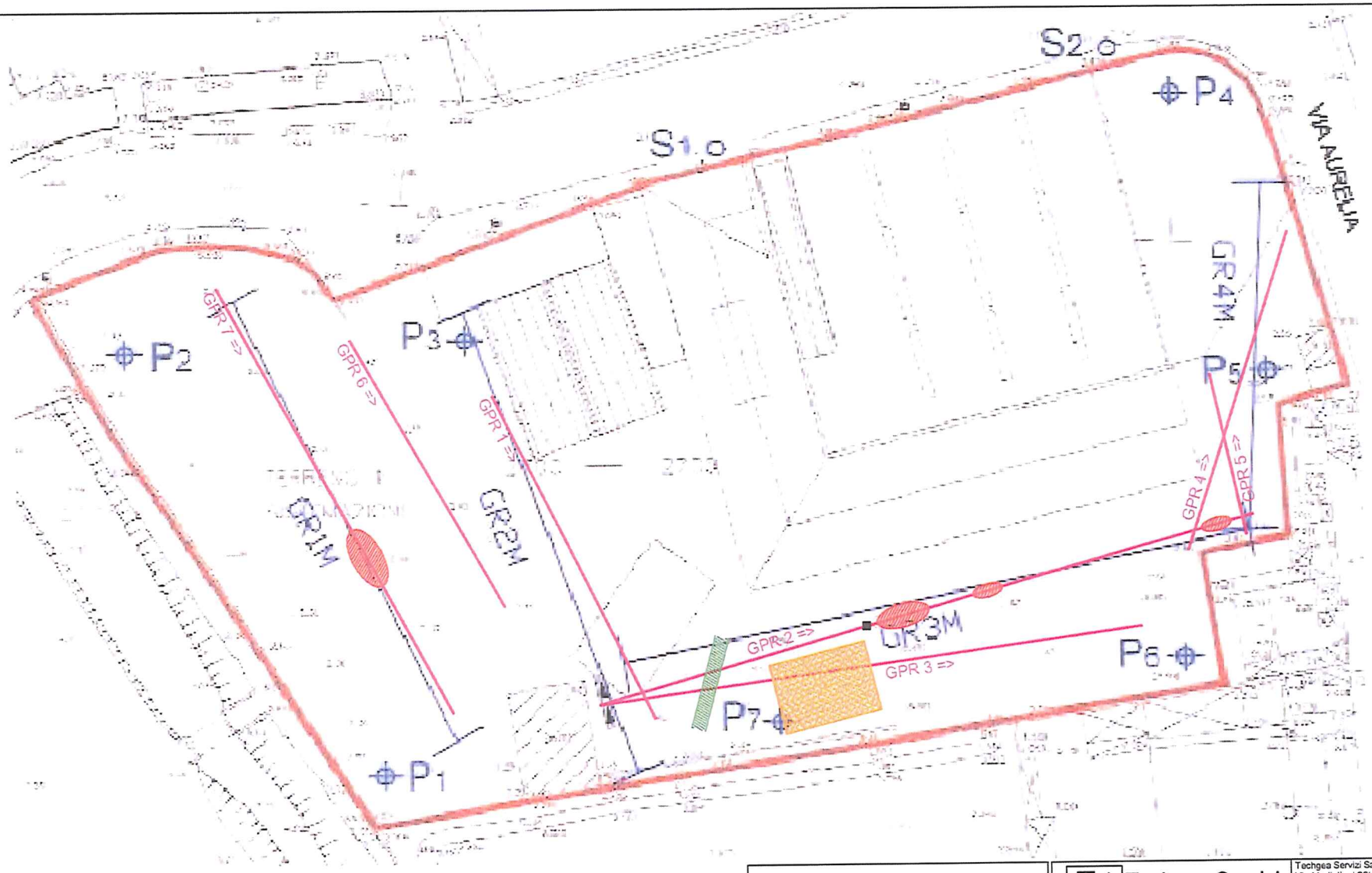
In molti radargrammi si riconoscono inoltre diversi sottoservizi e superfici di sottofondo del piazzale stesso.

Techgea Servizi S.a.s.

Redatto da:
Dott. Ing. Fabrizio Fantini

Controllato da:
Dott. Geol. Mario Naldi

Figure



Legenda

- Area in oggetto
- P1 Sondaggi attrezzati con piezometro
- S1 Sondaggi da ritombare
- GR1M Sezioni georadar previste
- GPR1 Sezioni georadar realizzate
- Possibili manufatti interrati
- Manufatto interrato (traccia di scavo)
- Manufatto interrato (possibile vasca)
- Tombino interrato

N

0 10 20 30m

Scala 1:500

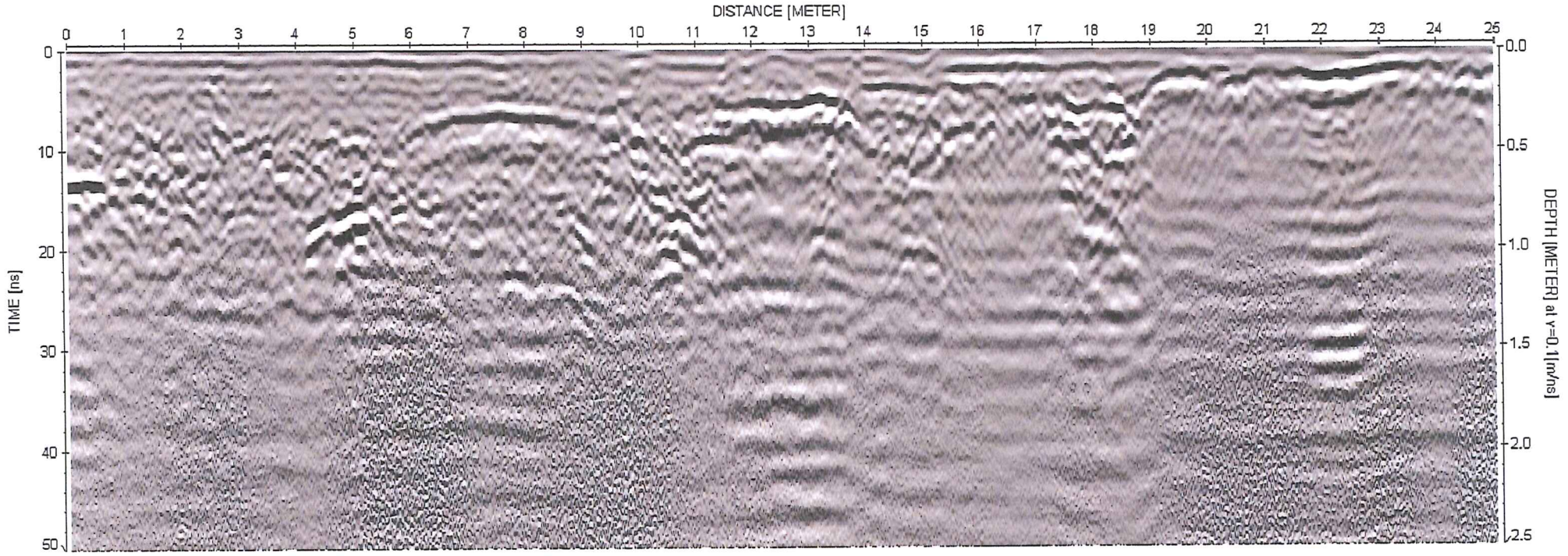
Techgea Servizi
Geofisica Geologia Ambiente
Techgea Servizi Sas
Via Modigliani 26/a 10137 Torino
tel +39 011 700113
fax +39 011 7077673
e-mail info@techgea.eu

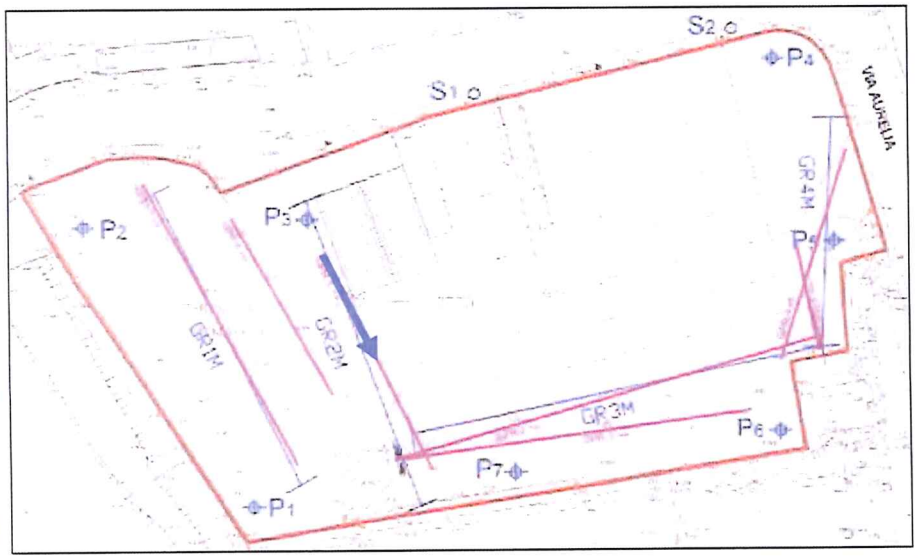
Committente:	Somiter S.r.l.		
Oggetto:	Indagine georadar		
Sito:	Area Multipolis S.r.l. (Zona S16-Sottozona 2) Via alla Costa, Vado Ligure (SV)		
Titolo:	Ubicazione indagine georadar		
Data:	Maggio 2011	Figura:	1
Relazione:	1757/11	Revisione:	0

Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2) - Via alla Costa, Vado Ligure (SV)

Indagine georadar - Radargrammi

Sezione GPR 1 (0÷25 m)



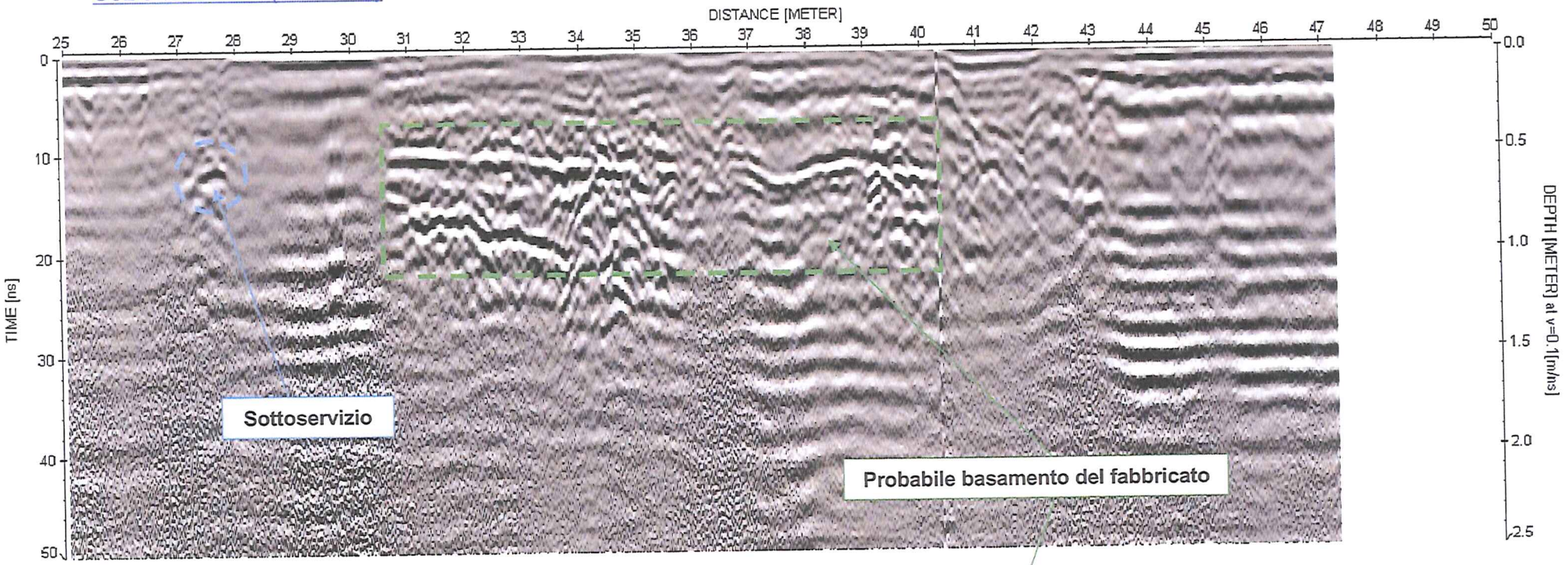


Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente		
Committente:	Somiter S.r.l.	
Progetto:	Indagine georadar	
Sito:	Area Multipolis - Vado Ligure	
Data:	Maggio 2011	Figura:
Relazione:	1757/11	2

Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2) - Via alla Costa, Vado Ligure (SV)

Indagine georadar - Radargrammi

Sezione GPR 1 (25÷47 m)





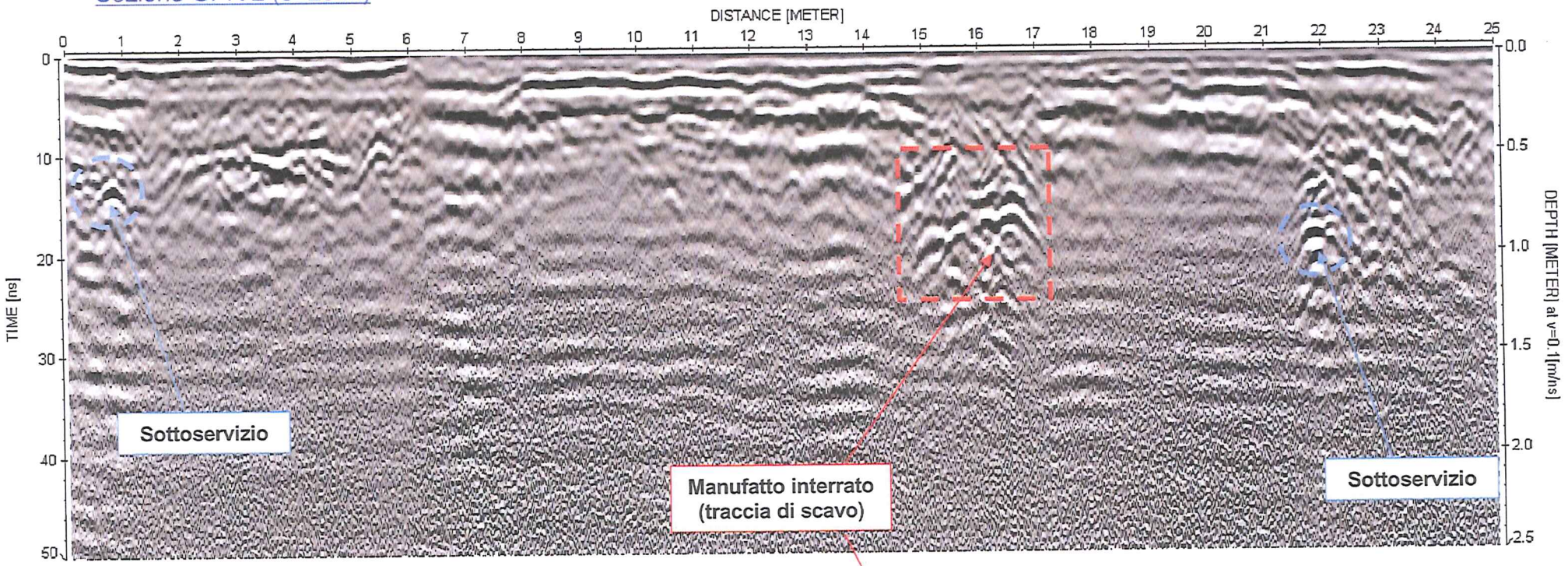


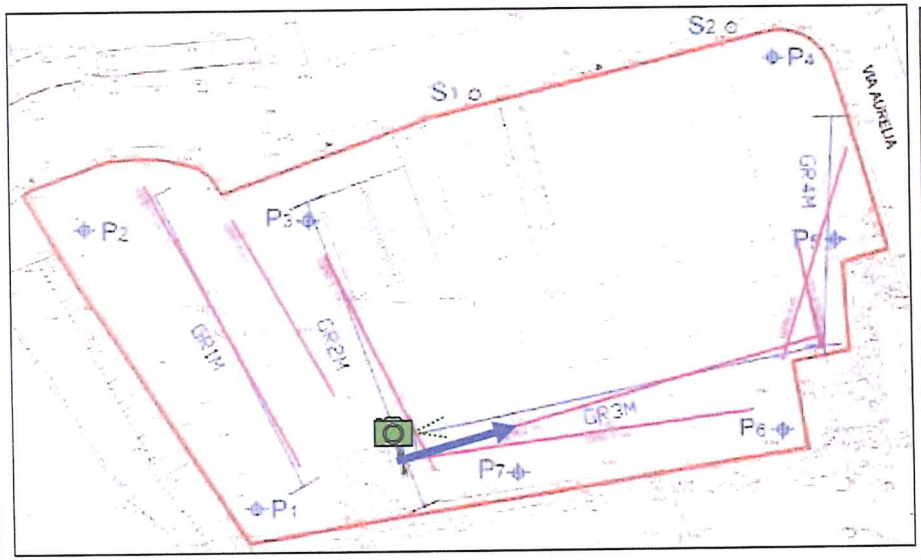
Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente		
Committente:	Somiter S.r.l.	
Progetto:	Indagine georadar	
Sito:	Area Multipolis - Vado Ligure	
Data:	Maggio 2011	Figura:
Relazione:	1757/11	3

Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2) - Via alla Costa, Vado Ligure (SV)

Indagine georadar - Radargrammi

Sezione GPR 2 (0÷25 m)





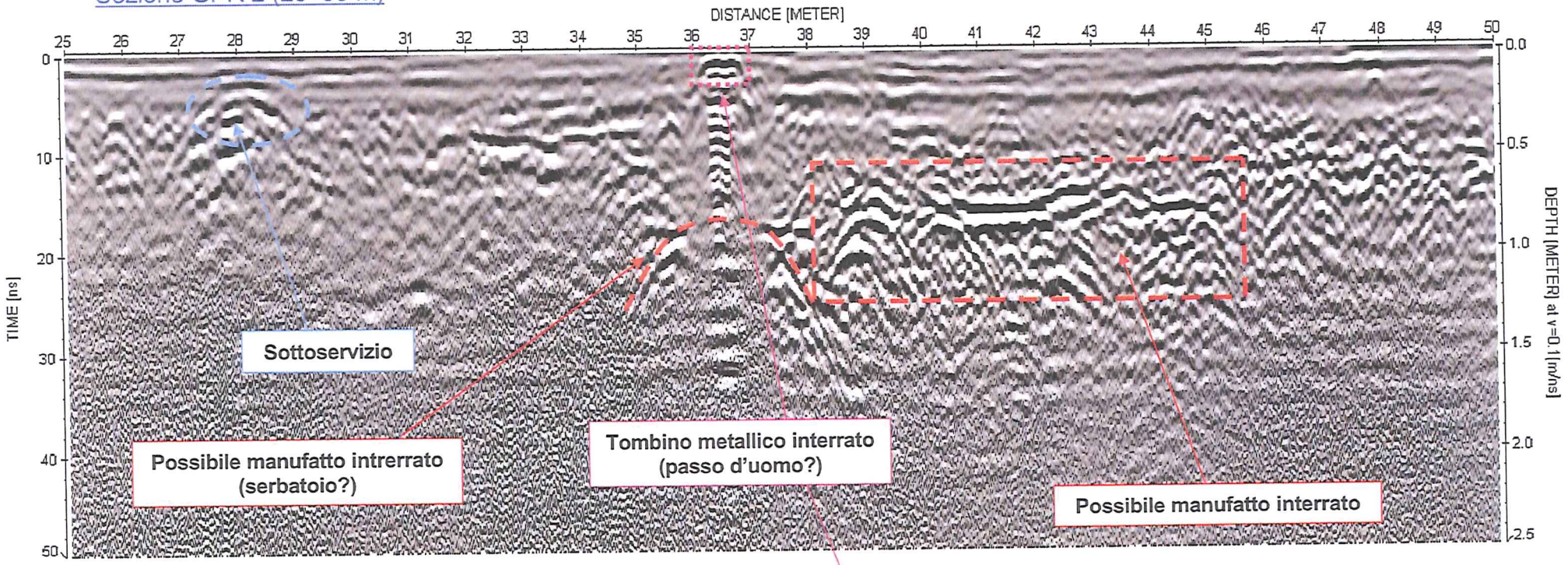


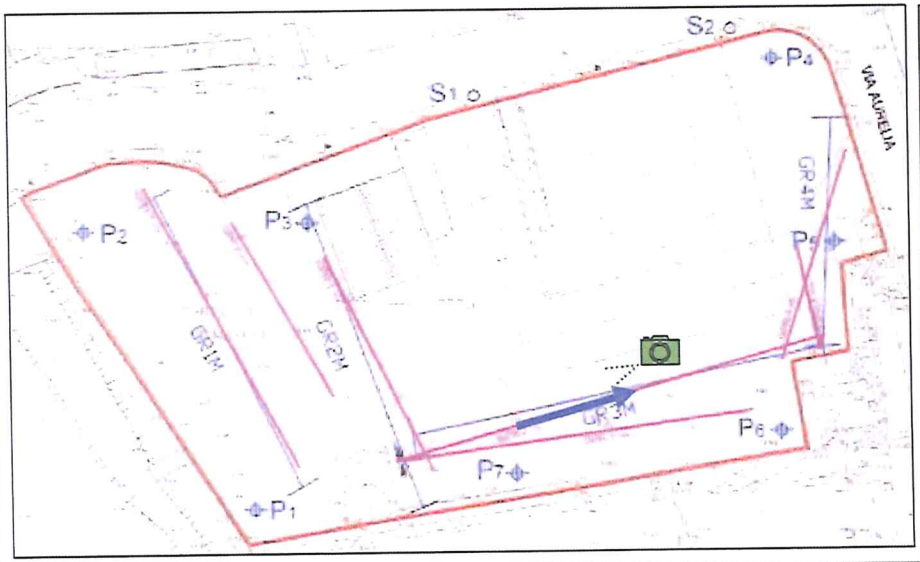
Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente		
Committente:	Somiter S.r.l.	
Progetto:	Indagine georadar	
Sito:	Area Multipolis - Vado Ligure	
Data:	Maggio 2011	Figura:
Relazione:	1757/11	4

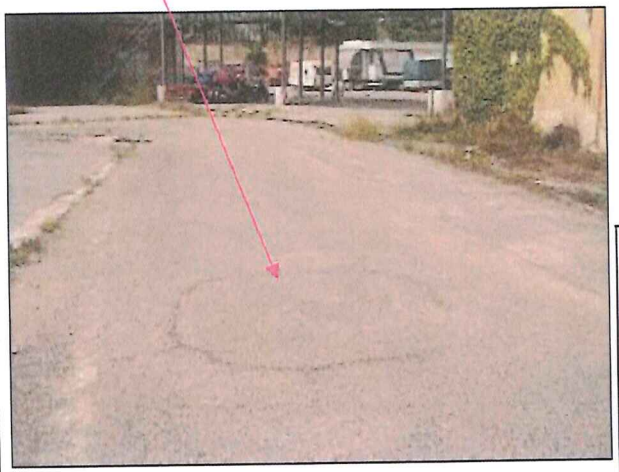
Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2) - Via alla Costa, Vado Ligure (SV)

Indagine georadar - Radargrammi

Sezione GPR 2 (25÷50 m)





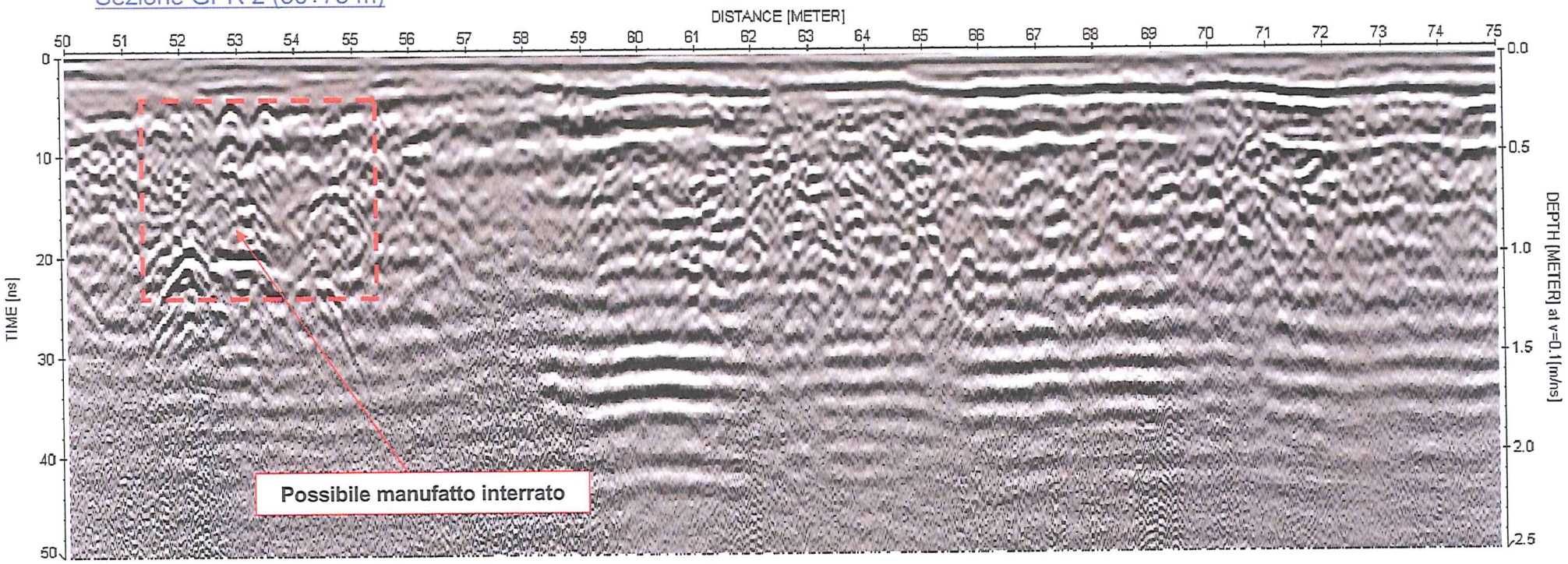


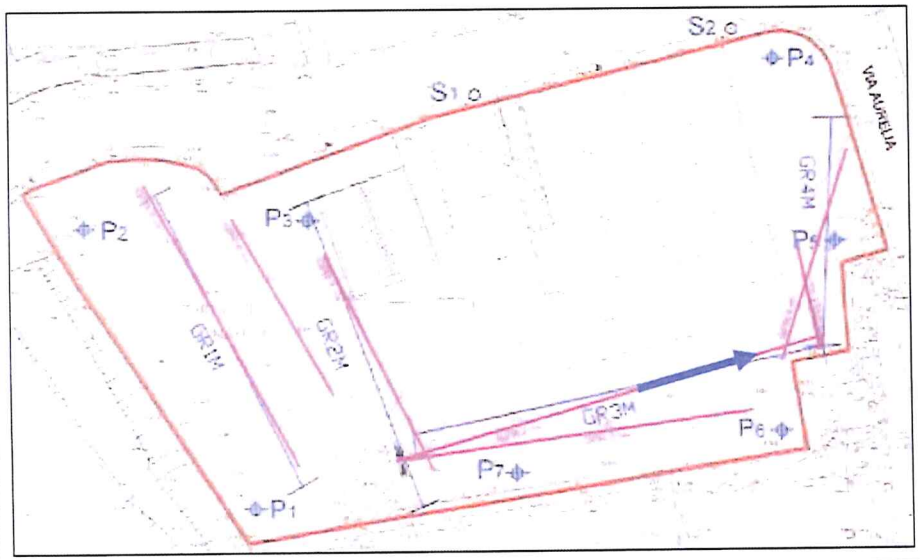
Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente		
Committente:	Somiter S.r.l.	
Progetto:	Indagine georadar	
Sito:	Area Multipolis - Vado Ligure	
Data:	Maggio 2011	Figura:
Relazione:	1757/11	5

Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2) - Via alla Costa, Vado Ligure (SV)

Indagine georadar - Radargrammi

Sezione GPR 2 (50÷75 m)



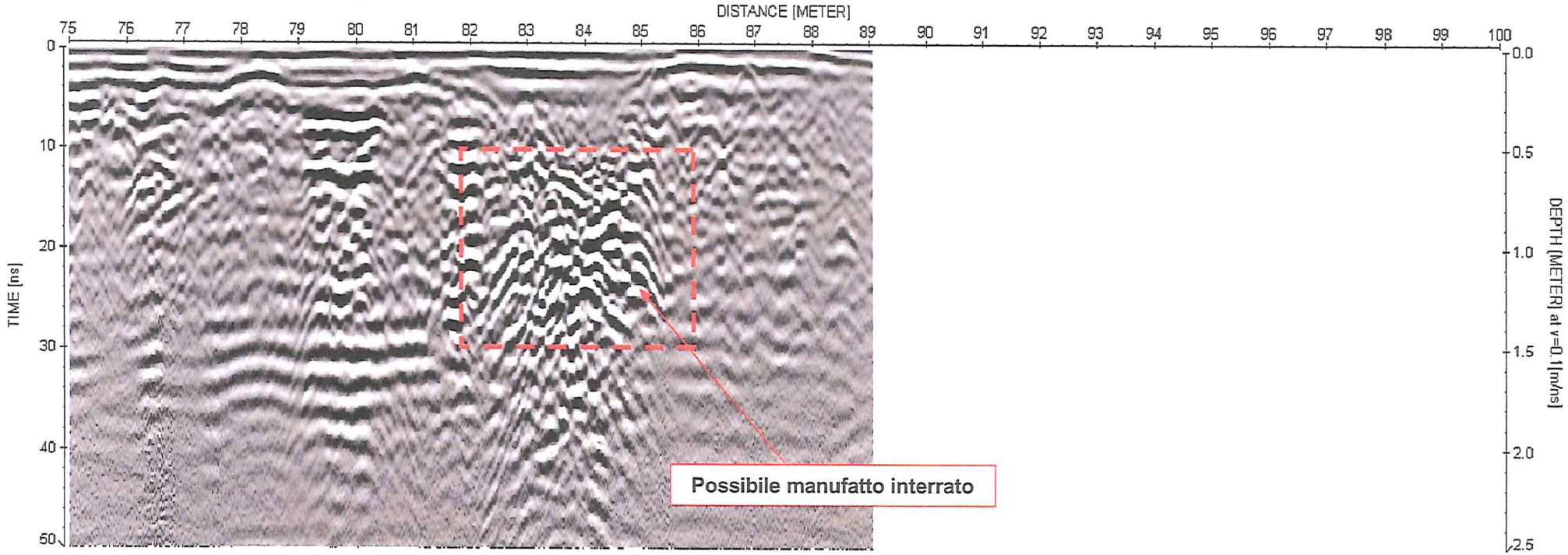


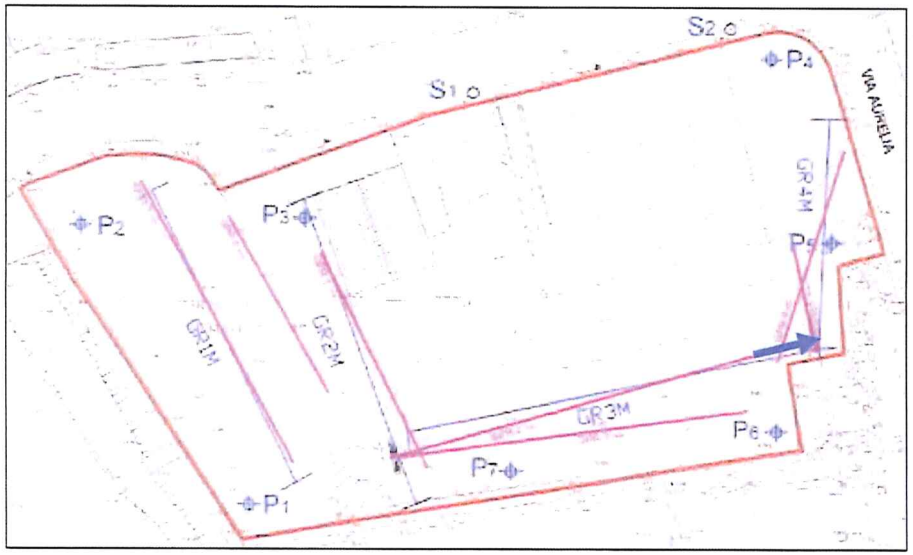
Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente		
Committente:	Somiter S.r.l.	
Progetto:	Indagine georadar	
Sito:	Area Multipolis - Vado Ligure	
Data:	Maggio 2011	Figura:
Relazione:	1757/11	6

Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2) - Via alla Costa, Vado Ligure (SV)

Indagine georadar - Radargrammi

Sezione GPR 2 (75÷89 m)



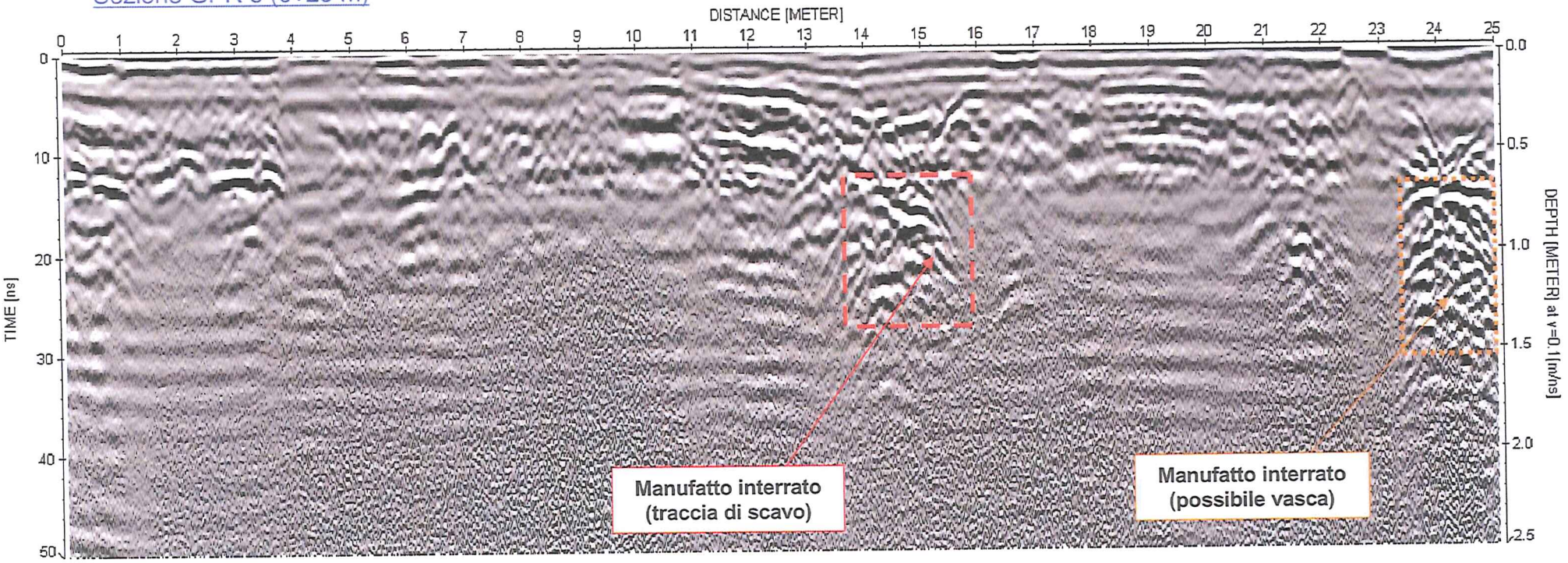


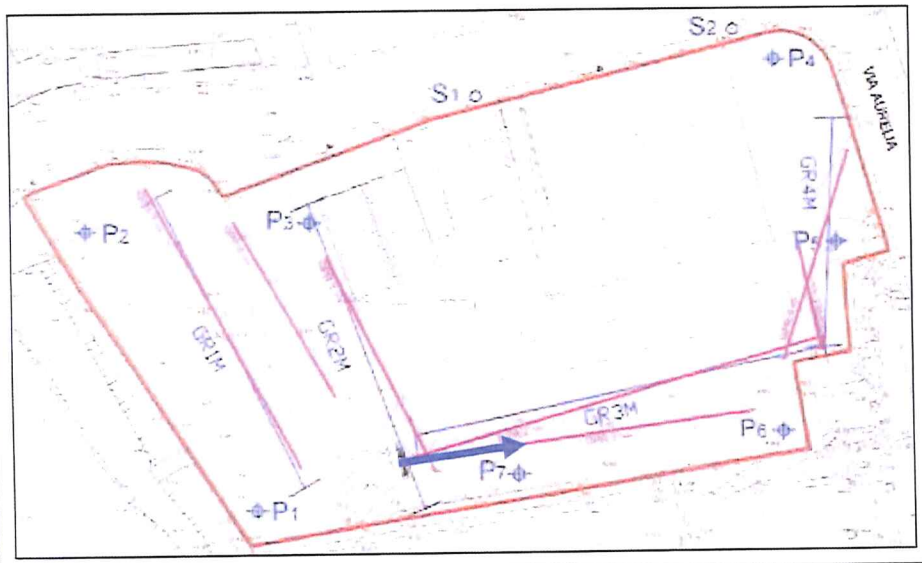
Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente		
Committente:	Somiter S.r.l.	
Progetto:	Indagine georadar	
Sito:	Area Multipolis - Vado Ligure	
Data:	Maggio 2011	Figura:
Relazione:	1757/11	7

Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2) - Via alla Costa, Vado Ligure (SV)

Indagine georadar - Radargrammi

Sezione GPR 3 (0÷25 m)



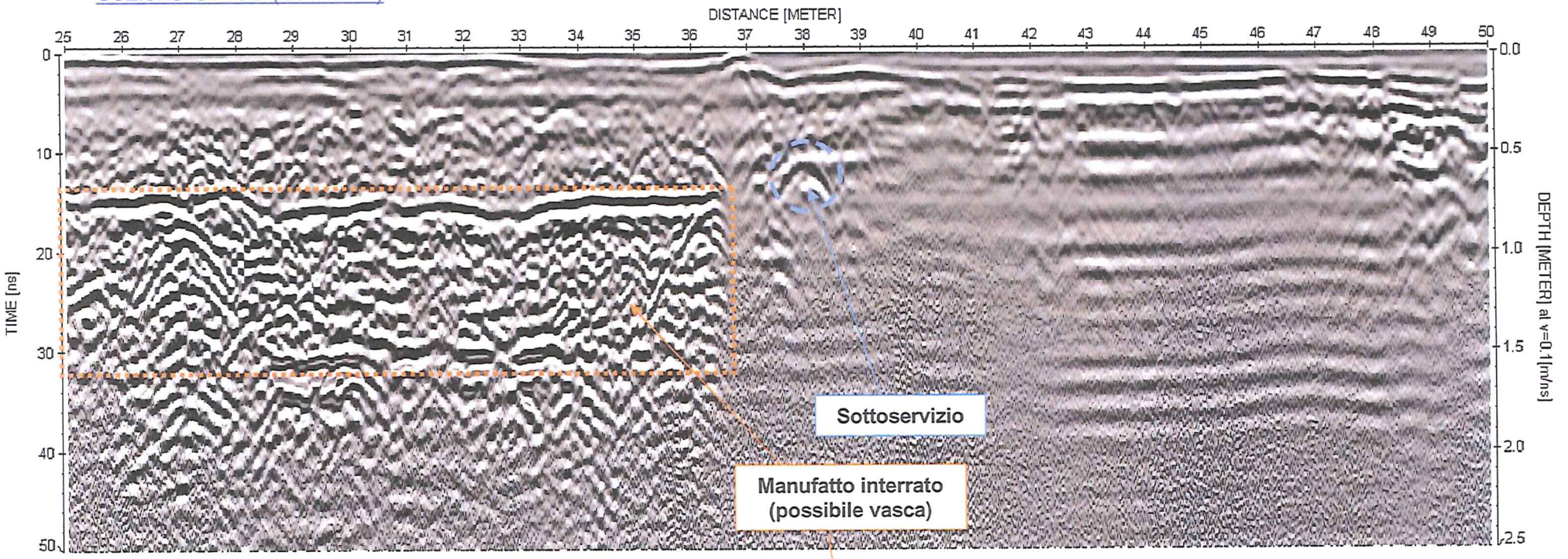


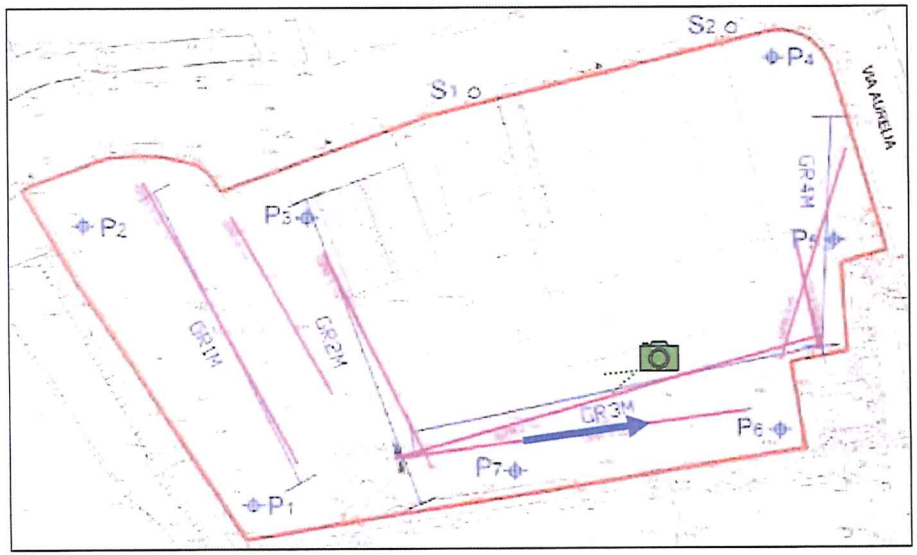
Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente		
Committente:	Somiter S.r.l.	
Progetto:	Indagine georadar	
Sito:	Area Multipolis - Vado Ligure	
Data:	Maggio 2011	Figura:
Relazione:	1757/11	8

Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2) - Via alla Costa, Vado Ligure (SV)

Indagine georadar - Radargrammi

Sezione GPR 3 (25÷50 m)





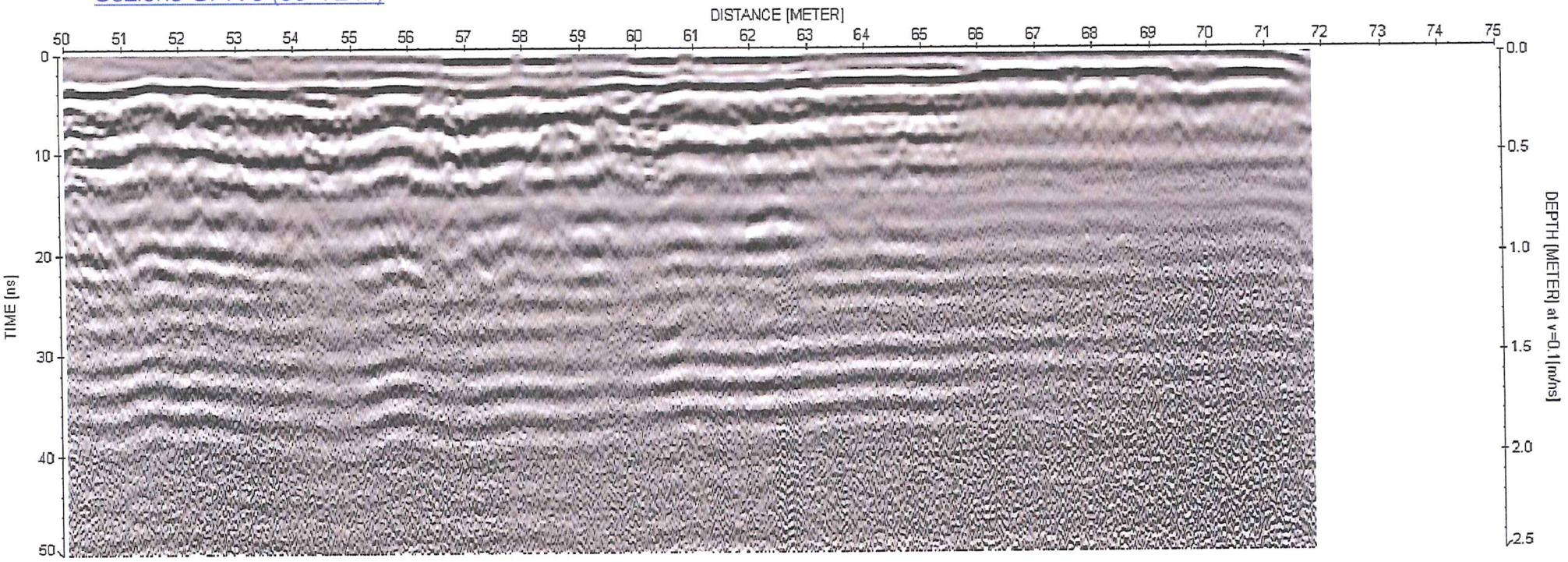


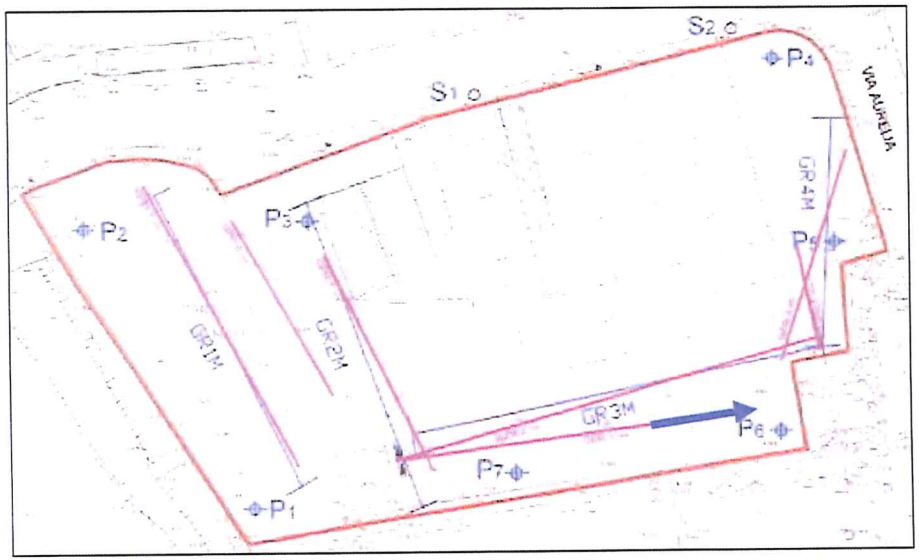
Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente		
Committente:	Somiter S.r.l.	
Progetto:	Indagine georadar	
Sito:	Area Multipolis - Vado Ligure	
Data:	Maggio 2011	Figura:
Relazione:	1757/11	9

Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2) - Via alla Costa, Vado Ligure (SV)

Indagine georadar - Radargrammi

Sezione GPR 3 (50÷72 m)



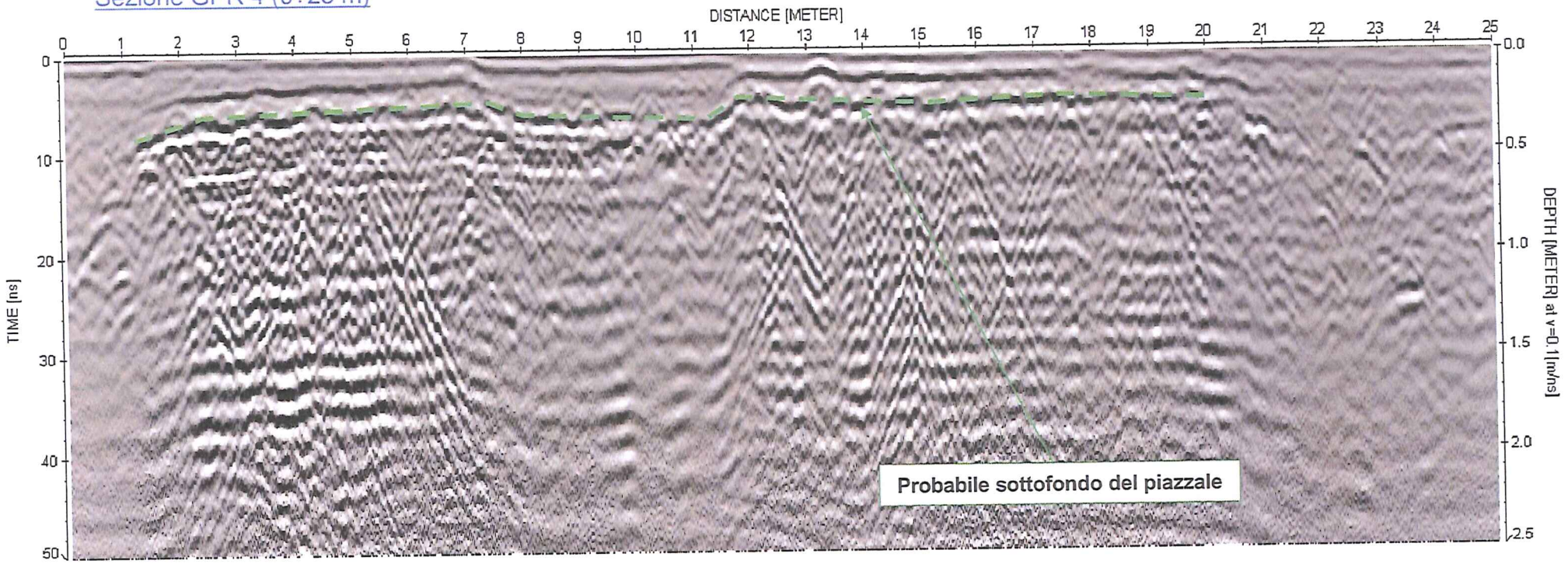


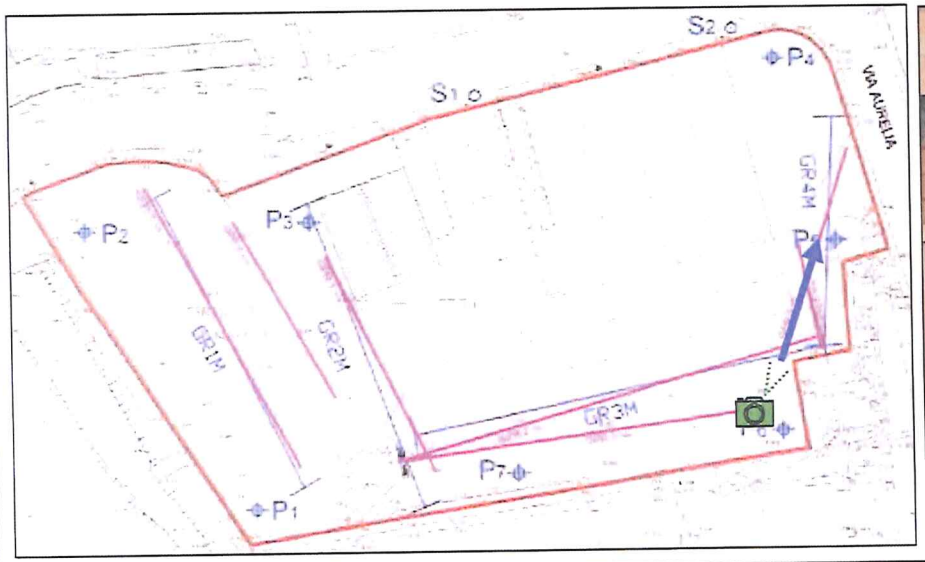
Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente		
Committente:	Somiter S.r.l.	
Progetto:	Indagine georadar	
Sito:	Area Multipolis - Vado Ligure	
Data:	Maggio 2011	Figura:
Relazione:	1757/11	10

Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2) - Via alla Costa, Vado Ligure (SV)

Indagine georadar - Radargrammi

Sezione GPR 4 (0÷25 m)





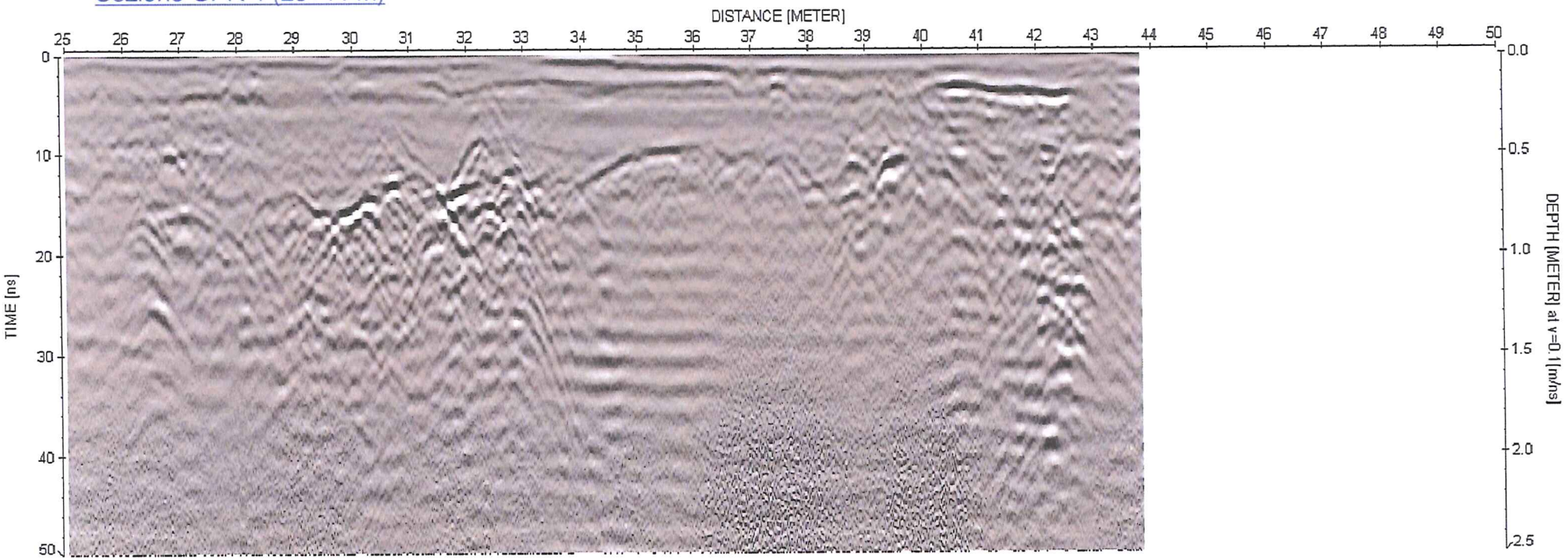


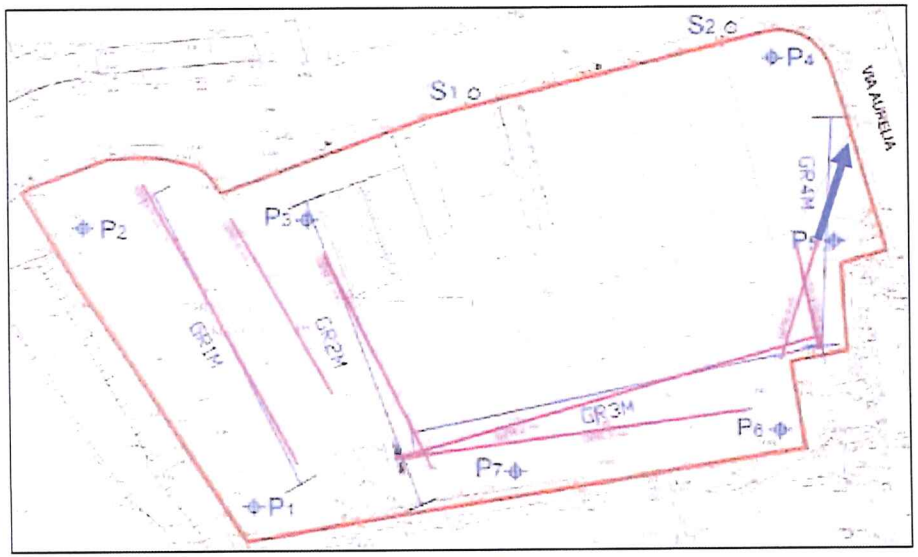
Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente		
Committente:	Somiter S.r.l.	
Progetto:	Indagine georadar	
Sito:	Area Multipolis - Vado Ligure	
Data:	Maggio 2011	Figura:
Relazione:	1757/11	11

Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2) - Via alla Costa, Vado Ligure (SV)

Indagine georadar - Radargrammi

Sezione GPR 4 (25÷44 m)



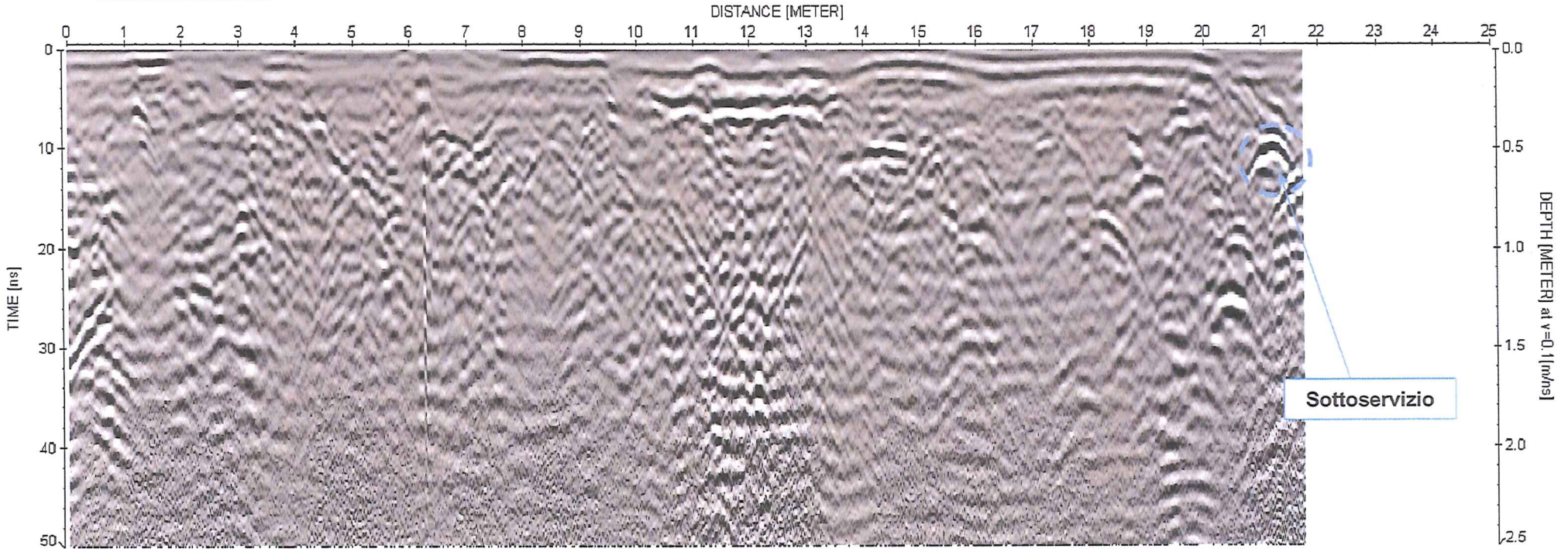


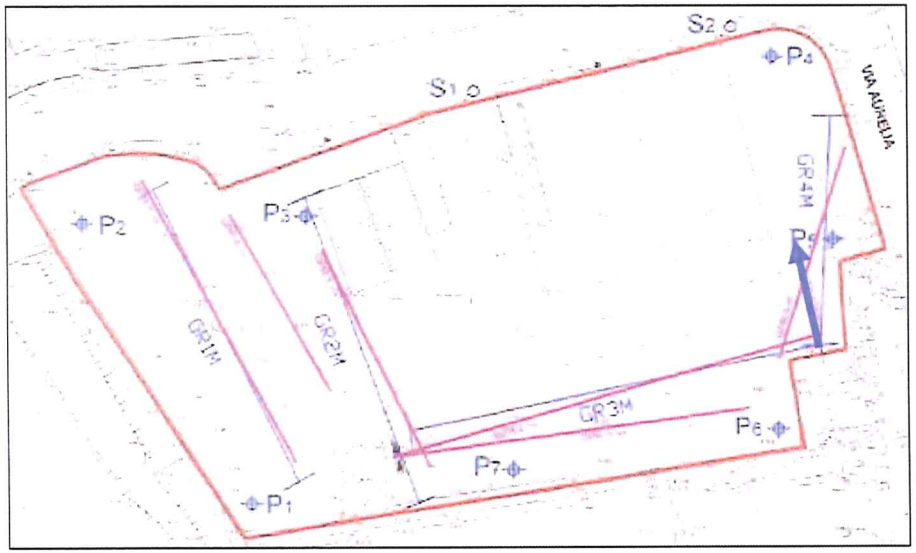
Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente		
Committente:	Somiter S.r.l.	
Progetto:	Indagine georadar	
Sito:	Area Multipolis - Vado Ligure	
Data:	Maggio 2011	Figura:
Relazione:	1757/11	12

Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2) - Via alla Costa, Vado Ligure (SV)

Indagine georadar - Radargrammi

Sezione GPR 5



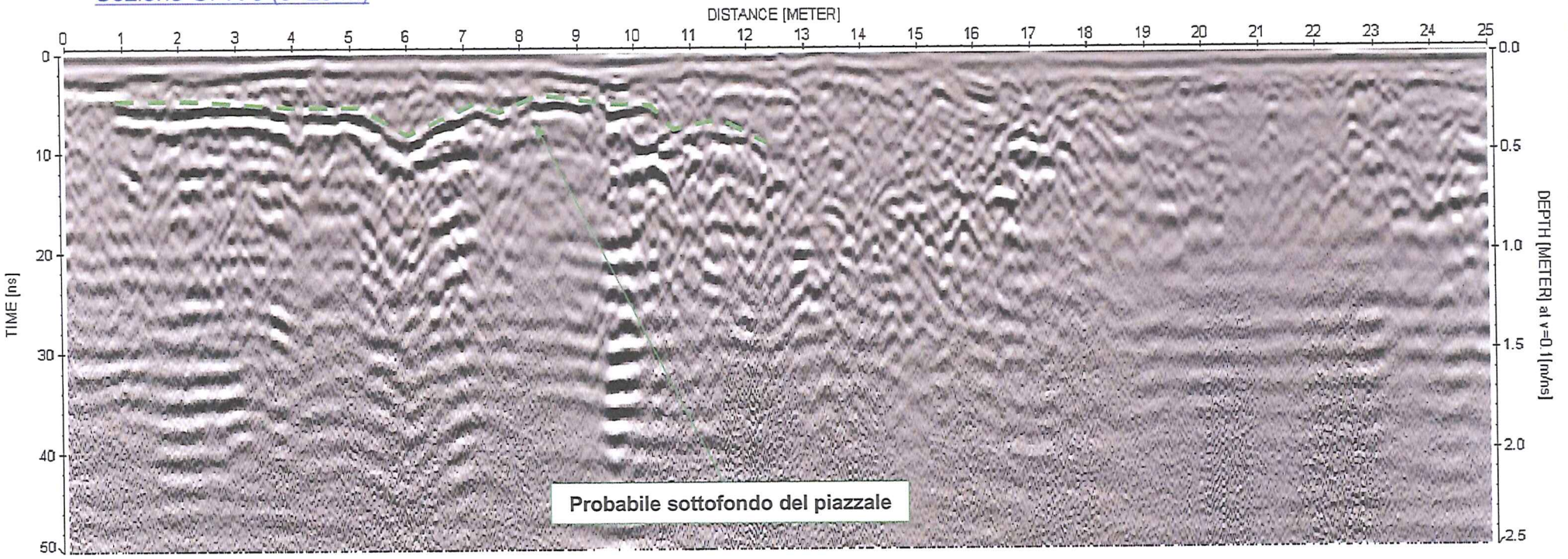


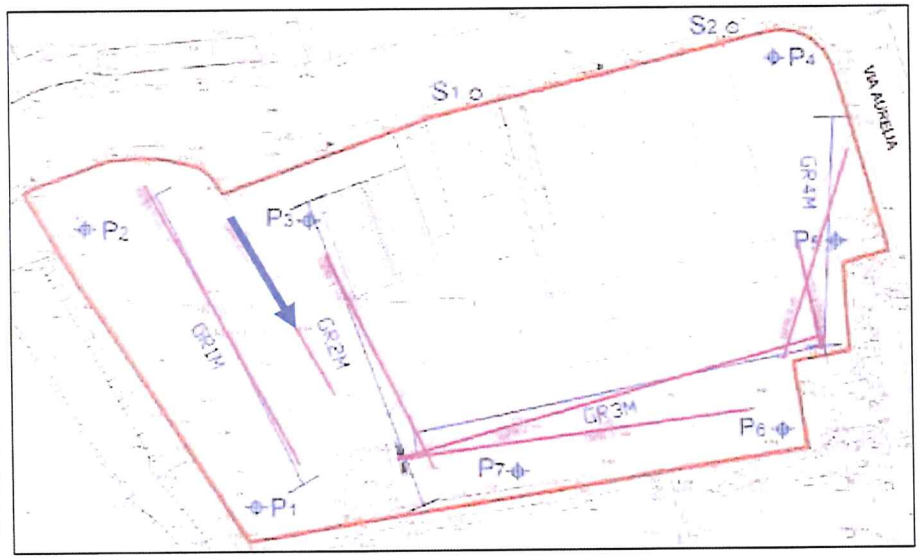
Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente		
Committente:	Somiter S.r.l.	
Progetto:	Indagine georadar	
Sito:	Area Multipolis - Vado Ligure	
Data:	Maggio 2011	Figura:
Relazione:	1757/11	13

Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2) - Via alla Costa, Vado Ligure (SV)

Indagine georadar - Radargrammi

Sezione GPR 6 (0÷25 m)



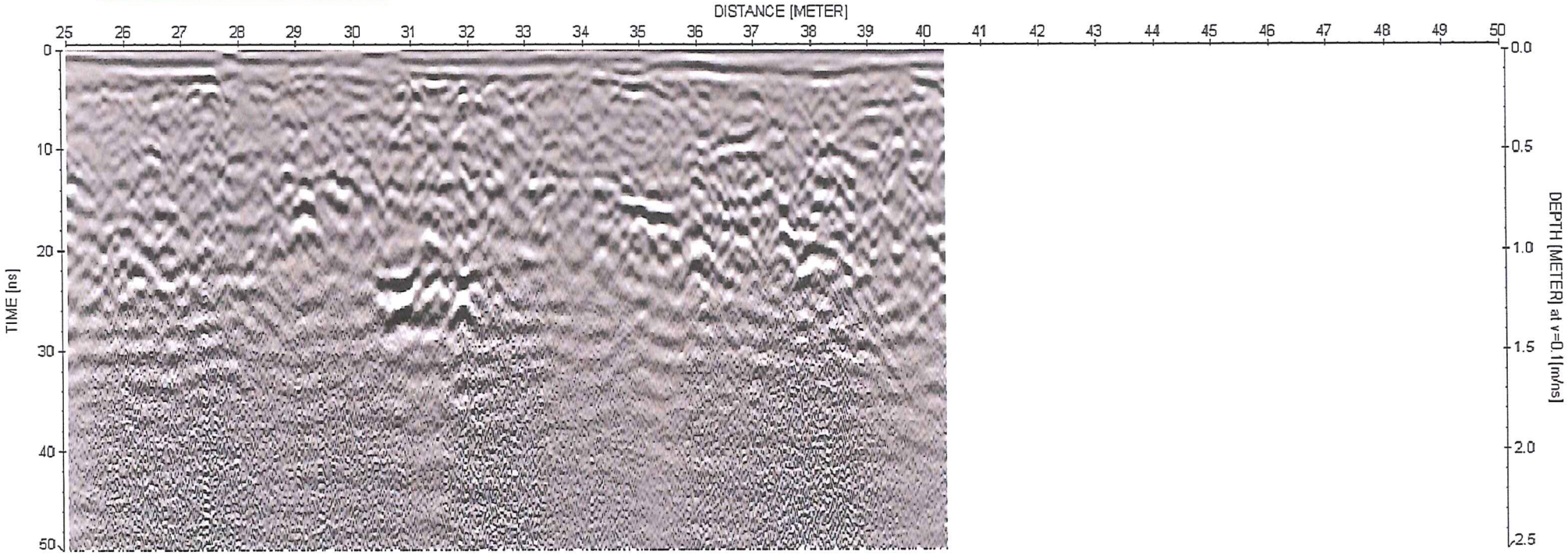


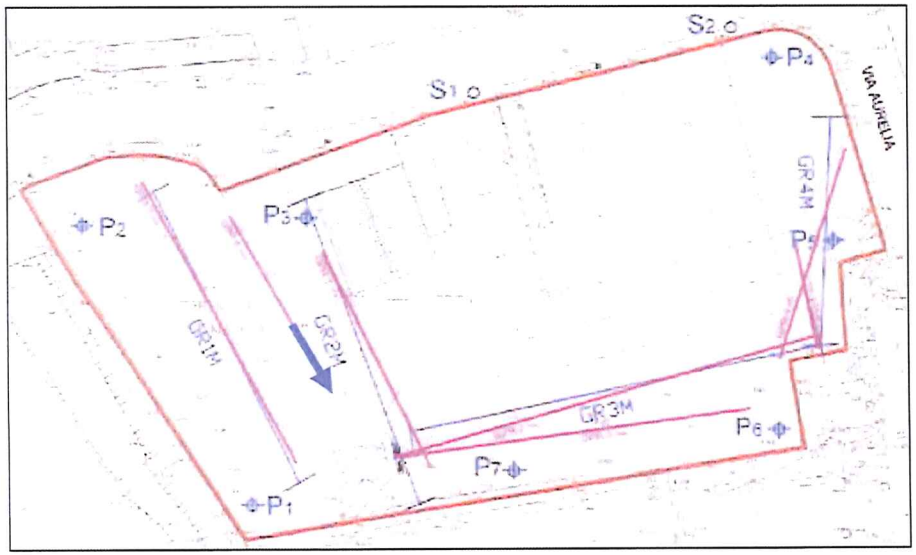
Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente		
Committente:	Somiter S.r.l.	
Progetto:	Indagine georadar	
Sito:	Area Multipolis - Vado Ligure	
Data:	Maggio 2011	Figura:
Relazione:	1757/11	14

Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2) - Via alla Costa, Vado Ligure (SV)

Indagine georadar - Radargrammi

Sezione GPR 6 (25÷40 m)



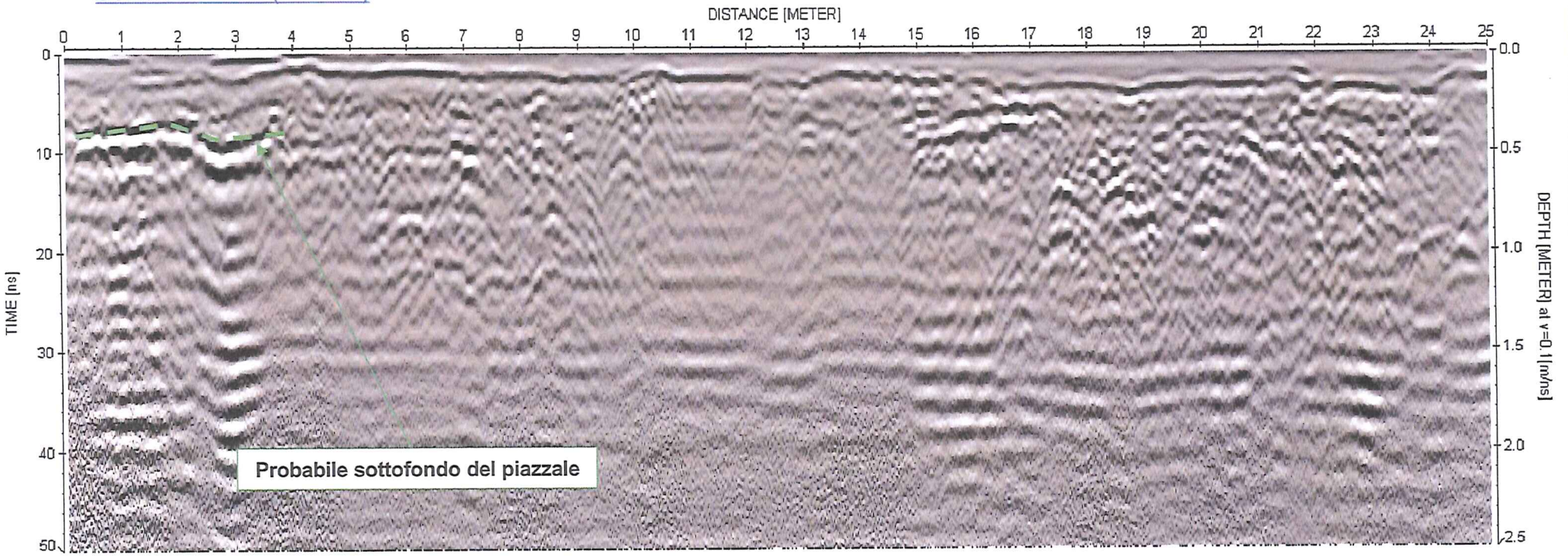


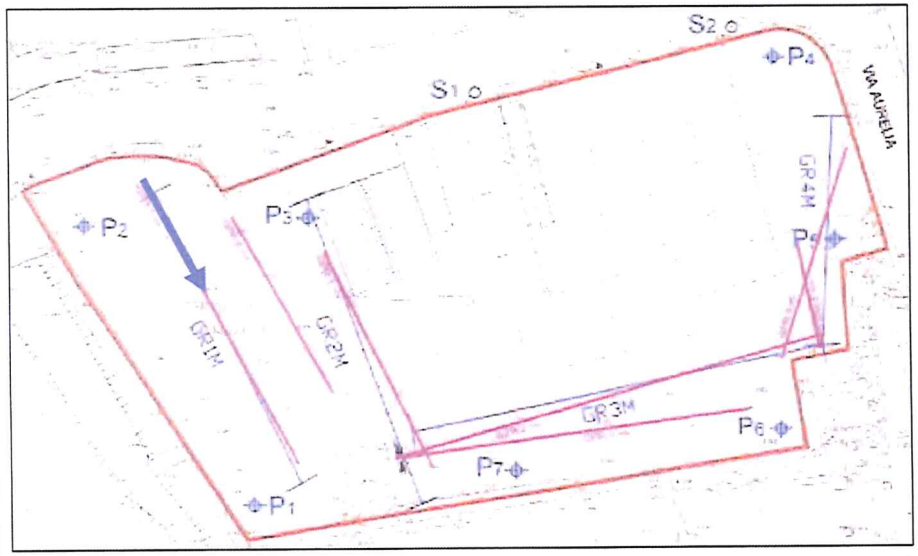
Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente		
Committente:	Somiter S.r.l.	
Progetto:	Indagine georadar	
Sito:	Area Multipolis - Vado Ligure	
Data:	Maggio 2011	Figura:
Relazione:	1757/11	15

Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2) - Via alla Costa, Vado Ligure (SV)

Indagine georadar - Radargrammi

Sezione GPR 7 (0÷25 m)



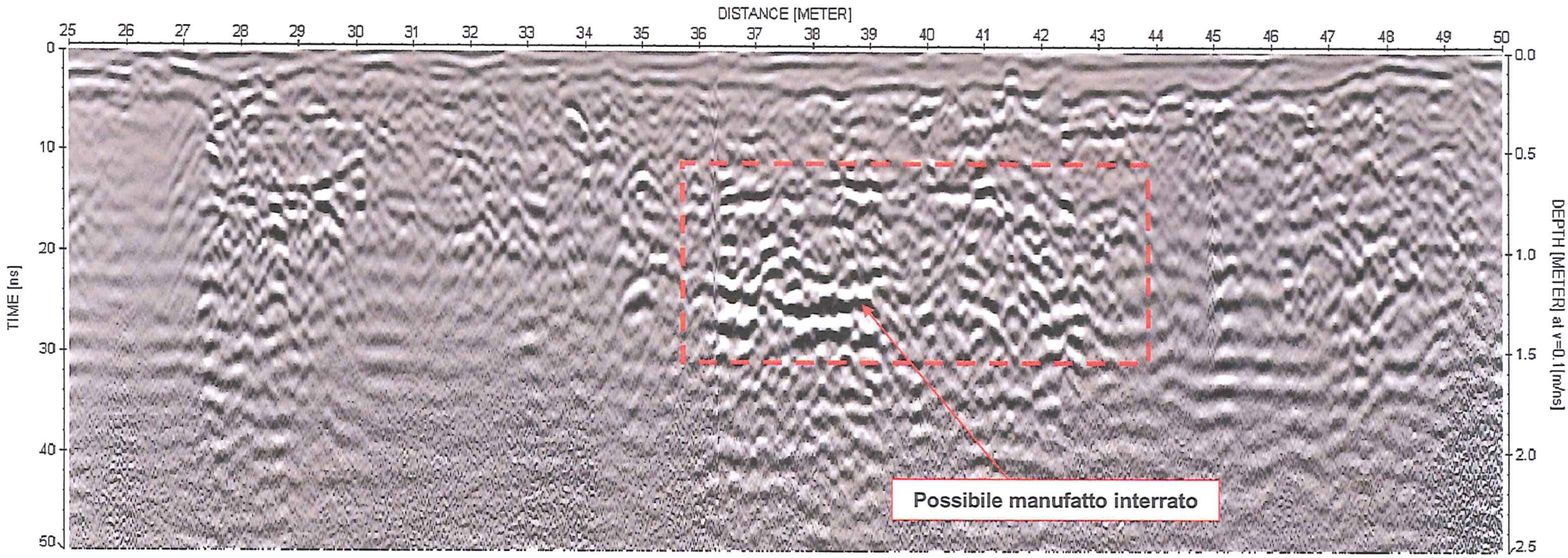


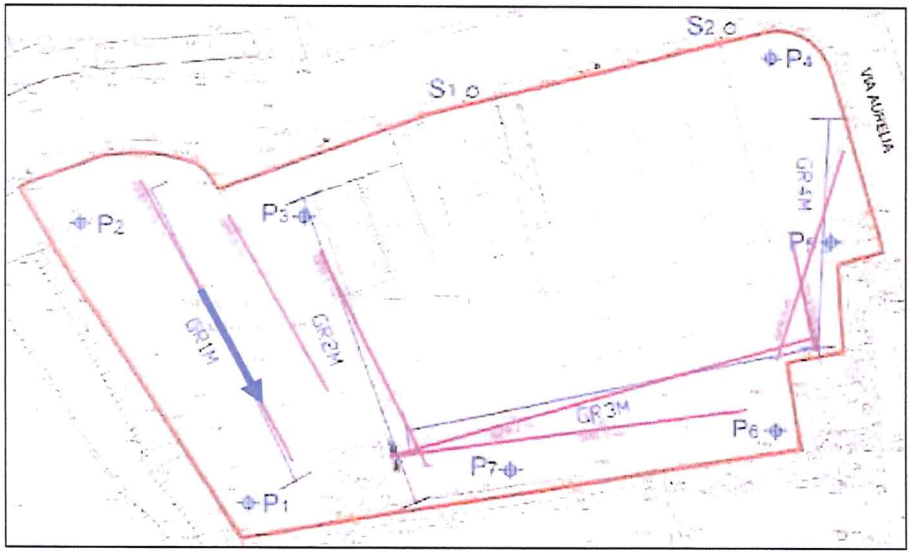
Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente		
Committente:	Somiter S.r.l.	
Progetto:	Indagine georadar	
Sito:	Area Multipolis - Vado Ligure	
Data:	Maggio 2011	Figura:
Relazione:	1757/11	16

Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2) - Via alla Costa, Vado Ligure (SV)

Indagine georadar - Radargrammi

Sezione GPR 7 (25÷50 m)



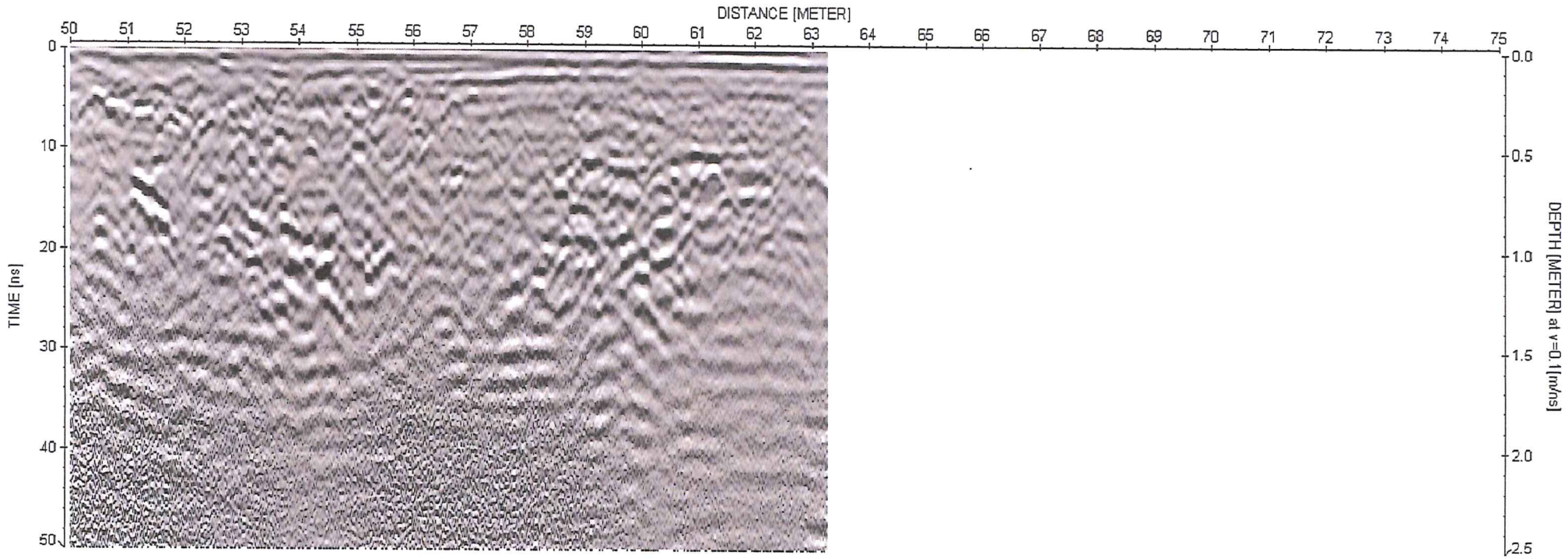


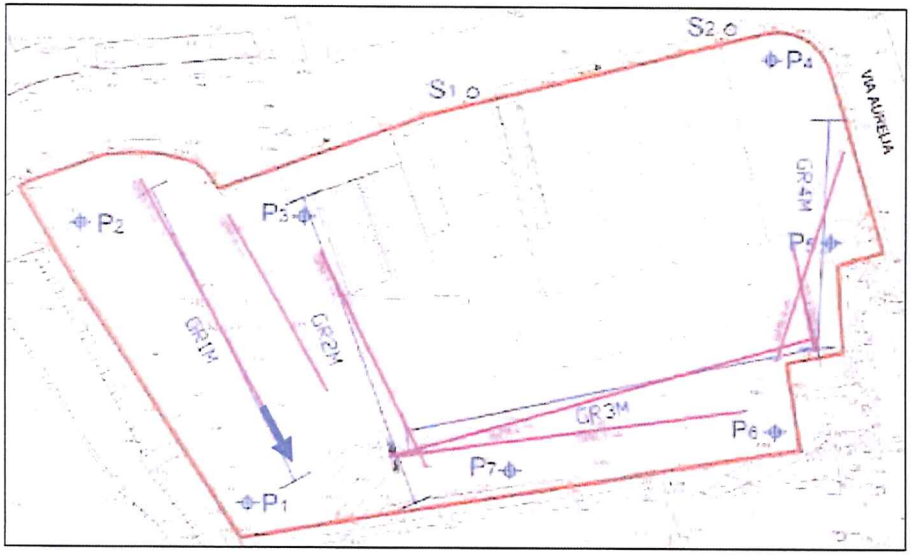
Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente		
Committente:	Somiter S.r.l.	
Progetto:	Indagine georadar	
Sito:	Area Multipolis - Vado Ligure	
Data:	Maggio 2011	Figura:
Relazione:	1757/11	17

Area Multipolis S.r.l. (Zona S16 - sottozona 2) - Via alla Costa, Vado Ligure (SV)

Indagine georadar - Radargrammi

Sezione GPR 7 (50÷63 m)

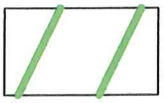




Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente		
Committente:	Somiter S.r.l.	
Progetto:	Indagine georadar	
Sito:	Area Multipolis - Vado Ligure	
Data:	Maggio 2011	Figura:
Relazione:	1757/11	18

Allegato 9
Carta di analisi

Area Multipolis S.r.l.
Zona S16 - sottozona 2
Scala 1:1000



- *presenza di **m**ateriale di riporto eterometrico in matrice sabbioso-ghiaiosa, con spessori variabili da 1,50- 2,60, mediamente, fino ad un massimo marginalmente all'area di 4,60 m (S1) localmente rimaneggiati da scorie ferrose e laterizi, in copertura su depositi alluvionali generalmente fini, localmente con passate torbose, ad indicare un ambiente fluviale deltizio ed anche paludoso della foce del T.Segno, in cui le variazioni del livello marino di base durante il quaternario hanno favorito alternanze con livelli ghiaiosi e di spiaggia fino alla profondità del substrato alterato della formazione di Murialdo (scisti filladici e micascisti) , presente localmente attorno ai 30 m dal p.c.*
- *appartenenza dell'area alla fascia C "inondabile al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T = 500 anni ",a cui rispondono i criteri di intervento indicati nella relazione idraulica dell'Ing. Di Salvo allegata alla documentazione dello S.U.A.;*

P1



Sondaggi attrezzati con piezometro

S1



Sondaggi da ritombare



Principali direzioni di deflusso della falda (da carta delle isopieze)

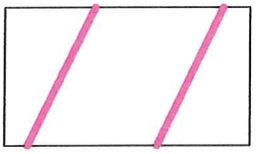

S1
S2
P1
P2
P3
P4
P5
P6
P7
C
D
VIA AURELIA

Allegato 10
Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

Area Multipolis S.r.l.

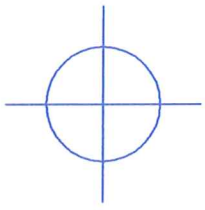
Zona S16 - sottozona 2

Scala 1:1000



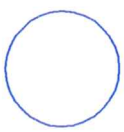
Zona stabile suscettibile di limitate amplificazioni per effetto della situazione litostratigrafica locale, in quanto caratterizzata dalla presenza di coltri alluvionali a composizione limoso-sabbiosa e/o sabbiosa-ghiaiosa nella media moderatamente addensate, con Vs30 attorno a 380 m/s, in copertura sul substrato scistoso filladico, (bedrock sismico) con velocità delle onde di taglio Vs > 800 m/s, presente localmente alla profondità di 30 m circa dal p.c..

P1

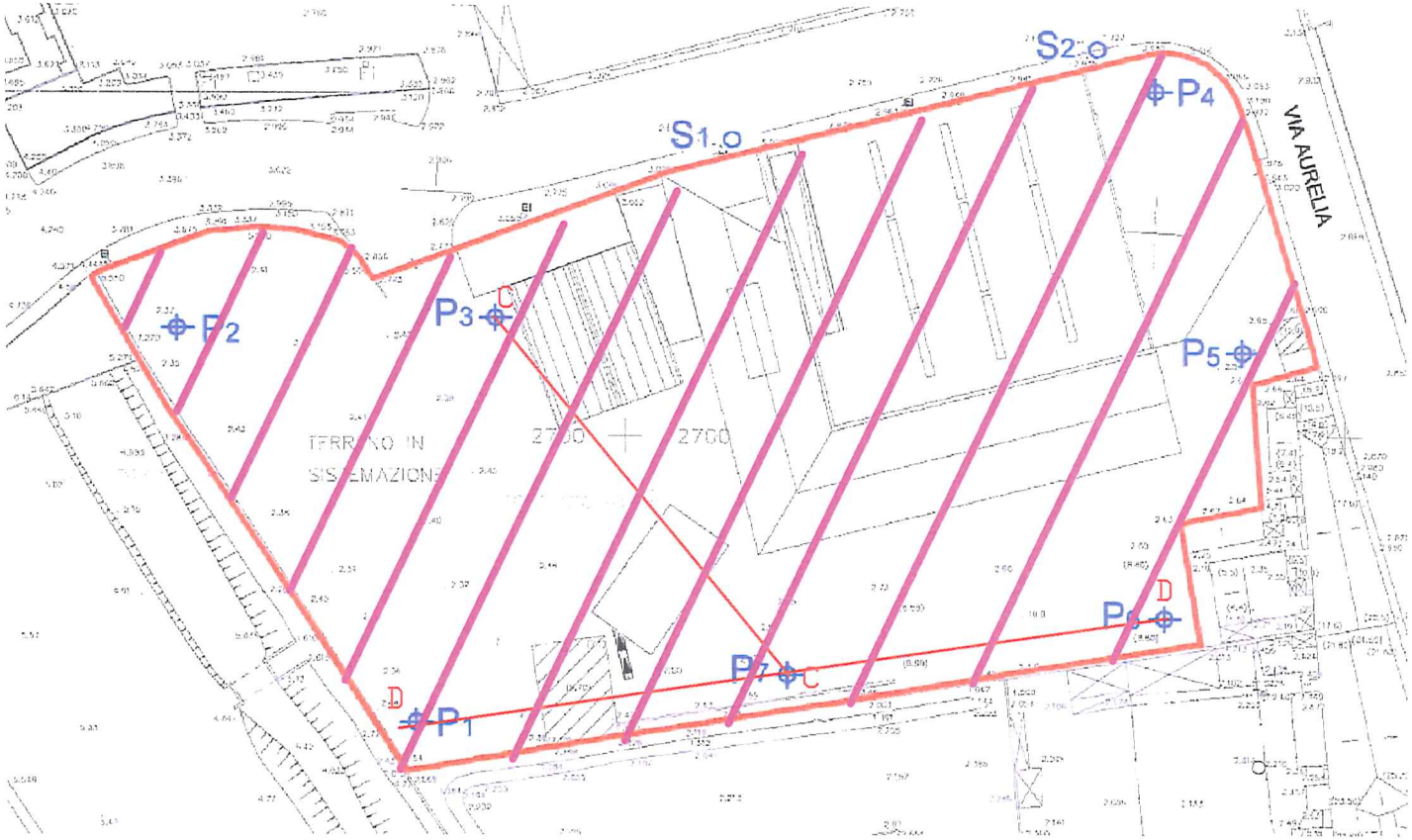


Sondaggi attrezzati con piezometro

S1

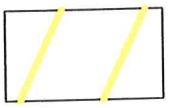


Sondaggi da ritombare


S2
S1
P4
P3
P2
P5
P6
P7
P1
C
D
VIA AURELIA
TERRENO IN
SISTEMAZIONE
2700
2700

Allegato 11
Carta di sintesi

Area Multipolis S.r.l.
Zona S16 - sottozona 2
Scala 1:1000



Zona omogenea caratterizzata da presenza di materiale di riporto eterometrico in matrice sabbioso-ghiaiosa, con spessori da 1,50 a 2,60, mediamente, localmente rimaneggiati da scorie ferrose e laterizi, in copertura su depositi alluvionali fini, localmente con passate torbose di ambiente fluviale deltizio ed anche paludoso della foce del T.Segno, in alternanze verticali ed orizzontali con livelli ghiaiosi e di spiaggia fino alla profondità del substrato alterato della formazione di Murialdo (scisti filladici e micascisti) , presente localmente a 30 m circa dal p.c.
Inondabilità - appartenenza dell'area alla fascia C "inondabile al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T = 500 anni ",a cui rispondono i criteri di intervento indicati nella relazione idraulica dell'Ing. Di Salvo allegata alla documentazione dello S.U.A.;
Livelli di falda- variabili da -2,20 a -1,80 m dal p.c.da Ovest verso Est ;
Categoria di sottosuolo che più si assimila : E ai sensi punto 3.2.2 Tab 3.2.II NTC 14.01.08: E - Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m posti sul substrato di riferimento con VS > 800 m/s..
Fattibilità - l'integrazione dei sondaggi già effettuati mediante nuovi sondaggi geognostici nell'area interessata dagli interventi residenziali (con installazione di piezometri nei fori di sondaggio) con finalità di verificare definitivamente lo stato di addensamento ed i parametri geotecnici delle coltri di copertura e le condizioni idrogeologiche dell'area , conclusi da relazione geologico-tecnica sulle indagini ex NTC 14.01.08 e Norme Piano di Bacino ex D.L. 180/98 - Ambito 14.
Tipologia fondazionale - Tipologie di fondazione differenziate con pali di grosso diametro in corrispondenza delle strutture portanti degli edifici a maggior carico sul terreno, insistenti sui livelli , individuati dai sondaggi (§ 3.1.,) di caratteristiche geotecniche omogenee, da confermare con le nuove indagini, e fondazioni dirette a platea in corrispondenza delle zone di minor carico, anche in funzione delle possibili limitate amplificazioni di cui alla carta delle MOPS
Sistemazioni idrogeologiche/idrauliche - Intercapedini atte all'isolamento delle parti interrate e sistemi di pompaggio, oltre a quanto indicato nella relazione idraulica dell'Ing. Di Salvo allegata allo S.U.A

P1

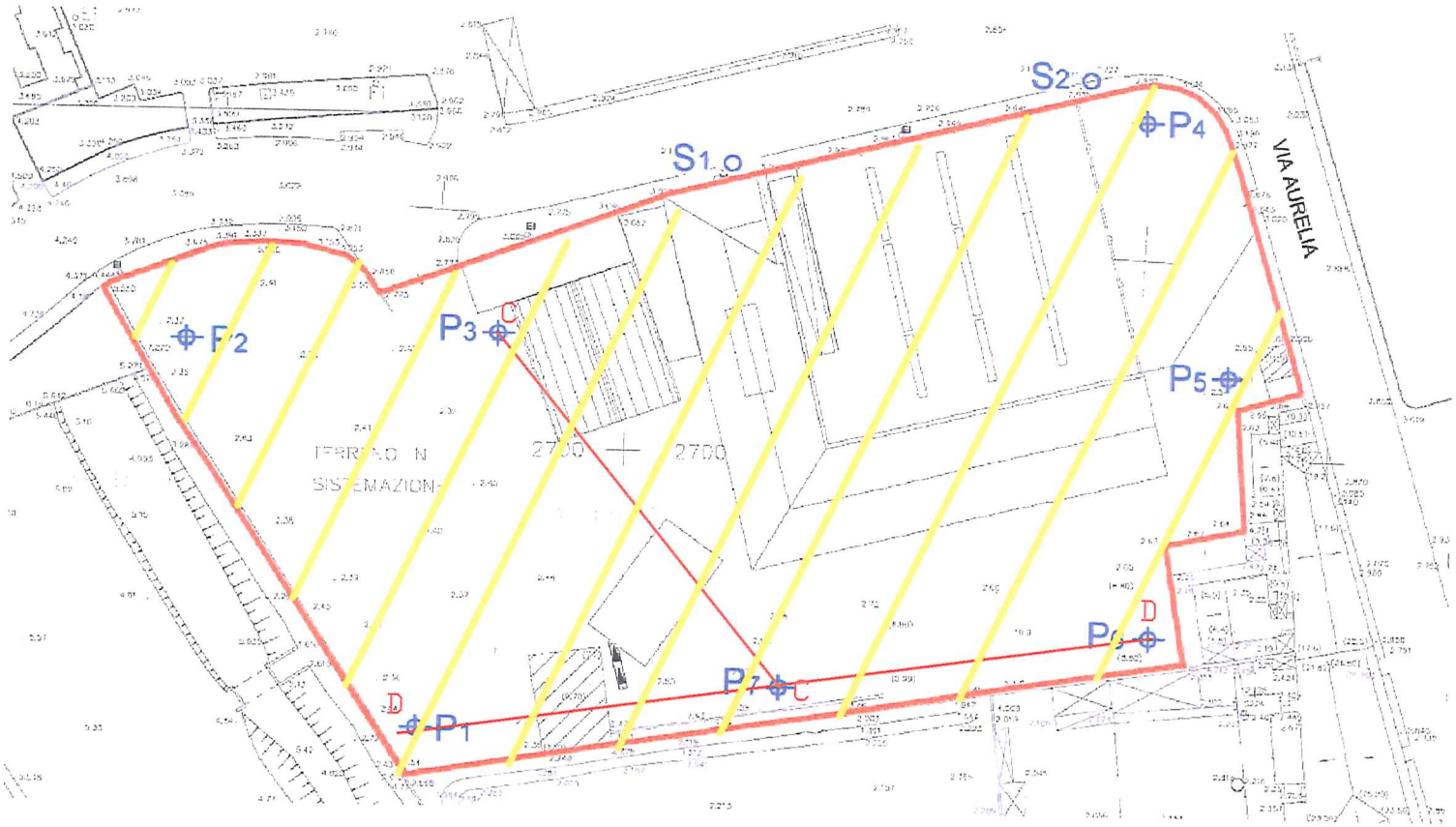


Sondaggi attrezzati con piezometro

S1



Sondaggi da ritombare


S1
S2
P1
P2
P3
P4
P5
P6
P7
C
D
VIA AURELIA
TERRENO N
SISTEMAZIONE
2700
2700