

PROGETTO URBANISTICO OPERATIVO
DISTRETTO N°20 - FIERA KENNEDY - SETTORE 2
Comune di Genova

Relazione geologica di compatibilità e verifiche di invarianza idraulica

Elaborato

All.2

Data

15 novembre 2019

Revisione

REV01

Planner

STARCHING 

Sede legale: via Aurelio Saffi, 11 – 20123 MILANO

Sede amministrativa e operativa: Ripa di Porta Ticinese, 75 – 20143 Milano

Tel. (02)87.28.30.00 e-mail : mailbox@starching. it

Sede operativa: Via Cristoforo Colombo 456, 00145 - Roma

Tel. (06)57.287.146 - e-mail : mailbox @starching. it

Cap. Soc. € 99.000,00 i.v. Registro imprese, C.F. e P.IVA 12749180159 R.E.A. 1582584



**Comune di Genova
Città Metropolitana di Genova**

RELAZIONE GEOLOGICO-SISMICA

(ai sensi del D.M. 17/01/2018)

a corredo del

PROGETTO URBANISTICO OPERATIVO (P.U.O.)

Distretto n° 20 - "Fiera Kennedy"

Settore 2 - **COMUNE DI GENOVA (GE)**

Sestri Levante, 15 Novembre 2019

Dott. Geol. Giovanni Debellis
Iscr. Albo Geologi prov. Genova n. 592

1. <u>PREMESSE ED IDENTIFICAZIONE DEL PROGETTO URBANISTICO OPERATIVO</u>	3
1.1 LE PREVISIONI DEL PROGETTO URBANISTICO OPERATIVO	3
1.2 LA CAPACITÀ INSEDIATIVA	4
2. <u>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</u>	5
3. <u>VINCOLI DI CARATTERE GEOLOGICO E SISMICO - VERIFICA DI COMPATIBILITÀ</u>	6
3.1 RAPPORTI CON IL PIANO DI BACINO (AMBITO 14 E TORRENTE BISAGNO).	6
3.2 ZONIZZAZIONE GEOLOGICA DEL TERRITORIO (P.U.C. DEL COMUNE DI GENOVA) E RAPPORTI CON GLI ASPETTI INERENTI LA MICROZONAZIONE SISMICA.	11
3.2.1 – SUSCETTIVITÀ D'USO DEL TERRITORIO	11
3.2.2 – MICROZONAZIONE SISMICA	12
4. <u>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</u>	13
5. <u>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</u>	15
6. <u>INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO</u>	15
7. <u>CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE</u>	18
8. <u>MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA EX FIERA</u>	20
8.1 <u>INDAGINI GEOLOGICHE PREGRESSE E CARATTERISTICHE STRATIGRAFICO-SEDIMENTOLOGICHE DEI TERRENI</u>	20
8.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI PRESENTI ALL'INTERNO DEL COMPARTO DEL P.U.O. DEL WATERFRONT DI LEVANTE	22
8.2.1 STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.)	24
8.2.2 PROVE DI PERMEABILITÀ LEFRANC	27
8.2.3 ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO	27
8.2.4 MISURE PIEZOMETRICHE	29
9. <u>MODELLO GEOTECNICO</u>	29
9.1 CARATTERIZZAZIONE AMMASSO ROCCIOSO	31
10. <u>PROSPEZIONI SISMICHE</u>	33
10.1 INDAGINI PREGRESSE	33
10.2 CAMPAGNA DI INDAGINI SISMICHE PRESSO L'AMBITO DEL PALASPORT (OTTOBRE 2019)	34
10.2.1 ULTRA-SHALLOW SEISMIC REFLECTION	34

11. PERICOLOSITA' SISMICA	52
1.1 CARATTERISTICHE SISMICHE LOCALI	54
1.2 CONSIDERAZIONI RELATIVE AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI	56
12. MICROZONAZIONE SISMICA	57
12.1 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA	57
12.2 CARTA DI ANALISI	59
12.3 CARTA DI SINTESI	59
13. ANALISI CHIMICHE E CONFRONTO CON CSC	60
13.1 ANALISI SU TERRENO	61
13.2 ANALISI SU ACQUE SOTTERRANEE - TEST DI CESSIONE	61
13.3 ANALISI SU ACQUE SOTTERRANEE LIBERE IN PIEZOMETRO	62
14. ANALISI DEL RAPPORTO DI PERMEABILITA'	62
15. NORME DI ATTUAZIONE E CONCLUSIONI	66
15.1 PRESCRIZIONI GEOGNOSTICHE	69
15.2 PRESCRIZIONI DI INTERVENTO	70

ELENCO ALLEGATI

Tavola 1 - Carta di Microzonazione Sismica, scala 1:3000.

Tavola 2 - Carta di Analisi, scala 1:3000.

Tavola 3 - Carta di Sintesi, scala 1:2500.

Tavola 4 - Suddivisione delle superfici - stato attuale, scala 1:2500.

Tavola 5 - Suddivisione delle superfici - proposta di P.U.O., scala 1:2500.

Tavola 6 - Corografia con indicazione delle tracce delle sezioni geologiche interpretative e prove geognostiche svolte, scala 1:3000.

Tavola 7-8 - Sezioni geologiche interpretative, scala 1:400.

Allegato 1 - Stralcio delle indagini geognostiche - Campagna 2018 (Comune di Genova).

1. PREMESSE ED IDENTIFICAZIONE DEL PROGETTO URBANISTICO OPERATIVO

1.1 Le previsioni del Progetto Urbanistico Operativo

La proposta di PUO si propone prima di tutto di ridefinire, per quanto ammissibile nella flessibilità dell'art. 53 comma 1 della L.R. 36/1997, alcuni elementi indicati dalla scheda di congruenza del Distretto DT20 nel PUC, allo scopo di migliorare la fattibilità del PUO e la sua rispondenza agli obiettivi fissati, sia dalla stessa scheda, sia dello sviluppo della visione dello schema Blueprint attraverso progetti di opere pubbliche dell'Amministrazione Comunale, in particolare il nuovo canale navigabile per la nautica da Diporto e la sistemazione della viabilità sottostante il primo tratto della sopraelevata Aldo Moro come accesso al nuovo comparto urbano a breve e medio termine, dal momento che la completa sostituzione della strada sopraelevata con un tunnel subportuale, scenario dello stesso schema Blueprint, non è per ora nella programmazione dell'Amministrazione.

Nello stesso tempo, questa ridefinizione è necessaria anche rispetto all'origine della proposta di PUO del bando Waterfront di Levante e all'articolazione degli interventi previsti, con attori e tempi di attuazione diversi, nonché alla presenza di immobili non interessati da questa proposta all'interno del Distretto.

Questi elementi di flessibilità applicati rispetto alla configurazione del Distretto e del Comparto sono nello specifico:

Ai sensi dell'art. 53 comma 1 lett. A L.R. 39/1997, come rappresentato nella tavola C01:

- limitate rettifiche alla perimetrazione del confine del Distretto sul lato nord per includere alcune aree di proprietà pubblica utili alla riprogettazione di via dei pescatori;
- rettifiche al confine orientale tra il comparto 2 oggetto della proposta e il comparto 3 di Piazza Kennedy necessarie al raccordo della viabilità di accesso al nuovo insediamento, ma anche per dare continuità ai percorsi ciclopedonali lungo il litorale come previsto sia dalle strategie del PUC che del Blueprint;
- rettifica del confine sud del comparto 2 per includere l'immobile dismesso dell'Università oggi nel comparto 5 e consentire la riqualificazione dell'area senza incremento della capacità insediativa del comparto, come contemplato dalla stessa scheda DT20 del PUC vigente;
- articolazione del PUO in sub comparti, in particolare alcuni oggetto di opere pubbliche con procedure di attuazione autonome (sub comparto 2.8 canale navigabile) o non oggetto di interventi previsti dal PUO, come la ex batteria Stella (su comparto 2.7) oggi in uso al demanio militare;

Anche i sub comparti di intervento sono articolati (tav. C02 e seguenti) secondo le modalità di realizzazione e gli attori coinvolti (le destinazioni sono indicative):

- Sub comparto 2.0, prima fase della viabilità pubblica, e parcheggi collegati, inserita nella programmazione delle opere pubbliche e coordinata con l'attuazione del Sub comparto 2.1;
- Sub comparto 2.1, ristrutturazione con ampliamento del palasport oggi inagibile come impianto sportivo convenzionato integrato da un distretto commerciale tematico;

- Sub comparto 2.2, ristrutturazione urbanistica del padiglione C ed edifici minori correlati, con nuove costruzioni miste residenziali – terziario lungo la banchina nord del nuovo canale navigabile;
- Sub comparti 2.3, 2.4 e 2.5, ristrutturazione urbanistica con nuovi edifici a costituire, sulle aree ex Nira a est, ed ex università a ovest del padiglione Nouvel, un'isola circondata dal canale e dalle sue banchine d'attracco, con un mix di funzioni commerciali, terziarie e ricettive, eventualmente integrate da spazi per gli spettacoli e i convegni come servizio convenzionato.
- Sub comparto 2.6 seconda fase della viabilità pubblica, con raccordo al ponte carrabile di accesso alla nuova isola, collegamento litoraneo al cantiere e alla batteria Stella, nonché riqualificazione degli spazi sotto la sopraelevata e delle mura storiche, attualmente programmata con finanziamenti specifici del Ministero dei Beni Culturali.

1.2 La capacità insediativa

La proposta di PUO conferma la capacità insediativa esistente come indicato dalla scheda di congruenza del PUC (cfr. paragrafi precedenti) pari a 84.300 mq di Superficie Agibile, come risultante da attività ricognitiva effettuata dalla società a capitale pubblico SPIM proprietaria degli immobili preliminarmente alla pubblicazione del bando Waterfront di Levante, come esposto all'art. 3 del disciplinare allegato al bando per manifestazione di interesse approvato con D.G.C. 25 del 10.4.2018.

Tale capacità insediativa è ripartita dal PUO tra i sub-comparti da 2.1 a 2.5 secondo due livelli di cogenza; uno cogente, in quanto coerente con la differente qualità tipologica e funzionale dei Sub Comparti:

- da una parte il palasport nel Sub Comparto 2.1, idoneo ad ospitare servizi sportivi e commerciali, e come tale già oggetto di un preliminare di acquisto tra la proprietà pubblica (SPIM) e la proponente di questo PUO.
- dall'altra, le possibilità di valorizzazione meno specifiche e in corso di definizione per gli altri sub comparti da 2.2 a 2.5, e anche con meno condizionamenti tipologici in quanto di nuova costruzione, che rendono opportuno non ripartire rigidamente la capacità insediativa tra loro.

La ripartizione indicata dal PUC tra le funzioni primarie (Residenza, Terziario, Ricettivo e servizi privati) e complementari (commerciale e connettivo urbano) è spostata nella proposta di PUO dalle prime, ridotte dal 70% al 67% a favore delle seconde incrementate dal 30% al 33%, pari a una flessibilità del 10% ai sensi dell'art. 53 c.1 della L.R. 36/1997, volendo costituire un Distretto Tematico commerciale e ricreativo di livello sovralocale nel Sub Comparto 1, e mantenere comunque quote di commercio affacciate sulle banchine nautiche negli altri.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Lo studio geologico di seguito articolato, a corredo del Progetto Urbanistico Operativo, è stato redatto in conformità alle seguenti normative:

- Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018 e circolare applicativa del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n° 7/2019.
- DGR n. 216 del 17 marzo 2017 - Classificazione sismica regionale 2017 “Approvazione della nuova classificazione sismica della Regione Liguria”.
- O.P.C.M. 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”.
- Circolare Regionale n° 4551 del 12 dicembre 1989 dei Servizi Regionali Strumenti Urbanistici e Difesa del Suolo.
- Piano di Bacino Stralcio Ambito 14, approvato con DCP n.66 del 12/12/2002, come modificato dal DDG n. 5356 del 16/09/2019 in vigore dal 02/10/2019.
- Piano di Bacino Stralcio del Torrente Bisagno, approvato con DCP n.62 del 04/12/2001, come modificato dal DDG n. 3477 del 24/12/2018 entrata in vigore il 09/01/2019.
- P.U.C. del Comune di Genova, il cui procedimento di approvazione si è concluso con D.D. 2015/118.0.0./18 ed entrato in vigore il 03.12.2015, e relativo aggiornamento adottato con DCC-2018-82 del 18/12/2018. Si è fatto riferimento in particolare alle Norme Geologiche di Attuazione contenute nel P.U.C, che prevedono per il comparto studiato una microzonazione sismica di 2° livello.
- Delibera di Giunta n. 714/2011. 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.
- L.R. 4 settembre 1997 n°36.
- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 - Norme in materia ambientale e successive modifiche ed integrazioni.

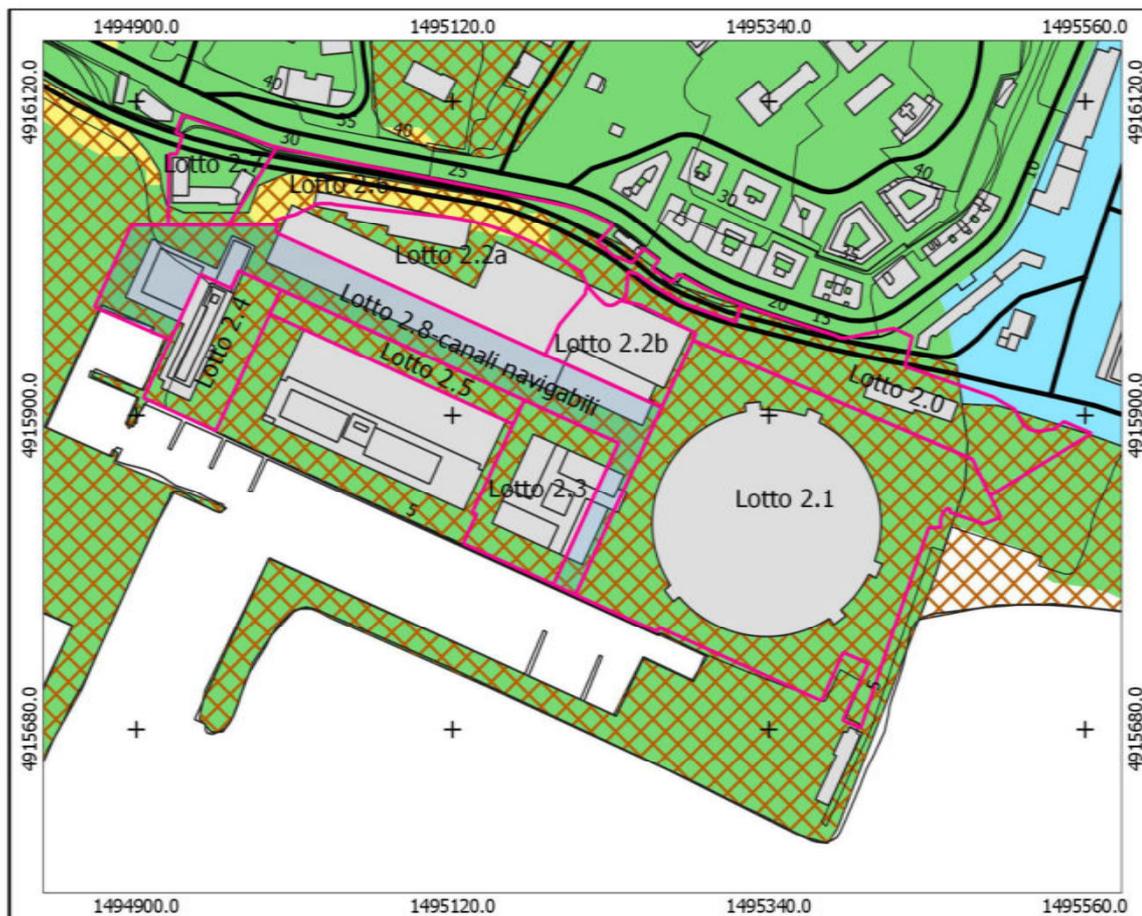
3. VINCOLI DI CARATTERE GEOLOGICO E SISMICO - Verifica di compatibilità

3.1 Rapporti con il Piano di bacino (Ambito 14 e Torrente Bisagno).

In materia di pianificazione di bacino, il perimetro dell'ambito di P.U.O. in oggetto risulta normato all'interno del Piano di Bacino stralcio dell'Ambito 14; per quanto concerne, invece, gli scenari di pericolosità idraulica e di rischio idraulico associato, il riferimento risulta essere il Piano di Bacino stralcio del Torrente Bisagno.

La disamina delle diverse classificazioni rappresentate all'interno dei piani sopra citati permette di evincere i seguenti scenari:

- Suscettività al Dissesto - La quasi totalità dell'ambito di P.U.O. presenta una **suscettività al dissesto bassa (Pg1)**, mentre una ridotta porzione dell'estremo settore nord-occidentale rientra nella classe di **suscettività al dissesto media (Pg2)**; l'intero comparto, in ultimo, insiste in **classe speciale B2** (*discariche dismesse e riporti antropici, art. 16bis c.5* – si veda Figura 1). La Norma di Attuazione prevede per questi ambiti che il riutilizzo dell'area sia subordinato alla valutazione e alla verifica preventiva, in sede di progetto, dell'idoneità dell'area sotto il profilo geomorfologico, idrogeologico e geotecnico alla nuova destinazione d'uso prevista.

**Legenda:**

— Perimetro P.U.O. con suddivisione in lotti

Suscettività al dissesto

Pg0

Pg1

Pg2

Suscettività classi speciali

B2_discariche dismesse e riporti antropici

Figura 1. Carta della Suscettività al Dissesto con indicazione dell'area di studio (Piano di Bacino_Ambito 14. Scala 1:5.000 – Sistema di Riferimento Gauss-Boaga).

- Carta delle Fasce di Inondabilità (Piano di Bacino Stralcio T. Bisagno) – l'attuale perimetrazione delle fasce di inondabilità dell'ambito di Foce del T. Bisagno vede rientrare la gran parte del perimetro del P.U.O. all'interno della **Fascia C** (determinata da eventi idrologici aventi un **Tempo di Ritorno di 500 anni**); i distretti settentrionali e Nord-occidentali dell'ambito risultano cartografati rispettivamente all'interno degli **ambiti B0** (art. 15 c. 3bis) e, marginalmente, in aree di **Fascia A** (art. 15 c. 2) (Figura 2). Considerando le previsioni progettuali contenute nel P.U.O., è possibile verificare come le porzioni maggioritarie degli

interventi di iniziativa privata rientrano all'interno della Fascia C; solamente lo spigolo Nord-occidentale dell'autorimessa interrata a servizio del Palasport interferisce con la Fascia di tipo B0. Gli interventi di natura privata, risultano, quindi, ammissibili sotto il profilo della pericolosità idraulica, tenendo conto che gli accessi ai volumi interrati risultano posizionati esternamente alle fasce a maggior pericolosità e per i quali, in fase definitivo-esecutiva, saranno previsti idonei accorgimenti tecnici (come previsto *dall'Allegato 5 della Norma di Attuazione*).

Le aree oggetto di intervento pubblico (autorimessa localizzata a Nord del Palasport) rientrano, invece, all'interno della Fascia A. Normativamente, tale previsione non risulterebbe ammissibile. Tuttavia, il Comune di Genova ha formalmente trasmesso al settore Difesa del Suolo della Regione Liguria istanza di **Riperimetrazione Preventiva** dell'intero comparto (ai sensi del art. 15 c. 8, nota 19 delle Norme di Attuazione del Piano di Bacino, della DGR n. 894/2010, nelle modalità previste dall'art. 26 c.2 LR 15/2015), corredata da studio idraulico redatto dalla Società ITEC per conto dell' l'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale. Tale studio (Figura 3) dimostra come, a seguito del completamento ormai prossimo degli interventi di mitigazione idraulica del tratto terminale dell'ambito del Torrente Bisagno (in particolare il collaudo del canale scolmatore del Rio Fereggiano e l'ultimazione degli ultimi due stralci funzionali della copertura del T. Bisagno stesso), l'area vasta della zona Foce risulti esente da fenomeni di alluvionamento.

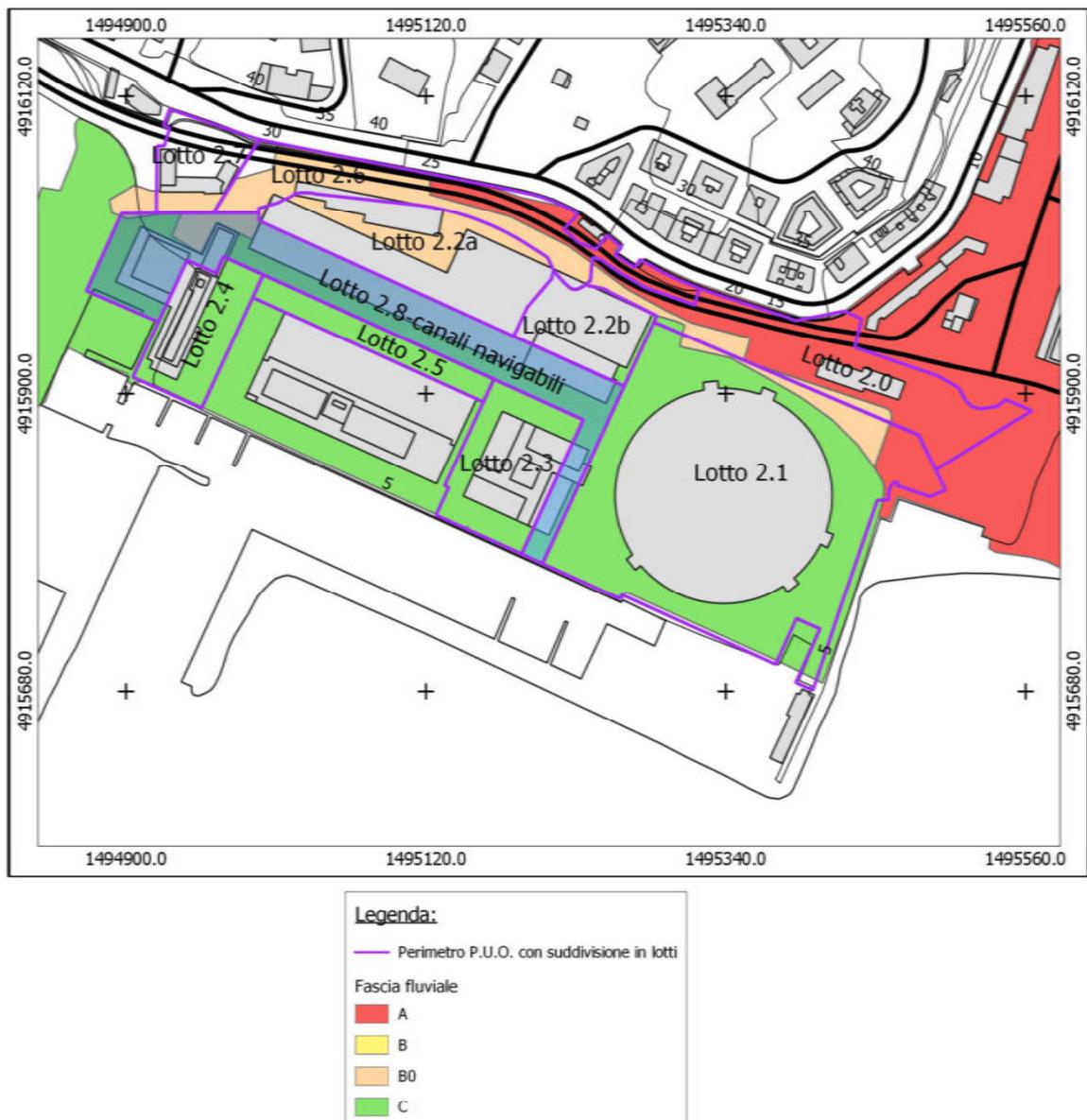


Figura 2. Carta delle Fasce di Inondabilità con indicazione dell'area in studio (Piano di Bacino_Ambito T.Bisagno - Scala 1:5.000 – Sistema di Riferimento Gauss-Boaga).

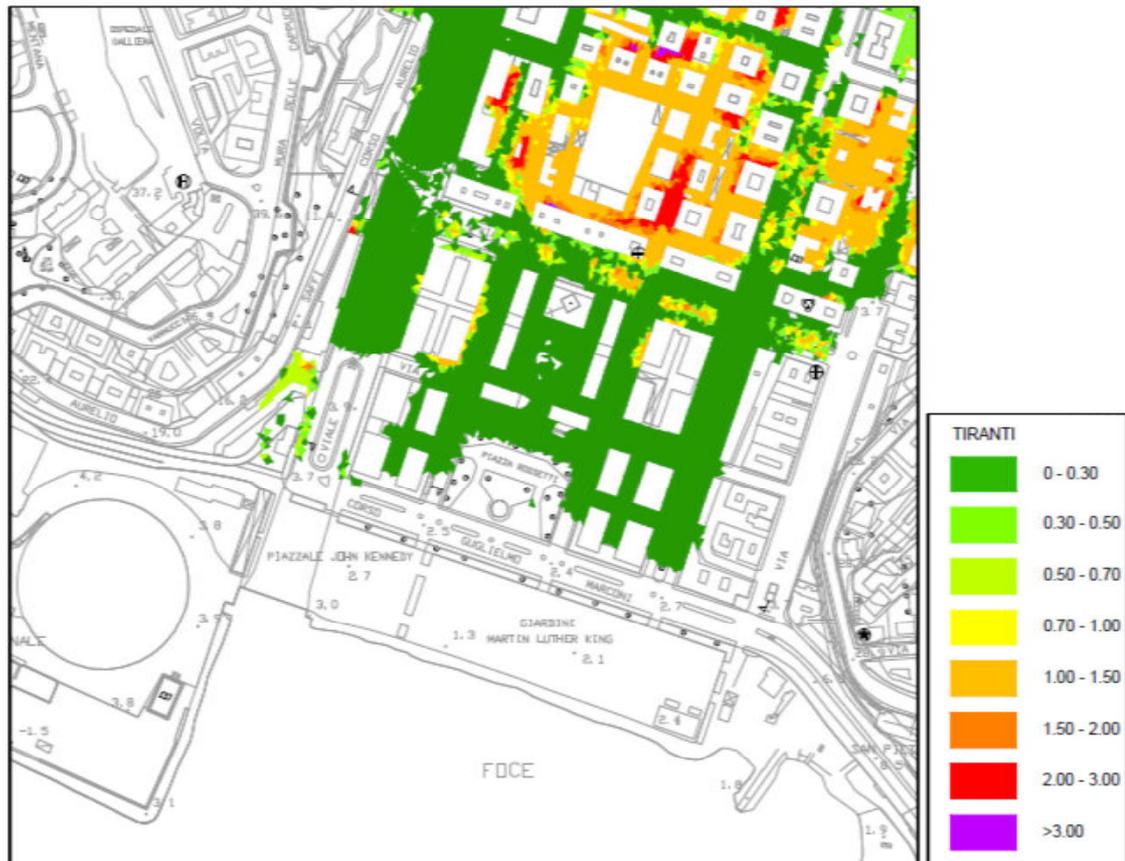


Figura 3. Mappatura dei tiranti massimi (in scala cromatica gli intervalli di altezze in cm) per un evento con $Tr = 200$ anni ottenuta impostando condizioni idrauliche maggiormente cautelative (Allegato 2° - Studio I.T.E.C.).

- Carta del Rischio Idraulico (Piano di Bacino Stralcio T. Bisagno) – questa cartografia tematica evidenzia come il comparto sia rappresentato all'interno del perimetro avente **rischio idraulico medio (R2)**; fanno eccezione le propaggini settentrionali, alle quali è associato un **rischio molto elevato (R4)**;
- Carta dei Vincoli Territoriali - l'area non risulta essere sottoposta al regime di Vincolo Idrogeologico.

3.2 Zonizzazione geologica del territorio (P.U.C. del Comune di Genova) e rapporti con gli aspetti inerenti la microzonazione sismica.

3.2.1 – Suscettività d'uso del territorio

L'area analizzata è classificata, in accordo con le normative di carattere geologico vigenti del P.U.C. del Comune di Genova, come **“Zona classe B, urbanizzata - Aree con suscettività d'uso parzialmente condizionata”** e, molto marginalmente, come **“Zona A – Aree con suscettività d'uso non condizionata”** (Figura 4): questi settori, con particolare riferimento alla classificazione più gravosa delle due sopra individuate, presentano condizionamenti eliminabili con interventi di piccola o media difficoltà ed onerosità.

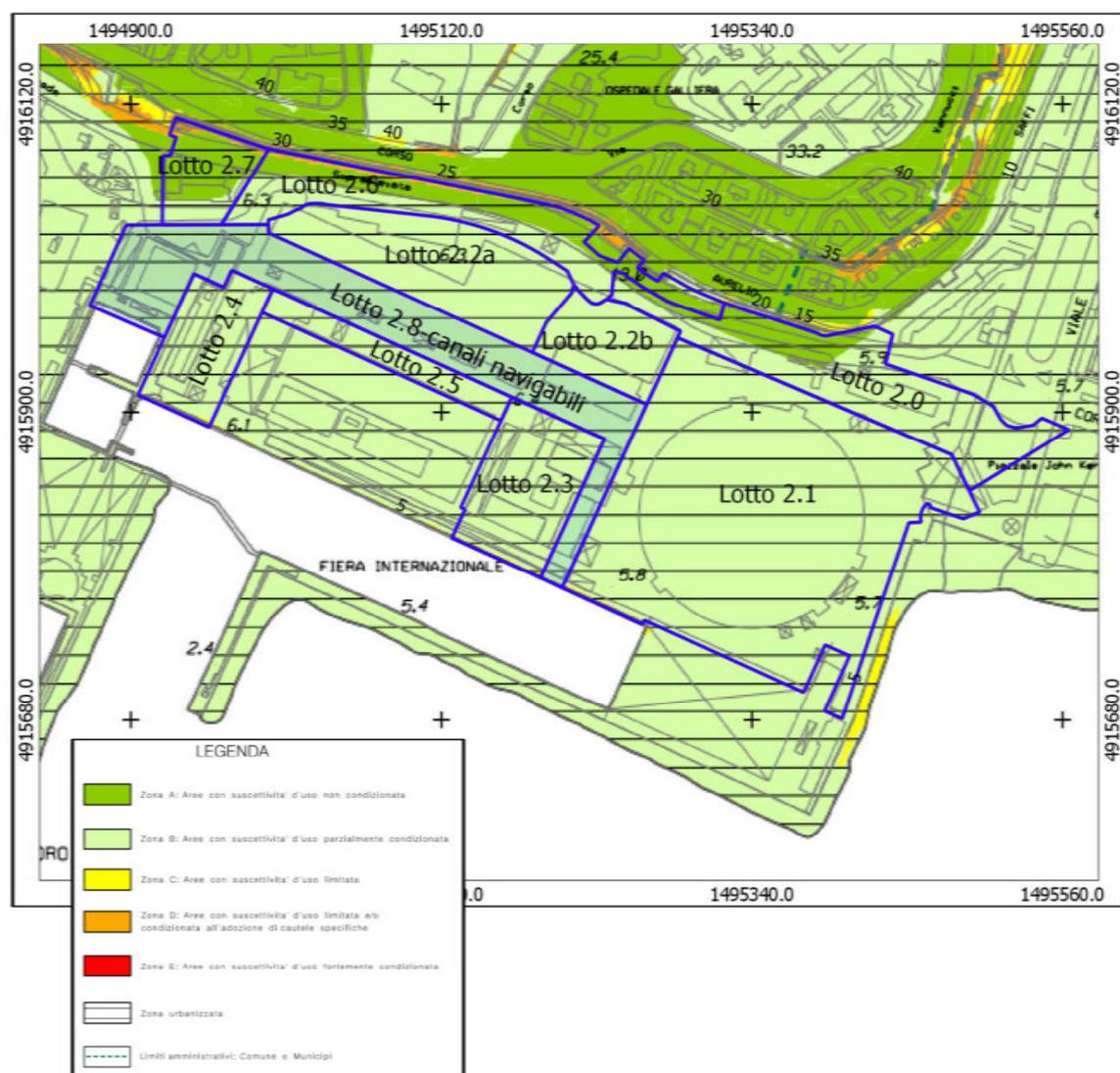


Figura 4. Stralcio cartografico relativo alla Suscettività d'Uso dell'ambito in studio (cartografia geologica a corredo del P.U.C. di Genova - Scala 1:5.000; Sistema di Riferimento Gauss-Boaga).

Le Norme Geologiche di attuazione a corredo dello strumento urbanistico non segnalano fenomeni geologici negativi in atto, ma solo possibili problemi connessi ai rapporti esistenti tra substrato roccioso e depositi alluvionali o coperture incoerenti o semicoerenti, di spiaggia, nonché difficoltà di ordine geotecnico.

Le indagini geologiche dovranno, quindi, dettagliare le caratteristiche stratigrafiche di ambito, ascrivibili, in particolare, ai rapporti di sovrapposizione dei terreni di riporto con i depositi di spiaggia e alla loro potenza rispetto al tetto del substrato roccioso del comparto. Particolare attenzione dovrà, inoltre, essere assicurata alla caratterizzazione geotecnica dei materiali sciolti.

Secondo la Carta dei Vincoli Geomorfologici e Idraulici del PUC, il comparto dell'ex Fiera non risulta sottoposto a particolari vincoli, eccetto che per il suo spigolo nord-orientale, classificato come "area inondabile – Fascia C", per la quale si rimanda alle previsioni del Piano di Bacino del T. Bisagno.

3.2.2 – Microzonazione Sismica

Per quanto riguarda la Microzonazione Sismica di Livello 1, facendo riferimento alla "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica" del PUC vigente, la maggior parte del comparto in esame è classificata come "zona stabile suscettibile di amplificazione locale – Zona B5s", caratterizzata dalla presenza di riporti aventi spessore > 3m ed acclività <15° e soggetta ad amplificazione di tipo stratigrafico.

Lo spigolo nord-orientale è invece definito "zona stabile suscettibile di amplificazione locale – Zona B7s", con sedimenti alluvionali e marini di spessore >3 m e acclività <15° (amplificazione stratigrafica).

Le porzioni settentrionali del comparto rientrano nella classificazione di "zona stabile – A2", in cui è presente substrato lapideo stratificato in condizioni di affioramento e/o subaffiorante, con $V_{s30} > 800$ m/s e acclività <15°.

Il territorio comunale di Genova ricade all'interno della Zona Sismica 3 (più correttamente associato ad una $PGA = 0,15$ g), secondo la recente Classificazione Sismica Regionale della Regione Liguria (DGR n° 216/2017).

L'Articolo 19 delle Norme Geologiche a corredo del P.U.C., in riferimento alle indagini propedeutiche alla redazione di un P.U.O. in contesti "suscettibili di amplificazione locale", con estensione maggiore di 5 Ha ed in Zona Sismica 3, prevede la necessità di procedere ad una microzonazione sismica di Livello 2, ai sensi della D.G.R. n°471/2010 e successive integrazioni (DGR 714/2011).

Le risultanze di quanto prodotto sono descritte nel Paragrafo 12.

Il settore classificato come "stabile", non necessita, invece, di nessun ulteriore approfondimento conoscitivo, poiché si ritiene che possa essere escluso da effetti locali di amplificazione.

4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area dell'ex Fiera di Genova sorge nel settore centro-orientale del litorale genovese. Il settore è limitato a settentrione dalla Collina di Carignano, a sud dalla nuova darsena, ad est dalla struttura fociva del Torrente Bisagno e ad ovest dal comparto delle riparazioni navali, ed è reperibile in corrispondenza delle seguenti coordinate (baricentro dell'area, sistema di riferimento Gauss Boaga – Figura 5):

- Longitudine: 1495213.601 E
- Latitudine: 4915897.341 N

Dal punto di vista corografico, l'area di previsione progettuale si trova al margine fra gli squadri dei Fogli C.T.R. n° 230040 e 213160.

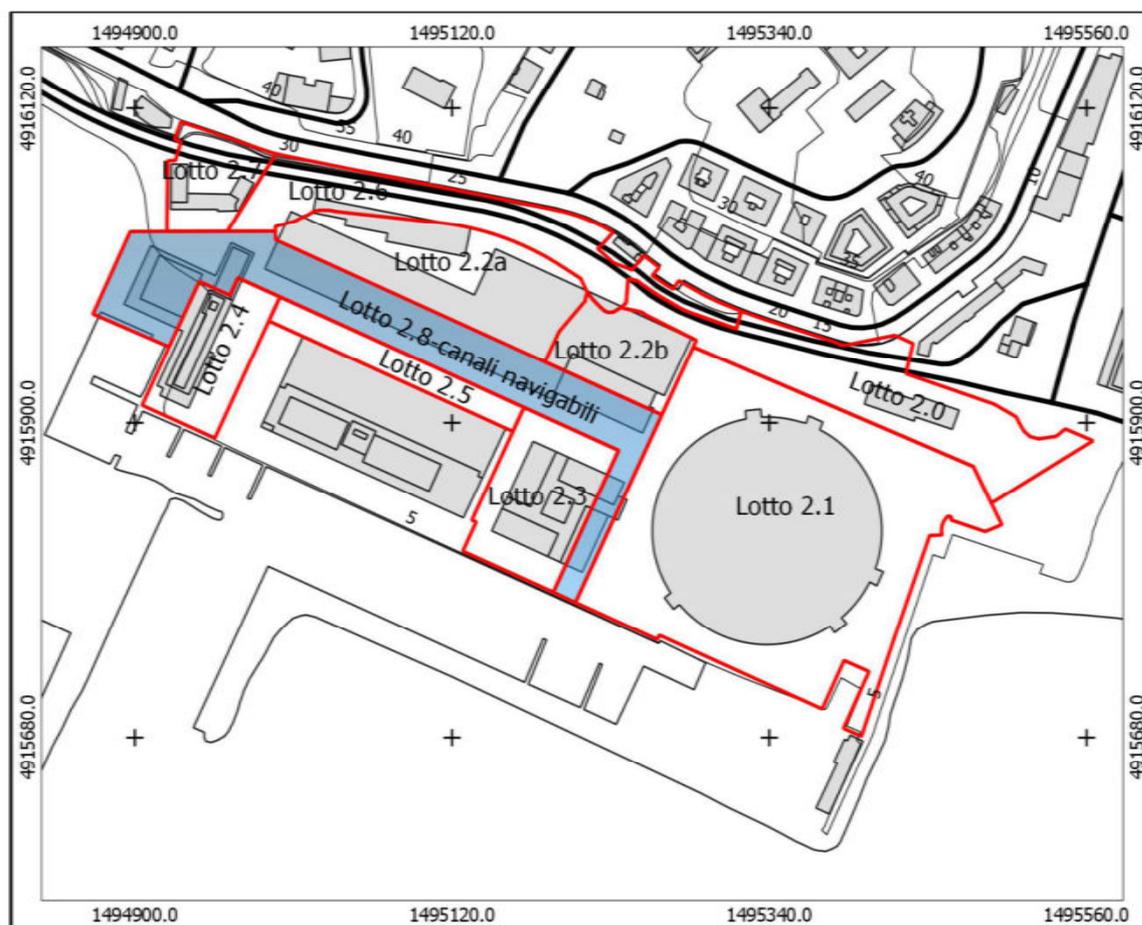


Figura 5. Inquadramento cartografico con indicazione del perimetro del P.U.O. (Carta Tecnica Regionale - Scala 1:5.000. Sistema di riferimento Gauss Boaga).

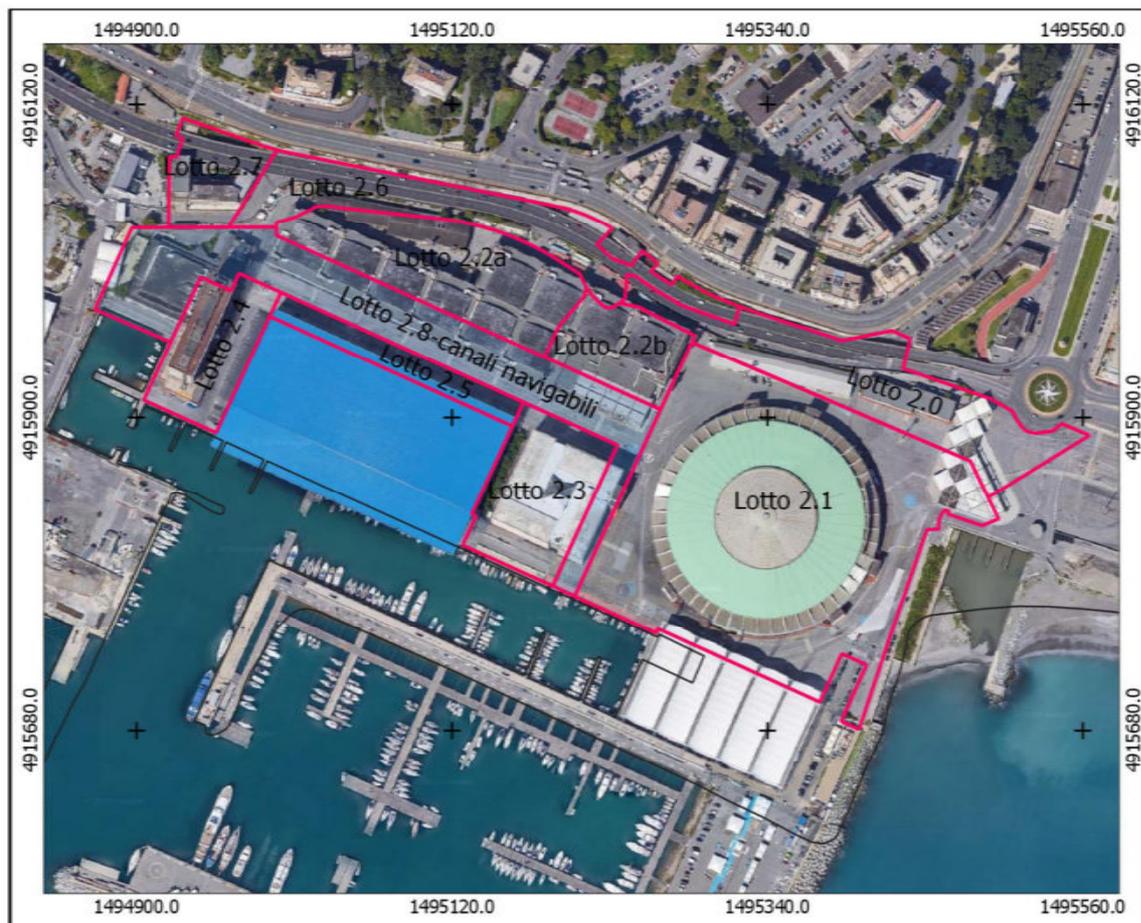


Figura 6. Inquadramento su base ortofotografica con indicazione dell'area in studio (Fonte I.G.M. Scala 1:5.000; Sistema di Riferimento Gauss Boaga).

L'ambito sorge in un settore estremamente urbanizzato della costa genovese, fortemente rimaneggiato soprattutto nell'ultimo secolo e mezzo.

Il settore su cui sorge l'ex Fiera è il risultato di avanzamenti antropici della linea di costa eseguiti mediante riempimenti progressivi, avviati con la realizzazione della Circonvallazione a mare alla fine del XIX secolo.

La struttura principale della colmata venne realizzata negli anni '60 del secolo scorso in seguito allo sbancamento della cosiddetta "scogliera della Strega", localizzata alla base di corso Aurelio Saffi, sfruttando principalmente i volumi derivanti dalla demolizione del quartiere di Portoria (Muscarà et al., 2011) ed in parte dallo scavo delle gallerie delle autostrade e delle linee ferroviarie liguri (prof. Nosengo, *com. pers.*).

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il Progetto Urbanistico Operativo insiste su un'area interamente impostata su riempimenti artificiali eseguiti in diverse fasi ed è localizzata presso il comparto centro-orientale della linea di costa della Città di Genova, in adiacenza (in particolare il suo limite orientale) alla foce tombinata del Torrente Bisagno.

Originariamente il comparto era caratterizzato dalla presenza di settori di costa alta, con pareti rocciose a strapiombo, ora nascoste dalle mura storiche e dai muraglioni di contenimento che si trovano a tergo della viabilità sopraelevata e localizzate alla base del quartiere di Carignano: la forte antropizzazione della morfologia locale ha obliterato le naturali insenature nella falesia, che spesso ospitavano "spiagge a tasca" (*pocket beaches*), ovvero spiagge di dimensioni ridotte (pochi metri o al massimo decine di metri di lunghezza e pochi metri di ampiezza) contraddistinte da una pendenza marcata e dalla presenza di ghiaie perlopiù da medie a grossolane, alimentate principalmente dai crolli dei settori maggiormente alterati delle pareti rocciose e, in misura subordinata, dagli apporti sedimentari del Torrente Bisagno.

La costa alta e frastagliata originaria, approssimandosi alla struttura fociva del Torrente Bisagno, tendeva a rastremarsi, in favore di morfologie più dolci, in grado di consentire la formazione di spiagge di più ampie dimensioni, costituite da materiale solido (sabbie e ghiaie) trasportato in mare dal T. Bisagno e distribuite con maggiore continuità dalle correnti lungo costa associate ai venti regnanti provenienti dai quadranti Sud-occidentali.

La costruzione del muraglione di contenimento su cui oggi scorre Corso Aurelio Saffi, nel tratto prossimo alla "scogliera della Strega", ha reso più lineare la linea di costa in quel tratto; foto d'epoca mostrano come lungo questa direttrice fosse presente una spiaggia quasi sicuramente di origine naturale, probabilmente incrementata negli anni da ripascimenti effettuati con materiale di risulta proveniente dagli scavi per le "nuove" gallerie ferroviarie liguri della prima metà del XX secolo.

Ad oggi, il contesto in oggetto risulta morfologicamente pianeggiante, caratterizzato, come evidenziato dalle indagini svolte e nel seguito descritte, dalla presenza di materiale di riporto omogeneamente distribuito all'interno del perimetro d'interesse.

Per quanto attiene ai comparti settentrionali dell'ambito di P.U.O., ovvero presso le mura storiche, i muraglioni di contenimento e le porzioni di versante su cui sorge il quartiere di Carignano, non si evidenziano fenomeni di dissesto incipiente o presenza di indicatori cinematici.

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO

L'area vasta del territorio comunale di Genova all'interno del quale è ricompresa l'area dell'ex Fiera, così come riportano la carta geologica - Foglio "Genova" n° 213230, scala 1:50.000 (progetto CARG), la cartografia geologica a corredo del Piano di Bacino del T.

Bisagno, nonché gli esiti dei risultati dei sondaggi geognostici pregressi, è contraddistinta dalla presenza di due principali formazioni: i Calcari del Monte Antola e le Argille di Ortovero.

L'ossatura geologica, approssimandosi in particolare al comparto costiero in trattazione, è progressivamente limitata a tetto da depositi di origine fluvio - marini (legati alla dinamica fluviale del T. Bisagno e alla loro successiva distribuzione ad opera delle correnti lungo costa) costituiti da materiale granulometricamente eterogeneo, con frequenti variazioni laterali evidenziate da eteropie di facies, superfici discordanti e presenza di corpi lenticolari.

La *Formazione del Monte Antola* (Calcari di Monte Antola) affiora, lungo costa, in un ampio settore che si estende dalla Lanterna (parte sommitale della sponda sinistra della Val Polcevera) verso levante, lambendo le propaggini occidentali del territorio comunale di Chiavari. Questa formazione appartiene all'Unità tettonica dell'Antola ed è costituita da torbiditi calcareo-marnose con contenuto variabile di argille, depositate in ambiente di piana abissale nel Campaniano Superiore, e comprendono calcareniti (di colore bruno), marne e marne calcaree in strati di spessore fino a plurimetrico, intervallate a strati centimetrici di argilliti emipelagiche (di colore scuro); queste ultime sono caratterizzate da un clivaggio pervasivo e riconoscibili per la loro evidente fissilità (Capponi et al., 2008). Talvolta, questi litotipi vengono denominati anche "Flysch ad Helminthoidi", a causa della presenza di tracce di piste di nutrizione e locomozione riconducibili a *Helminthoidea labyrinthica* e *Chondrites*, evidenti nella parte più giovane degli strati più calcarei.

La Formazione di Monte Antola è stata sottoposta ad eventi deformativi polifasici (almeno 4 fasi deformative) che hanno prodotto diverse strutture plicative sovrapposte, visibili sia alla scala dell'affioramento, sia a quella cartografica (Hoogeduing Strating, 1991).

A questi eventi è dovuta la variabilità giaciturale osservabile lungo tutta l'area di affioramento di questo litotipo. Alle strutture plicative duttili sono associate strutture più marcatamente fragili, come *shear veins* contenenti quarzo o calcite e sets di *joints* spesso sub-verticali. Nelle porzioni di territorio adiacenti all'area dell'ex Fiera, la stratificazione presenta una giacitura omogeneamente orientata in direzione circa N-S, con inclinazione media di circa 40°.

Le *Argille di Ortovero* rappresentano, invece, depositi pliocenici ad alto contenuto fossilifero: si tratta di un litotipo presente con continuità all'interno dell'ambito genovese, anche se spesso risulta non affiorante, per via della forte urbanizzazione cittadina. Strutturalmente, sono delimitate da graben di piccola estensione, marcati da faglie subparallele alla costa (con direzione circa E-W) in un settore che attraversa la città in prevalente senso est-ovest a partire dalla sponda destra del T. Sturla (nel levante genovese), fino alla zona della stazione di Piazza Principe; alcuni affioramenti sono presenti anche nella zona Ovest di Genova (Borzoli, Voltri, Pegli) e ad Arenzano. Nella zona centro - meridionale del Porto, ad est del Promontorio della Lanterna, questi depositi

sono preservati in un graben avente direttrice nord-sud, come testimoniato da alcuni sondaggi effettuati nella zona di Ponte Caracciolo e Calata Olii Minerali.

Alcuni sondaggi svolti all'interno dell'anfiteatro del porto di Genova hanno svelato la loro presenza anche in mare fino alla zona di Ponte Parodi, passando per Ponte Spinola.

Le Argille di Ortovero sono costituite prevalentemente da strati di potenza da centimetrica a pluricentimetrica di argille marnose, marne, siltiti e arenarie fini, di colore da grigio cinereo a grigio-azzurro, con una stratificazione non sempre ben marcata, soprattutto verso il tetto della formazione. Questo litotipo si è depositato sui Calcari di Monte Antola, che a sua volta ha subito un progressivo approfondimento, compreso fra i 400 ÷ 500 m, a seguito di fasi trasgressive marine. La presenza di un livello costituito da breccie e conglomerati, con spessore da pochi centimetri a qualche metro in continuità al contatto basale, testimonia la rapidità della avvenuta trasgressione marina (Capponi et al., 2008).

I *depositi fluvio-marini* che ricoprono il substrato roccioso nella porzione di territorio che include l'area dell'ex Fiera rientrano all'interno dei depositi alluvionali attuali e recenti e dei depositi di spiaggia.

I depositi alluvionali sono segnalati nell'estremo settore nord-orientale del polo fieristico, vicino all'allacciamento con la Sopraelevata ed in corrispondenza della foce del T. Bisagno: sono costituiti da prevalenti ghiaie e sabbie, correlabili all'attività di trasporto solido del torrente stesso, talvolta alternati a depositi marini di spiaggia.

Depositati di spiaggia sono stati evidenziati anche all'interno della parte centrale ed occidentale dell'anfiteatro portuale, con un aumento graduale di spessore verso Sud, nella zona di avamposto. La moda sedimentaria prevalente è rappresentata da limi argilloso – sabbiosi e sabbie limose di colore grigio – nerastro e consistenza sciolta.

Di fronte alla foce del Torrente Bisagno ed alla diga foranea del Porto, a partire dall'isobata dei 50 m circa, si estende una zona a lutiti arenitiche interpretabili come sedimenti in cui l'apporto terrigeno del torrente tende a prevalere sulla sedimentazione organogena.

I lineamenti tettonici principali dell'areale intorno all'area dell'ex Fiera sono ascrivibili a sistemi di faglie orientate circa E-W ($\pm 30^\circ$) e N-S ($\pm 30^\circ$) che delimitano le strutture a horst e graben, sui quali si sviluppano le zone di contatto tra i Calcari di Monte Antola e le Argille di Ortovero.

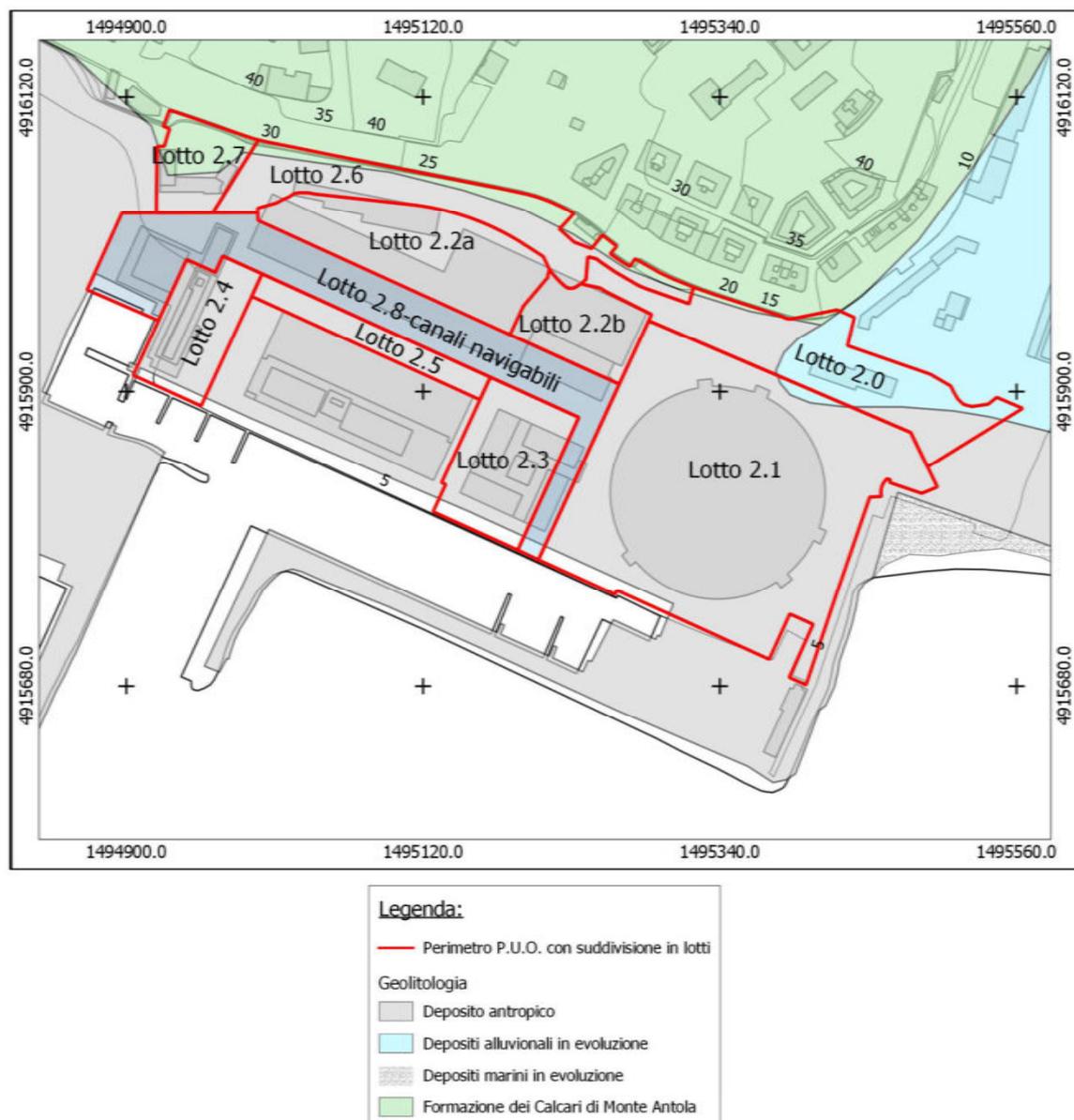


Figura 7. Carta geolitologica del settore in studio (Scala 1:5.000_ Sistema di Riferimento Gauss Boaga).

7. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Il comparto oggetto del P.U.O., come descritto in precedenza, è caratterizzato dalla presenza di diversi orizzonti, in particolare dalla sovrapposizione stratigrafica dei terreni di riporto sui depositi di spiaggia, a loro volta depositati a tetto del substrato roccioso. Questi orizzonti presentano rilevanti differenze nel grado di permeabilità, in grado di condizionare il comportamento idrogeologico e la trasmissione della fase fluida in profondità.

La prima netta differenza è rappresentata dalla tipologia di permeabilità che caratterizza i diversi terreni rilevati nella stratigrafia locale: gli orizzonti di riporto e i depositi di spiaggia presentano, infatti, una permeabilità di tipo primario, ovvero per porosità,

variabile in funzione della classe granulometrica prevalente e della presenza di discontinuità laterali nei corpi sedimentari, mentre il substrato roccioso (Formazione dei Calcari di Monte Antola) è caratterizzato da permeabilità di tipo secondario, ovvero per fessurazione/fratturazione, piuttosto significativa soprattutto nei livelli di contatto, comunemente definiti di “cappellaccio di alterazione”.

Il moto di filtrazione all'interno dei terreni di riporto e dei depositi fluvio-marini avviene in funzione dei contrasti di permeabilità fra i diversi livelli e all'interno degli stessi orizzonti. La variazione del coefficiente di permeabilità dipende dalle variazioni spaziali della granulometria e della moda sedimentaria dei terreni (con particolare riferimento alle percentuali di scheletro e matrice), nonché dallo stato di addensamento degli stessi.

Da quanto emerso verificando gli studi pregressi (in particolare quello condotto dalla Società Hydrodata S.p.a. nel 2004), i terreni sia di natura antropica che naturale sono percentualmente dominati da sedimenti scheletro – portanti di natura ghiaioso-sabbiosa, per i quali è possibile ritenere che il contesto in studio possa essere caratterizzato dalla presenza di un acquifero costiero poroso freatico ad alta conducibilità idraulica, alimentato esclusivamente in modalità *gradient-driven*.

Tale asserzione è motivabile in quanto:

- l'impermeabilità del piano campagna rende l'apporto zenitale dell'acqua di infiltrazione nulla o trascurabile;
- non vi sono apporti di flusso da/al Torrente Bisagno, poiché completamente confinato.

Gli unici apporti esterni plausibili potrebbero essere riferibili all'acqua di precipitazione che interessa le propaggini orientali del quartiere di Carignano: non essendo totalmente impermeabilizzato dalle urbanizzazioni, ridotti apporti potrebbero infiltrarsi all'interno dell'ammasso roccioso di base e trasmettere il flusso attraverso i sistemi di fratture dell'ammasso stesso.

Il gradiente di permeabilità all'interno del contesto in studio è, in ultimo, particolarmente significativo anche per la sua influenza sulla capacità di ingressione dell'acqua marina all'interno dei terrapieni del comparto in oggetto.

8. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA EX FIERA

8.1 Indagini geologiche pregresse e caratteristiche stratigrafico-sedimentologiche dei terreni

L'area dell'ex polo fieristico è stata sottoposta negli anni passati a diverse campagne di indagini geognostiche che hanno permesso di delinearne i caratteri stratigrafici e geotecnici dell'ambito.

In particolare, lo scrivente ha avuto modo di consultare i risultati di svariati sondaggi geognostici svolti nell'area dell'ex Fiera, alcuni spinti fino ad una profondità massima di 30 m e svolti a partire dal 2002, fino alla recente campagna del Febbraio 2018 (Tavole 2 e 6).

Complessivamente, la stratigrafia dell'area può essere descritta come segue:

Terreno di riporto

- *Terreno di riporto superficiale T1* (spessore 30 cm) – comprende lo strato superficiale di asfalto (non sempre presente) e la massicciata stradale costituita da scaglie lapidee centimetriche e talvolta da laterizi (marrone chiaro). Talvolta è presente un sottofondo di calcestruzzo con clasti di natura prevalentemente calcarea (lato est padiglione B).
- *Terreno di riporto intermedio T2* – riporto contenente pezzame lapideo prevalentemente calcareo (da centimetrico a decimetrico) e occasionalmente serpentinitico (lato nord padiglione B) e abbondanti resti di laterizi e malta di calce, in matrice sabbiosa-debolmente limosa (marrone-grigio). Presenza locale di resti lignei (lato nord padiglione B).
- *Terreno di riporto profondo T3* – in questo orizzonte prevale la matrice limoso-argillosa, commista a clasti da centimetrici fino a decimetrici di calcari e spezzoni di laterizi (grigio-marroncino, grigio plumbeo).

Depositi marini

- I depositi marini risultano costituiti da sabbie fini e medie ben gradate con intercalazioni limoso-sabbiose o limoso-argillose (di colore grigio medio, grigio scuro) e talvolta con clasti calcarei e locali fusti vegetali (lato sud padiglione B). Questi depositi sono correlabili sia al trasporto fluviale del Torrente Bisagno, sia al trasporto marino lungo costa.

Substrato roccioso – Calcari del M. Antola

- Successione di calcari marnosi e marne calcaree con locali networks di vene di calcite e livelli argillitici; talvolta mostrano un cappellaccio di alterazione di spessore decimetrico fortemente diaclasato, caratterizzato dalla presenza di livelli limoso argillosi all'interno dello scheletro calcareo fratturato.

Dai sondaggi eseguiti è stato possibile definire un'inclinazione della stratificazione che in generale aumenta da ovest verso est (25° ad ovest del Padiglione B fino ai 60 ÷ 70° ad est del padiglione B)

L'indice RQD (Rock Quality Designation) dell'ammasso roccioso varia da < 25 % (qualità molto scarsa) nei primi metri, raggiungendo valori > 90% (qualità eccellente) tendenzialmente dei settori più profondi recuperati; localmente è possibile osservare intercalazioni con un RQD < 25% o RQD = 25 ÷ 50%: la prima fattispecie (identificata nei fori di sondaggio denominati S7, S9, S10 della campagna 2018) è correlata alla presenza di networks di vene di calcite o joints molto pervasivi; nel secondo caso, invece, riferito in particolare al sondaggio S6, il locale peggioramento nelle qualità dell'ammasso roccioso è correlato alla presenza di orizzonti più marnosi, più fissili rispetto agli orizzonti a composizione maggiormente calcarea.

Principali risultati

Le diverse campagne geognostiche esperite a partire dai primi anni 2000 all'interno del comparto della Foce hanno evidenziato una stratigrafia piuttosto omogenea in tutta l'area, la cui unica variabile risulta ascrivibile alla profondità di reperimento del contatto fra i terreni di riporto/depositi marini ed il substrato roccioso di base.

E' piuttosto significativo osservare, soprattutto sotto l'aspetto geomorfologico, come nel settore nord-occidentale dell'area dell'ex polo fieristico e ad ovest del Palasport, gli strati di terreno di riporto poggino direttamente sul substrato roccioso (S2, S3, S7 – campagna di indagini 2018), evidenziando l'originaria presenza di promontori rocciosi rettificati al fine di creare un'omogenea area di colmata.

Il materiale di riporto ha uno spessore che varia dai 4 m circa, rilevato presso la postazione di sondaggio S8_2018, fino ai 14 m individuati nelle prospezioni precedenti nel comparto di SE del Palasport; tale potenza tende, poi, a diminuire avvicinandosi alla zona della Sopraelevata.

I depositi marini hanno, a loro volta, uno spessore compreso tra $\approx 0,7$ m (S8_2018) e 7,5 m (S10_2018), evidenziando un marcato accumulo nella zona centro -occidentale del polo fieristico, in particolare tra i sondaggi S1 e S9; anche in questo caso, la potenza tende a ridursi approssimandosi al settore centro - orientale del comparto (S7_2018) ed in prossimità della Sopraelevata.

Il reperimento del substrato roccioso è arealmente variabile, con tendenza all'approfondimento sia procedendo da costa verso mare, sia procedendo da Ovest verso Est, in direzione della foce del T. Bisagno, con un leggero rialzamento nel settore ad ovest del Palasport: il substrato è stato chiaramente identificato a partire da - 5 m di profondità presso il settore settentrionale, mentre risulta compreso in un range che va da - 6,6 ÷ -11 m dal p.c. nel settore occidentale; ad ovest del Palasport è stato identificato a - 10 m di profondità, per poi passare a - 15 m dal p.c. presso il settore centro - meridionale (S9 ed S10_2018) e a profondità maggiori di 20 metri in corrispondenza della struttura fociva. La variazione laterale della profondità riscontrata e appena descritta rispecchia l'originale conformazione di questo tratto di costa, che, come descritto in precedenza, era caratterizzata dal susseguirsi di piccole insenature e promontori rocciosi.

La stessa tendenza di approfondimento era stata osservata durante le indagini geognostiche pededeutiche alla costruzione della Nuova Darsena e della nuova Diga foranea.

L'approfondimento del substrato roccioso in corrispondenza della foce del Torrente Bisagno può essere correlato alla parziale continuazione, nella porzione più superficiale del margine continentale antistante Genova, del "Canyon sottomarino del Bisagno", cioè di un avvallamento del basamento continentale normale alla linea di costa, lungo il quale si sono verificati intensi fenomeni di erosione subacquea, con l'incanalamento di correnti di fondo ad elevata energia.

8.2 Caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti all'interno del comparto del P.U.O. del Waterfront di Levante

Per quanto attiene la caratterizzazione sotto il profilo geotecnico dei terreni presenti all'interno dell'ambito di P.U.O., vengono di seguito prese in esame le risultanze ottenute dalla recente campagna di indagini geognostiche svolte nel Febbraio del 2018 dal Comune di Genova, a supporto del progetto del canale del nuovo Waterfront di Levante.

A corredo, infatti, della Progettazione Definitiva ed Esecutiva del Canale urbano, anche nell'ottica di una sua eventuale prosecuzione verso levante, la struttura di progettazione del Comune ha ritenuto opportuno approfondire lo stato di conoscenza delle condizioni litostratigrafiche di dettaglio dei terreni e delle proprietà tecniche dei materiali, predisponendo una campagna di indagini geognostiche integrative estese all'intero areale della Fiera del Mare.

Le attività svolte hanno riguardato i seguenti obiettivi:

- 1) la verifica puntuale ed areale dell'assetto litostratigrafico;
- 2) la caratterizzazione tecnica dei materiali mediante esecuzione di prove in situ e prove di laboratorio;
- 3) la definizione puntuale delle caratteristiche di permeabilità di terreni/ammassi rocciosi mediante specifiche prove in situ;
- 4) la soggiacenza media del livello freatico nel terreno;

- 5) la caratterizzazione delle matrici chimico - ambientali presenti nel comparto, ai fini della gestione dei materiali di risulta e dei terreni movimentati durante le fasi di escavazione.

Il raggiungimento di tali obiettivi ha, quindi, previsto lo svolgimento di una campagna di indagini geognostiche e di successive attività analitiche di laboratorio, svolte sia sotto il profilo geotecnico, sia chimico – ambientale.

In particolare, si è così proceduto:

- esecuzione di n. 10 sondaggi a carotaggio continuo, spinti alla profondità massima di 25 m dal piano campagna (p.c.);
 - messa in opera di n. 5 piezometri per il monitoraggio dei livelli di falda;
- esecuzione di circa 30 prove penetrometriche S.P.T. nel corso dei sondaggi;
- esecuzione di circa 5 prove di permeabilità tipo Lefranc nel corso delle perforazioni;
 - prelievo di circa n. 5 campioni indisturbati e n. 15 campioni rimaneggiati per prove di laboratorio geotecnico;
 - prelievo di aliquote di terreno e campioni di acque per analisi di laboratorio chimico, finalizzate alla ad una prima caratterizzazione ambientale del sito;
 - esecuzione di n. 4 carotaggi strutturali presso le strutture murarie di alcuni edifici presenti nell'area, al fine sottoporre campioni di muratura a test chimici per la caratterizzazione del materiale "rifiuto" derivante dalle operazioni di demolizione degli edifici stessi, preliminari alla fase preparatoria dell'area.

Per quanto attiene al solo laboratorio geotecnico, sono state previste le seguenti tipologie di prova:

- analisi granulometriche comprensive di aerometria;
- definizione dei limiti di Atterberg;
- definizione del contenuto d'acqua, del peso di volume e delle proprietà indice;
- calcolo dei parametri di resistenza al taglio mediante prove triassiali non consolidate non drenate UU e Taglio Diretto consolidato drenato CD.

In ultimo, relativamente agli aspetti geomeccanici del substrato di base, sono state effettuate le seguenti prove:

- definizione del peso di volume;
- prova di resistenza a compressione monoassiale con misura delle deformazioni.

8.2.1 Standard Penetration Test (S.P.T.)

La caratterizzazione geotecnica sui terreni di copertura viene proposta qui nel seguito sulla base delle risultanze delle prove penetrometriche dinamiche SPT condotte in corso di perforazione.

La prova *SPT* consiste nel far penetrare un campionatore *Raymond*, generalmente dotato di punta cava con dimensioni standardizzate, per tre tratti successivi di 15 cm ciascuno, registrando, per ogni progressione, il numero di colpi necessario all'infissione (N1, N2, N3). L'avanzamento del campionatore avviene mediante un sistema di battuta agente tramite massa standard di 63.5 kg, sganciata da un'altezza fissa di 0.75 m.

Con il primo tratto, detto *d'avviamento*, s'intende superare la zona di terreno rimaneggiata in fase di perforazione. In caso di terreno molto compatto, o alla presenza di trovanti lapidei, se con N1 = 50 colpi l'avviamento risulta minore di 15 cm, l'infissione è sospesa e la prova si dichiara conclusa, annotando la relativa penetrazione.

Ad avviamento superato, si procede al conteggio di N2 e N3 (da 15 a 30 e da 30 a 45 cm.), fino ad un limite complessivo di 100 colpi (N2+N3), raggiunto il quale si sospende la prova, sempre annotando l'avanzamento ottenuto.

Il parametro caratteristico della prova SPT è definito da: $NSPT = N2 + N3$, esprimendo, quindi, in numero di colpi per ottenere 30 cm di avanzamento.

Si riportano nella tabella seguente gli esiti delle prove S.P.T. realizzate nella totalità dei sondaggi ed il calcolo dei principali parametri geotecnici dei terreni interessati dalle prove. Tali valori derivano dalla mediazione dei risultati stimati applicando differenti metodologie di calcolo, di seguito dettagliate.

Sondaggio	Prof. [m]	Risultato	N ₆₀	valori medi*		
				Φ' [°]	C' [kg/cmq]	Cu [kg/cmq]
S1	3,00	3-5-17	16,50	31,3	0,05	1,06
	4,50	9-11-10	17,85	31,8	0,06	1,14
	7,50	8-7-12	18,05	31,8	0,06	1,16
S2	1,50	4-4-6	7,50	27,2	0,02	0,48
	4,50	1-1-1	1,70	22,3	0,01	0,11
S3	1,50	3-4-4	6,00	26,2	0,02	0,38
	3,00	5-5-4	6,75	26,7	0,02	0,43
	4,50	2-1-1	1,70	22,3	0,01	0,11
S4	1,50	2-2-1	2,25	23	0,01	0,14
	3,00	4-3-5	6,00	26,2	0,02	0,38
	4,50	1-1-2	2,55	23,3	0,01	0,16
S5	1,50	3-4-2	4,50	25,2	0,01	0,29
	3,00	4-7-5	9,00	28	0,03	0,58
	4,50	5-7-7	11,90	29,4	0,04	0,76
S6	1,50	2-3-4	5,25	25,7	0,02	0,34
	3,00	3-5-6	8,25	27,6	0,03	0,53
	4,50	5-6-5	9,35	28,1	0,03	0,6
	6,00	5-7-8	14,25	30,4	0,05	0,91
S7	1,50	10-11-9	15,00	30,7	0,05	0,96
	3,00	3-5-3	6,00	26,2	0,02	0,38
	4,50	5-4-5	7,65	27,2	0,02	0,49
S8	1,50	2-3-2	3,75	24,5	0,01	0,24
	3,00	8-5-7	9,00	28	0,03	0,58
	4,50	5-6-5	9,35	28,1	0,03	0,6
S9	1,50	9-11-8	14,25	30,4	0,05	0,91
	3,00	8-9-11	15,00	30,7	0,05	0,96
	4,50	7-6-9	12,75	29,7	0,04	0,82
S10	1,50	3-4-5	6,75	26,7	0,02	0,43
	3,00	2-3-5	6,00	26,2	0,02	0,38
	4,50	3-4-6	8,50	27,7	0,03	0,54
	6,00	5-3-6	8,55	27,7	0,03	0,55
	7,50	17-8-10	17,10	31,5	0,05	1,09

	Φ'	Cu	C'
v.m. riporto	27,26	0,54	0,03
v.m. sedimenti	30,47	0,95	0,05

Tabella 1. Esiti delle prove SPT e principali correlazioni geotecniche

La stima dell'angolo di attrito efficace Φ' [°] è stata mediata attraverso le formulazioni proposte da:

- 1) Road Bridge Specifications;
- 2) Japanese National Railway;
- 3) De Mello;

4) Owasaky e Iwasaki

Relativamente ai terreni a prevalente natura coesiva (limi e argille), le metodologie impiegate per la stima del parametro della Coesione non drenata “Cu” [Kg/cm²] sono quelle proposte da:

- 1) Terzaghi & Peck;
- 2) Sanglerat;
- 3) Shioi e Fukui;

La Coesione efficace “C” [Kg/cm²] è stata, in ultimo, assunta pari ad un ventesimo (1/20) della Cu.

Nel merito del parametro **Cu**, è opportuno sottolineare che la prova penetrometrica dinamica non fornisce, in generale, valori attendibili per i terreni coesivi; per tali valutazioni, è opportuno considerare la scelta dei valori di Cu di seguito proposti, considerando che:

- A. nessuna correlazione tiene conto delle pressioni efficaci e del grado di sovraconsolidazione (OCR);
- B. i metodi si applicano ad argille non sensitive e, generalmente, portano ad una sottostima di Cu, in particolare nel caso di materiali con elevato indice di sensibilità;
- C. vista la non trascurabile dispersione dei dati, i metodi vanno applicati con prudenza e solo per stime di primo riferimento.

Ciò premesso, per quanto riguarda i materiali di riporto, caratterizzati prevalentemente da comportamento granulare, **si ritiene adeguato l'impiego del dato di Coesione non drenata Cu_m e Coesione efficace C' limitatamente al livello coesivo riscontrato nel sondaggio S10**, il cui valore è stato ricavato da specifiche prove di laboratorio geotecnico (Triax UU e Taglio CD).

Sempre in riferimento ai terreni di riporto granulare, caratterizzabile con il solo parametro dell'Angolo d'attrito efficace Φ'_m , **si ritiene adeguato l'impiego del dato medio calcolato sulla base delle prove SPT, pari a circa $27^\circ \div 28^\circ$.**

Analogamente, per i sedimenti marini, trattandosi di sabbie fini debolmente limose a prevalente comportamento granulare, **si ritiene corretta la definizione della resistenza al taglio per mezzo del solo parametro di Angolo di attrito efficace, il cui valor medio calcolato è di circa $30^\circ \div 31^\circ$.**

8.2.2 Prove di permeabilità Lefranc

Le indagini dirette hanno previsto, come detto, anche l'esecuzione di diverse prove di permeabilità di tipo Lefranc. In particolare, nella prova a carico variabile è stata misurata la velocità di riequilibrio del livello freatico a seguito della sua alterazione, mediante immissione (fino a piano campagna) di acqua in foro.

La prova consiste nell'eseguire letture di livello dell'acqua in foro (h) a frequenti intervalli di tempo (t), annotando sia il livello dell'acqua sia il tempo di ciascuna lettura.

Il valore del coefficiente (K) di permeabilità è stato calcolato mediante la seguente espressione:

$$K = A / (F * T)$$

Dove:

- A = area della sezione trasversale del rivestimento in cui avvengono le misure del livello;
- F = fattore di forma calcolato con la formula indicata nel precedente paragrafo;
- T = tempo di riequilibrio (*basic time-lag*).

Il valore di T è stato calcolato diagrammando i valori del rapporto **h/h₀** in scala logaritmica, in funzione dei corrispondenti valori del tempo (t) in scala decimale, dove per **h** si intende la misura sperimentale e per **h₀** l'innalzamento rispetto all'originale livello freatico.

Nella seguente tabella sono riportate le profondità delle prove eseguite ed i relativi valori dei coefficienti di permeabilità ottenuti (VFP = prova a carico variabile filtro piano):

Sondaggio/terreno	Profondità (m)	K (m/sec)	K (cm/sec)	Tipo
S1/riporto	6.00-7.00	7.13*10-05	7.13*10-03	VFP
S3/riporto	5.00-6.00	4.28*10-06	4.28*10-04	VFP
S4/sedimenti	6.00-7.00	4.54*10-06	4.54*10-04	VFP
S6/sedimenti	10.00-11.00	2.75*10-07	2.75*10-05	VFP
S8/sedimenti	3.50-4.50	2.91*10-06	2.91*10-04	VFP

Tabella 2. Sintesi degli esiti delle prove di permeabilità Lefranc eseguite

8.2.3 Analisi geotecniche di laboratorio

In riferimento alle prove di laboratorio commissionate dal Comune di Genova, sempre relative alla campagna di indagine 2018, si riporta qui di seguito la tabella riassuntiva dei parametri e delle caratteristiche sedimentologiche rilevate per i diversi orizzonti campionati.

SONDAGGIO	S1			S2			S6			S8	S9	S10			
IDENTIF. CAMPIONE	S1 CR1	S1 CR2	S1 CAR1	S2 CR1	S2 CR2	S2 CAR1	S6 CR1	S6 CR2	S6 CAR1	S8 CR1	S9 CR1	S10 C11	S10 CR1	S10 CR2	S10 CAR1
PROFONDITA'[m]	3,80-4,00	8,00-8,70	13,00-13,20	5,00-5,20	7,30-7,50	10,20-10,50	4,50-4,70	9,80-10,00	17,80-18,00	4,40-4,60	11,50-12,00	3,50-4,00	4,80-5,00	8,80-9,00	10,20-10,50
γ (kN/mc)												19,25			
Wn (%)												35,16			
γ_d (kN/mc)												14,25			
Gs															
GHIAIA (%)	52,42	0,02		44,22	19,30		1,93	2,23		15,69	3,53	23,86	26,41	0,02	
SABBIA (%)	15,54	62,14		46,5	31,77		17,23	63,22		68,92	61,35	24,53	27,94	58,17	
LIMO (%)	22,63	31,54		6,22	28,64		60,03	22,73		8,75	20,24	24,43	30,85	29,51	
ARGILLA (%)	9,41	6,3		3,06	20,29		20,81	11,82		6,64	14,88	27,18	14,8	12,3	
P200 (%)	32,04	37,84		9,28	48,93		80,84	34,55		15,39	35,12	51,61	45,65	41,81	
LL -	45	20		34	35		47	24		22	21	42	44	19	
IP -	17	6		6	10		15	8		6	5	18	14	4	
Cu (kPa)												36,00*			
Phi' (°)												31,00**			
c' (kPa)												8,84			
OMC (%)															
MDD (kN/mc)															
K (cm/s)															
CLASS. ASTM	GM	SM		SW-SM	SM		ML	SC		SC-SM	SC-SM	CL	SM	SC-SM	
Co (MPa)			31,04			24,47			15,65						13,81
E tan (Gpa)			5,49			3,28			4,00						3,31
γ (kN/mc)			25,70			25,78			25,72						26,19
Poisson v -			0,32			0,27			0,26						0,25

Classificazione terreni USCS: GM: Ghiaie limose SM: Sabbie Limose SW: sabbie ben pulite e ben gradate ML: limi inorganici, limi argillosi
SC: Sabbie argillose CL: Argille inorganiche a bassa plasticità

* Coesione non drenata Cu ricavata da prova Triax UU
**Coesione efficace C' e angolo di attrito efficace ricavati da prova di Taglio CD (valori di picco)

Tabella 3. Riassunto della caratterizzazione di laboratorio sui terreni e sui campioni di substrato analizzati

8.2.4 Misure piezometriche

Alcuni punti di sondaggio eseguiti nella recente campagna del Febbraio 2018 sono stati attrezzati con tubi piezometrici microfessurati a circuito aperto di diametro \varnothing 2", al fine di verificare la soggiacenza del livello di falda durante tutta la durata degli accertamenti tecnici, nonché per prelevare campioni di acqua successivamente sottoposti ad analisi di laboratorio.

La superficie piezometrica rilevata si è attestata ad una profondità dal piano campagna variabile tra - 4,30 m nel settore settentrionale e centro-orientale dell'area ex Fiera (S4, S7, S8), e i 3,20 m circa in S6 e presso il settore sud-occidentale.

Dall'analisi di risultati osservati, si rileva un innalzamento della superficie piezometrica approssimandosi alla darsena e ai canali dell'area ex Fiera, suggerendo un'importante ingressione marina all'interno dei materiali di riporto adiacenti.

9. MODELLO GEOTECNICO

La disamina dei dati stratigrafico-sedimentologici geotecnici e geomeccanici ricavati in fase di accertamento geognostico da parte del Comune di Genova a supporto del progetto del nuovo canale navigabile, da realizzarsi all'interno del perimetro del P.U.O. in oggetto, consentono di proporre una ricostruzione media, ma comunque piuttosto definita, del modello geotecnico di sito, da implementare nelle successive fasi di attuazione dei diversi stralci funzionali che compongono la proposta di Progetto Operativo.

Si propone di seguito quanto analizzato:

Materiali di riporto: *Terreni di origine antropica messi a dimora nelle fasi di riempimento delle attuali banchine e degli spazi a tergo. Tipologicamente, si tratta di materiali a prevalente natura granulare costituiti da sabbie da ghiaiose a con ghiaia, localmente ciottolose. Localmente, si riscontrano lenti e sottili spessori di materiale di natura coesiva mista (argille limose da debolmente a ghiaiose).*

- Peso di volume : 1.80-2.00 t/mc
- Spessore : 4-10 m

Termini coesivi (solo in sondaggio S10)

- Coes non drenata media C_{um} (da prova triax UU) : 0.36 Kg/cm² (36 kPa)
- Coesione efficace C' (da prova di Taglio CD): 0,084 Kg/cm² (8.84 kPa)
- Angolo di attrito efficace $\Phi'm$ (da prova di Taglio CD):

In condizioni drenate

- Angolo di Res. al taglio medio Φ_m (da prova di Taglio CD): 31°

Termini granulari

- Angolo di Res.al taglio medio Φ_m (valore medio da prove SPT in foro): 27° ÷ 28°
- Coesione non drenata media C_{um} e Coesione efficace C' : 0.00

Sedimenti marini: Sabbie fini da debolmente a limose, di colore grigio nero.

- Comportamento : granulare;
- Peso di volume : 1.90-2.0 t/m³;
- Spessore : max 7.50;
- Coesione non drenata media
 C_{um} (valore indicativo) : 0.00 Kg/cm²

In condizioni drenate

- Angolo di Res.al taglio medio Φ_m (valore medio da prove SPT in foro):
30° ÷ 31°
- Coesione drenata C' : 0.00 Kg/cm²

Eluvio del substrato roccioso: *Ammasso roccioso calcareo marnoso fratturato, destrutturato e caratterizzato da alterazione spinta con parziale argillificazione dei termini a maggior componente marnoso argillitica. Assimilabile a ciottoli e blocchi in matrice*

coesiva. Ai fini della trattazione geotecnica, tale livello verrà trascurato in ragione dei modesti spessori rilevati. Cautelativamente, potranno essere ampliati gli spessori dei riporti o dei sedimenti naturalmente sovrapposti a tale livello.

9.1 Caratterizzazione ammasso roccioso

Per quanto riguarda la classificazione del substrato roccioso, l'elaborato definitivo redatto dalla Direzione Progettazione Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia fa riferimento a dati disponibili provenienti da rilievi geomeccanici condotti sugli stessi litotipi, in analoghi contesti del Bacino del T. Bisagno.

I caratteri rilevati sono stati impiegati per la parametrizzazione degli ammassi rocciosi applicando le usuali classificazioni di Bieniawski, Barton, Hoek & Brown.

I valori di Resistenza a Compressione Uniassiale C_0 assunti nel modello di calcolo derivano dal confronto dei dati provenienti sia dalla letteratura scientifica, sia da prove sclerometriche su parete rocciosa, sia e soprattutto dagli esiti delle prove di laboratorio geotecnico eseguite su spezzoni litoidi di "carota" prelevate nel corso dei sondaggi eseguiti (prove di compressione monoassiale, con controllo delle deformazioni su spezzoni di carota –CAR– prelevati dai sondaggi S1-S2-S6-S10).

Caratteristiche dell'ammasso roccioso:

-	Co	20 Mpa (valore medio)
-	N° famiglie	3-4
-	RQD (valore medio)	55-65%
-	Spaziatura	0.5-1 m.
-	Apertura	da <1 mm a 5 mm max
-	Forma	PR - poco rugosa - JRC:6-8
-	Persistenza	1-3 mt
-	Riempimento	0.1-1.0 mm max
-	Alterazione	PA - poco alterata -
-	H2O	U – asciutto/umido
-	Giacitura discontinuità	indifferente/sfavorevole –
-	Resistenza alterazione	M - media -
-	AR disturbato	si

da cui:

Classificazione di Bieniawski:

- BRMR : 56.62
- RMR corretto : 54.62
- Classe Ammasso roccioso: III – mediocre
- Peso Specifico : 2.60 t/m³
- Coesione : 2.8 Kg/cm²
- Angolo di attrito : 33° .31

Classificazione di Hoek & Brown:

Per la definizione della resistenza al taglio secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb, espressa in funzione della coesione c' e dell'angolo di attrito ϕ' , Hoek e Brown hanno suggerito una procedura di calcolo per ricavare un involucro di rottura equivalente di Mohr sul piano $\tau - \sigma'n$.

Gli stessi autori propongono anche un'espressione per il calcolo del modulo di deformazione dell'ammasso roccioso.

Applicando, quindi, il criterio di Hoek & Brown al caso in esame, è possibile ricavare i seguenti parametri di resistenza per il substrato roccioso moderatamente alterato.

Tali valori, descritti nella figura seguente, devono essere considerati parametri medi.

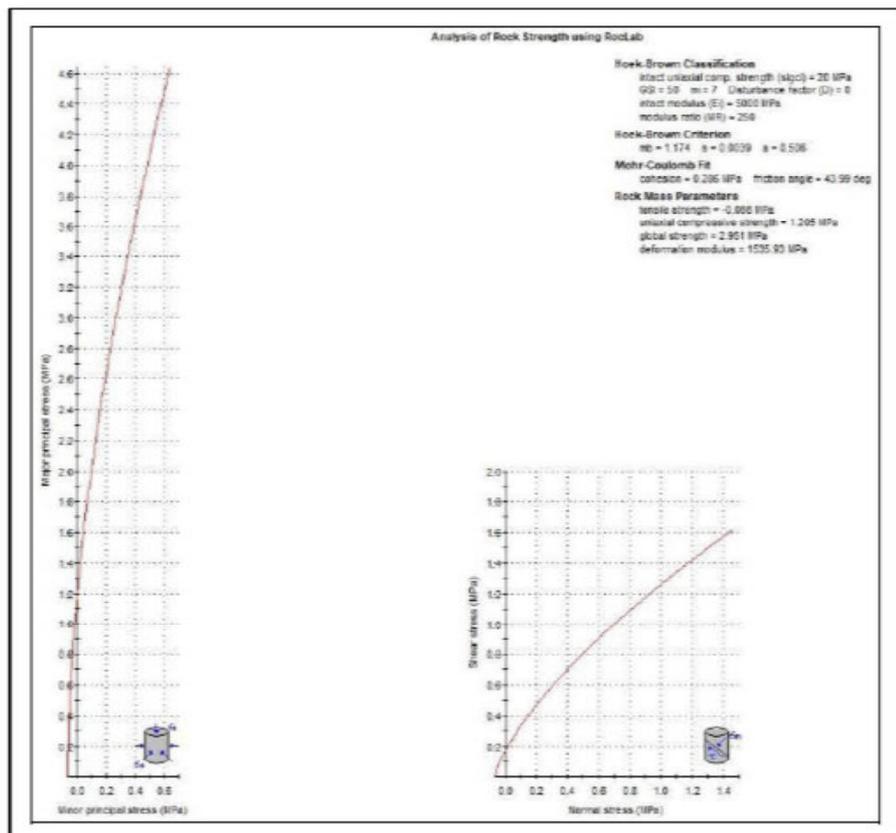


Figura 8. Parametrizzazione calcari monte Antola in termini di angoli di attrito equivalente e forze coesive secondo il criterio di Mohr-Coulomb

Angolo di attrito:

43.99 °

Coesione:

0.286 MPa (2.86 Kg/cm²)

10. PROSPEZIONI SISMICHE

10.1 Indagini pregresse

Negli anni 2005 e 2007 sono state svolte all'interno dell'ambito di P.U.O. diverse indagini geofisiche come di seguito elencato:

- N. 3 stese di sismica a rifrazione;

- N° 4 stese Masw;
- N°1 indagine geofisica Down Hole.

L'interpretazione dei segnali acquisiti in funzione della metodologia di indagine adottata ha, in maniera concorde, individuato all'interno dei transetti di prospezione tre distinti orizzonti, in funzione dei contrasti nelle velocità sismiche registrate.

Si riportano di seguito i dati sintetici delle indagini svolte:

ORIZZONTE 1 (Vp 402 m/s ; Vs 245 m/s): rappresenta l'orizzonte superficiale, asciutto, dei materiali di riporto, per una potenza di circa 2 metri;

ORIZZONTE 2 (Vp 1437 m/s ; Vs 481 m/s): sono compresi i materiali di riporto saturi e i depositi marini attuali, difficilmente distinguibili nella prova sismica.

ORIZZONTE 3 (Vp 2645 m/s ; Vs 682 m/s): identificabile come substrato roccioso ed esteso fino a profondità superiori a quelle indagate (30 m):

10.2 Campagna di indagini sismiche presso l'ambito del Palasport (Ottobre 2019)

Lo scrivente, in data 11 Ottobre 2019, ha svolto presso il lotto relativo al Palasport una campagna di indagini sismiche rappresentate da:

- N° 1 stesa sismica di lunghezza nominale di 150 metri svolta in configurazione di riflessione in onde S;
- N° 2 acquisizioni di microtremore mediante apparecchiatura tomografica localizzate presso i margini Nord-Est e Sud-Ovest dell'area del Palasport e ricampionate mediante ulteriori due letture di ridondanza.

La precisa localizzazione delle indagini svolte è riportata in Tavola 2.

10.2.1 Ultra-Shallow Seismic Reflection

I segnali sismici, generati sulla superficie del suolo e riflessi dalle interfacce che separano materiali con differenti caratteristiche elastiche, vengono registrati in superficie ed utilizzati per produrre un'immagine del sottosuolo interpretabile dal punto di vista geologico.

Il metodo della riflessione sismica si basa, appunto, sulla registrazione di vibrazioni del terreno indotte da onde elastiche (generate usando opportune fonti di energia come masse

battenti, dinamite o vibroseis) che, dopo essersi diffuse secondo determinati percorsi nel sottosuolo, incontrano una superficie riflettente, in corrispondenza della quale una parte dell'energia immessa viene indirizzata verso la superficie stessa, secondo un angolo (di riflessione) che è uguale a quello di incidenza (Figura 9).

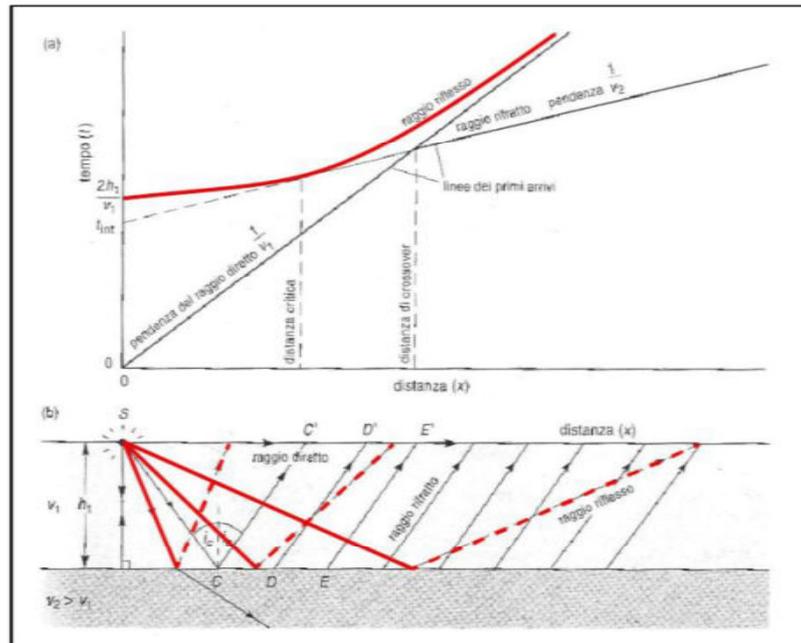


Figura 9: Propagazione di raggi sismici riflessi e rifratti e rappresentazione dei tempi di percorso (traveltimes).

A differenza della sismica a rifrazione, anche diminuzioni del contrasto d'impedenza (definito come prodotto tra velocità e densità) generano onde riflesse.

La porzione di energia riflessa viene registrata per un periodo di tempo predeterminato (lunghezza della registrazione) mediante ricevitori che rilevano il movimento del terreno in cui sono posizionati. Il tipico ricevitore utilizzato per indagini a terra è un piccolo strumento noto come geofono, che converte il movimento in un segnale elettrico analogico in grado di rappresentare la misura della velocità dello spostamento subito.

La risposta di ciascun ricevitore ad una singola sollecitazione è nota come "traccia sismica"; l'insieme delle tracce sismiche aventi in comune il punto di energizzazione è definito nella terminologia anglosassone come "Common shot gather", meglio noto come "sismogramma".

Le onde riflesse, all'interno del sismogramma, non sono mai identificate nei domini dei primi arrivi (come accade per le onde rifratte), ma tendono ad essere sollecitazioni tardive, da evidenziare rispetto all'onda d'aria ed al ground-roll, che si propagano rispettivamente attraverso l'aria e sulla superficie libera del terreno.

Per questa ragione, le tracce registrate (raw data) sono sottoposte a significative elaborazioni del segnale prima che siano pronte per essere interpretate. In generale, più è complessa la geologia dell'area in esame, più sofisticate sono le tecniche necessarie per rimuovere il rumore ed estrarre il segnale sismico ad alta capacità di risoluzione.

La riflessione sismica bidimensionale (2D) utilizza una sorgente sismica controllata per avviare la propagazione dell'energia elastica nel terreno e registrare le onde riflesse verso la superficie, utilizzando una serie di ricevitori collocati a distanze note lungo profili rettilinei.

Lo sviluppo delle tecniche di riflessione sismica superficiale e ultra superficiale, derivate dal continuo adattamento e miglioramento delle procedure per l'acquisizione e l'elaborazione introdotte e sviluppate dall'industria petrolifera per l'esplorazione profonda necessaria ad individuare i giacimenti di idrocarburi, ha consentito l'applicazione della riflessione a problematiche tipicamente più superficiali come quelle legate all'ingegneria ed alla geotecnica.

Strumentazione

Sismografo

L'apparecchiatura d'indagine, per l'esecuzione di indagini sismiche a rifrazione è costituita da sismografi **Seismic Source**, Modello DAQLink III - 24 canali, con risoluzione di acquisizione a 24 bit, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- Conversion A/D: convertitori sigma delta ad alta velocità a 24 bit;
- Rumore di fondo: 0.2 microVolt RMS (a 2 msec);
- Precisione trigger: +/- 1 microsecondo a qualsiasi frequenza di campionamento;
- Intervallo di campionamento: da 0.0208 a 16,0 millisecondi;
- Frequenza di campionamento: da 48.000 a 62.5 campioni/secondo;

L'attrezzatura per prove sismiche è completata da:

- set di 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz;
- set di 24 geofoni orizzontali con frequenza propria di 4,5 Hz;
- coppie di cavi sismici, passo 5,0 m, dotati ognuno di 12 take out.

Sorgente onde sismiche

La generazione delle onde sismiche avviene mediante idonei strumenti di contrasto utili per enfatizzare prevalentemente la propagazione delle diverse tipologie di perturbazione elastica.

Per quanto riguarda le onde di Compressione P, la sorgente è solitamente costituita da una piastra in ferro che viene colpita verticalmente con una massa pesante, solitamente di 8 kg per gli stendimenti di modesta lunghezza; per lunghezze di stendimento importanti possono venire impiegati gravi da 30 kg o, in alternativa, fucili sismici.

Nel caso di onde di taglio, come nell'indagine esperita, l'energia da trasmettere al terreno viene generata sollecitando lateralmente, con un martello o mazza, una trave in legno adeguatamente accoppiata al suolo.

Per ogni punto di acquisizione è stata eseguita una sommatoria ("stack") di più battute, al fine di migliorare il rapporto segnale/rumore. Questa tecnica si rivela estremamente efficace in presenza di rumore random (come nel caso in oggetto). Per poter verificare la ripetibilità della misura ed individuare eventuali problemi di triggering, un numero minimo di due battute per ciascuna posizione di scoppio viene comunque acquisito anche in caso di assenza di disturbi.



Foto 1. Immagine della stesa sismica a riflessione eseguita durante la campagna di indagini dell'Ottobre 2019.



Foto 2. Esecuzione delle prove di microtremore durante la campagna di indagini dell'Ottobre 2019.

Indagini

Linea sismica a riflessione

La linea sismica completa si compone di 72 ricevitori orizzontali con intertraccia pari a 2.0 m, realizzata mediante avanzamento “roll-along” con basi (o spread) composte di 48 canali attivi e sovrapposizione del 50%. Spari ogni intertraccia per una copertura (folding) del 2400%.

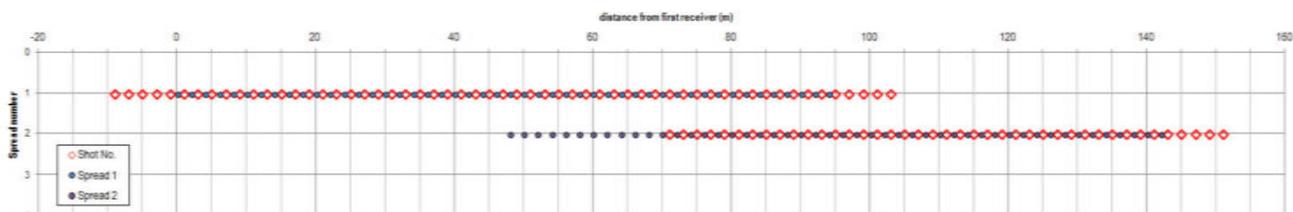


Figura 10: Schema di acquisizione in avanzamento con basi da 48 canali attivi, sovrapposizione del 50%. Spari esterni a partire da -9.0m dal primo ricevitore e fino a + 9.0 da ultimo.

Registrazioni effettuate in assenza di variazioni topografiche (Figura 11). Tempo di registrazione fissato pari a 0.5s, campionamento pari a 0.250ms ovvero 4000Hz di frequenza.

Test preliminari hanno indirizzato la scelta verso l'impiego di ricevitori orizzontali per eseguire registrazioni in onde di taglio piuttosto che in compressione.

Sensori utilizzati: geofoni orizzontali con frequenza propria 4.5Hz. Sistema di energizzazione adottato: traversina in legno gravata del peso dell'operatore sollecitata lateralmente con martello. La presenza di un costante rumore di fondo, in prevalenza originato dall'intenso traffico stradale sulla vicina sopraelevata Via Aldo Moro, è stata mitigata mediante registrazioni multistacking: minimo 4, massimo 8 battute.

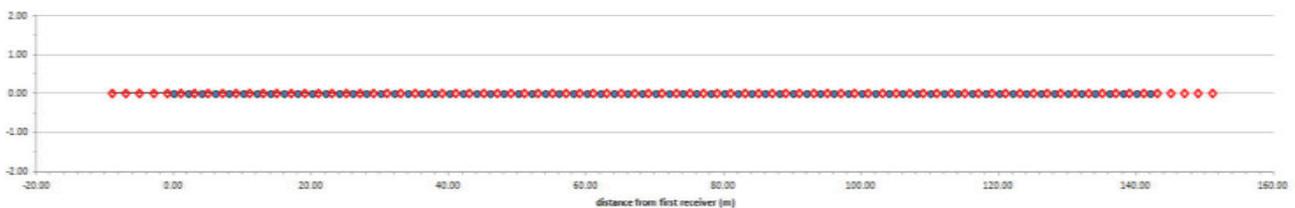


Figura 11: Profilo topografico della linea risultate composta di 72 punti di ricezione e 81 punti di scoppio. Variazioni topografiche nulle o trascurabili per le finalità del presente lavoro.

Sorgente sismica collocata ad intervalli di 2.0 m a partire da -9.0 dal primo ricevitore per la base 1, fino a +9.0m da ultimo ricevitore; per base 2, energizzazione a partire da posizione media tra ricevitori 24 e 25, fino a + 9.0 m da ultimo ricevitore.

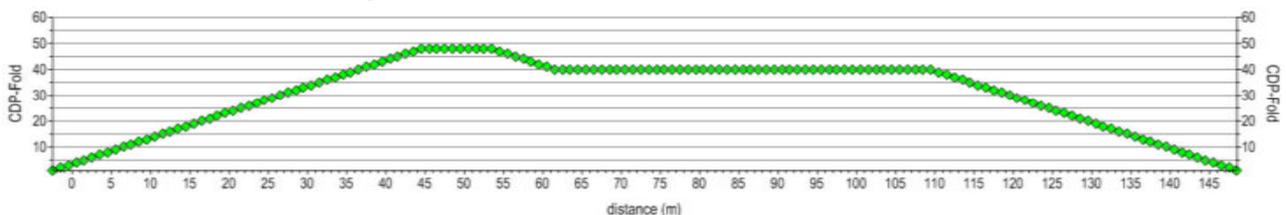


Figura 12. Variazione del CDP fold (numero di tracce che andranno sommate per ottenere una singola traccia CMP), lungo la linea ottenuta in base alla geometria ed alla frequenza delle energizzazioni.

Sezione sismo-stratigrafica

La sezione stack finale, sia in tempi doppi o migrata, è costituita da orizzonti riflettenti che rappresentano in maniera piuttosto fedele gli strati, le superfici di discordanza, i contatti stratigrafici etc., ed il loro andamento generale.

Tutta questa mole di informazioni necessita, però, di una interpretazione in termini geologici che può essere eseguita solo a valle di una interpretazione preliminare in termini di unità o facies sismiche, ossia, solo avendo delineato i limiti di quei gruppi di riflettori accomunati da simili attributi sismici (ampiezza; frequenza; spaziatura; geometria; continuità laterale...).

L'insieme di superfici riflettenti caratterizzate da medesimi parametri acustici o caratteri di trasparenza (capacità dei sedimenti di lasciarsi attraversare dalle onde acustiche), corrisponde infatti, generalmente, a corpi geologici omogenei presenti nel profilo.

L'interpretazione finale richiede, quindi, la definizione dei corpi sismici attraverso un accurato "line-drawing" degli orizzonti riflettenti più significativi e, successivamente, la correlazione degli elementi individuati con la realtà geologica dell'ambito.

Secondo questi criteri, è possibile suddividere la sezione ottenuta nelle 4 unità sismiche principali di seguito elencate dall'alto in basso:

- Un primo gruppo di riflessioni prossime al piano campagna e presenti fino a twt (Two Way Travel-Time) di 25-30bms, in approfondimento procedendo dall'interno verso la linea di costa, si caratterizzano per alta frequenza e ampiezza, discontinuità laterale (indicativi di alternanza con forti contrasti di impedenza e variazioni laterali di energia), e andamento parallelo leggermente ondulato o localmente caotico, concordante con la superficie inferiore di delimitazione. Nel settore centrale è presente un'area ad ampiezze dominanti negative, riconducibile a materiali con grado di addensamento minore;

- Il secondo elemento acustico si estende dal sovrastante fino a circa twt 60-65 ms, con un approfondimento più pronunciato, sempre da entroterra verso mare. I caratteri acustici distintivi includono ampiezze basse ed alte frequenze, rifrattori prevalentemente continui paralleli ed ondulati con terminazioni onlap;

- A tempi ancora maggiori, si incontra una facies sismica trasparente, ovvero priva di riflessioni, il cui limite inferiore è definito dall'orizzonte riflettente più marcato nella sezione, che nella parte interna è presente da circa 50 ms ed in progressivo approfondimento fino a circa 90 ms a fine linea;
- Infine, ampiezze medie e basse frequenze, andamento ondulato sub-parallelo a tratti discontinuo caratterizzano l'ultima facies sismica fino a 150 ms, soglia oltre la quale il segnale perde coerenza e non risulta più utile all'analisi.

Secondo questi criteri, è possibile suddividere la sezione ottenuta nelle 4 unità sismiche principali di seguito elencate dall'alto in basso:

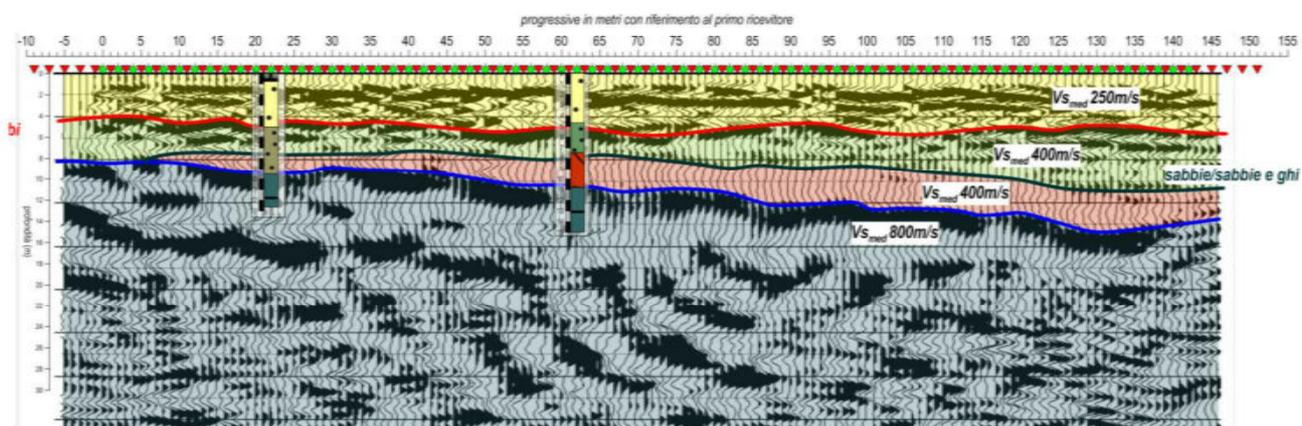


Figura 13. Sezione stack-migrata e interpretata in termini geologici: il line-drawing delle principali superfici riflettenti delimita le 4 facies acustiche descritte nel testo e correlate con gli elementi stratigrafici noti dalle perforazioni S5 ed S7 eseguite in area adiacente. Velocità di intervallo ricavate dall'analisi di velocità riportate per ciascuno strato. Scala verticale in metri.

L'andamento risultante delle giaciture descritte è una forma complessiva a cuneo conseguente ad uno ispessimento verso mare dei gruppi individuati, le cui riflessioni interne sono concordanti nel primo strato ed onlap nel secondo e terzo.

Disponendo delle risultanze delle indagini dirette eseguite in area limitrofa, è possibile correlare facies sismiche con elementi stratigrafici noti. Dunque, i materiali di riporto superficiali a dominante argillosa sono ben rappresentati dalla prima facies individuata. Eterogeneità laterali evidenziate dalla discontinuità dei rifrattori e diminuzione dei valori di densità rivelate dalle riflessioni negative sono perfettamente compatibili con detti materiali e la loro modalità di messa in posto, così come il basso grado di addensamento indicato dalle velocità intervallari.

I depositi naturali a dominante sabbiosa sono, invece, identificati dalla facies 2, riconducendo ad una probabile variazione composizionale (presenza di elementi ghiaiosi), le differenze acustiche interne. La facies trasparente è invece correlabile con la porzione del substrato intensamente alterata, mentre il repentino abbassamento delle frequenze, accompagnato ad ampiezze non molto elevate ed alla marcata riduzione della continuità delle riflessioni interne, segna, infine, il passaggio al substrato di natura flyschoidale.

Da ultimo, la forma complessiva a cuneo aperto in direzione mare è compatibile con un contesto sedimentario di ambiente marino costiero.

Tecnica HVSR

Lo scopo di questa particolare tecnica è l'individuazione, attraverso il metodo proposto da Nakamura sulla base del rapporto spettrale H/V, delle discontinuità sismiche nel sottosuolo e la ricerca dell'eventuale bedrock geofisico.

La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, rapida e può essere applicata ovunque, non necessitando di alcun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale.

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza di un sito;
- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio;
- la velocità media delle onde di taglio Vs (solo se già noti gli spessori dei sismostrati);
- gli spessori della coltre di copertura del substrato litoide (solo se già note le Vs dei sismostrati).

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti. La forma di un'onda registrata in un determinato sito dallo strumento dipende:

- dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s;
- dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni);
- dalle rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda;
- dalla risposta dello strumento (ovvero: segnale registrazione al sito = sorgente x effetti di percorso x funzione trasferimento strumento attiva).

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento etc...) e dall'attività antropica oltre che,

ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Il rumore sismico viene denominato microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, sensibilmente inferiori a quelle prodotte dai terremoti. I metodi che si basano sull'acquisizione delle vibrazioni ambientali vengono detti di tipo passivo, in quanto il segnale non è appositamente generato (come avviene per esempio con le energizzazioni della sismica attiva).

Nel tragitto dalla sorgente "s" al sito "x", le onde elastiche subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda e attenuazioni, il tutto in dipendenza dalla natura del sottosuolo attraversato. Di conseguenza, l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica. Diversamente, con la tecnica dei microtremori è possibile registrare una parte del segnale di partenza che contiene informazioni relative al percorso effettuato, ovvero alla struttura sismostratigrafica in prossimità del sensore.

In questo modo, il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale da scartare nella sismologia tradizionale, viene sfruttato per ottenere utili informazioni per le analisi sismiche del sottosuolo. Queste risultano mascherate dal rumore casuale e possono essere estratte solo attraverso opportune tecniche di filtraggio. Una di queste è rappresentata dalla teoria dei rapporti spettrali, o semplicemente HVSR, che consente di fornire stime affidabili delle frequenze fondamentali dei sottosuoli.

Strumentazione

Le registrazioni sono state eseguite mediante Geofono triassiale Gemini2, prodotto da PASI Geophysics, avente tre velocimetri calibrati, con frequenza caratteristica di 2.0Hz e disposti su piani mutuamente ortogonali. La calibrazione è necessaria affinché la risposta alle sollecitazioni sia uniforme, indipendentemente dalla direzione di provenienza della vibrazione.

Per tutte le registrazioni, il sensore triassiale viene collocato con accuratezza in modo tale che il piano dei sensori X e Y risulti perfettamente orizzontale. L'asse X, indicato sul corpo esterno del geofono, è sempre orientato verso il Nord magnetico.

Risultati analisi dati HV

Come da piano indagini, sono stati collezionati dati di sismica passiva a stazione singola in n° 2 postazioni disposte diametralmente opposte rispetto al padiglione a pianta circolare: la prima (HV1) è localizzata in prossimità dello spigolo SE del fabbricato ex Facoltà di Ingegneria, mentre la seconda (HV2) è stata posizionata di fronte agli ingressi pedonali all'area espositiva (Tavola 2).

Entrambe le registrazioni sono state eseguite con le seguenti modalità: prima registrazione della durata di 20 minuti, cui si aggiunge una seconda registrazione di controllo effettuata a

circa 5m di distanza dalla prima e con durata minore (10min). Campionamento fissato a 250Hz.

Le due registrazioni principali, confermate dalle altre due di controllo, evidenziano la presenza di picchi con ampiezza anche marcata, nel campo delle frequenze medie.

Come documentato di seguito, le registrazioni risultano di buona qualità in termini di presenza di rumore, stazionarietà e direzionalità, ed i parametri SESAME risultano quasi interamente rispettati.

Picchi di media frequenza con ampiezza medio-alta (Fig. 14), sono compatibili con un contesto geologico in cui modesti spessori di materiali da poco a mediamente addensati sono allocati su un bedrock poco profondo, come evidenziato dai risultati dell'indagine sismica a riflessione.

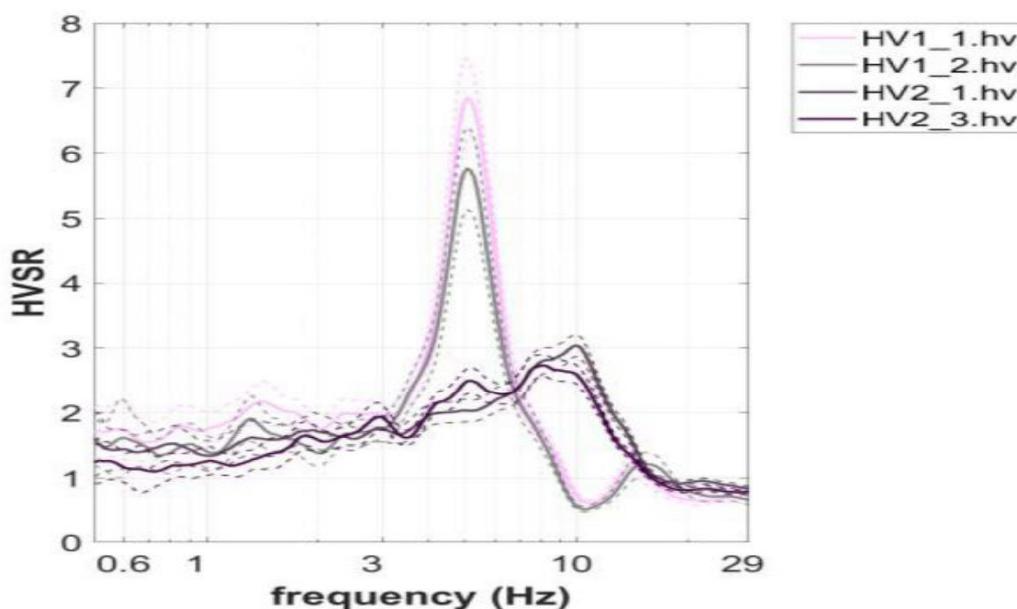
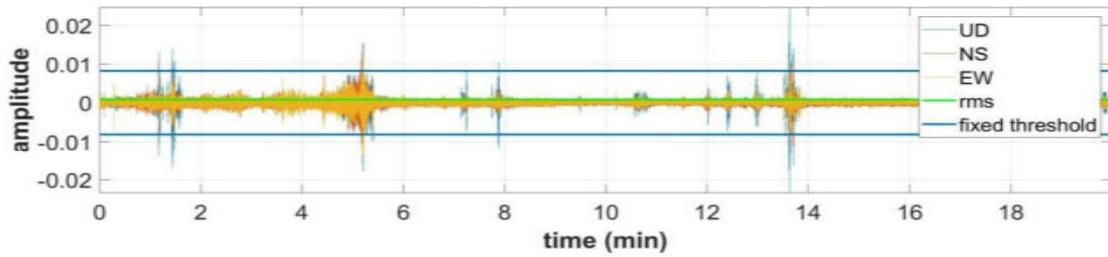


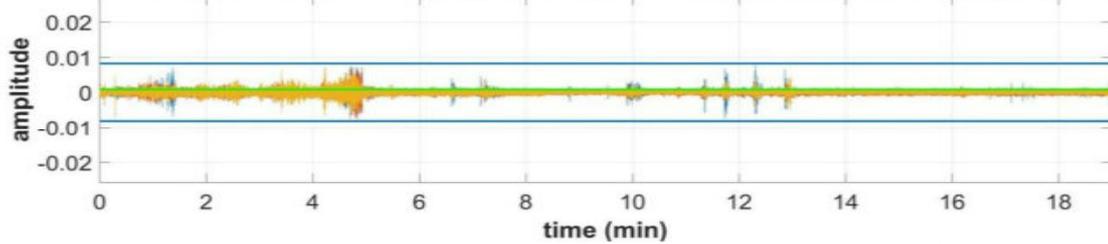
Figura 14. Curve HV medie per le 4 registrazioni eseguite: HV1 stazione di misura 1; HV2 stazione di misura 2.

Stazione HV1

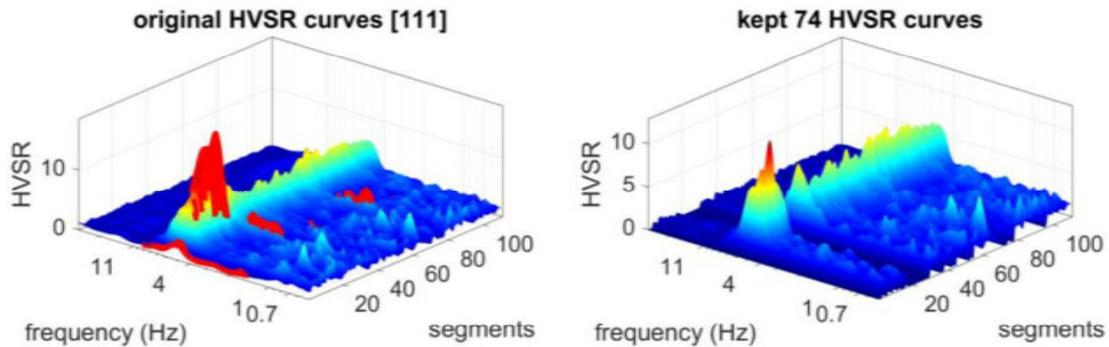
Data clearing: eventi di ampiezza anomala rispetto al segnale medio registrato solitamente hanno un'origine antropica (traffico stradale; passi in prossimità del sensore...). La rimozione di questi contributi indesiderati è operata in maniera semi-automatica impostando un valore di soglia valutato in base all'analisi visiva del segnale. Nella figura sono riportate le registrazioni per ciascun canale (UD; NS; EW), nel dominio tempo-ampiezza; nella figura in alto la registrazione completa, in basso il segnale residuo.



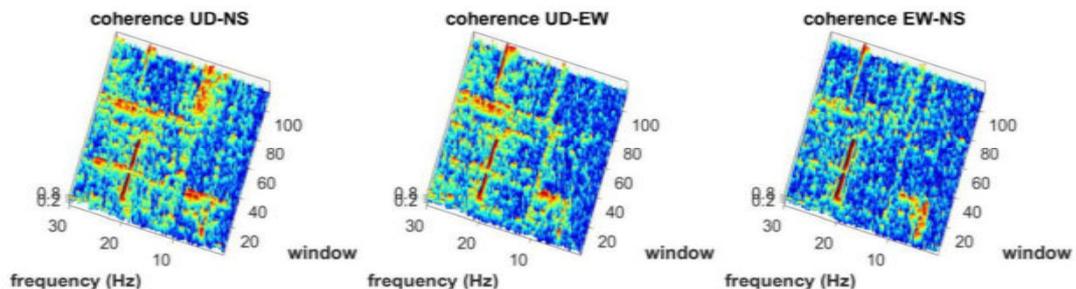
data: 18.9997 min (96% of the original data) [to modify the amount of kept data, change the "amplitude t

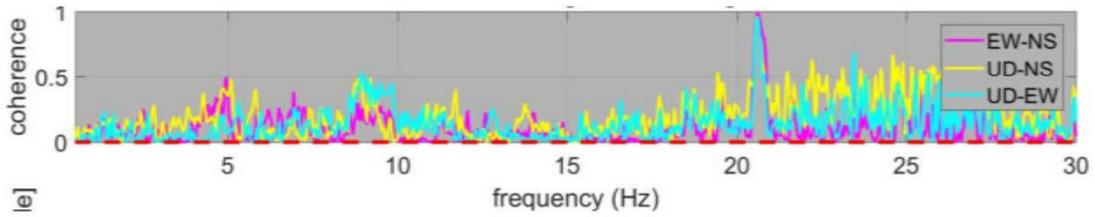


HV outliers: il tempo di registrazione viene suddiviso in intervalli di ampiezza uguale definita in funzione della frequenza del picco che si vuole verificare. Più bassa la frequenza del picco maggiore l'ampiezza della finestra. Per ciascuno di questi intervalli viene calcolata la curva HV e tutte le finestre in cui il valore di picco superi la soglia definita (solitamente 4-7), vengono rimosse.



Coerenza: funzione di coerenza tra i segnali registrati (a due a due). Quando i segnali dei tre canali vanno in coerenza (crescono tutti allo stesso modo), si può generare un picco HV che non ha però alcuna relazione con la realtà geologica, essendo invece di origine industriale. Nella prima immagine la coerenza è calcolata per tutte le finestre temporali in cui è stata suddivisa la registrazione, in quella sottostante è riportato il valore medio (nel tempo) per ciascuna frequenza.





Segnale medio e curva HV: segnali medi per i tre canali calcolati secondo i i parametri di filtraggio e smoothing visibili nel riquadro #step2-HV computation; curva HV (rapporto spettrale medio), e criteri SESAME (riportati a dx, in rosso se non soddisfatti), calcolati nell'intervallo di frequenze indicato dalle barrette rosse.

show current data reset

step#1 (optional) - decimate
 64 Hz new frequency resample

step#2 - HV computation

remove events both Rad. & clean axes

20 window length (s) 5 tapering (%) Min. freq.: 0.5 Hz

10 amplitude threshold test removal

175 HVSr threshold

15% spectral smoothing (triangular window)

6 detrending order HOLS/C-2 Hz

Particle motion, all HVSrs, time lapse and video

Full output

close windows quadratic mean compute

continuity 3D motion save video show 3D motion

directivity analysis
 frequencies to highlight: 1.0 5.0 10.0 Hz compute

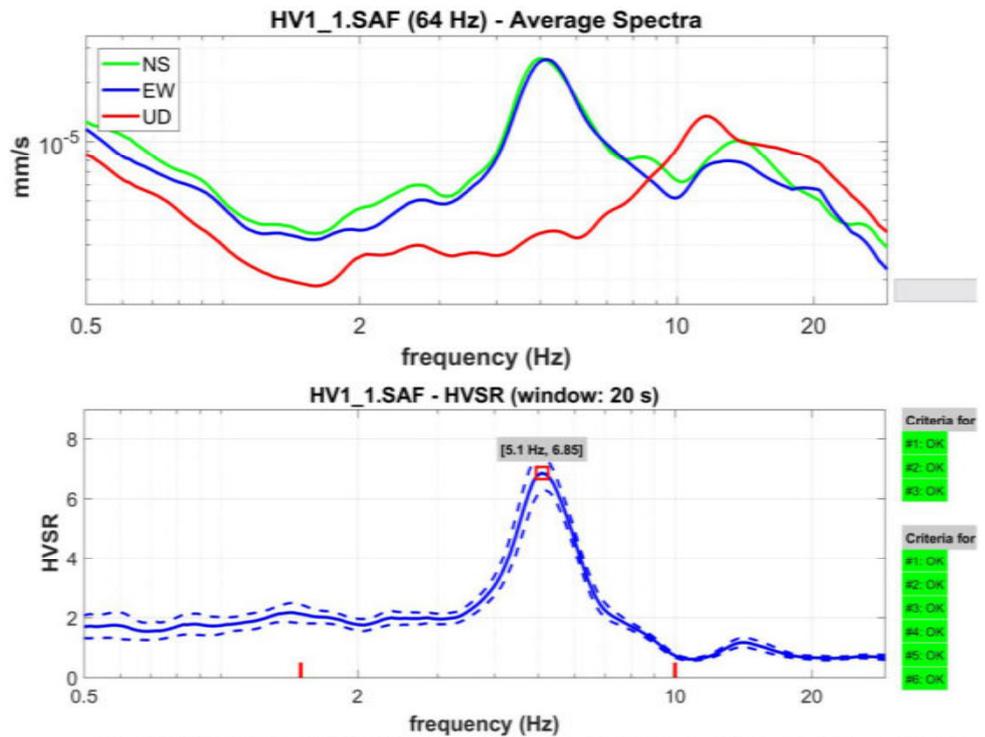
save-option#1: save HVSr as it is
 save HV from 0.5 to 30 Hz
 save HV curve (as it is)

picking HV or amplitude spectra
 HVSr pick data
 save picked HV compute

quick analysis (H-Vs/H)
 average Vs (m/s) (from surface to bedrock) 200
 depth of the bedrock 20
 Vs of the bedrock 1000
 clean compute

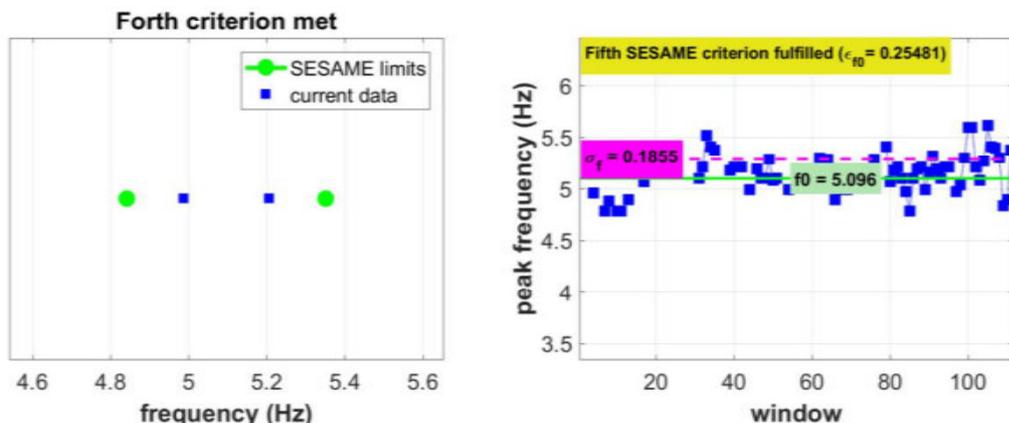
highlight a frequency
 draw highlight: 10 Hz upload HVSr curve

directivity over time
 directivity in time: time 120 s

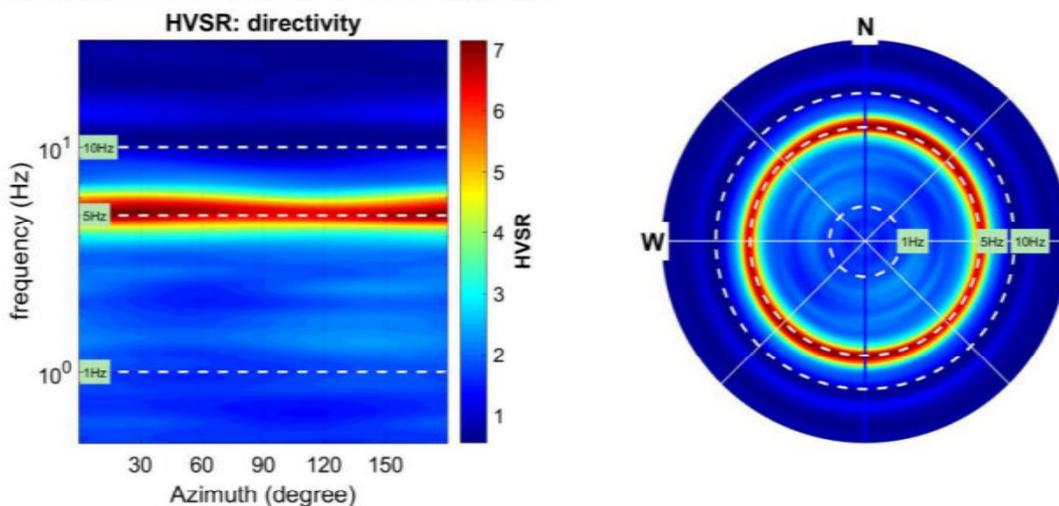


To model the HVSr (also jointly with MASW or ReMi/ESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrums, Modeling & Picking" panels and upload the s

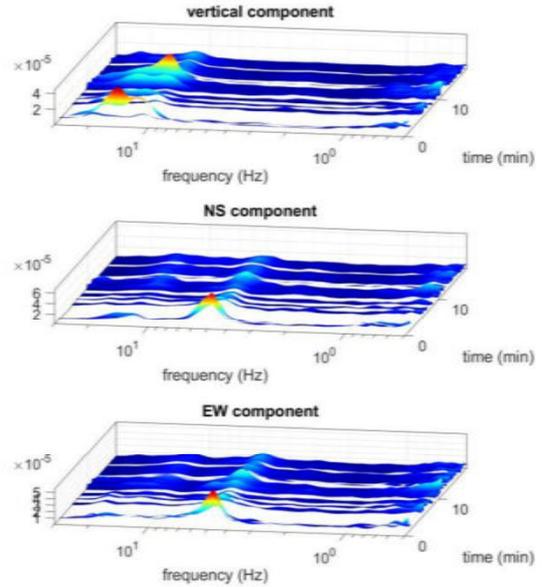
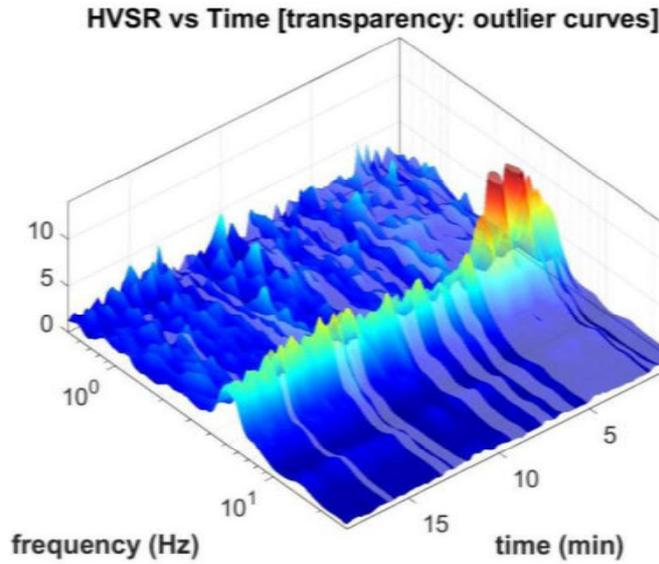
Criteri sesame 4 e 5: il criterio 5 valuta la deviazione standard della frequenza di picco, ed è solitamente il più difficile da verificare. Le misure possono essere considerate valide anche se non verificato, soprattutto in presenza di una dispersione poco elevata.



Direttività: verifica della direttività del segnale (grafico cartesiano e polare). Un picco di natura stratigrafica non è direzionato quindi deve avere apporto di segnale da tutte le direzioni. È ammessa una certa tolleranza, coperture inferiori a 300-330° sono generalmente da ritenere dubbie se non da scartare.

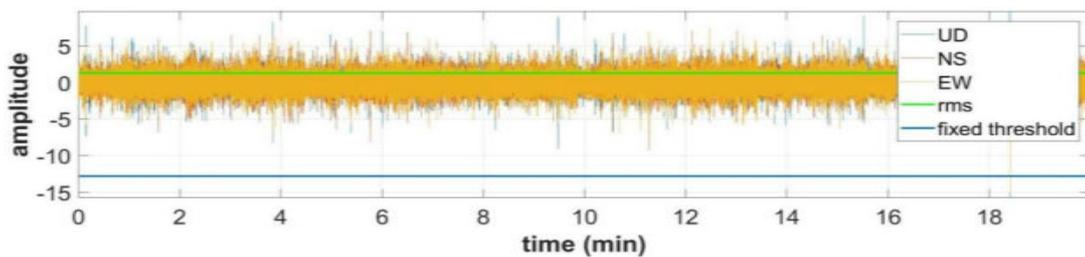


Persistenza: verifica della stazionarietà del segnale che per essere considerato di origine stratigrafica non può avere interruzioni temporali significative. A sinistra curve HV per ciascuna finestra temporale, a destra le singole componenti del moto. In trasparenza le finestre temporali rigettate per superamento di soglia.

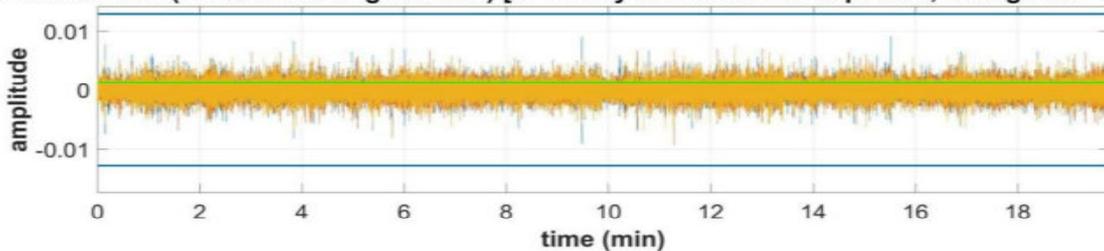


Stazione HV2

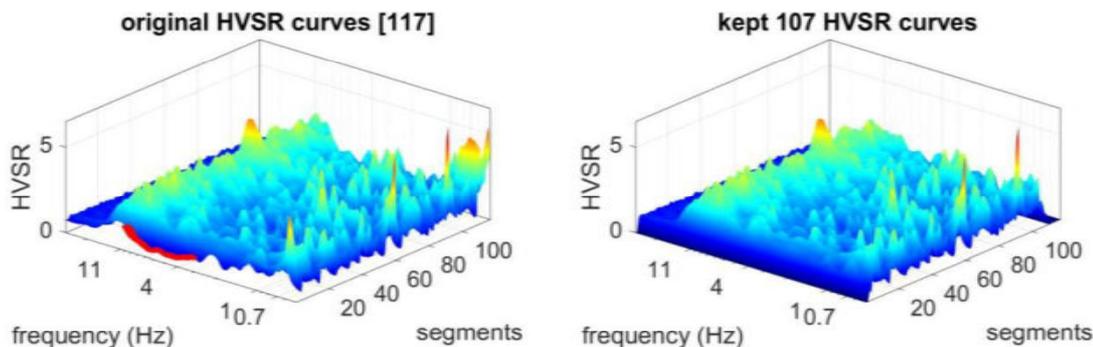
Data clearing: eventi di ampiezza anomala rispetto al segnale medio registrato solitamente hanno un'origine antropica (traffico stradale; passi in prossimità del sensore...). La rimozione di questi contributi indesiderati è operata in maniera semi-automatica impostando un valore di soglia valutato in base all'analisi visiva del segnale. Nella figura sono riportate le registrazioni per ciascun canale (UD; NS; EW), nel dominio tempo-ampiezza; nella figura in alto la registrazione completa, in basso il segnale residuo.



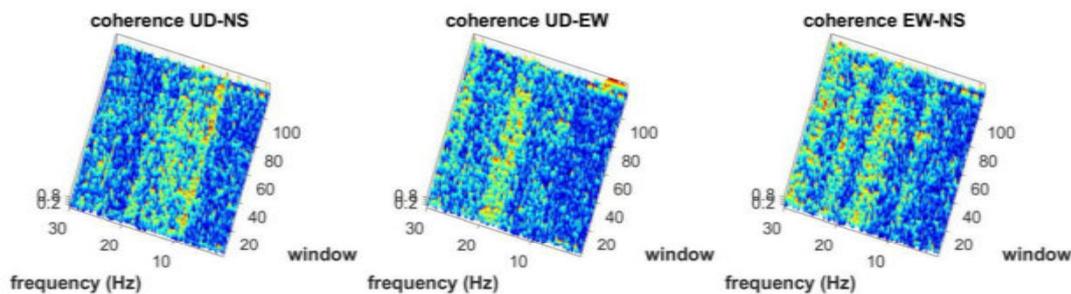
↓ data: 19.7997 min (100% of the original data) [to modify the amount of kept data, change the "amplitude

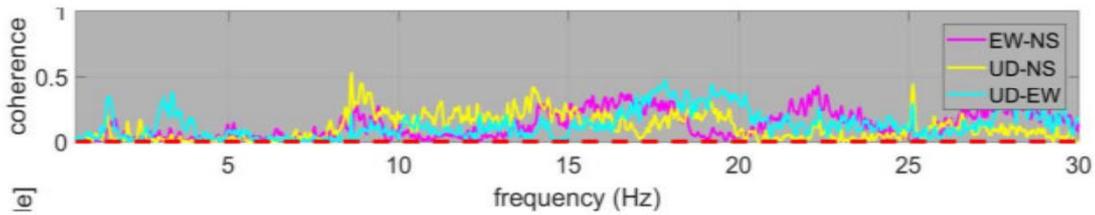


HV outliers: il tempo di registrazione viene suddiviso in intervalli di ampiezza uguale definita in funzione della frequenza del picco che si vuole verificare. Più bassa la frequenza del picco maggiore l'ampiezza della finestra. Per ciascuno di questi intervalli viene calcolata la curva HV e tutte le finestre in cui il valore di picco superi la soglia definita (solitamente 4-7), vengono rimosse

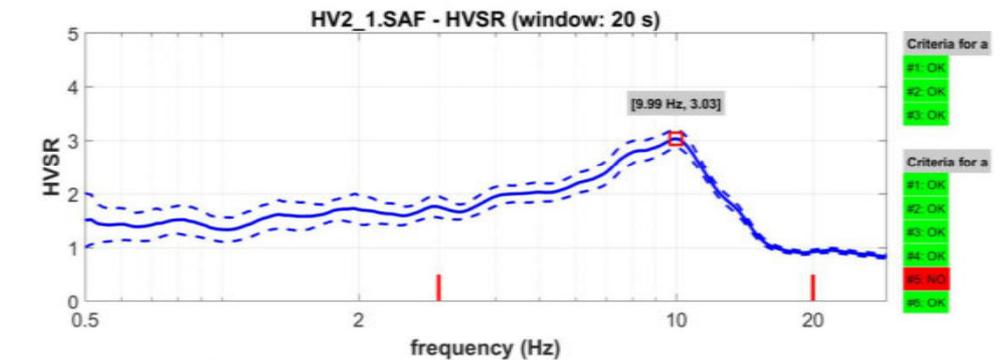
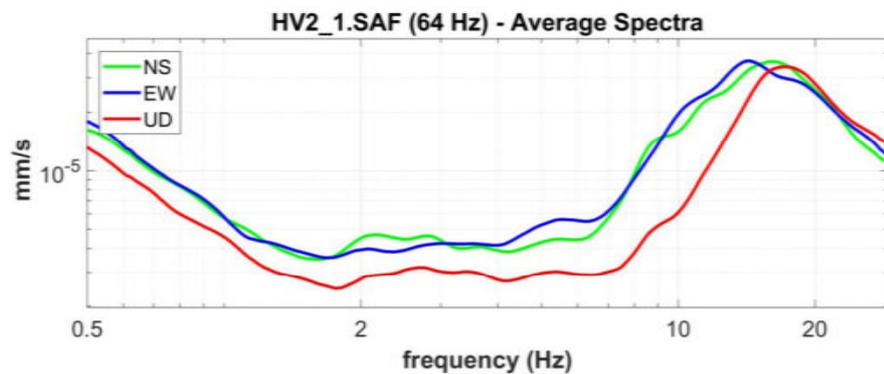


Coerenza: funzione di coerenza tra i segnali registrati (a due a due). Quando i segnali dei tre canali vanno in coerenza (crescono tutti allo stesso modo), si può generare un picco HV che non ha però alcuna relazione con la realtà geologica, essendo invece di origine industriale. Nella prima immagine la coerenza è calcolata per tutte le finestre temporali in cui è stata suddivisa la registrazione, in quella sottostante è riportato il valore medio (nel tempo) per ciascuna frequenza.



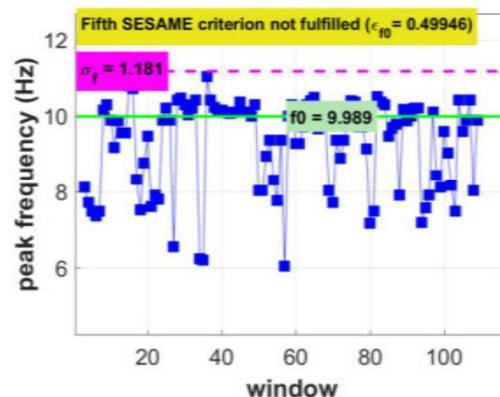
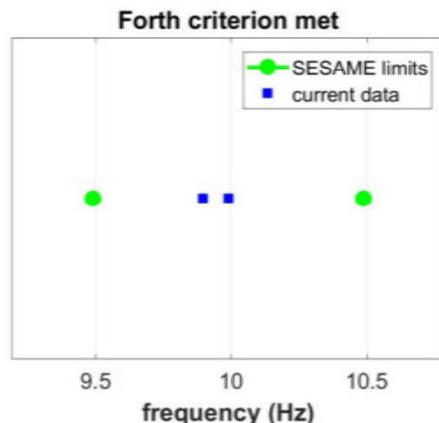


Segnale medio e curva HV: segnali medi per i tre canali calcolati secondo i parametri di filtraggio e smoothing visibili nel riquadro #step2-HV computation; curva HV (rapporto spettrale medio), e criteri SESAME (riportati a dx, in rosso se non soddisfatti), calcolati nell'intervallo di frequenze indicato dalle barrette rosse.

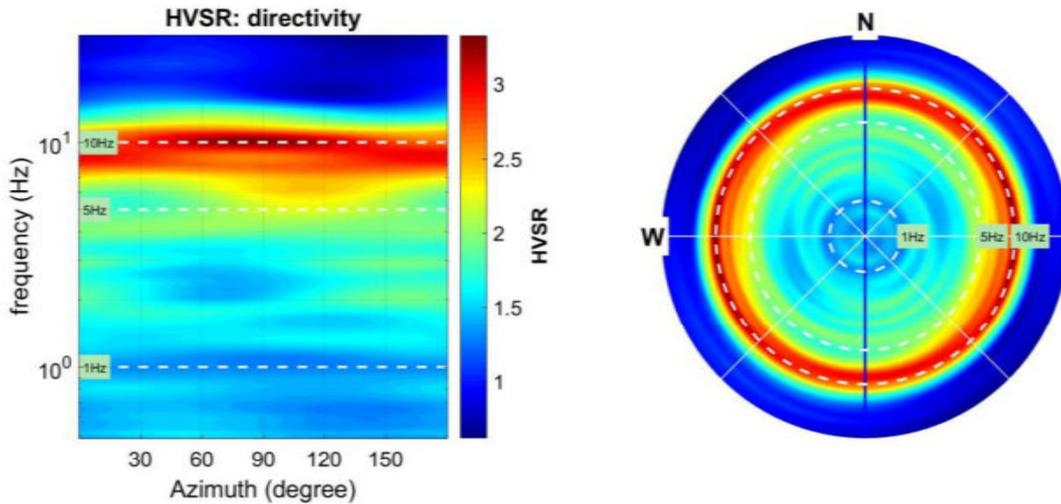


To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi/ESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrumia, Modeling & Picking" panels and upload the save

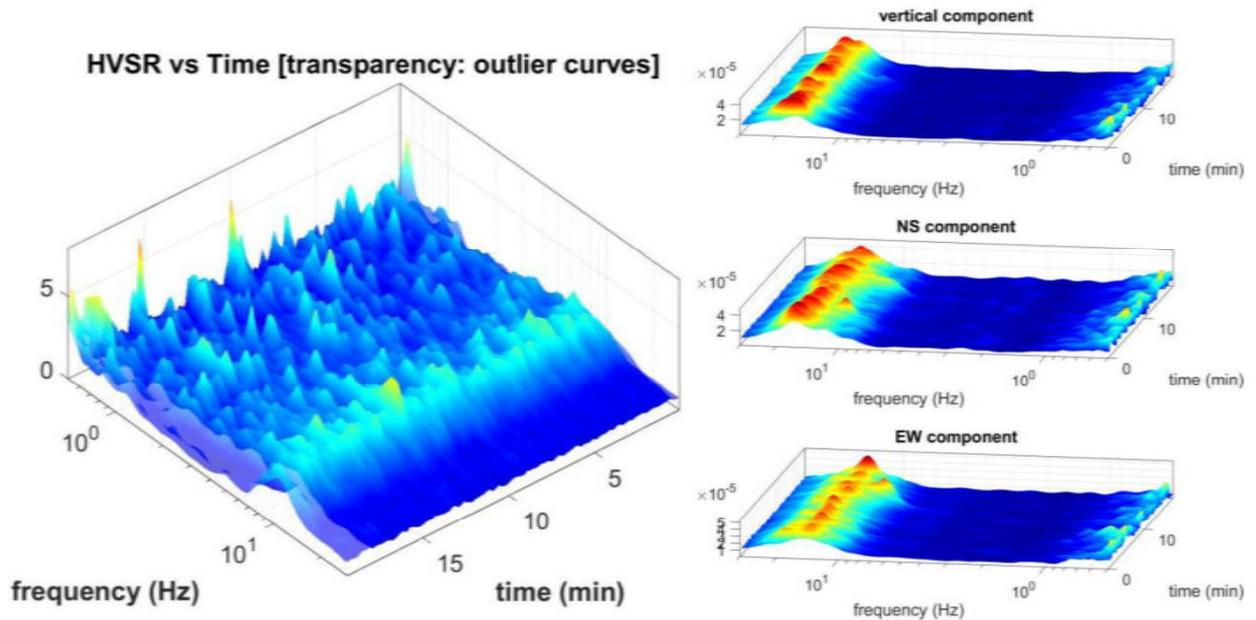
Criteri sesame 4 e 5: il criterio 5 valuta la deviazione standard della frequenza di picco, ed è solitamente il più difficile da verificare. Le misure possono essere considerate valide anche se non verificato, soprattutto in presenza di una dispersione poco elevata.



Direttività: verifica della direttività del segnale (grafico cartesiano e polare). Un picco di natura stratigrafica non è direzionato quindi deve avere apporto di segnale da tutte le direzioni. È ammessa una certa tolleranza, coperture inferiori a 300-330° sono generalmente da ritenere dubbie se non da scartare.



Persistenza: verifica della stazionarietà del segnale che per essere considerato di origine stratigrafica non può avere interruzioni temporali significative. A sinistra curve HV per ciascuna finestra temporale, a destra le singole componenti del moto. In trasparenza le finestre temporali rigettate per superamento di soglia.



11. PERICOLOSITA' SISMICA

I riferimenti legislativi relativi al terreno di fondazione sono dati dal recente D. M. 17/01/2018 “Norme tecniche per le costruzioni” (e relativa circolare applicativa n° 7 del 21/01/2019), nonché, in merito alla zonizzazione sismica del territorio, dalla D.G.R n° n° 216 del 17/03/2017.

Il D. M. 17/01/2018, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel §7.11.3.1. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento ed a tal fine lo stesso D. M. definisce cinque categorie di suolo principali (Tabella 4), discriminate in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio VS, oppure attraverso relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 4. Categorie di suolo principali, così come definite dal D. M. 17/01/2018.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Devono essere definite inoltre le condizioni topografiche, ossia la pendenza dell'area sulla quale sarà realizzato l'intervento e la sua morfologia; nel D. M. sono definite 4 condizioni topografiche, come indicato nella Tabella 5.

Per quanto riguarda invece le strutture che saranno realizzate, il D. M. prevede che ne venga definita la Vita Nominale (Vn), ossia il numero di anni nei quali l'opera, purché soggetta a manutenzione ordinaria, debba poter essere usata per lo scopo al quale è

destinata (Tabella 6), e la Classe d'Uso, definita in funzione dell'affollamento umano che ospiterà o della destinazione d'uso che avrà (Tabella 7).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media compresa tra $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$

Tabella 5. Categorie topografiche, così come definite dal D. M. 17/01/2018.

	Tipi di costruzioni	Vita nominale (Vn – in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o d'importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza	≥ 100

Tabella 6. Vita nominale delle opere strutturali, così come definite dal D. M. 17/01/2018.

Classe	Definizione
I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico; dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tabella 7. Classi delle opere strutturali, così come definite dal D. M. 17/01/2018.

Le forme spettrali, che definiscono la pericolosità sismica locale, previste dal D. M. 17/01/2018 sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

ag = accelerazione orizzontale massima del terreno;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_{c^*} = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento, sulla base del quale risulta suddiviso l'intero territorio nazionale, e per ciascuno dei periodi di ritorno TR considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

ag il valore previsto dalla pericolosità sismica,

F_0 e T_{c^*} i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dal D. M. scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Le forme spettrali previste dal D. M. 17/01/2018 sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento; a tal fine occorre fissare:

la vita di riferimento VR della costruzione (prodotto tra valore della Vita Nominale della struttura e Coefficiente d'uso della stessa, funzione della classe d'Uso),

le probabilità di superamento nella vita di riferimento (PVR) associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

1.1 Caratteristiche sismiche locali

Il territorio del Comune di Genova risulta inserito all'interno degli ambiti regionali classificati in zona sismica 3, associati ad una $P_{ga} = 0,15g$, secondo la nuova zonizzazione del territorio ligure (D.G.R n° 216 del 17/03/2017).

In base alle Norme Tecniche di cui al D. M. 17/01/2018 l'azione sismica di riferimento è definita per ogni sito sulla base delle sue coordinate; le zone sismiche hanno significato da un punto di vista amministrativo.

In funzione delle prospezioni sismiche svolte presso il comparto in oggetto, con particolare riferimento ai profili di Vs ottenuti dall'indagine sismica a riflessione e dai punti di campionamento di microtremore sismico, è possibile classificare il suolo di fondazione all'interno della categoria "E": "Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m".

La categoria del suolo di fondazione e le condizioni topografiche dell'area oggetto d'intervento sono riportate in Tabella 8.

Sito	Cat. Suolo	Cond. Top.
I	E	T1

Tabella 8. Categoria di suolo di fondazione e condizioni topografiche della stessa area.

Sulla scorta dei di tutte le valutazioni effettuate in precedenza è possibile determinare per ciascuno stato limite considerato i rispettivi valori del tempo di ritorno (TR), di accelerazione massima al suolo (a_g), di valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F0) e del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T_c^*), come riportato in Tabella 9.

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	a_g [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.023	2.539	0.181
S.L.D.	50.0	0.030	2.529	0.207
S.L.V.	475.0	0.067	2.540	0.288
S.L.C.	975.0	0.086	2.539	0.297

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50 anni

Tabella 9. Valori dei parametri sismici ricavati per ogni stato limite considerato (SLO: Stato Limite di Operatività; SLD: Stato Limite di Danno; SLV: Stato Limite di Vulnerabilità; SLC: Stato limite di Collasso).

1.2 Considerazioni relative al fenomeno della liquefazione dei terreni

La vigente normativa tecnica per il progetto di opere di fondazione e di sostegno dei terreni soggette ad azioni sismiche richiede che, in fase di scelta della localizzazione del sito di costruzione, sia accertato che i terreni di fondazione in esso presenti siano esenti da pericolo di liquefazione, cioè diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative e conseguente possibile collasso delle strutture.

Le fattispecie e le età dei sedimenti presenti presso l'area di indagine e soprattutto i dati derivanti dalle indagini dirette e sismiche (VsEQ registrata e relativa categoria di suolo) porterebbero portare ad escludere tale verifica.

Si ritiene, tuttavia, corretto proporre una verifica preliminare del potenziale di liquefazione dei terreni basato sul metodo presentato da Kayen et al. (2013), basato sulla normalizzazione dei dati di Vs acquisiti.

Considerando una Magnitudo Momento di riferimento $M_w = 6.48$ per Lat. $44^\circ 18'$; Lon. $10^\circ 28'$ (dati: CPTI04 - maggio 2004 dell'INGV), è stato calcolato il coefficiente di sicurezza (previa una "normalizzazione" dei dati ottenuti per riportarli alla magnitudo di riferimento).

La velocità delle onde sismiche viene ricondotta ad un valore V_{s1} , ovvero ad un valore normalizzato ad una tensione efficace $p_a = 100$ kPa attraverso la relazione:

$$V_{s1} = CV \cdot V_s = V_s \cdot (p_a / \sigma'_{v0})^{0.25}$$

Tale formulazione, considerando il livello a minor Vs registrata, ovvero pari a 250 m/sec nei primi orizzonti a partire dal p.c., ha portato ad un calcolo della $V_{s1} = 303,50$ m/s.

Il valore ottenuto, relazionato al grafico risultante riportato nella seguente Figura 15, dimostra come non sia riscontrabile un potenziale rischio di liquefazione nei terreni di fondazione.

Tuttavia, nelle fasi di accertamento propedeutiche alle progettazioni definitivo-esecutive dei diversi stralci funzionali, sarà comunque necessario prevedere l'esecuzione di prove di maggior dettaglio mirate nello specifico a tali valutazioni, con particolare riferimento a prove dirette di tipo C.P.T. e prove cicliche di laboratorio.

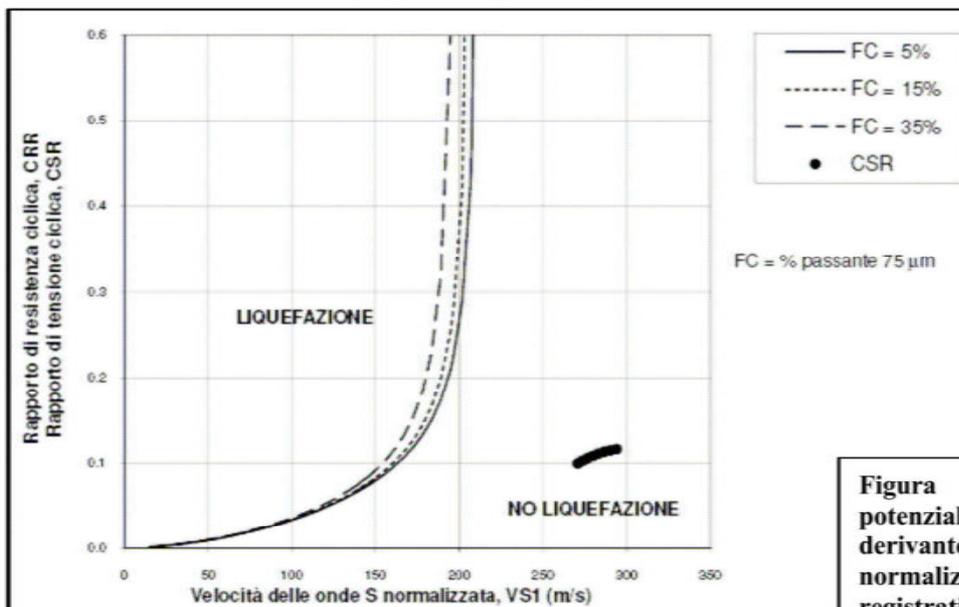


Figura 15. Valutazione del potenziale di liquefazione derivante dall'acquisizione e normalizzazione dei valori di V_s registrati.

12. MICROZONAZIONE SISMICA

Come imposto dalla Norme Geologiche a corredo del P.U.C. a riguardo delle indagini da svolgere in prospettiva della redazione di un P.U.O., è stato necessario provvedere alla microzonazione sismica di II livello del comparto in esame, poiché classificato per quasi la sua totalità come “suscettibile di amplificazione locale” dalla “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica”; i risultati sono riassunti nelle seguenti carte tematiche:

- Carta di Microzonazione Sismica (Tavola 1);
- Carta di Analisi (Tavola 2);
- Carta di Sintesi (Tavola 3).

12.1 Carta di Microzonazione sismica

La Carta di Microzonazione Sismica ha lo scopo di distinguere aree omogenee dal punto di vista del comportamento sismico attraverso la quantificazione della variazione del moto sismico in superficie (fattore di amplificazione litostratigrafico).

Il moto sismico in superficie è determinato dal prodotto di convoluzione tra la cosiddetta “funzione di trasferimento” e l'input sismico previsto ad un substrato rigido che fa da base ad orizzonti di materiale più “soffice”. Le “funzioni di trasferimento” sono invece le modifiche, in termini di frequenza ed ampiezza, subite dal segnale sismico a causa

dell'attraversamento di coperture “soffici” sovrapposti ad un substrato rigido. Il rapporto tra lo spettro del moto in superficie e quello del moto al bedrock permetterà di determinare il fattore di amplificazione per tutto il range spettrale o per bande di frequenze.

I fattori di amplificazione degli spettri elastici in superficie, derivati da rapporti spettrali espressi in termini di accelerazione (FA) o come rapporto tra spettri di velocità del moto del suolo (FV), sono stati derivati dalle tabelle allegate al paragrafo 3.2.4 degli ICMS, Parte III, utilizzando come dati di ingresso quelli derivati dalle indagini geognostiche e geofisiche svolte nel sito di interesse.

Come riportato dalla DGR n.962 del 23 novembre 2018, il valore di input sismico massimo atteso nella regione Liguria per le zone 3 è pari a 0.15 g (D.G.R. n.1362/2010): di conseguenza per le medesime zone è possibile utilizzare gli abachi nazionali riferiti al livello energetico di 0.18 g (vedi § 3.2.4 degli ICMS, Parte III).

Nell'area di interesse per il P.U.O. sono state distinte, oltre alla zona stabile (Microzona omogenea 1, avente FA ed FV = 1), altre tre microzone (Microzona omogenea 2, Microzona omogenea 3, Microzona omogenea 4) classificate come “stabili suscettibili di amplificazione locale” dalla “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica”, i cui fattori di amplificazione (FA e FV) sono riportati nella tabella seguente (Tabella 10):

	Microzona 2	Microzona 3	Microzona 4
FA	1,38	1,85	1,97
FV	1,05	1,14	1,45
V _{sH} (m/s)	400	300	300
Profilo di velocità	Lineare pendenza intermedia	Lineare pendenza intermedia	Lineare pendenza intermedia
Tipologia di terreno	Ghiaia	Sabbia	Sabbia
Spessore delle coperture (m)	10	10	15

Tabella 10. Dati utilizzati per ricavare i valori di FA e FV nelle Microzone 2, 3 e 4.

12.2 Carta di analisi

Utilizzando i risultati delle indagini geognostiche (sondaggi, prove SPT) e geofisiche (sismica a riflessione, tecnica dei microtremori), la cui ubicazione è segnalata nella Tavola 2, nella Carta di Analisi sono state individuate quattro subaree (Subarea 1, Subarea 2, Subarea 3, Subarea 4) distinte in base a caratteristiche geologico-tecniche omogenee, basate sulla suddivisione della Carta di Microzonazione.

12.3 Carta di sintesi

Nella Carta di Sintesi sono stati individuati quattro aree (Area A, Area B, Area C, Area D) in funzione delle loro diverse caratteristiche geologiche-tecniche ed idrogeologiche, riassumendo le problematiche sismiche connesse agli effetti di sito, in accordo con quanto previsto dalla Circolare Regionale n° 4551/1989. In questa carta è stato rappresentato inoltre un piano delle eventuali indagini necessarie da svolgere in futuro in relazione alle problematiche individuate, per completare il quadro conoscitivo in merito ai parametri stratigrafici, geotecnici, sismici, idrogeologici e geochimici dell'area in esame. Per meglio far comprendere la campagna geognostica che si intende proporre ad integrazione di quanto già svolto, la carta di Sintesi è impostata sulla configurazione di proposta di PUO avanzata. Si è optato per un raffittimento dei sondaggi su tutti i comparti, ad eccezione del lotto 2.4 sul quale sono stati svolti n. 3 sondaggi nella campagna 2018 del Comune di Genova, in quanto la proposta avanzata prevede sostanzialmente su tutte le aree la realizzazione di volumi interrati. Cinque dei sondaggi proposti verranno attrezzati con tubo piezometrico per la verifica della soggiacenza della falda e per la ricostruzione delle linee isofreatiche. Gli stessi saranno oggetto di prove di permeabilità di tipo Lefranc al fine di dettagliare ulteriormente le condizioni di permeabilità dei diversi terreni; in ultimo, ogni sondaggio ospiterà prove dirette in foro (SPT) ed il prelievo di campioni (dove possibile indisturbati) da sottoporre ad indagini geotecniche di laboratorio. Sono state poi inserite n. 2 stese sismiche a riflessione in onde S, in grado di rendere al meglio la precisa stratigrafia degli orizzonti presenti in situ e le geometrie degli orizzonti (eventuali presenze di inversioni); la lunghezza nominale minima di queste prospezioni sarà compresa tra i 200 e i 250 m. A completamento della campagna di indagini proposta sono stati indicati n. 11 punti di acquisizione tomografica per la verifica delle frequenze caratteristiche di sito e a maggiore implementazione della caratterizzazione sismica di sito.

In particolare le aree individuate in cartografia presentano le seguenti caratteristiche:

- Area A: zone a suscettività al dissesto da bassa a media (si veda Figura 1 - Carta della Suscettività al dissesto) in contesto di roccia affiorante/sub-affiorante, caratterizzato da permeabilità prevalente di tipo secondario;
- Area B: zone a suscettività al dissesto da molto bassa a bassa, stratigraficamente impostate su terreni alluvionali scheletro portanti (classe delle ghiaie maggiormente rappresentata), caratterizzata da condizioni di permeabilità primaria da media a elevata; il substrato è mediamente reperibile a circa 10 m di profondità;
- Area C: zone a suscettività al dissesto bassa, stratigraficamente impostate su terreni di riporto la cui moda sedimentaria vede la predominanza di sabbie limose con locali trovanti a spigoli vivi derivanti da attività di demolizione, caratterizzati da condizioni di permeabilità primaria mediocre; il substrato è mediamente reperibile a circa 10 m di profondità;
- Area D: zone a suscettività al dissesto bassa, stratigraficamente impostate su terreni di riporto la cui moda sedimentaria vede la predominanza di sabbie limose con locali trovanti a spigoli vivi derivanti da attività di demolizione, caratterizzate da condizioni di permeabilità primaria mediocre; il substrato è mediamente reperibile a partire da 15 m di profondità.

13. ANALISI CHIMICHE E CONFRONTO CON CSC

In occasione degli studi geologici a corredo del progetto definitivo di realizzazione del canale del nuovo Waterfront di Levante, sono state campionate le matrici ambientali di ambito, al fine di sottoporle ad analisi chimiche di laboratorio per la loro caratterizzazione ambientale.

Le analisi svolte hanno avuto, in particolare, lo scopo di determinare il contenuto in eventuali metalli pesanti, idrocarburi, BTEX ed IPA, da confrontare con i valori di Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC) contenuti nella normativa di riferimento, a cui si rimanda nei paragrafi successivi.

Su alcuni campioni di terreno sono stati effettuati test di cessione in acqua deionizzata, per poter definire la capacità di cessione di elementi inquinanti da parte del terreno di riporto e, al contempo, di escludere rischi di contaminazione delle acque sotterranee.

Di seguito vengono riportati i risultati principali.

13.1 Analisi su terreno

Il contenuto degli elementi e delle sostanze chimiche analizzate nei campioni, prelevati ad una profondità variabile tra 0,2 e 7 m, è stato confrontato con i valori riportati nelle Tabelle 1 A e 1 B riportati nell'allegato 5 del D.Lgs. 152/06 Parte Quarta Titolo V, che definiscono la Concentrazione Soglia di Contaminazione del suolo e del sottosuolo, rispettivamente per i siti destinati ad uso verde pubblico, privato e residenziale, e per i siti ad uso commerciale ed industriale.

Dal confronto è emerso che alcuni elementi e sostanze chimiche presentano concentrazioni superiori alle CSC riportate dalla Tabella 1A (tuttavia alcuni valori sono compresi nel limite di errore), ma non quelli della Tabella 1B.

Tali sostanze riguardano principalmente **idrocarburi** ed elementi quali **mercurio, zinco, piombo e rame** (S2, S4, S5, S6pz, Pz7, Pz8, S9, Pz1, S10pz).

Relativamente alla matrice terreno, è possibile, quindi, affermare, in base ai dati ambientali disponibili per il comparto, che le porzioni di ambito destinate ad attività di tipo commerciale potrebbero essere attuate senza procedere a fasi successive di caratterizzazione e analisi si rischio; diversamente, per quanto attiene le destinazioni assimilate alla tipologia residenziale, nelle fasi successive di attuazione delle previsioni di P.U.O. si dovrà procedere ad un maggior dettaglio di caratterizzazione e verifica dello stato chimico dei terreni rispetto ai valori di CRS previsti da normativa e alla eventuale pianificazione di interventi di confinamento dei livelli contaminati o attività di bonifica. Ovviamente, per tutti gli stralci di attuazione futura (anche per quelli compatibili con le destinazioni di cui alla Tab. 1B), saranno comunque previsti accertamenti ambientali in associazione a quelli di carattere geotecnico.

13.2 Analisi su acque sotterranee – Test di cessione

Come previsto dal D.P.R. n. 120/2017, poiché in tutto il comparto in esame sono presenti orizzonti di terreno di riporto, sono stati effettuati anche test di cessione (ai sensi del D.M. 5 febbraio 1998) in campioni prelevati a profondità variabile tra 0,2 e 2,5 m, al fine di accertare il rispetto delle CSC delle acque sotterranee.

I testi di cessione hanno evidenziato superi di alcuni elementi rispetto a quanto previsto dalla Tab. 2 del D.Lgs. 152/06 Parte Quarta Titolo V Allegato 5, che indica i valori di CSC per le acque sotterranee. In particolare sono presenti superi, talvolta importanti, di

alluminio (S6pz, S10pz, pz1), **antimonio** (S3), **Cromo VI** (S6pz, S10pz) e **mercurio** (Pz1). Per maggiori dettagli, si rimanda ai rapporti ambientali commissionati dal Comune di Genova.

In accordo al D.L. 25 gennaio 2012 n. 2, i terreni di riporto sono quindi da considerarsi “fonte di contaminazione”.

Dai testi eseguiti, in funzione dei limiti inclusi nell'allegato III Reg. (UE) 1357/2014, nell'allegato I Reg. (UE) 1342/2014, nonché dei limiti contenuti nel D.M. 27.9.2010 Tab. 2 e 5, i prodotti derivanti dalle attività di scavo rientrano nella definizione dei “rifiuti speciali non pericolosi” (Tabella 5) per via dei diffusi superi evidenziati nelle concentrazioni di mercurio (0,006 mg/l invece di 0,001 mg/l) e antimonio (0,024 invece di 0,006), rispetto alla Tabella 2 del D.M. 27/06/2010 per l'eluato.

13.3 Analisi su acque sotterranee libere in piezometro

Le analisi delle acque sotterranee libere prelevate nei piezometri installati nei sondaggi S6pz e S10pz evidenziano che sussistono superi in **manganese, ferro, solfati e benzoapirene** (quest'ultimo, tuttavia, contenuto nei margini dell'errore analitico), rispetto alla Tab. 2 del D.Lgs. 152/06 Parte Quarta Titolo V Allegato 5 contenenti le CSC per le acque sotterranee.

Nello studio di fattibilità ambientale propedeutico alla costruzione del Canale del Nuovo Waterfront di Levante si suggerisce che il limite legislativo non sia applicabile né ai solfati, poiché l'acqua campionata all'interno dei piezometri è acqua marina (come evidente dai valori di conducibilità e di concentrazione di cloruri), né al contenuto di manganese.

14. ANALISI DEL RAPPORTO DI PERMEABILITA'

La configurazione proposta all'interno del Progetto Urbanistico Operativo, secondo le norme di cui allo strumento urbanistico comunale, rientra nella casistica delle “nuove costruzioni”.

La normativa stessa prevede per questa fattispecie quanto segue:

“Per tutti gli Ambiti Urbanistici e per i Distretti, fatte salve specifiche prescrizioni di cui alle Norme di Conformità e Congruenza, gli interventi di sostituzione edilizia, di nuova

costruzione o di sistemazione superficiale degli spazi liberi di cui all'art. 13), comma 4, lett. e) delle Norme Generali del PUC, devono garantire il mantenimento e/o il miglioramento dell'efficienza idraulica attraverso la messa in atto di misure di mitigazione tali da non aumentare, nell'areale di influenza considerato, l'entità delle acque di deflusso superficiale e sotterraneo rispetto alle condizioni precedenti all'intervento stesso e pertanto gli interventi vengono subordinati all'esecuzione di specifici accorgimenti tecnici e modalità costruttive che favoriscano, in via preferenziale, l'infiltrazione delle acque meteoriche nel terreno e qualora necessario prevedano l'immagazzinamento temporaneo delle acque e il lento rilascio dei deflussi nei corpi ricettori. Negli ambiti intensamente urbanizzati, la realizzazione di un intervento edilizio delle tipologie soprarichiamate deve inoltre costituire occasione di miglioramento dell'efficienza idraulica del lotto o della porzione di bacino interessato".

Al fine, quindi, di garantire il miglioramento dell'efficienza idraulica e idrogeologica del contesto in oggetto è stato eseguito un preciso calcolo relativo alle diverse superfici presenti all'interno dell'intero lotto, suddivise per tipologia e attuale gestione; la stessa valutazione è stata poi svolta in funzione delle previsioni di progetto.

A tal proposito, per maggiori dettagli, si vedano le tavole progettuali:

CALCOLO DELLE SUPERFICI – AMBITO DELLA FOCE_STATO ATTUALE

Lotto complessivo: 118.997 m²

- *Pavimento in asfalto o cls:* **61.783,40 m²**
- *Coperture discontinue (tegole in laterizio o simile):* **31.664,60 m²**
- *Coperture metalliche con inclinazione < 3°:* **25.549,00 m²**

CALCOLO DELLE SUPERFICI – AMBITO DELLA FOCE_PROPOSTA DI P.U.O.

Lotto complessivo: 118.997 m²

- *Pavimento in asfalto o cls:* **57.797,60 m²**
- *Corsi e specchi d'acqua, stagni, bacini di accumulo e filtrazione con fondo naturale:* **18.052,00 m²**
- *Coperture metalliche con inclinazione < 3°:* **25.549,00 m²**
- *Copertura a verde pensile di volumi interrati a terreno naturale con spessore medio > 50 cm con inclinazione massima 12°:* **8.216,40 m²**

- Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato medio $35 < s < 50$ cm con inclinazione massima 12° : **9.382,00 m²**

Mediante il foglio di calcolo specifico, messo a disposizione dal Comune di Genova, è possibile procedere alla definizione quantitativa del Rapporto di Permeabilità sia per lo stato attuale sia per lo stato di progetto, verificandone la congruenza e la necessità o meno di un sistema di compensazione; in export è possibile, inoltre, ottenere anche il *dimensionamento* della vasca di compensazione stessa.

Il format predisposto tiene conto di svariate tipologie di superficie, per le quali sono definiti diversi Coefficienti di Deflusso e, attraverso loro normalizzazione, quantifica le *Superfici Permeabili Equivalenti* ed il *Rapporto di Permeabilità* (in stato attuale e di progetto).

STATO ATTUALE		RAPPORTO PERMEABILITA' ATTUALE $R_p = 10\%$	
TIPOLOGIA DI SUPERFICIE (STATO ATTUALE)		SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE	
		Cd RIF.	Cd CALC.
Pavimento in asfalto o c/c	61783.4 m ²	$\Psi = 0.90$	$\Psi' =$
Coperture discontinue (tegole in laterizio o simile)	31664.6 m ²	$\Psi = 0.90$	$\Psi' =$
Coperture metalliche con inclinazione < 3°	25549.0 m ²	$\Psi = 0.90$	$\Psi' =$
Coperture continue con finiture in materiali sigillanti (terrazze, lastrici solari, superfici poste sopra a volumi interrati) con inclinazione < 3°	m ²	$\Psi = 0.85$	$\Psi' =$
Pavimentazioni in cubetti o pietre a lastre a fuga sigillata	m ²	$\Psi = 0.80$	$\Psi' =$
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	m ²	$\Psi = 0.10$	$\Psi' =$
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	m ²	$\Psi = 0.10$	$\Psi' =$
SUPERFICIE RIFERIMENTO S_r Stato Attuale	118997.0 m²		
			TOTALE S_{pe} 11899.7 m²

STATO DI PROGETTO		RAPPORTO PERMEABILITA' PROGETTO $R_p = 32\%$		R_p Equiv. x ritenzione 70%		
TIPOLOGIA DI SUPEFICIE (STATO DI PROGETTO)	SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE		Cd RIF.	Cd CALC.	Spe	PORTATE ADDOTTE IN VASCA
	SUPERFICIE RIFERIMENTO S_r Progetto	SUPERFICIE ADDOTTE IN VASCA				
Pavimento in asfalto o cls	57797.6 m ²	50600.0 m ²	$\Psi = 0.90$	$\Psi' =$	Spe = 5779.8 m ²	Q = 1518.00 l/s
Corsi e specchi d'acqua, stagni, bacini di accumulo e filtrazione con fondo naturale	18052.0 m ²	0.0 m ²	$\Psi = 0.10$	$\Psi' =$	Spe = 16246.8 m ²	Q = 0.00 l/s
Coperture metalliche con inclinazione < 3°	25549.0 m ²	0.0 m ²	$\Psi = 0.90$	$\Psi' =$	Spe = 2554.9 m ²	Q = 0.00 l/s
Copertura a verde pensile su volumi esistenti a terreno naturale con spessore medio > 50 cm con Inclinazione max 12°(Sistema a tre strati - Filtro e dreno a norma UNI 11235/2007 e terreno naturale non caratteristico da	8216.4 m ²	0.0 m ²	$\Psi = 0.30$	$\Psi' =$	Spe = 5751.5 m ²	Q = 0.00 l/s
Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato medio 35 < s < 50 cm con Inclinazione max 12°(Sistema a tre strati - UNI 11235/2007)	9382.0 m ²	0.0 m ²	$\Psi = 0.20$	$\Psi' =$	Spe = 7505.6 m ²	Q = 0.00 l/s
Corsi e specchi d'acqua, vasche, bacini di accumulo con fondo impermeabile	0.0 m ²	0.0 m ²	$\Psi = 1.00$	$\Psi' =$	Spe = 0.0 m ²	Q = 0.00 l/s
Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato U del terreno naturale medio > 50 cm con Inclinazione max 12°(Sistema a tre strati - UNI 11235/2007 e terreno naturale con caratteristico nicamente riferenti alla cubotta	0.0 m ²	0.0 m ²	$\Psi = 0.10$	$\Psi' =$	Spe = 0.0 m ²	Q = 0.00 l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	0.0 m ²	0.0 m ²	$\Psi = 0.10$	$\Psi' =$	Spe = 0.0 m ²	Q = 0.00 l/s
Coperture continue con finiture in materiali sigillanti (terrazze, lastrici solari, superfici poste sopra a volumi interrati) con inclinazione > 3°	0.0 m ²	0.0 m ²	$\Psi = 0.90$	$\Psi' =$	Spe = 0.0 m ²	Q = 0.00 l/s
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	0.0 m ²	0.0 m ²	$\Psi = 0.10$	$\Psi' =$	Spe = 0.0 m ²	Q = 0.00 l/s
SUPERFICIE RIFERIMENTO S_r Progetto	118997.0 m²	50600.0 m²			TOTALE Spe 37838.5 m²	$Q_p = 1518.00$ l/s
VERIFICA S_r Attuale = Progetto	OK!					

VERIFICHE STANDARD RICHIESTI :	Rp o Rp Equivalente Minimo da Garantire 70%	VERIFICA Rp e MIGLIORAMENTO OK!	VASCA COMPENSAZIONE RICHIESTA SI
---------------------------------------	--	--	---

SCARICO CONCESSO E PORTATA DA LAMINARE	CALCOLO DEL VOLUME DELLA VASCA DI LAMINAZIONE
Qscarico 101.20 l/s	
Portata da laminare 1416.80 l/s	Ritardo da conseguire 30 min. V vasca = 2550240 litri 2550.2 m ³

La proposta progettuale vede una riduzione delle superfici quasi del tutto impermeabili (in particolare, quelle riferite alle pavimentazioni in asfalto/cls), in favore della creazione dei canali navigabili interni al perimetro e delle rifiniture a verde dei lotti situati a Nord, al di sotto dei quali è prevista la realizzazione di autorimesse interrato.

I nuovi volumi a progetto presenteranno delle coperture rifinite con verde pensile e verranno dotati di apposito sistema di captazione interamente collettato, in grado di conferire le acque meteoriche incidenti direttamente in mare, in particolare presso i canali interni previsti.

Nonostante la nuova configurazione proposta, il rapporto di permeabilità sale dal 10% della configurazione attuale ad un valore pari al 32%.

Al fine di tragaruardare il raggiungimento della soglia di Rapporto di Permeabilità minima del 70%, nella colonna di calcolo dello Stato di Progetto, relativamente alle superfici da addurre in vasca, è stata considerata la superficie minima di nuova viabilità comunale pertinenziale (rifinita, per necessità di percorrenza ai mezzi pesanti, in asfalto) necessaria al raggiungimento della citata soglia del 70%.

Il calcolo effettuato comporta, quindi, la necessità di prevedere volumi di laminazione all'interno dell'ambito di P.U.O. pari a 2.550,20 m³.

Tali volumetrie potranno venire reperite sfruttando vespai realizzati sotto i camminamenti e i diversi sezionamenti della rete di acque bianche. Si rimanda, comunque, alle fasi di progettazione successiva la miglior definizione in grado di garantire il fabbisogno di compensazione calcolato.

Non si esclude, nel momento in cui verranno approntate le future fasi di progettazione, che gli edifici a progetto possano essere dotate a loro volta di un effettivo sistema di ritenzione delle acque piovane, possibilmente a fini ambientali di ricircolo delle acque stesse nei sistemi di razionalizzazione relativi alle diverse tipologie di uso della risorsa idrica (doppia linea, in particolare per gli scarichi, ecc...).

In ragione del calcolo sopra riportato, si ritiene che le nelle valutazioni attuative dei diversi stralci compresi nel perimetro del P.U.O. in oggetto dovranno essere considerate aree da destinare al posizionamento di sistemi di compensazione nelle modalità e nelle tipologie ritenute più consone, considerando, tuttavia, la sostanziale prossimità del comparto al mare.

L'accortezza che, in ultimo, si propone, relativamente ai sistemi previsti di captazione gestione e scarico delle acque incidenti sul comparto, è quella di prevedere il conferimento finale delle reti a progetto presso la linea di costa ed i canali interni localizzati a Sud, evitando sbocchi presso la foce del Torrente Bisagno, localizzata ad Est del comparto di P.U.O.

Tutte le captazioni derivanti da viabilità e piazzali, prima del loro conferimento in mare, saranno dotate di sistema di depurazione e filtrazione.

15. NORME DI ATTUAZIONE E CONCLUSIONI

Gli studi descritti nella presente relazione permettono di considerare il comparto in oggetto come "idoneo" per le destinazioni urbanistiche di progetto previste nel P.U.O.

Rispetto alle previsioni di organizzazione delle aree nella configurazione di progetto, è possibile evincere come la parte centrale dell'ambito del P.U.O. sarà interessata dalla realizzazione del nuovo

canale navigabile e prevedrà il recupero con ampliamento (anche degli spazi interrati) del Palasport. Sui restanti lotti, localizzati ai lati del padiglione Jean Nouvel e presso le porzioni settentrionali del comparto, si prevede l'inserimento di strutture adibite ad attività del settore terziario.

La totalità degli interventi di proposta privata risulta conforme alle previsioni e ai vincoli previsti dalle norme tecniche di settore, con particolare riferimento alla pianificazione di Bacino e alle Norme geologiche del P.U.C. di Genova. In particolare, per quanto attiene il lotto 2.1, sul quale è previsto il recupero del Palasport, è possibile evincere come la struttura e l'impronta dei livelli interrati pertinenziali rientrano quasi del tutto nella **fascia di inondabilità C** ($Tr=500$ anni) e in una piccola porzione nella fascia **B0**, risultando quindi del tutto compatibili con le prescrizioni contenute nelle norme di attuazione del Piano di Bacino per questi ambiti. Solamente alcune porzioni del lotto 2.0, all'interno del quale si prevede la realizzazione di un'autorimessa interrata pubblica attuata dal Comune di Genova, rientrano nei perimetri di **fascia di inondabilità A** ($Tr=50$ anni), risultando ad oggi non attuabili. Si ribadisce comunque che il Comune di Genova ha presentato istanza **di ripermetrazione preventiva** ai sensi della DGR 894/2010. Si precisa in ultimo che tutte le previsioni progettuali non interferiscono con la fascia di inedificabilità assoluta prevista dal R.R. n. 1/2016.

Le analisi ad oggi esperite sull'intero comparto (campagna di indagini geognostiche svolte dal Comune di Genova e indagini sismiche svolte dallo scrivente nell'Ottobre 2019) hanno permesso di descrivere, in modo sufficientemente esaustivo rispetto alla predisposizione del P.U.O., le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dell'intero settore, il quale è stato distinto in Aree con caratteristiche geologico-tecniche, sismiche ed idrogeologiche omogenee, come riportato nelle carte di Microzonazione Sismica, di Analisi e di Sintesi. Le quattro Microzone omogenee e le quattro unità litologico-tecniche differiscono essenzialmente per la profondità del substrato (Area A, Area C, Area D) o per la classe granulometrica prevalente delle coperture del substrato (Area B); in generale le microzone e le unità suddette sono caratterizzate come segue:

- i terreni di riporto sono presenti su tutto l'areale, con potenze diverse sia in senso longitudinale, sia trasversale, in funzione dell'originale morfologia della zona. Generalmente, gli spessori tendono ad essere ridotti nelle porzioni di ambito settentrionali, in prossimità della base del muro di contenimento di Corso Aurelio Saffi e del quartiere di Carignano; tendono, invece, ad aumentare in direzione Sud (ovvero verso mare) e in direzione Est, verso la foce del Torrente Bisagno;
- sempre in forza dell'originale contesto morfologico, i livelli ascrivibili ai depositi di spiaggia risultano presenti in maniera discontinua all'interno dell'ambito di P.U.O: in particolare, tendono ad essere assenti nelle colonne stratigrafiche del settore Nord-occidentale del perimetro in studio;

- il substrato roccioso, rappresentato dalla Formazione dei Calcari di Monte Antola, presenta localmente deboli livelli di alterazione nei livelli di tetto (cappellaccio di alterazione avente spessore massimo dell'ordine di circa 20 cm) e, dal punto di vista geomeccanico, l'ammasso roccioso è connotato da uno stato di consistenza mediocre (Classe III – Bieniawski), dovuto soprattutto alle diverse famiglie di fratture fra loro interferenti. L'ossatura geologica nel comparto in studio, è reperibile, nelle parti settentrionali, a partire da ≈ 5 metri, mentre risulta compresa in un range che va da - 6,6 ÷ -11 m dal p.c. nel settore occidentale; ad ovest del Palasport è stata reperita a partire da - 10 m di profondità, per poi passare a - 15 m dal p.c. presso il settore centro - meridionale dell'area (S9 ed S10_2018) e a profondità maggiori di 20 metri in corrispondenza della struttura fociva.

I terreni identificati sono, inoltre, stati caratterizzati sotto i profili geotecnico, sismico e ambientale; per maggiori dettagli si rimanda ai paragrafi specifici, mentre nel seguito si riporta la seguente sintesi:

Materiali di riporto:

- Peso di volume : 1.80-2.00 t/mc
- Spessore : 4-10 m
- Coes non drenata media **Cum** (da prova triax UU) : 0.36 Kg/cm² (36 kPa)
- Coesione efficace C' (da prova di Taglio CD): 0,084 Kg/cm² (8.84 kPa)
- Angolo di attrito efficace Φ' m (da prova di Taglio CD):

Sedimenti marini: Sabbie fini da debolmente a limose, di colore grigio nero.

- Comportamento : granulare;
- Peso di volume : 1.90-2.0 t/m³;
- Spessore : max 7.50;
- Coesione non drenata media
Cu_m (valore indicativo) : 0.00 Kg/cm²
- Angolo di Res. al taglio medio Φ_m (valore medio da prove SPT in foro):
30° ÷ 31°

Substrato roccioso: Formazione dei Calcari di Monte Antola.

- Classe Ammasso roccioso: III – mediocre
- Peso Specifico : 2.60 t/m³
- Coesione : 2.8 Kg/cm²

- Angolo di attrito : 33°.31

Sotto il profilo sismico, attraverso le prospezioni svolte, è possibile classificare il suolo di fondazione all'interno della categoria E, in condizione topografica T1.

Dal punto di vista ambientale, in ultimo, gli orizzonti sottoposti a specifiche indagini di laboratorio, hanno evidenziato come alcuni elementi e sostanze chimiche presentino concentrazioni superiori alle CSC riportate dalla Tabella 1A (tuttavia alcuni valori sono compresi nel limite di errore), ma non a quelli relativi alla Tabella 1B (attività commerciali, industriali, ecc.); i testi di cessione svolti hanno poi delineato come i prodotti derivanti dalle attività di scavo rientrino nella definizione dei "rifiuti speciali non pericolosi".

15.1 Prescrizioni geognostiche

Si propongono di seguito le **prescrizioni geognostiche** per l'ambito di P.U.O., valide per tutte le aree indicate nella Carta di Sintesi; le prescrizioni sono state predisposte in funzione delle indagini già svolte e delle precise indicazioni contenute all'Art.23 delle Norme Geologiche del PUC di Genova, riferite alle "Aree con suscettività d'uso parzialmente condizionata".

Per quanto attiene all'ambito di P.U.O, si propongono i seguenti accertamenti:

- Esecuzione di una campagna geognostica strutturata secondo le indicazioni riportate in Tavola 3 (Carta di Sintesi), articolata mediante esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo presso i margini di ampliamento dei volumi interrati e disposti sia in senso longitudinale che trasversale, al fine di meglio dettagliare i caratteri stratigrafico-geotecnici dell'ambito. Durante le operazioni di carotaggio si dovrà procedere allo svolgimento di prove dirette di tipo SPT, al prelievo di campioni, possibilmente indisturbati o almeno rimaneggiati, dei livelli di riporto e dei sedimenti di spiaggia e al campionamento del litotipo di base; alcuni dei fori dei sondaggi, in ultimo, saranno attrezzati con tubi piezometrici, al fine di monitorare l'andamento dei livelli di falda fino almeno alla fase pre-esecutiva dell'attuazione dei diversi lotti funzionali.
- I campioni dei diversi terreni acquisiti dovranno essere sottoposti a specifiche indagini di laboratorio, demandando al professionista incaricato la scelta della tipologia delle analisi ritenuta più corretta.
- Predisposizione di una campagna di indagini indirette di tipo sismico, volte, in particolare, a dettagliare la categoria di suolo relativa ad ogni stralcio funzionale di intervento, all'acquisizione di ulteriori misure di microtremore, per implementare la rappresentatività dei rapporti spettrali in ordine alle frequenze di sito dominanti da considerare per le verifiche di amplificazione di sito e l'esecuzione di almeno altre 2 linee, rispetto a quella già

svolta, di stese da svolgere in configurazione di riflessione in onde S, per poter correlare le stratigrafie di sondaggio e verificare l'eventuale presenza di variazioni laterali all'interno dei terreni.

- Ultimate le fasi di accertamento diretto e indiretto, la progettazione di ogni lotto previsto dal P.U.O. dovrà essere corredata da un elaborato geologico esecutivo ai sensi del D.M. 17/01/2018, completo della documentazione cartografica di dettaglio dell'assetto stratigrafico, geologico-strutturale e delle sezioni geologiche interpretative.

La ricostruzione dei caratteri stratigrafico-geotecnici, geomeccanici e sismici di dettaglio di ogni ambito di intervento permetterà la miglior definizione del dimensionamento e delle verifiche strutturali di quanto a progetto, con particolare dettaglio e attenzione alle fasi di scavo dei livelli interrati.

15.2 Prescrizioni di intervento

Di seguito si dettagliano le prescrizioni per gli interventi previsti, valide per tutte le aree individuate nella carta di Sintesi.

a. Realizzazione dei livelli interrati

In funzione delle conoscenze stratigrafiche e geotecniche ad oggi acquisite per l'ambito di P.U.O. le fasi di approntamento e realizzazione dei volumi interrati previsti rivestiranno sicuramente le fasi di lavorazione a cui porre maggiore attenzione.

In particolare, vista la natura ed il comportamento granulare di gran parte degli orizzonti che verranno scavati e la presenza della falda, si consiglia di procedere all'esecuzione preliminarmente del consolidamento e confinamento dei perimetri di sbancamento mediante paratie associate a jet grouting, o se sussistono le condizioni per l'infissione, realizzazione di palancolato, in modo tale da isolare i fronti scavo dall'ingressione dell'acqua di falda e, al contempo permettere di procedere agli scavi stessi in condizioni di sicurezza.

Le caratteristiche e la tipologia delle strutture di sostegno dei fronti di scavo dovranno essere valutate dal progettista strutturale in funzione delle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche dei terreni rilevati in situ.

b. Strutture di fondazione

Per quanto attiene le strutture di fondazione, visti gli orizzonti con i quali interagiranno, sarà necessario fare riferimento a tipologie di tipo continuo, quali platee o travi rovesce; queste

dovranno essere posate su un piano omogeneo sotto l'aspetto geotecnico: possibilmente, prima dell'eventuale getto di magrone, si consiglia di predisporre la stesura di un livello di ghiaie debolmente sabbiose di pezzatura grossolana, prive di componenti fini, vegetali e/o torbose da sottoporre ad adeguata compattazione dinamica.

Dovrà, poi, essere ben ponderata la modalità ritenuta più valida, in forza del contesto in studio, utile al fine di isolare da potenziali risalite di umidità le nuove edificazioni. più opportune, in funzione dei diversi manufatti previsti dallo schema di P.U.O., dovrà essere valutata dallo strutturista incaricato, di concerto con il geologo, ed in funzione della ricostruzione stratigrafica e geotecnica di ambito che dovrà essere fornita.

c. Regimazione delle acque

Nel merito della corretta gestione delle acque, dovranno essere previste:

- Predisposizione di intercapedini a perimetro dei livelli interrati, i cui muri perimetrali contro terra dovranno essere dotati di adeguato numero di dreni sub-orizzontali (“barbacani”).
- Come valutato nel paragrafo relativo alle valutazioni di invarianza idraulica, sarà necessario prevedere il collettamento delle acque captate dai sistemi drenanti e delle gronde, da conferire, mediante canalizzazioni a tenuta opportunamente dimensionate, direttamente in mare, o, eventualmente, considerare all'interno dei diversi lotti, la possibilità di predisporre vasche di accumulo delle acque al fine di un reimpiego della risorsa, ad esempio, per la differenziazione delle linee di alimentazione dei servizi all'interno degli edifici.
- Le rampe di connessione agli interrati dovranno essere munite cunette laterali e, possibilmente, a titolo precauzionale, di piccole soglie per il confinamento idraulico degli accessi stessi.
- L'intera viabilità d'ambito dovrà essere munita di idonei sistemi di captazione e smaltimento delle acque superficiali.

BIBLIOGRAFIA

Capponi G., Crispini L. (con la collaborazione di Cortesogno L., Gaggero L., Firpo M., Piccazzo M., Cabella R., Nosengo S., Bonci M.C., Vannucci G., Piazza M., Ramella A., Perilli N., Cavallo C., Fabbri B., Federico L., Spagnolo C., Ottonello G., Vetuschi Zuccolini M.) (2008). Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 213-230 "Genova". Apat - Regione Liguria, Selca, Firenze.

Hoogerduijn Strating E.H. (1991). The evolution of the Piemonte-Ligurian ocean. A structural study of ophiolite complexes in Liguria (NW Italy). PhD Thesis, University of Utrecht, 127 pp.

Muscarà C. , Scaramellini G., Talia I. (2011). Tante Italie Una Italia. Dinamiche territoriali e identitarie. Vol. IV. La società. Saggi, Franco Angeli Eds.

TAVOLA 1: CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA. SCALA 1:3.000; SISTEMA DI RIFERIMENTO GAUSS-BOAGA

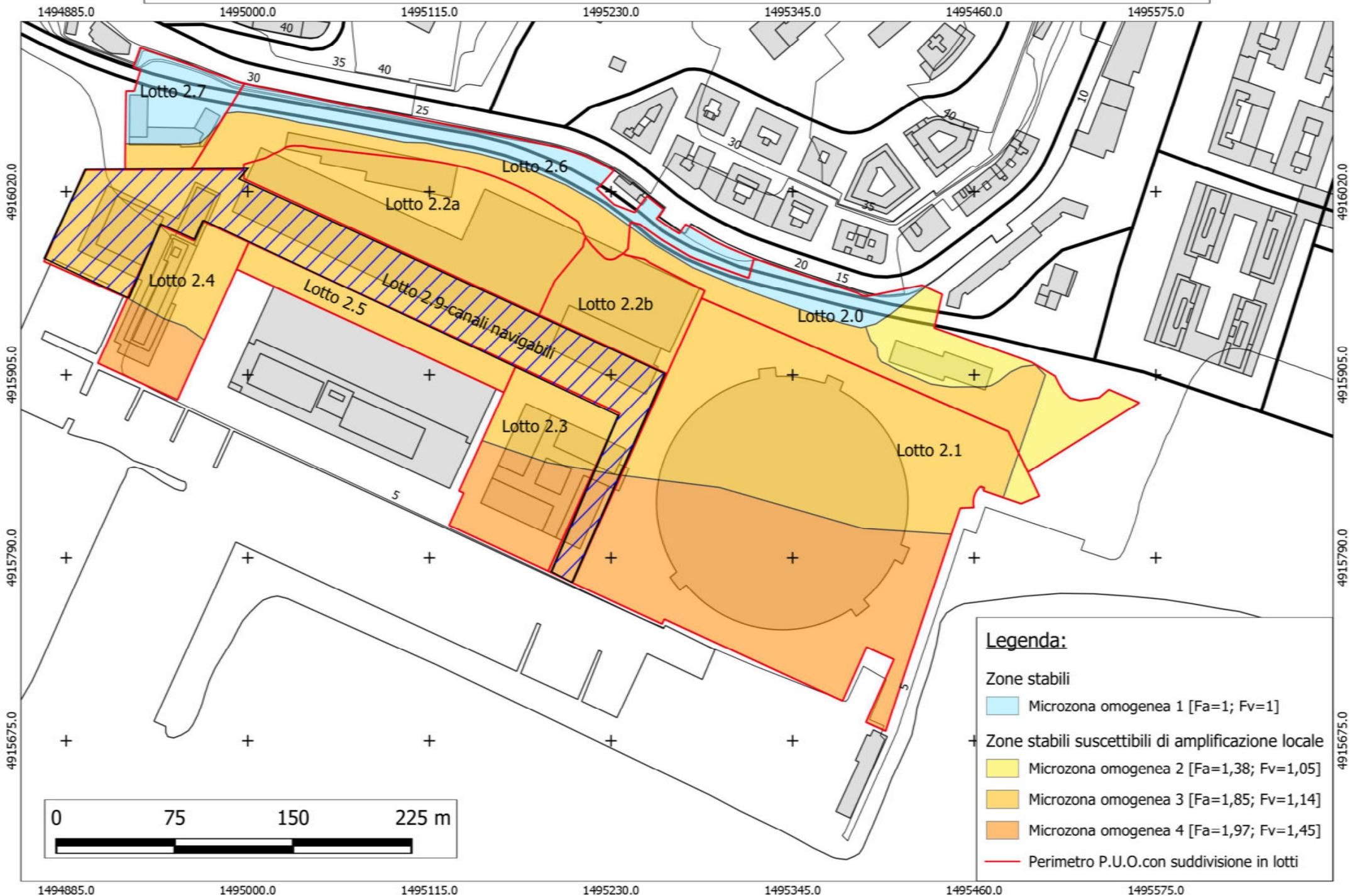


TAVOLA 3: CARTA DI SINTESI- SCALA 1:2.500; SISTEMA DI RIFERIMENTO GAUSS BOAGA

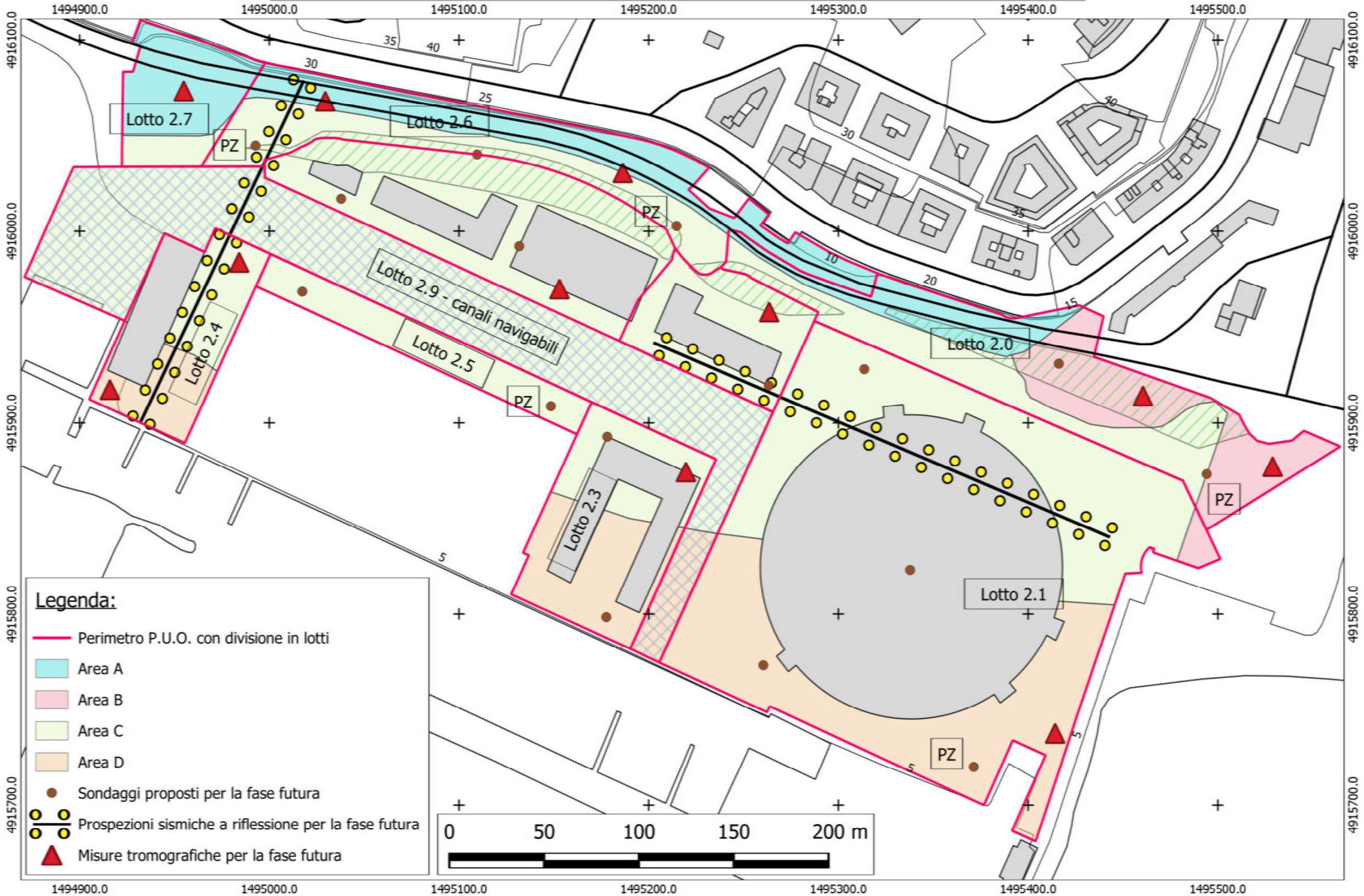


TAVOLA 4: SUDDIVISIONE DELLE SUPERFICI-INVARIANZA IDRAULICA, STATO ATTUALE. SCALA 1:2.500; SISTEMA DI RIFERIMENTO GAUSS BOAGA

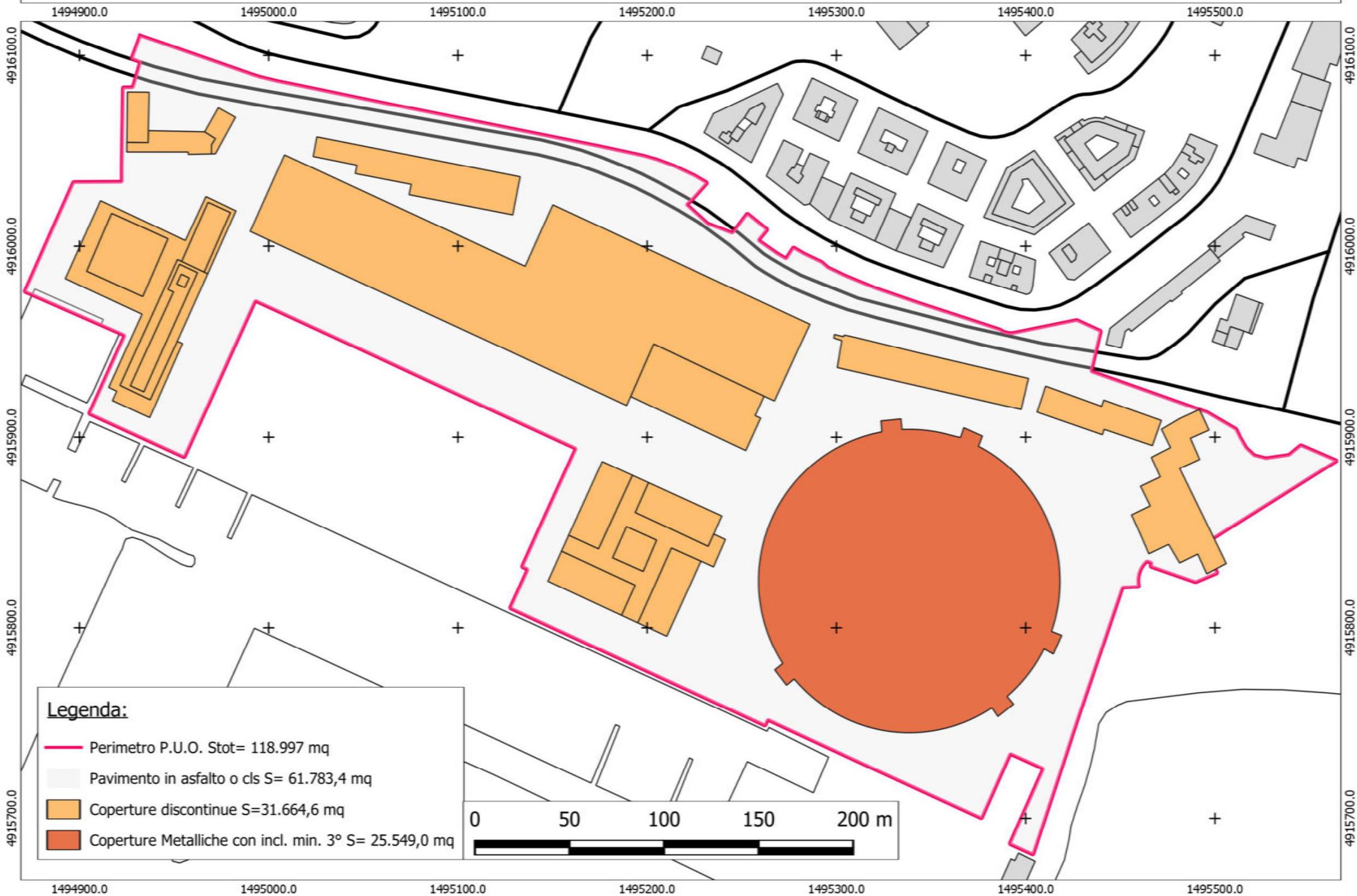
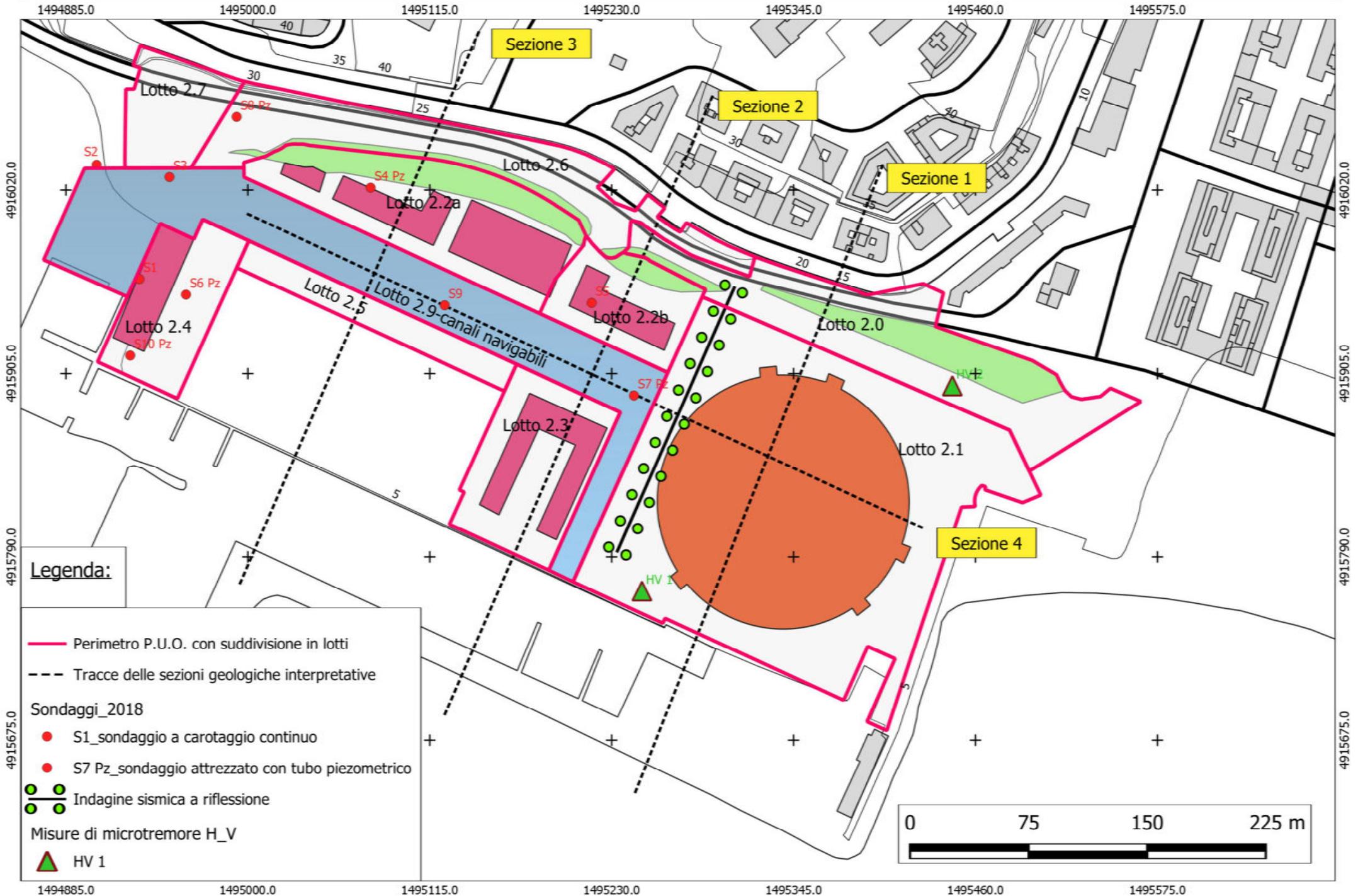
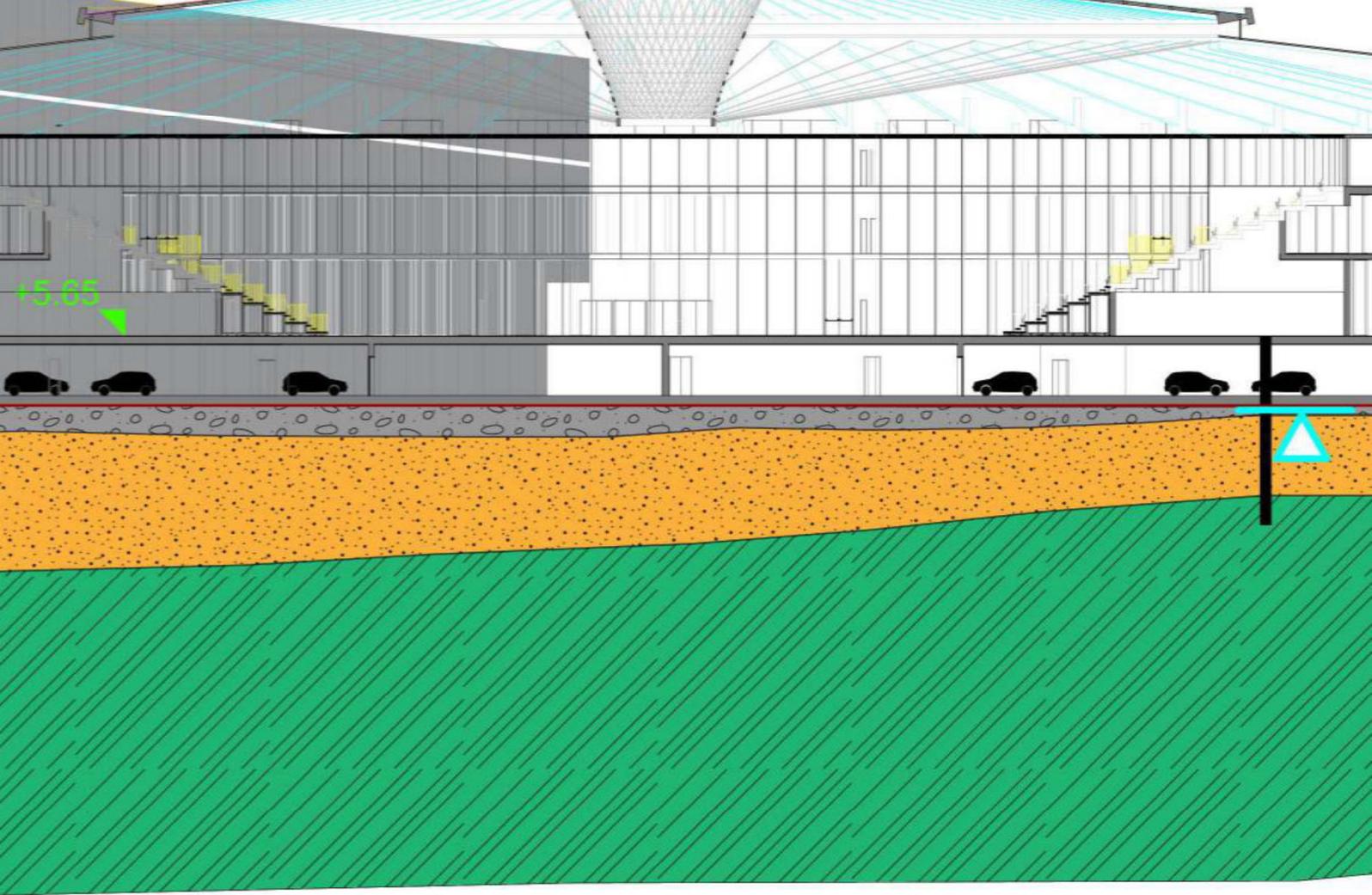


TAVOLA 5: SUDDIVISIONE DELLE SUPERFICI-INVARIANZA IDRAULICA, SCHEMA P.U.O. - SCALA 1:2.500; SISTEMA DI RIFERIMENTO GAUSS BOAGA

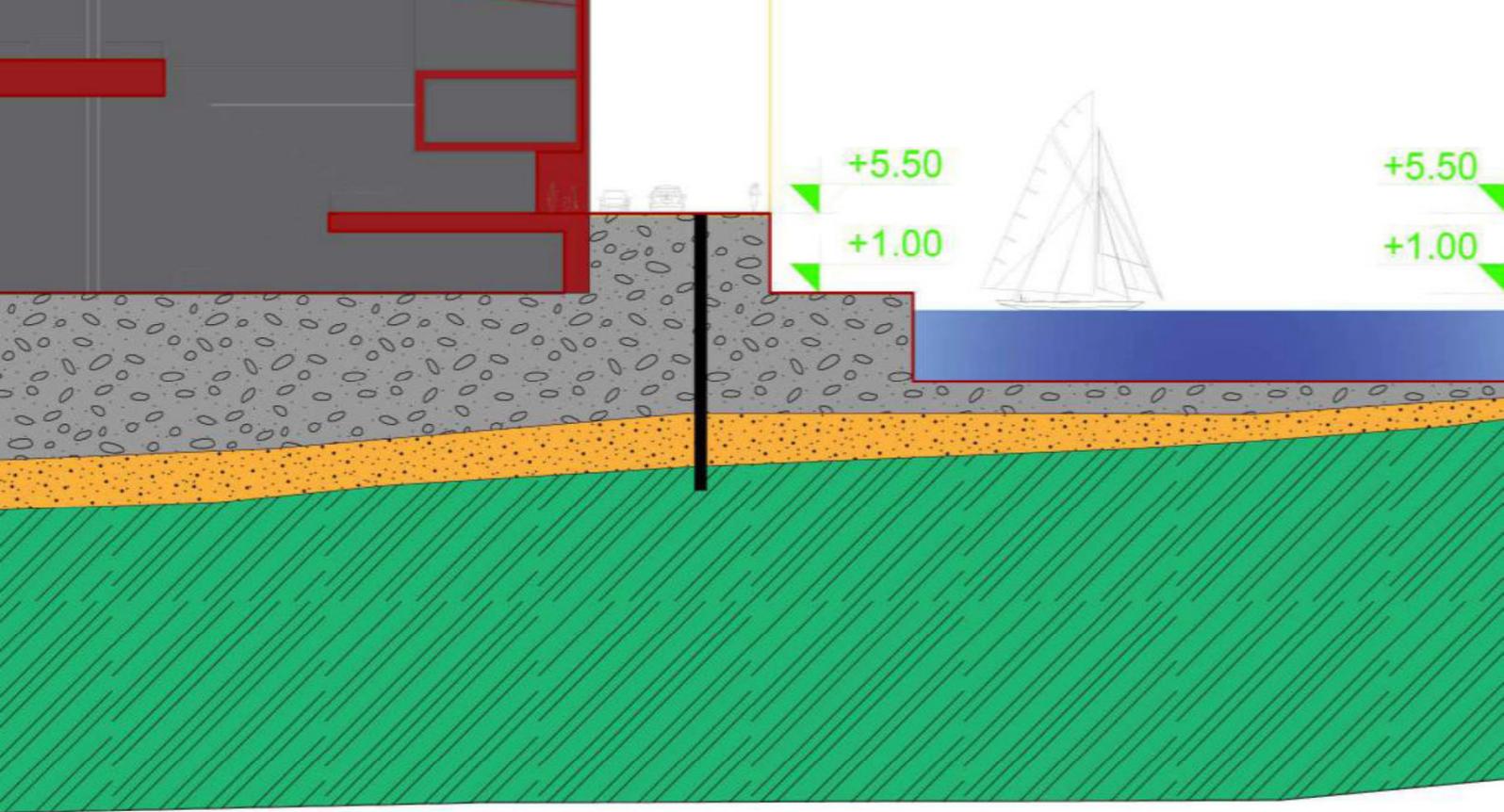


TAVOLA 6: TRACCE DELLE SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE SU BASE C.T.R.. SCALA 1:3.000; SISTEMA DI RIFERIMENTO GAUSS-BOAGA





S4
2005





M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

S1

COMMITTENTE: Comune di Genova LOCALITA': Fiera di Genova
DATA INIZIO: 22 febbraio 2018 DATA FINE: 23 febbraio 2018
REDATTORE: Geol. Luca Madotti CANTIERE: Progetto Waterfront
PERFORAZIONE: a rotazione a c.c.ad asse verticale DIAMETRO CAROTIERE: ϕ 101 mm

PROFONDITA' FORO: 15.00 m

RILIEVO FALDA:

PROFONDITA' DA P.C.	COLONNINA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAROTAGGIO [%]		R.Q.D. [%]		ALLESTIMENTO	SPT	CAMPIONI	N° DISC. PER METRO
			10	20	30	40				
1										1
2										2
3								3-5-17		3
4		Riporto rappresentato da argilla inglobante clasti eterometrici e sabbia. Presenza di malta di calce e frammenti di laterizio. Colore marrone chiaro, mediamente addensata umida.							CR1	4
5								6-R		5
6										6
7								9-11-10		7
7.90								8-7-12		8
8									CR2	8
9		Depositi marini rappresentati da sabbia fine limoso-argillosa con rara ghiaia, colore grigio-ocra, sciolta, bagnata.								9
10.00										10
11.00		Substrato roccioso (Calcarei di Monte Antola); calcare-marnoso marcatamente fratturato fino a ridotto in frammenti e clasti in abbondante matrice argillosa								11
12										8br
13		Substrato roccioso (Calcarei di Monte Antola); calcare-marnoso da fratturato a poco fratturato, giunti alterati, leggermente scabri con patine di ossidazione e vene di calcite. Presenza di livelli centimetrici di argilla grigio scura							CAR1	11
14										12
15										4
15.00 f.p.										15
16										16
17										17
18										18
19										19
20										20

br livelli ridotti in breccia
S carotiere semplice
T2 carotiere doppio

W corona widia
D corona diamante
(101) diametro perforazione

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: COMUNE DI GENOVA
Sondaggio: S1 - Cassetta: n°1
Prof. da 0.00 m. a 5.00 m. →



Committente: COMUNE DI GENOVA
Sondaggio: S1 - Cassetta: n°2
Prof. da 5.00 m. a 10.00 m. →

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: **COMUNE DI GENOVA**
Sondaggio: **51** - Cassetta: **n°3**
Prof. da **10.00 m.** a **15.00 m.** →



**PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE
SONDAGGIO S1**

DATI IDENTIFICATIVI

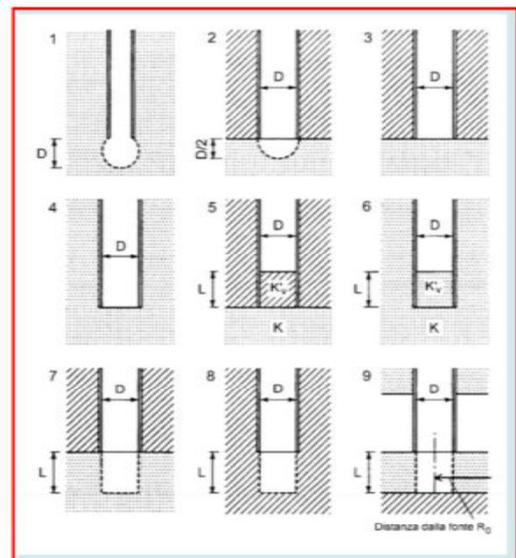
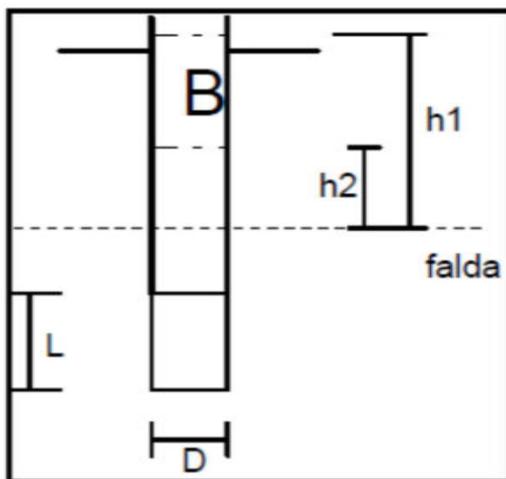
Committente:	COMUNE DI GENOVA
Cantiere	Progetto Waterfront
Opera	-
Sondaggio	S1
Prova n.	1
Data	22/02/2018

DATI CARATTERISTICI PROVA

Profondità foro H (m)	7.0
Profondità rivestimento B (m)	6.0
Lunghezza tratto di prova L-B (m)	1.0
Diametro foro D (mm)	101
Diametro rivestimento (mm)	127
Tempo prova (min)	30
Livello iniziale falda H (m)	5.3
Tipo cavità filtrante	Fondo filtrante piano in terreno uniforme
Natura terreno nel tratto di prova	argilla sabbiosa con ghiaia

DETERMINAZIONE COEFFICIENTE DI FORMA

GEOMETRIA CAVITA'	FORMULA (Wilkinson, 1968)
Filtro sferico in terreno uniforme	$F=2*3,14D$
Filtro emisferico al tetto di strato confinato	$F=3,14D$
Fondo filtrante piano al tetto di str. confinato	$F=2D$
Fondo filtrante piano in terreno uniforme	$F=2,75D$
Filtro cilindrico al confine con strato impermeabile	$F=3*3,14L/n(3L/D+Radq(1+(3L/D)^2))$
Filtro cilindrico in terreno uniforme	$F=3*3,14L/n(1,5L/D+Radq(1+(1,5L/D)^2))$



CALCOLO PERMEABILITA'

Formula utilizzata:	$k= (A/(Cf*(t2-t1))\ln(h1/h2)$
Tempo totale (min.)	30.00
Coefficiente di forma F (m)	1.8792
PERMEABILITA' (m/s)	7.13E-05

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



4 | DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO S2

N° allegato

M3D001_18

05_03_2018

-

Luca Maldotti

COMUNE DI GENOVA

codice

data

scala

redatto

committente



M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

S2

COMMITTENTE: Comune di Genova LOCALITA': Fiera di Genova
DATA INIZIO: 20 febbraio 2018 DATA FINE: 20 febbraio 2018
REDATTORE: Geol. Luca Madotti CANTIERE: Progetto Waterfront
PERFORAZIONE: a rotazione a c.c.ad asse verticale DIAMETRO CAROTIERE: ϕ 101 mm

PROFONDITA' FORO: 11.00 m

RILIEVO FALDA:

PROFONDITA' DA P.C.	COLONNINA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAROTTAGGIO [%]		R.Q.D. [%]		ALLESTIMENTO	SPT	CAMPIONI	N° DISC. PER METRO		
			10	20	30	40					50	60
1		Riporto rappresentato da argilla inglobante clasti eterometrici e sabbia. Presenza di malta di calce e frammenti di laterizio. Colore marrone chiaro, mediamente addensata umida.	100		100			4-4-6			1	
2											2	
3									3-R			3
4												4
5									1-1-1		CR1	5
6												6
7											CR2	7
8												8
9.00 g												9
10		Substrato roccioso (Calcarei di Monte Antola); calcare-marnoso da fratturato a poco fratturato, giunti alterati, leggermente scabri con patine di ossidazione e vene di calcite. Presenza di livelli centimetrici di argilla grigio scura	100		100						11	
11									CAR1		4	
11.00 f.p.										11		
12										12		
13										13		
14										14		
15										15		
16										16		
17										17		
18										18		
19										19		
20										20		

br livelli ridotti in breccia
S carotiere semplice
T2 carotiere doppio

W corona widia
D corona diamante
(101) diametro perforazione

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: COMUNE DI GENOVA
Sondaggio: S2 - Cassetta: n°1
Prof. da 0.00 m. a 5.00 m. →



Committente: COMUNE DI GENOVA
Sondaggio: S2 - Cassetta: n°2
Prof. da 5.00 m. a 10.00 m. →



Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: **COMUNE DI GENOVA**
Sondaggio: **52** - Cassetta: **n°3**
Prof. da **10.00 m.** a **11.00 m.** →



Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



5 | DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO S3

N° allegato

M3D001_18

05_03_2018

-

Luca Maldotti

COMUNE DI GENOVA

codice

data

scala

redatto

committente



M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
 Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
 16162 GENOVA
 tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

S3

COMMITTENTE: Comune di Genova LOCALITA': Fiera di Genova
 DATA INIZIO: 19 febbraio 2018 DATA FINE: 20 febbraio 2018
 REDATTORE: Geol. Luca Madotti CANTIERE: Progetto Waterfront
 PERFORAZIONE: a rotazione a c.c.ad asse verticale DIAMETRO CAROTIERE: ϕ 101 mm

PROFONDITA' FORO: 9.00 m

RILIEVO FALDA:

PROFONDITA' DA P.C.	COLONNINA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAROTAGGIO [%]		R.Q.D. [%]		ALLESTIMENTO	SPT	CAMPIONI	N° DISC. PER METRO	
			10	20	30	40					50
1		Riporto rappresentato da argilla inglobante clasti eterometrici e sabbia. Presenza di malta di calce e frammenti di laterizio. Colore marrone chiaro, mediamente addensata umida.	100		100			3-4-4		1	
2										2	
3									5-5-4		3
4											4
5									2-1-1		5
6											6
6.60											
7		Substrato roccioso (Calcari di Monte Antola); calcare-marnoso poco fratturato, giunti poco alterati, lisci e rare vene di calcite vene di calcite.	100		100					4	
8										8	
9											9
9.00 f.p.											
10										10	
11										11	
12										12	
13										13	
14										14	
15										15	
16										16	
17										17	
18										18	
19										19	
20										20	

br livelli ridotti in breccia W corona widia
 S carotiere semplice D corona diamante
 T2 carotiere doppio (101) diametro perforazione

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: COMUNE DI GENOVA
Sondaggio: S3 - Cassetta: n°1
Prof. da 0.00 m. a 5.00 m. →



Committente: COMUNE DI GENOVA
Sondaggio: S3 - Cassetta: n°2
Prof. da 5.00 m. a 9.00 m. →



**PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE
SONDAGGIO S3**

DATI IDENTIFICATIVI

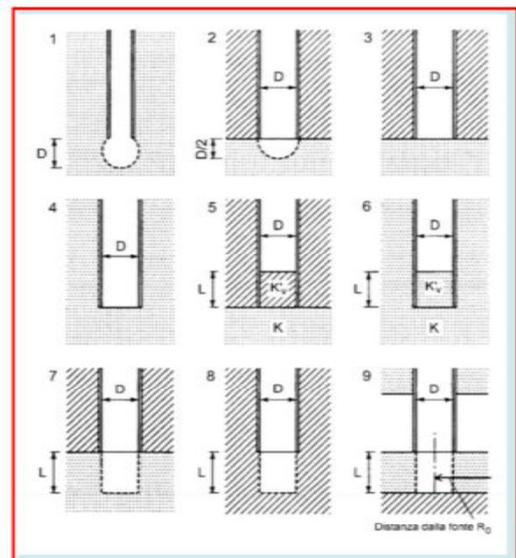
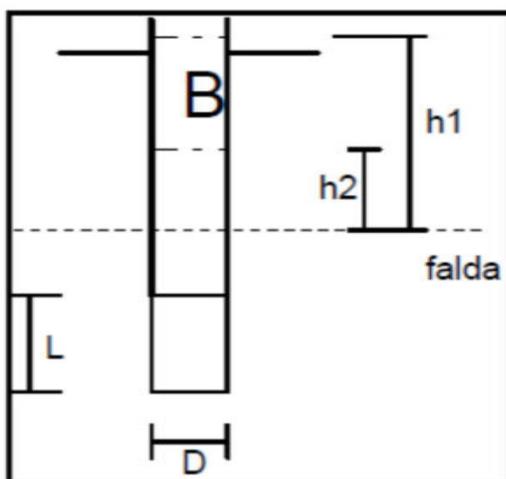
Committente:	COMUNE DI GENOVA
Cantiere	Progetto Waterfront
Opera	-
Sondaggio	S3
Prova n.	1
Data	19/02/2018

DATI CARATTERISTICI PROVA

Profondità foro H (m)	6.0
Profondità rivestimento B (m)	5.0
Lunghezza tratto di prova L-B (m)	1.0
Diametro foro D (mm)	101
Diametro rivestimento (mm)	127
Tempo prova (min)	30
Livello iniziale falda H (m)	4.7
Tipo cavità filtrante	Fondo filtrante piano in terreno uniforme
Natura terreno nel tratto di prova	argilla sabbiosa con ghiaia

DETERMINAZIONE COEFFICIENTE DI FORMA

GEOMETRIA CAVITA'	FORMULA (Wilkinson, 1968)
Filtro sferico in terreno uniforme	$F=2*3,14D$
Filtro emisferico al tetto di strato confinato	$F=3,14D$
Fondo filtrante piano al tetto di str. confinato	$F=2D$
Fondo filtrante piano in terreno uniforme	$F=2,75D$
Filtro cilindrico al confine con strato impermeabile	$F=3*3,14L/n(3L/D+Radq(1+(3L/D)^2))$
Filtro cilindrico in terreno uniforme	$F=3*3,14L/n(1,5L/D+Radq(1+(1,5L/D)^2))$



CALCOLO PERMEABILITA'

Formula utilizzata:	$k= (A/(Cf*(t2-t1))\ln(h1/h2)$
Tempo totale (min.)	30.00
Coefficiente di forma F (m)	1.8792
PERMEABILITA' (m/s)	4.28E-06

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



6 DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO S4

N° allegato

M3D001_18

05_03_2018

-

Luca Maldotti

COMUNE DI GENOVA

codice

data

scala

redatto

committente



M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
 Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
 16162 GENOVA
 tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

S4PZ

COMMITTENTE: Comune di Genova LOCALITA': Fiera di Genova
 DATA INIZIO: 14 febbraio 2018 DATA FINE: 15 febbraio 2018
 REDATTORE: Geol. Luca Madotti CANTIERE: Progetto Waterfront
 PERFORAZIONE: a rotazione a c.c.ad asse verticale DIAMETRO CAROTIERE: ϕ 101 mm

PROFONDITA' FORO: 11.00 m
 RILIEVO FALDA:
 prof. da p.c.: 4.60 m da p.c

PROFONDITA' DA P.C.	COLONNINA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAROTTAGGIO [%]		R.Q.D. [%]		ALLESTIMENTO	SPT	CAMPIONI	N° DISC. PER METRO
			10	20	30	40				
1										1
2								2-2-1		2
3								4-3-5		3
4		Riporto rappresentato da argilla inglobante clasti eterometrici e sabbia. Presenza di malta di calce e frammenti di laterizio. Colore marrone chiaro, mediamente addensata umida.								4
5								1-1-2		5
6										6
7.00										7
8.00		Depositi marini rappresentati da sabbia fine limoso-argillosa con rara ghiaia, colore grigio-ocra, sciolta, bagnata.								8
8.65		Substrato roccioso (Calcarei di Monte Antola); calcare-marnoso marcatamente fratturato fino a ridotto in frammenti e clasti in abbondante matrice argillosa								5br
9										9
10		Substrato roccioso (Calcarei di Monte Antola); calcare-marnoso da fratturato a poco fratturato, giunti alterati, leggermente scabri con patine di ossidazione e vene di calcite. Presenza di livelli centimetrici di argilla grigio scura								6
11.00										3
f.p.										11
12										12
13										13
14										14
15										15
16										16
17										17
18										18
19										19
20										20

br livelli ridotti in breccia W corona widia
 S carotiere semplice D corona diamante
 T2 carotiere doppio (101) diametro perforazione

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: COMUNE DI GENOVA
Sondaggio: S4 - Cassetta: n°1
Prof. da 0.00 m. a 5.00 m. →



Committente: COMUNE DI GENOVA
Sondaggio: S4 - Cassetta: n°2
Prof. da 5.00 m. a 10.00 m. →



Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: **COMUNE DI GENOVA**
Sondaggio: **S4** - Cassetta: **n°3**
Prof. da **10.00 m.** a **11.00 m.** →



PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE
SONDAGGIO S4pz

DATI IDENTIFICATIVI

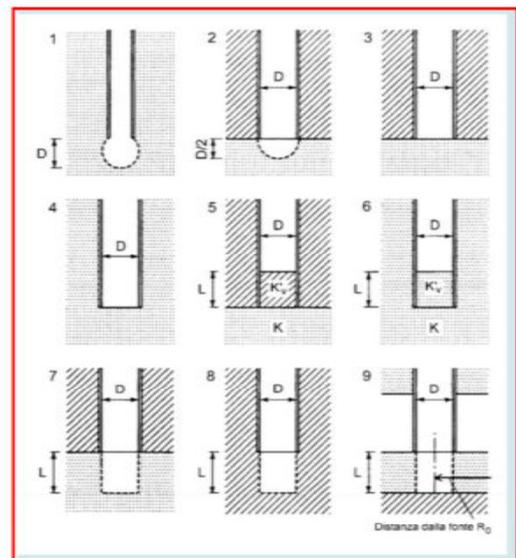
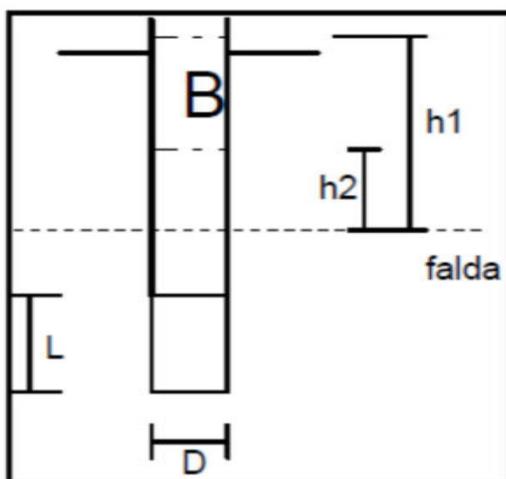
Committente:	COMUNE DI GENOVA
Cantiere	Progetto Waterfront
Opera	-
Sondaggio	S4PZ
Prova n.	1
Data	19/02/2018

DATI CARATTERISTICI PROVA

Profondità foro H (m)	7.0
Profondità rivestimento B (m)	6.0
Lunghezza tratto di prova L-B (m)	1.0
Diametro foro D (mm)	101
Diametro rivestimento (mm)	127
Tempo prova (min)	40
Livello iniziale falda H (m)	5.3
Tipo cavità filtrante	Fondo filtrante piano in terreno uniforme
Natura terreno nel tratto di prova	argilla sabbiosa con ghiaia

DETERMINAZIONE COEFFICIENTE DI FORMA

GEOMETRIA CAVITA'	FORMULA (Wilkinson, 1968)
Filtro sferico in terreno uniforme	$F=2*3,14D$
Filtro emisferico al tetto di strato confinato	$F=3,14D$
Fondo filtrante piano al tetto di str. confinato	$F=2D$
Fondo filtrante piano in terreno uniforme	$F=2,75D$
Filtro cilindrico al confine con strato impermeabile	$F=3*3,14L/n(3L/D+Radq(1+(3L/D)^2))$
Filtro cilindrico in terreno uniforme	$F=3*3,14L/n(1,5L/D+Radq(1+(1,5L/D)^2))$



CALCOLO PERMEABILITA'

Formula utilizzata:	$k= (A/(Cf*(t2-t1))\ln(h1/h2)$
Tempo totale (min.)	40.00
Coefficiente di forma F (m)	1.8792
PERMEABILITA' (m/s)	4.54E-06

TUBO PIEZOMETRICO S4PZ
Scheda di Installazione

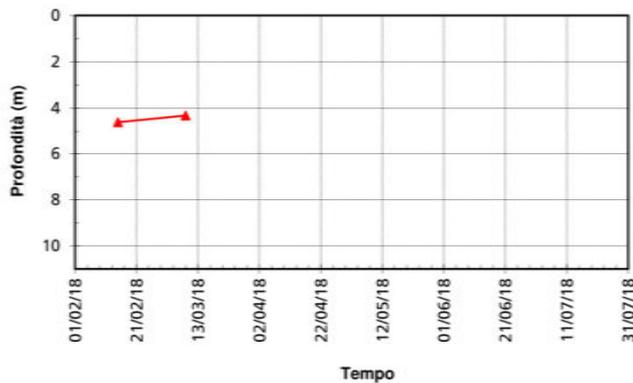
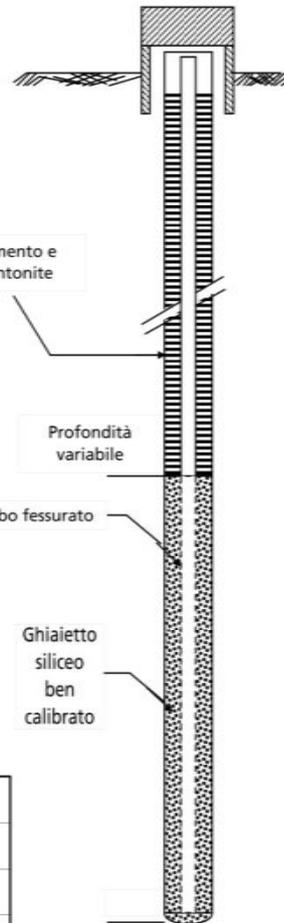
COMUNE DI GENOVA
 Committente

PROGETTO WATERFRONT - Fiera di Genova
 Località

Data installazione : 15_02_2018

Misure		Profondita' Falda (m)
n°	Data	Quota assoluta (ml)
2	15/02/2018	4,60
3	09/03/2018	4,31
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		

Coordinate [m]
 x :
 y :
 z :



Φ Foro : 127 mm
 Φ Tubo : Tubo in PVC microfessurato 2.0"
 Cementazione : Cemento tipo - Portland 325
 : Rapporto A/C in peso - 3/10
 : Bentonite 10 %

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



7 | DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO S5

N° allegato

M3D001_18	05_03_2018	-	Luca Maldotti	COMUNE DI GENOVA
codice	data	scala	redatto	committente



M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
 Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
 16162 GENOVA
 tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

S5

COMMITTENTE: Comune di Genova LOCALITA': Fiera di Genova
 DATA INIZIO: 21 febbraio 2018 DATA FINE: 22 febbraio 2018
 REDATTORE: Geol. Luca Madotti CANTIERE: Progetto Waterfront
 PERFORAZIONE: a rotazione a c.c.ad asse verticale DIAMETRO CAROTIERE: ϕ 101 mm

PROFONDITA' FORO: 12.50 m

RILIEVO FALDA:

PROFONDITA' DA P.C.	COLONNINA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAROTAGGIO [%]		R.Q.D. [%]		ALLESTIMENTO	SPT	CAMPIONI	N° DISC. PER METRO
			10	20	30	40				
0.70		Soletta in cls, ammalorata e varicolore								
1								3-4-2		1
2										2
3								4-7-5		3
4		Riporto rappresentato da argilla inglobante clasti eterometrici e sabbia. Presenza di malta di calce e frammenti di laterizio. Colore marrone chiaro, mediamente addensata umida.								4
5								5-7-7		5
6										6
7										7
8.00										8
9		Depositi marini rappresentati da sabbia fine limoso-argillosa con ghiaia e rari ciottoli, colore grigio-ocra, sciolta, bagnata.								4
9.30										9
10										12
11										9
12		Substrato roccioso (Calcari di Monte Antola); calcare-marnoso da fratturato a poco fratturato, giunti alterati, leggermente scabri con patine di ossidazione e vene di calcite. Presenza di livelli centimetrici di argilla grigio scura								7
12.50										4
f.p.										13
13										14
14										15
15										16
16										17
17										18
18										19
19										20

br livelli ridotti in breccia
 S carotiere semplice
 T2 carotiere doppio

W corona widia
 D corona diamante
 (101) diametro perforazione

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: COMUNE DI GENOVA
Sondaggio: S5 - Cassetta: n°1
Prof. da 0.00 m. a 5.00 m. →



Committente: COMUNE DI GENOVA
Sondaggio: S5 - Cassetta: n°2
Prof. da 5.00 m. a 10.00 m. →



Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: COMUNE DI GENOVA
Sondaggio: S5 - Cassetta: n°3
Prof. da 10.00 m. a 13.00 m. →



Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



8 | DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO S6

N° allegato

M3D001_18

05_03_2018

-

Luca Maldotti

COMUNE DI GENOVA

codice

data

scala

redatto

committente

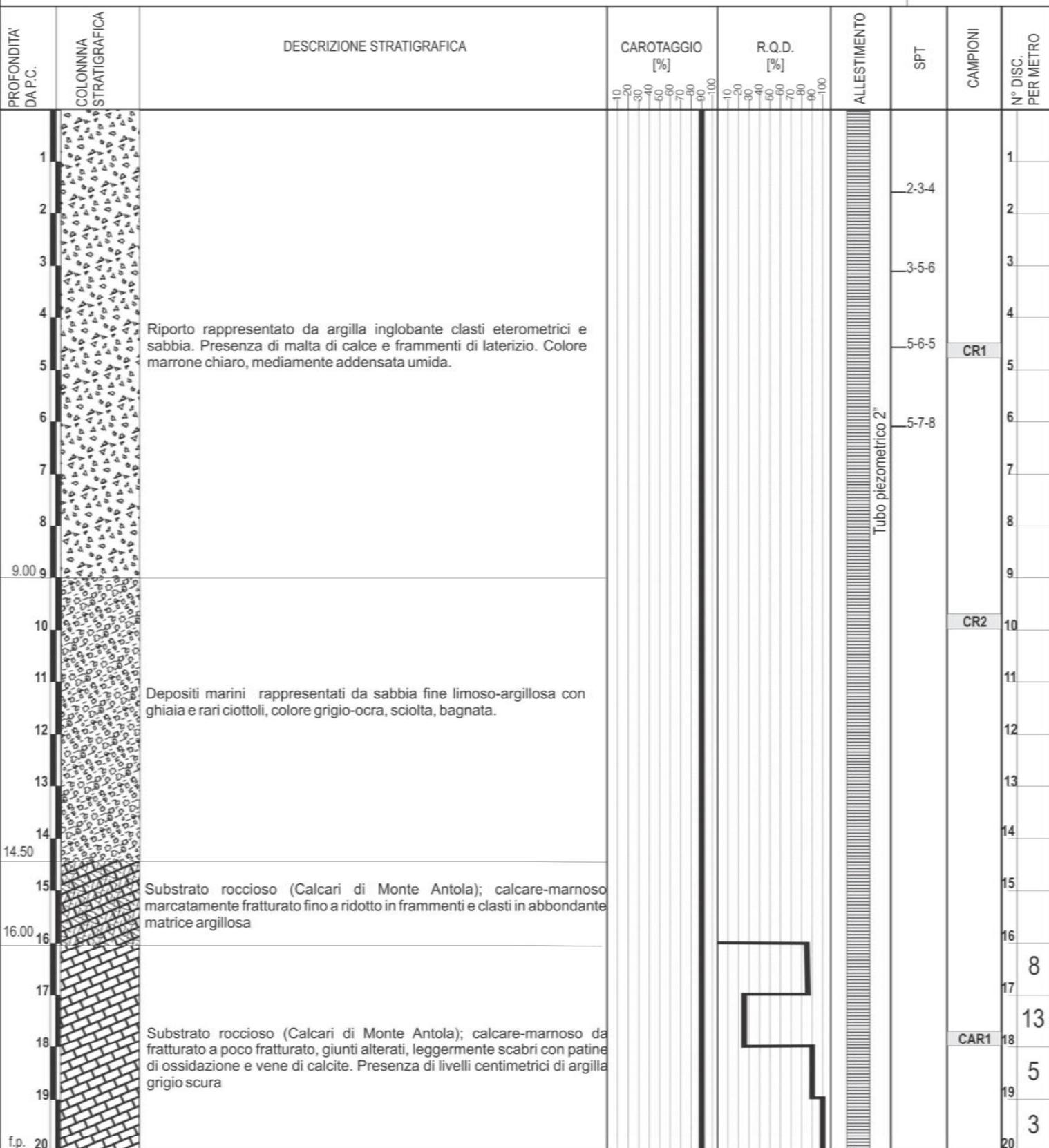


M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

S6PZ

COMMITTENTE: Comune di Genova LOCALITA': Fiera di Genova
DATA INIZIO: 19 febbraio 2018 DATA FINE: 20 febbraio 2018
REDATTORE: Geol. Luca Madotti CANTIERE: Progetto Waterfront
PERFORAZIONE: a rotazione a c.c.ad asse verticale DIAMETRO CAROTIERE: ϕ 101 mm

PROFONDITA' FORO: 20.00 m
RILIEVO FALDA:
prof. da p.c.: 3.10 m da p.c



br livelli ridotti in breccia W corona widia
S carotiere semplice D corona diamante
T2 carotiere doppio (101) diametro perforazione

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: COMUNE DI GENOVA
Sondaggio: 56 - Cassetta: n°1
Prof. da 0.00 m. a 5.00 m. →



Committente: COMUNE DI GENOVA
Sondaggio: 56 - Cassetta: n°2
Prof. da 5.00 m. a 10.00 m. →

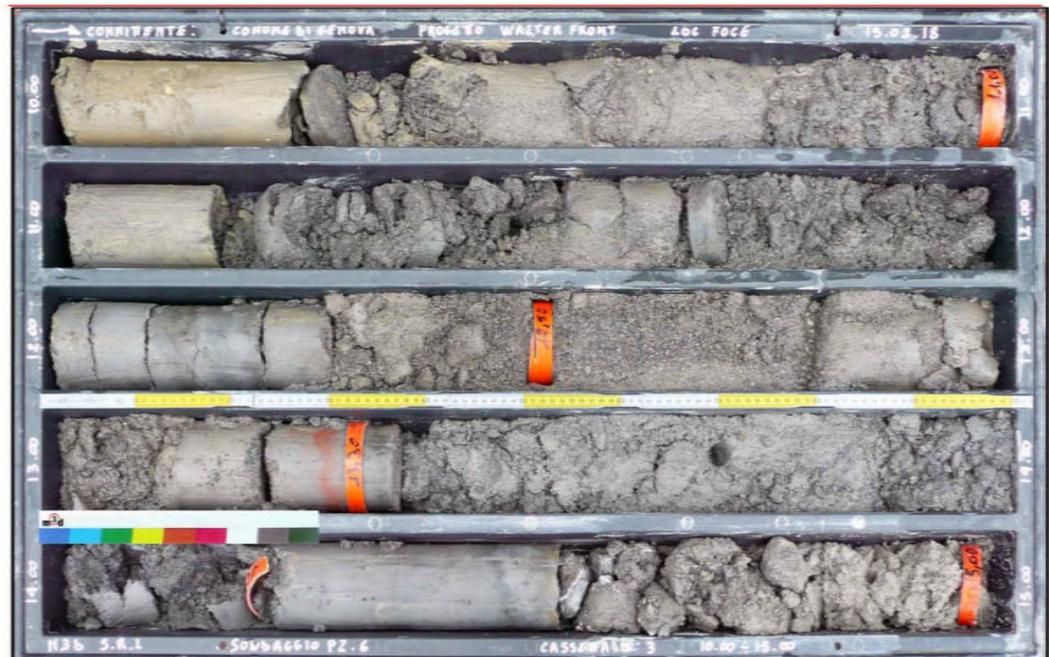
Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: **COMUNE DI GENOVA**
Sondaggio: **S6** - Cassetta: **n°3**
Prof. da **10.00 m.** a **15.00 m.** →



Committente: **COMUNE DI GENOVA**
Sondaggio: **S6** - Cassetta: **n°4**
Prof. da **15.00 m.** a **20.00 m.** →



**PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE
SONDAGGIO S6pz**

DATI IDENTIFICATIVI

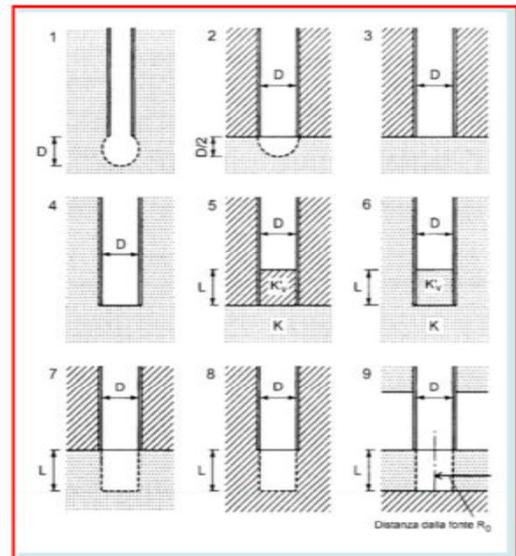
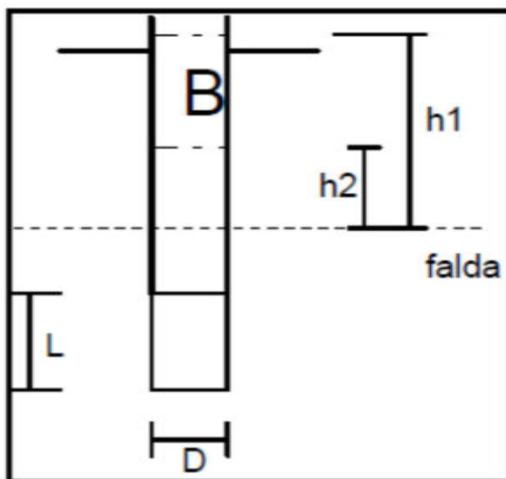
Committente:	COMUNE DI GENOVA
Cantiere	Progetto Waterfront
Opera	-
Sondaggio	S6PZ
Prova n.	1
Data	19/02/2018

DATI CARATTERISTICI PROVA

Profondità foro H (m)	11.0
Profondità rivestimento B (m)	10.0
Lunghezza tratto di prova L-B (m)	1.0
Diametro foro D (mm)	101
Diametro rivestimento (mm)	127
Tempo prova (min)	55
Livello iniziale falda H (m)	5.1
Tipo cavità filtrante	Fondo filtrante piano in terreno uniforme
Natura terreno nel tratto di prova	sabbia limo argillosa con ghiaia

DETERMINAZIONE COEFFICIENTE DI FORMA

GEOMETRIA CAVITA'	FORMULA (Wilkinson, 1968)
Filtro sferico in terreno uniforme	$F=2*3,14D$
Filtro emisferico al tetto di strato confinato	$F=3,14D$
Fondo filtrante piano al tetto di str. confinato	$F=2D$
Fondo filtrante piano in terreno uniforme	$F=2,75D$
Filtro cilindrico al confine con strato impermeabile	$F=3*3,14L/n(3L/D+Radq(1+(3L/D)^2))$
Filtro cilindrico in terreno uniforme	$F=3*3,14L/n(1,5L/D+Radq(1+(1,5L/D)^2))$



CALCOLO PERMEABILITA'

Formula utilizzata:	$k= (A/(Cf*(t2-t1))\ln(h1/h2)$
Tempo totale (min.)	55.00
Coefficiente di forma F (m)	1.8792
PERMEABILITA' (m/s)	2.75E-07

TUBO PIEZOMETRICO S6PZ
Scheda di Installazione

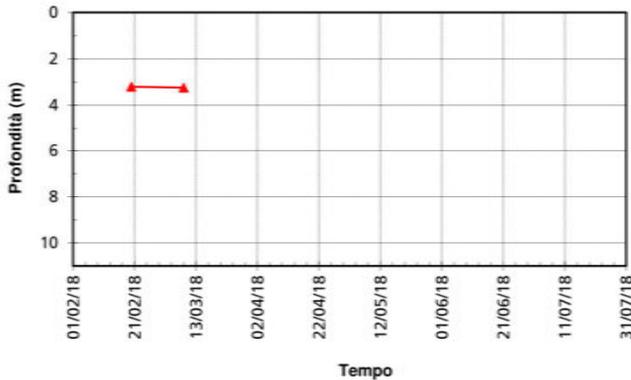
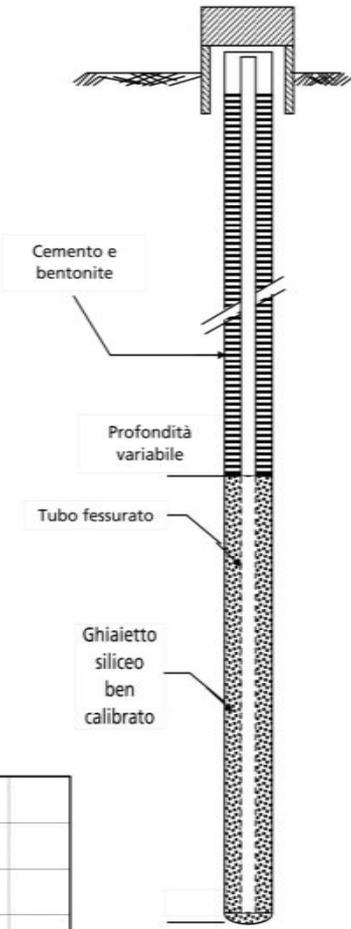
COMUNE DI GENOVA
Committente

PROGETTO WATERFRONT - Fiera di Genova
Località

Data installazione : 20_02_2018

Misure		Profondita' Falda (m)
n°	Data	Quota assoluta (ml)
2	20/02/2018	3,20
3	09/03/2018	3,24
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		

Coordinate [m]
x :
y :
z :



Φ Foro : 127 mm
 Φ Tubo : Tubo in PVC microfessurato 2.0"
 Cementazione : Cemento tipo - Portland 325
 : Rapporto A/C in peso - 3/10
 : Bentonite 10 %



Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



9 | DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO S7

N° allegato

M3D001_18

05_03_2018

-

Luca Maldotti

COMUNE DI GENOVA

codice

data

scala

redatto

committente



M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
 Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
 16162 GENOVA
 tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

S7PZ

COMMITTENTE: Comune di Genova LOCALITA': Fiera di Genova
 DATA INIZIO: 27 febbraio 2018 DATA FINE: 28 febbraio 2018
 REDATTORE: Geol. Luca Madotti CANTIERE: Progetto Waterfront
 PERFORAZIONE: a rotazione a c.c.ad asse verticale DIAMETRO CAROTIERE: ϕ 101 mm

PROFONDITA' FORO: 15.00 m
 RILIEVO FALDA:
 prof. da p.c.: 5.50 m da p.c

PROFONDITA' DA P.C.	COLONNINA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAROTTAGGIO [%]		R.Q.D. [%]		ALLESTIMENTO	SPT	CAMPIONI	N° DISC. PER METRO
			10	20	30	40				
1										1
2								10-11-9		2
3								3-5-3		3
4		Riperto rappresentato da argilla inglobante clasti eterometrici e sabbia. Presenza di malta di calce e frammenti di laterizio. Colore marrone chiaro, mediamente addensata umida.								4
5								5-4-5		5
6										6
7										7
8										8
9										9
10										10
10.30		Substrato roccioso (Calcari di Monte Antola); calcare-marnoso marcatamente fratturato fino a ridotto in frammenti e clasti in abbondante matrice argillosa								11
10.80										12
11										5br
12										9br
13		Substrato roccioso (Calcari di Monte Antola); calcare-marnoso da fratturato a poco fratturato, giunti alterati, leggermente scabri con patine di ossidazione e vene di calcite. Presenza di livelli centimetrici di argilla grigio scura								12
14										15br
15										15
11.00 f.p.										16
16										16
17										17
18										18
19										19
20										20

br livelli ridotti in breccia W corona widia
 S carotiere semplice D corona diamante
 T2 carotiere doppio (101) diametro perforazione

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: **COMUNE DI GENOVA**
Sondaggio: **S7** - Cassetta: **n°1**
Prof. da **0.00 m.** a **5.00 m.** →



Committente: **COMUNE DI GENOVA**
Sondaggio: **S7** - Cassetta: **n°2**
Prof. da **5.00 m.** a **10.00 m.** →



Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: **COMUNE DI GENOVA**
Sondaggio: 57 - Cassetta: n°3
Prof. da 10.00 m. a 15.00 m. →

TUBO PIEZOMETRICO S7PZ
Scheda di Installazione

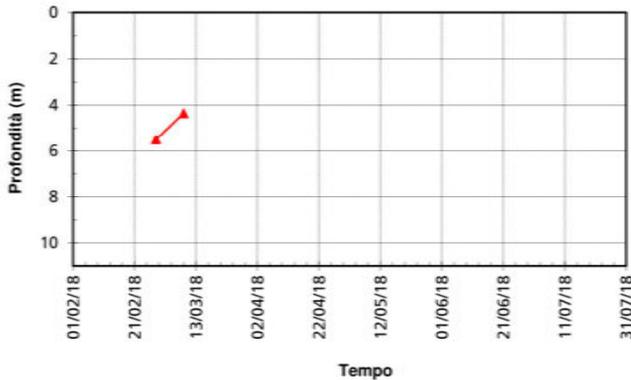
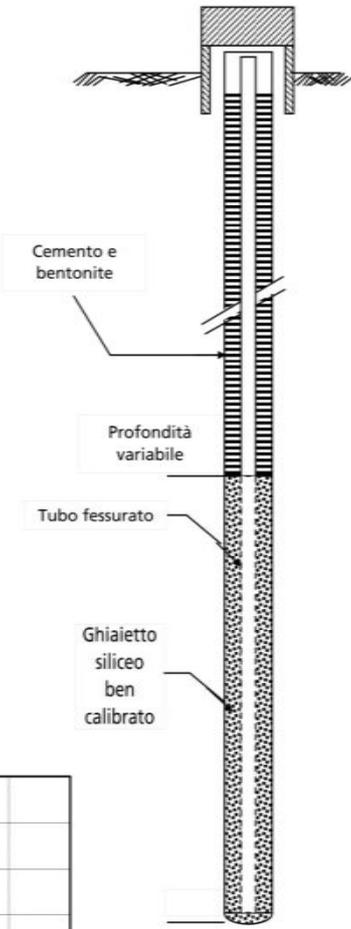
COMUNE DI GENOVA
Committente

PROGETTO WATERFRONT - Fiera di Genova
Località

Data installazione : 28_02_2018

Misure		Profondita' Falda (m)
n°	Data	Quota assoluta (ml)
2	28/02/2018	5,50
3	09/03/2018	4,35
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		

Coordinate [m]
x :
y :
z :



Φ Foro : 127 mm
 Φ Tubo : Tubo in PVC microfessurato 2.0"
 Cementazione : Cemento tipo - Portland 325
 : Rapporto A/C in peso - 3/10
 : Bentonite 10 %



Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



10 DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO S8

N° allegato

M3D001_18

codice

05_03_2018

data

-

scala

Luca Maldotti

redatto

COMUNE DI GENOVA

committente



M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

S8PZ

COMMITTENTE: Comune di Genova LOCALITA': Fiera di Genova
DATA INIZIO: 16 febbraio 2018 DATA FINE: 19 febbraio 2018
REDATTORE: Geol. Luca Madotti CANTIERE: Progetto Waterfront
PERFORAZIONE: a rotazione a c.c.ad asse verticale DIAMETRO CAROTIERE: ϕ 101 mm

PROFONDITA' FORO: 9.00 m
RILIEVO FALDA:
prof. da p.c.: 4.70 m da p.c

PROFONDITA' DA P.C.	COLONNINA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAROTAGGIO [%]		R.Q.D. [%]		ALLESTIMENTO	SPT	CAMPIONI	N° DISC. PER METRO
			10	20	30	40				
1										1
2		Riporto rappresentato da argilla inglobante clasti eterometrici e sabbia. Presenza di malta di calce e frammenti di laterizio. Colore marrone chiaro, mediamente addensata umida.						2-3-2		2
3								8-5-7		3
4.20										4
4.90		Depositi marini rappresentati da sabbia fine limoso-argillosa con rara ghiaia, colore grigio-ocra, sciolta, bagnata.						5-6-5	CR1	5
6										6
7		Substrato roccioso (Calcari di Monte Antola); calcare-marnoso da fratturato a poco fratturato, giunti alterati, leggermente scabri con patine di ossidazione e vene di calcite. Presenza di livelli centimetrici di argilla grigio scura								10
8										6
9										5
9.00 f.p.										9
10										10
11										11
12										12
13										13
14										14
15										15
16										16
17										17
18										18
19										19
20										20

br livelli ridotti in breccia
S carotiere semplice
T2 carotiere doppio

W corona widia
D corona diamante
(101) diametro perforazione

Tubo piezometrico 2"

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: **COMUNE DI GENOVA**
Sondaggio: **58** - Cassetta: n°1
Prof. da 0.00 m. a 5.00 m. →



Committente: **COMUNE DI GENOVA**
Sondaggio: **58** - Cassetta: n°2
Prof. da 5.00 m. a 9.00 m. →



PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE
SONDAGGIO S6pz

DATI IDENTIFICATIVI

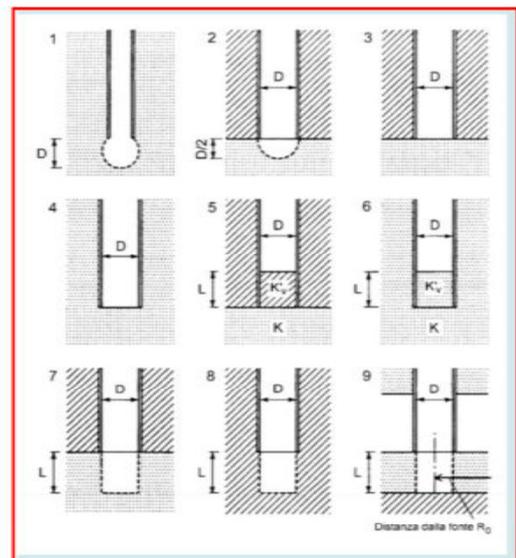
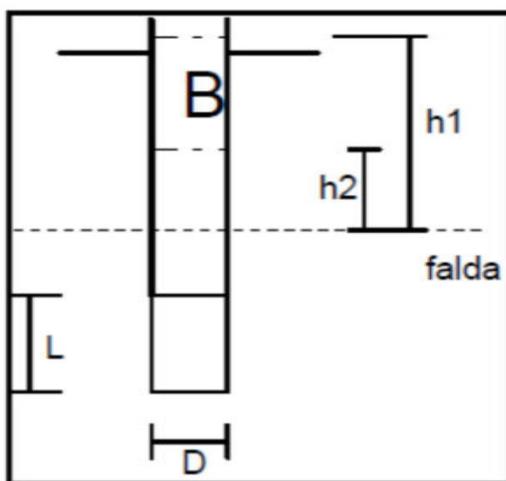
Committente:	COMUNE DI GENOVA
Cantiere	Progetto Waterfront
Opera	-
Sondaggio	S8PZ
Prova n.	1
Data	16/02/2018

DATI CARATTERISTICI PROVA

Profondità foro H (m)	4.5
Profondità rivestimento B (m)	3.5
Lunghezza tratto di prova L-B (m)	1.0
Diametro foro D (mm)	101
Diametro rivestimento (mm)	127
Tempo prova (min)	45
Livello iniziale falda H (m)	4.7
Tipo cavità filtrante	Fondo filtrante piano in terreno uniforme
Natura terreno nel tratto di prova	sabbia limo argillosa con ghiaia

DETERMINAZIONE COEFFICIENTE DI FORMA

GEOMETRIA CAVITA'	FORMULA (Wilkinson, 1968)
Filtro sferico in terreno uniforme	$F=2*3,14D$
Filtro emisferico al tetto di strato confinato	$F=3,14D$
Fondo filtrante piano al tetto di str. confinato	$F=2D$
Fondo filtrante piano in terreno uniforme	$F=2,75D$
Filtro cilindrico al confine con strato impermeabile	$F=3*3,14L/l_n(3L/D+Radq(1+(3L/D)^2))$
Filtro cilindrico in terreno uniforme	$F=3*3,14L/l_n(1,5L/D+Radq(1+(1,5L/D)^2))$



CALCOLO PERMEABILITA'

Formula utilizzata:	$k= (A/(Cf*(t2-t1))\ln(h1/h2)$
Tempo totale (min.)	45.00
Coefficiente di forma F (m)	1.8792
PERMEABILITA' (m/s)	2.91E-06

TUBO PIEZOMETRICO S8PZ
Scheda di Installazione

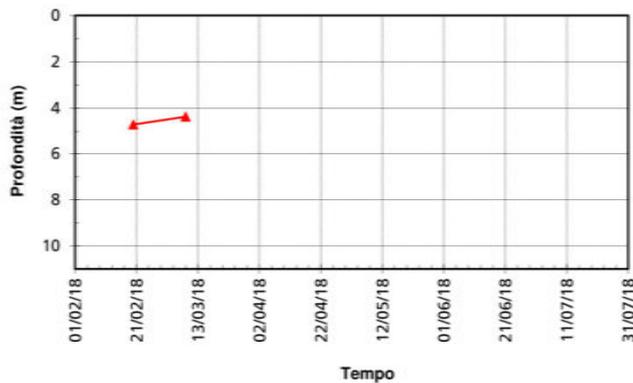
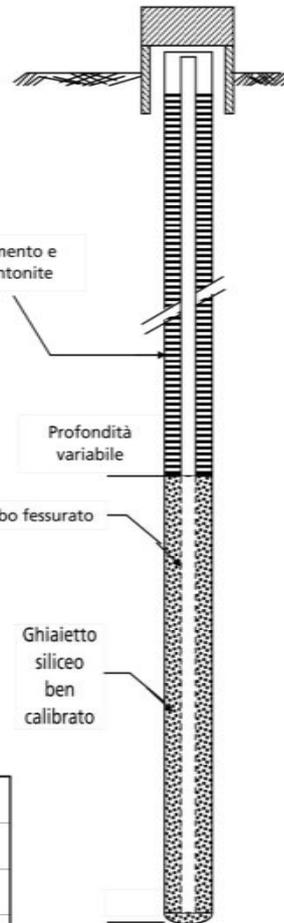
COMUNE DI GENOVA
Committente

PROGETTO WATERFRONT - Fiera di Genova
Località

Data installazione : 19_02_2018

Misure		Profondita' Falda (m)
n°	Data	Quota assoluta (ml)
2	20/02/2018	4,70
3	09/03/2018	4,36
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		

Coordinate [m]
x :
y :
z :



Φ Foro : 127 mm

Φ Tubo : Tubo in PVC microfessurato 2.0"

Cementazione : Cemento tipo - Portland 325

: Rapporto A/C in peso - 3/10

: Bentonite 10 %

Note

Dott. Luca MALDOTTI
Operatore

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



11 | DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO S9

N° allegato

M3D001_18	05_03_2018	-	Luca Maldotti	COMUNE DI GENOVA
codice	data	scala	redatto	committente



M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

S9

COMMITTENTE: Comune di Genova LOCALITA': Fiera di Genova
DATA INIZIO: 22 febbraio 2018 DATA FINE: 22 febbraio 2018
REDATTORE: Geol. Luca Madotti CANTIERE: Progetto Waterfront
PERFORAZIONE: a rotazione a c.c.ad asse verticale DIAMETRO CAROTIERE: ϕ 101 mm

PROFONDITA' FORO: 20.00 m

RILIEVO FALDA:

prof. da p.c.:

PROFONDITA' DA P.C.	COLONNINA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAROTTAGGIO [%]		R.Q.D. [%]	ALLESTIMENTO	SPT	CAMPIONI	N° DISC. PER METRO
			10	20					
1									
2							9-11-8		
3							8-9-11		
4									
5		Riporto rappresentato da argilla inglobante clasti eterometrici e sabbia. Presenza di malta di calce e frammenti di laterizio. Colore marrone chiaro, mediamente addensata umida.					7-6-9		
6									
7									
8									
9									
9.50									
10									
11		Depositi marini rappresentati da sabbia fine limoso-argillosa con ghiaia, colore grigio-ocra, sciolta, bagnata.						CR1	
12									
13									
14									
14.50		Substrato roccioso (Calcarei di Monte Antola); calcare-marnoso marcatamente fratturato fino a ridotto in frammenti e clasti in abbondante matrice argillosa							5
15.00									6
16									4
17		Substrato roccioso (Calcarei di Monte Antola); calcare-marnoso da fratturato a poco fratturato, giunti alterati, leggermente scabri con patine di ossidazione e vene di calcite. Presenza di livelli centimetrici di argilla grigio scura							5
18									3
19									8
f.p. 20									

br livelli ridotti in breccia W corona widia
S carotiere semplice D corona diamante
T2 carotiere doppio (101) diametro perforazione

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: COMUNE DI GENOVA
Sondaggio: S9 - Cassetta: n°1
Prof. da 0.00 m. a 5.00 m. →



Committente: COMUNE DI GENOVA
Sondaggio: S9 - Cassetta: n°2
Prof. da 5.00 m. a 10.00 m. →

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: **COMUNE DI GENOVA**
Sondaggio: **59** - Cassetta: n°3
Prof. da **10.00 m.** a **15.00 m.** →



Committente: **COMUNE DI GENOVA**
Sondaggio: **59** - Cassetta: n°4
Prof. da **15.00 m.** a **20.00 m.** →



Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com

12 | DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO S10

N° allegato

M3D001_18	05_03_2018	-	Luca Maldotti	COMUNE DI GENOVA
codice	data	scala	redatto	committente



M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

S10PZ

COMMITTENTE: Comune di Genova LOCALITA': Fiera di Genova
DATA INIZIO: 22 febbraio 2018 DATA FINE: 22 febbraio 2018
REDATTORE: Geol. Luca Madotti CANTIERE: Progetto Waterfront
PERFORAZIONE: a rotazione a c.c.ad asse verticale DIAMETRO CAROTIERE: ϕ 101 mm

PROFONDITA' FORO: 18.30 m
RILIEVO FALDA:
prof. da p.c.: 0.70 m

PROFONDITA' DA P.C.	COLONNINA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAROTTAGGIO [%]		R.Q.D. [%]		ALLESTIMENTO	SPT	CAMPIONI	N° DISC. PER METRO	
			10	20	30	40					50
1										1	
2								3-4-5		2	
3								2-3-5		3	
4		Riporto rappresentato da argilla inglobante clasti eterometrici e sabbia. Presenza di malta di calce e frammenti di laterizio. Colore marrone chiaro, mediamente addensata umida.							CI1	4	
5									3-4-6	CR1	5
6									5-3-6		6
7											7
7.50											8
8		Depositi marini rappresentati da sabbia fine limoso-argillosa con ghiaia, colore grigio-ocra, sciolta, bagnata.									8
9										CR2	9
10											10
11											11
12											12
13											13
14											14
15		Substrato roccioso (Calcarei di Monte Antola); calcare-marnoso da fratturato a poco fratturato, giunti alterati, leggermente scabri con patine di ossidazione e vene di calcite. Presenza di livelli centimetrici di argilla grigio scura									15
16										CAR1	8 _b
17											3 _{br}
18										5	
18.30										18	
f.p.										3	
19										19	
20										20	

br livelli ridotti in breccia
S carotiere semplice
T2 carotiere doppio

W corona widia
D corona diamante
(101) diametro perforazione

Tubo piezometrico 2"

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: **COMUNE DI GENOVA**
Sondaggio: **S10** - Cassetta: n°1
Prof. da **0.00 m. a 5.00 m.** →



Committente: **COMUNE DI GENOVA**
Sondaggio: **S10** - Cassetta: n°2
Prof. da **5.00 m. a 10.00 m.** →

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517628

Web www.m3dsrl.com

E-mail info@m3dsrl.com



Committente: **COMUNE DI GENOVA**
Sondaggio: **510** - Cassetta: n°3
Prof. da **10.00 m.** a **15.00 m.** →



Committente: **COMUNE DI GENOVA**
Sondaggio: **510** - Cassetta: n°4
Prof. da **15.00 m.** a **18.40 m.** →

TUBO PIEZOMETRICO S10PZ
Scheda di Installazione

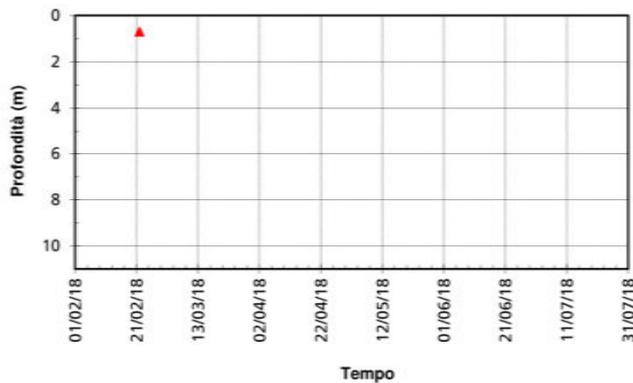
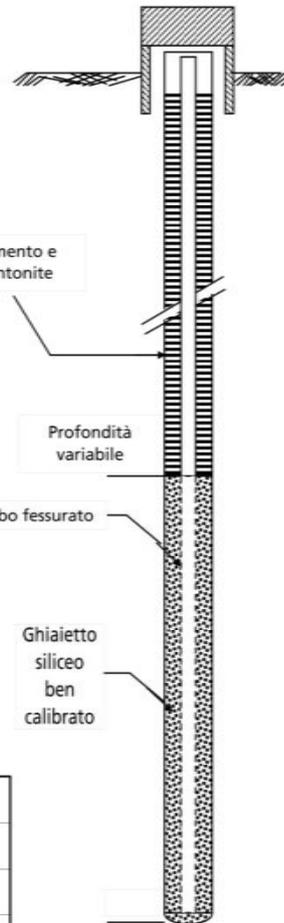
COMUNE DI GENOVA
 Committente

PROGETTO WATERFRONT - Fiera di Genova
 Località

Data installazione : 22_02_2018

Misure		Profondita' Falda (m)
n°	Data	Quota assoluta (ml)
2	22/02/2018	0,70
3	09/03/2018	NON ACCESSIBILE
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		

Coordinate [m]
 x :
 y :
 z :



Φ Foro : 127 mm
 Φ Tubo : Tubo in PVC microfessurato 2.0"
 Cementazione : Cemento tipo - Portland 325
 : Rapporto A/C in peso - 3/10
 : Bentonite 10 %