

		MA office		F.M.
n	DATA	DESCRIZIONE	DIS.	APPR.
STATO P.A.C.		FILE	SCALA -	

LOCALIZZAZIONE

Trieste (TS)

COMMITTENTE

MID group.

MID Immobiliare s.r.l.
via della Mostra 2
BOLZANO
c.f. e Partita IVA 02957360213

CIA

Società Cooperativa



PROGETTAZIONE

Arch. Francesco Morena

ma

morena architects

v. Pietà 1, 34074 MONFALCONE (GO)
Tel. 0481791433 Fax. 0481414783
e-mail: info@maoffice.it
www.maoffice.it

TITOLO DELL'ELABORATO

**PIANO ATTUATIVO COMUNALE
AREA "EX-FIERA"**

TITOLO DELL'ELABORATO
RELAZIONE GEOLOGICA

ELABORATO N.

R_04

**Regione Friuli Venezia Giulia
Provincia di Trieste
Comune di Trieste**

dott. ing. Iztok Smotlak

**Relazione geologica e di parametrizzazione geotecnica dei
terreni a supporto del progetto di ristrutturazione del
comprensorio della Fiera di Trieste.**

*Il professionista incaricato
dott. geol. Roberto Chiappini*



Settembre 2018

**Sede: 34135 – TRIESTE - Via Udine 39/1
Tel.: +39(0)40.412823
E-mail: roberto.chiappini@alice.it**

**C.F. CHPRRT64L04L424S
P.I. 00887450328**

**Regione Friuli Venezia Giulia
Provincia di Trieste
Comune di Trieste**

dott. ing. Iztok Smotlak

Relazione geologica e di parametrizzazione geotecnica dei terreni a supporto del progetto di ristrutturazione del comprensorio della Fiera di Trieste.

Settembre 2018

1. Generalità

Su incarico del dott. ing. Iztok Smotlak, nel mese di settembre 2018, è stata redatta la presente relazione geologica e di parametrizzazione geotecnica dei terreni a supporto del progetto di ristrutturazione del comprensorio della Fiera di Trieste.

Il presente studio raccoglie gli elaborati riguardanti la valutazione delle condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche della zona in esame e delle aree adiacenti, nonché la valutazione dei parametri geotecnici dei terreni interessati dal progetto.

Per la stesura della presente relazione geologica e di parametrizzazione geotecnica sono stati eseguiti:

- *un accurato sopralluogo nell'area ed in quelle immediatamente contermini;*
- *n° 3 sondaggi meccanici a carotaggio continuo e prove in situ, spinti sino al rinvenimento del substrato roccioso scarsamente alterato per la ricostruzione del modello geologico del sito denominati S01, S02, S03;*
- *n° 2 pozzetti geognostici con escavatore a braccio rovescio al fine di identificare spessori di copertura e giacitura dell'ammasso roccioso – denominati P01 e P02;*
- *un'indagine geofisica per la definizione del modello geologico (profondità del substrato roccioso) e la determinazione della velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$, così come definita al § 3.2.2. delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018.*

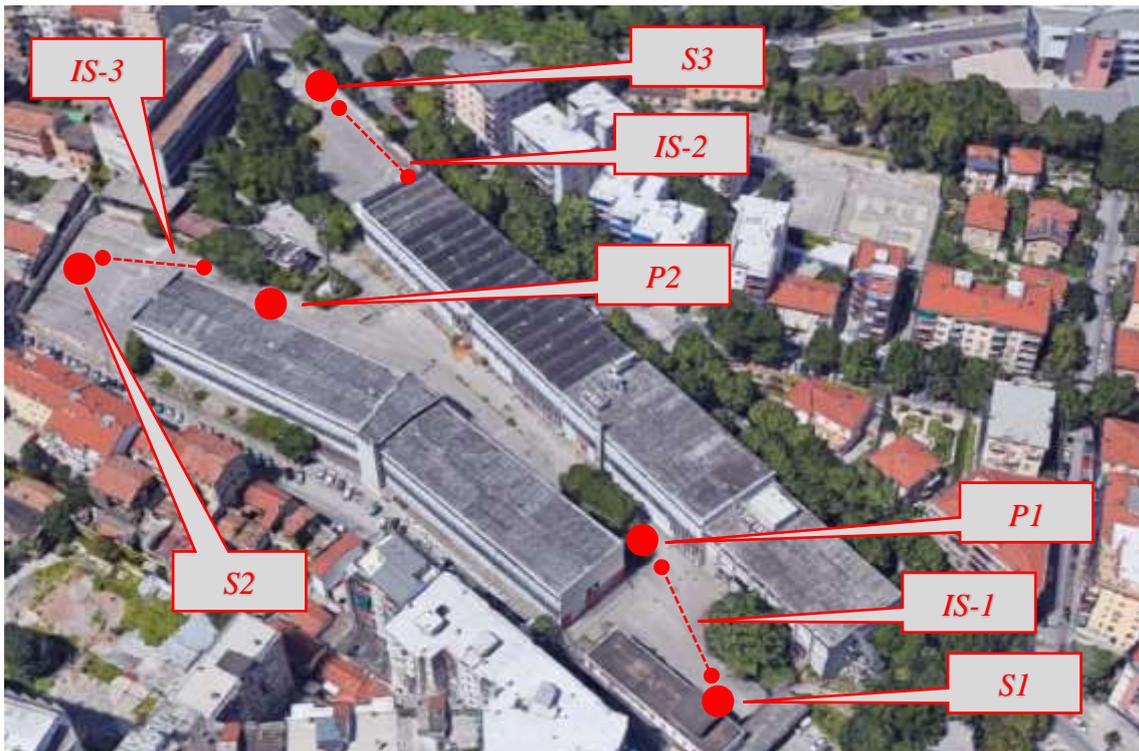
La campagna di indagine geofisica si è così sviluppata:

- *n° 3 stendimenti sismici a rifrazione;*
- *n° 3 indagini sismiche con metodologia M.A.S.W. (multi-channel analysis of surface waves);*
- *n° 3 indagini sismiche passive HVSR.*

Gli stendimenti sismici e le Masw sono state eseguite su 3 allineamenti denominati IS-1, IS-2 e IS-3; le prove HVSR sono state eseguite al centro di ogni stendimento.

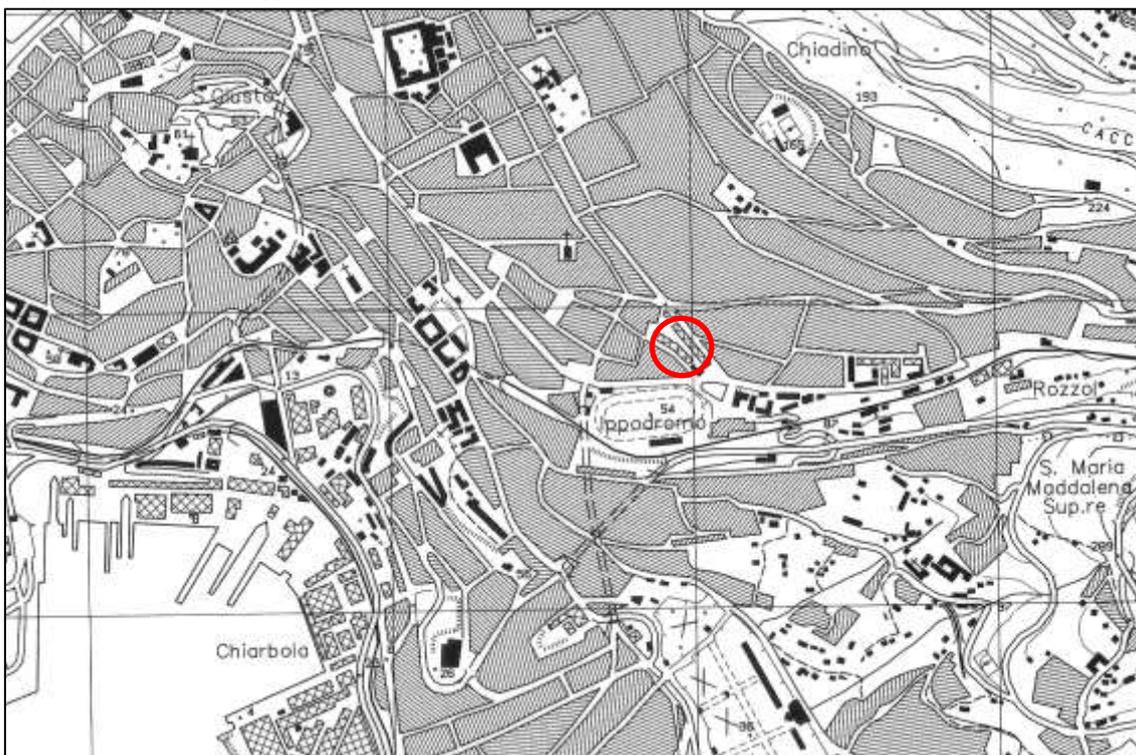
Per la stesura della presente relazione, sono stati inoltre consultati relazioni geologiche, campagne di indagini geognostiche, prove in situ e prove di laboratorio geotecnico sui terreni realizzate, sotto la supervisione del sottoscritto, in aree prossime a quella di intervento.

Sono stati consultati, infine, i dati forniti dal Servizio Geologico della Regione Friuli Venezia Giulia.



2. Ubicazione dell'area di intervento

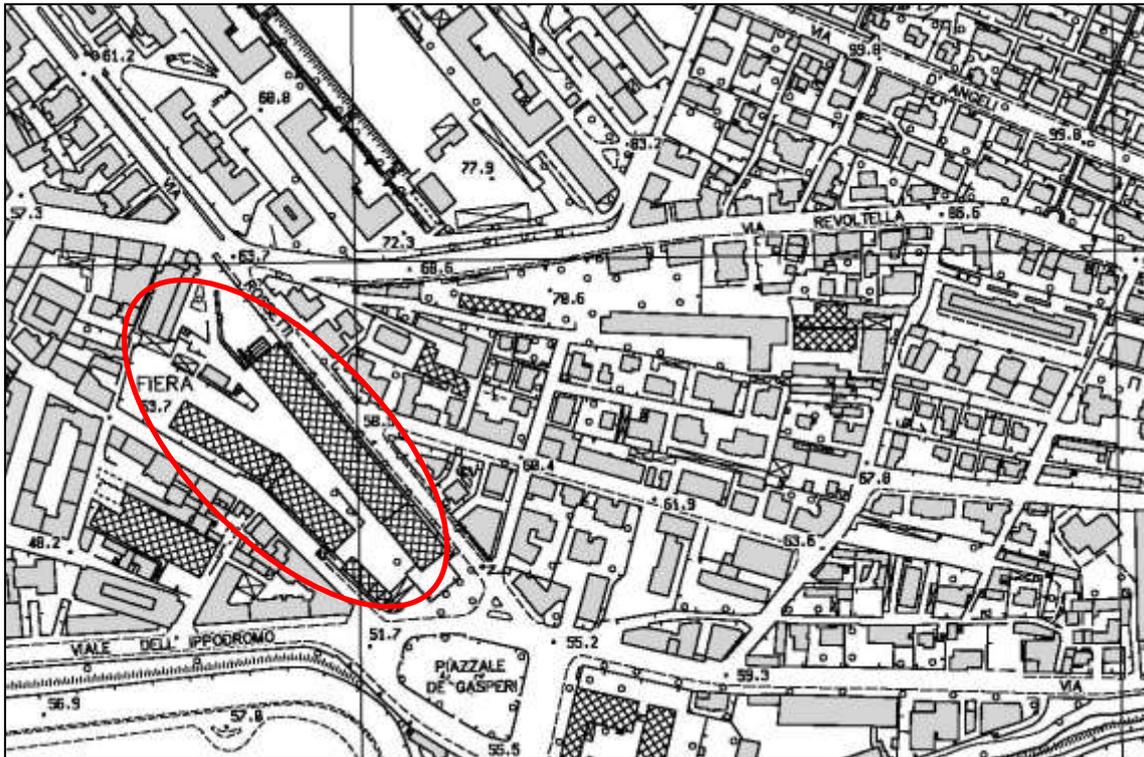
Il sito di indagine è delimitato da via Revoltella, via Rossetti, via Settefontane e Piazzale de Gasperi; la quota è variabile e compresa tra 52 m. s.l.m.m. di piazzale de Gasperi e 63 m s.l.m.m. di via Revoltella.



CRN Tavoleta 110 S.O.

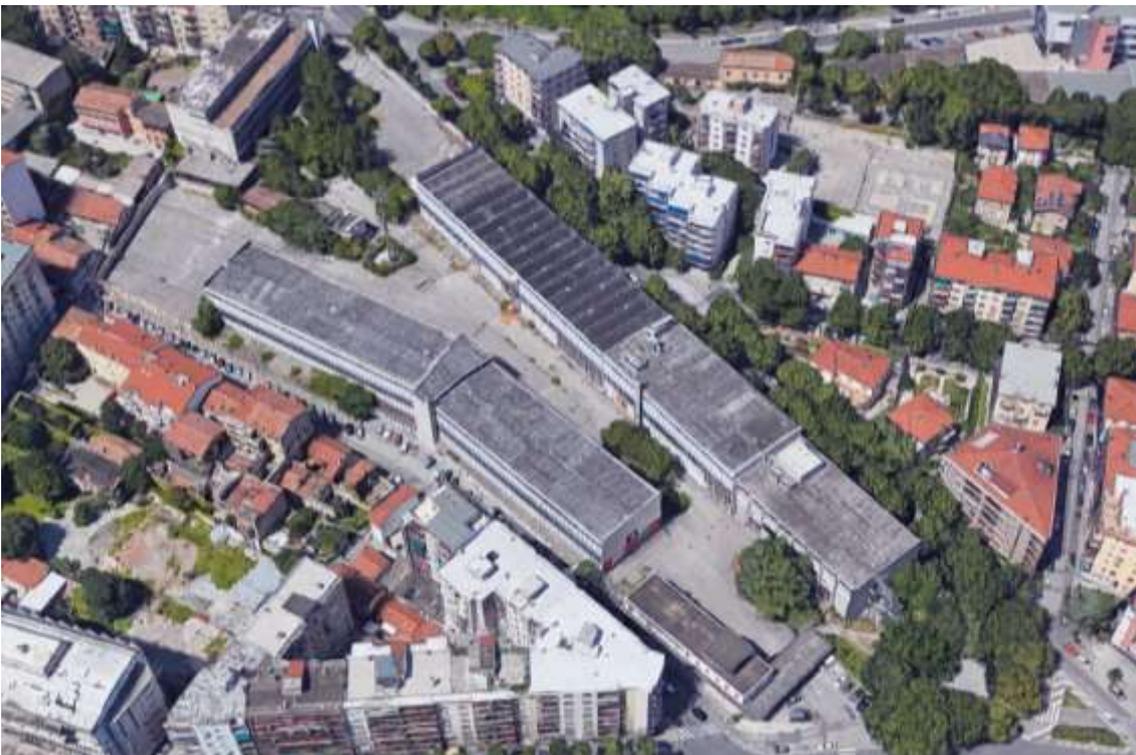
scala 1 : 25.000

Pagina 3 di 86



CTRN Elemento 110141

scala 1 : 5.000



Vista aerea da sud dell'area di intervento

3. Opere di progetto

È prevista la demolizione degli edifici esistenti e la realizzazione di un nuovo edificio commerciale.

La struttura sarà composta da 2 livelli interrati adibiti a parcheggio, 2 livelli seminterrati ad uso commerciale che interesseranno pressoché l'intero comprensorio della Ex Fiera di Trieste.

È prevista infine la realizzazione di un livello fuori terra, di ridotte dimensioni, adibito ad ingresso e ristorazione.

Per la rimanente porzione la copertura della struttura sarà adibita a parcheggio e giardino.

Per una descrizione più esaustiva si rimanda alle relazioni architettoniche e strutturali che la presente relazione accompagna.

4. Riferimenti normativi

Il presente studio è stato redatto ai sensi delle LL.RR. 9 maggio 1988, n. 27 “Norme sull’osservanza delle disposizioni sismiche ed attuazione dell’articolo 20 della legge 10 dicembre 1981, n. 741” ed 11 agosto 2009, n. 16 “Norme per la costruzione in zona sismica e per la tutela fisica del territorio”.

La L.R. 27/1988 è abrogata dall’art. 19, comma 1, lettera b) della L.R. 16/2009, ma le sue disposizioni continuano ad applicarsi fino all’adozione dei provvedimenti attuativi indicati all’art. 3, commi 2, 3 e 4 ed all’art. 17 della legge medesima.

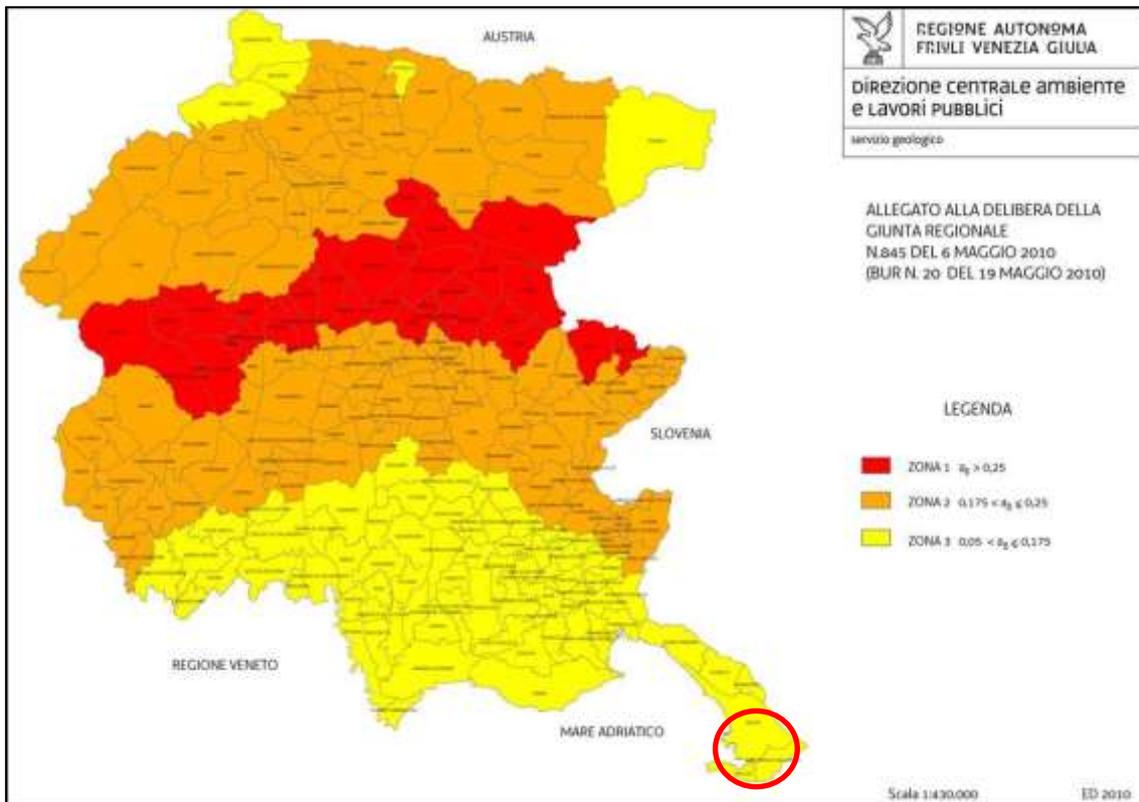
La relazione si basa sulla normativa vigente, con particolare riferimento a:

- D.M. 11 marzo 1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione” e relative istruzioni applicative (Circolare LL.PP. 24 settembre 1988, n. 30483) con le relative istruzioni applicative (Circolare LL.PP. 24 settembre 1988, n. 30483);
- D.M. 14 gennaio 2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni” (NTC2008) e relative istruzioni applicative (Circolare LL.PP. 2 febbraio 2009, n. 617”);
- D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;
- Circolare 02/02/2009 - Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- L.R. 23 aprile 2007, n. 9 “Norme in materia di risorse forestali”;
- O.P.C.M. 28 aprile 2006, n. 3519 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.

Con Deliberazione di Giunta 6 maggio 2010, n. 845, il territorio della Regione F.V.G. è classificato, ai sensi dell’art. 3, comma 2, lettera a) della L.R. 16/2009, assegnando ciascun Comune ad una zona sismica ed individuando l’area di alta/bassa sismicità di appartenenza, come riportato nell’Allegato 1 della D.G.R. stessa.

In base a tale allegato il Comune di Trieste (Codice ISTAT 6032006) ricade in zona sismica 3 (definita area di bassa sismicità in recepimento dei pareri del Consiglio Superiore dei LL.PP. 16 novembre 2005, n. 234 e 13 dicembre 2005, n. 264, secondo i quali le zone sismiche 3 e 4 sono da considerarsi a “bassa sismicità”).

Nell’O.P.C.M. 28 aprile 2006, n. 3519 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”, la zona sismica 3 è individuata dai seguenti valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni riferiti a suoli orizzontali rigidi su campo libero caratterizzati da $V_{S,30} > 800$ m/s: $0,05 < a_g \leq 0,15$ g.



Tale Ordinanza Ministeriale rappresenta, seppur in via transitoria ed in attesa dei criteri generali approvati ai sensi dell'art. 83, comma 2, del D.P.R. 380/2001, il riferimento nazionale per le Regioni nel provvedere alla formazione ed all'aggiornamento degli elenchi delle zone dichiarate sismiche ai sensi del comma 3 del medesimo articolo.

5. Zonizzazione geologico-tecnica

5.1 Piano regolatore

In riferimento al Nuovo Piano Regolatore Generale Comunale - delibera di adozione 16.04.2014 il terreno in oggetto rientra in classe ZG6.

Art. 10.6 - Classe ZG6

In questa classe rientra la formazione marnoso arenacea in facies di Flysch caratterizzata generalmente dalle seguenti problematiche geologiche:

- assetto giaciturale irregolare;
- elevata variabilità delle caratteristiche geomeccaniche sia per anisotropia (lungo strato e trasverso strato) che per grado di fratturazione, detensionamento ed alterazione;
- presenza di percolazioni di acqua di interstrato anche in pressione;
- possibile presenza di piccole cave talora ritombate e mascherate al di fuori delle aree estrattive storicamente note;
- potenziali instabilità superficiali puntuali.

Le aree rientranti nella classe ZG6 sono edificabili nel rispetto delle norme tecniche attuative del P.R.G.C.

In sede di rilascio degli atti abilitativi dovranno essere acquisite, quale documentazione di progetto, le seguenti relazioni:

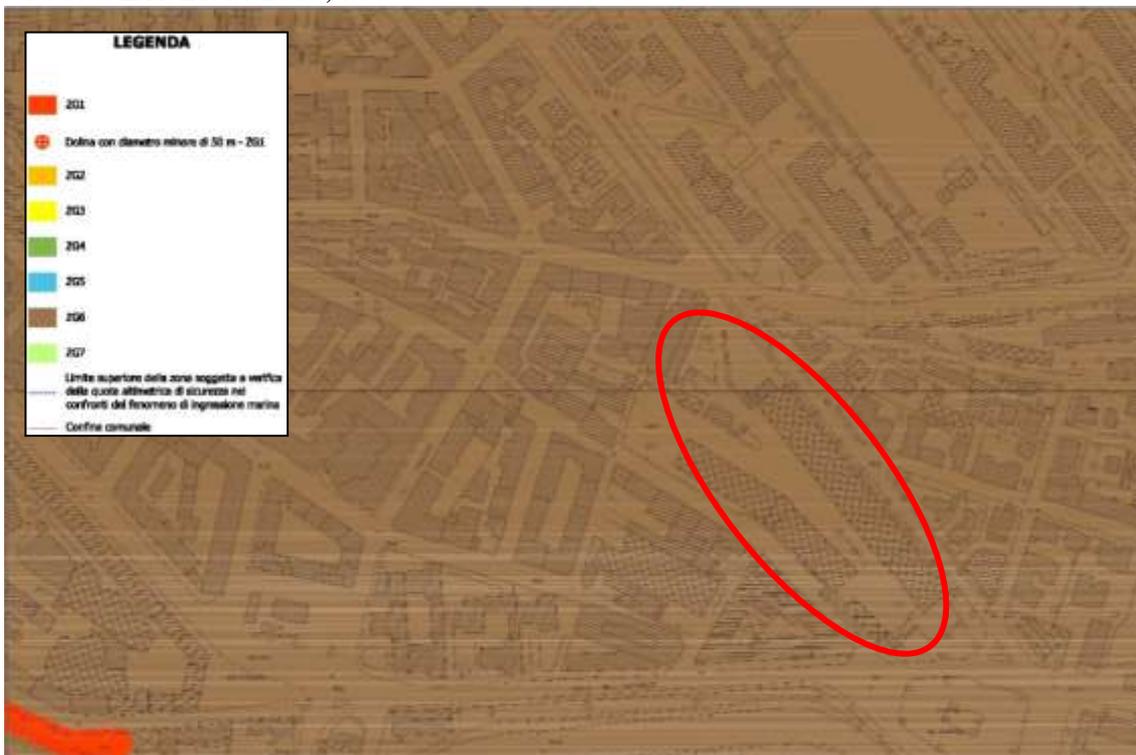
- relazione geologica e relazione geotecnica per nuove edificazioni, ampliamenti, incrementi di carico fondazionale anche in relazione ad adeguamento sismico, consolidamenti, sbancamenti, terrazzamenti e riporti. La relazione dovrà fare riferimento a quanto previsto all'art. 14 - Note generali sui contenuti della relazione geologica e geotecnica.

In particolare, la relazione geologica dovrà individuare, descrivere e cartografare nel dettaglio l'eventuale presenza di rischi geologici gravanti sulle aree interessate dall'intervento, indicando le soluzioni progettuali da adottare per eliminare o ridurre, in base all'opera prevista ed all'utilizzo dell'area, i rischi rilevati.

Le indicazioni contenute nella suddetta relazione dovranno essere integralmente recepite nel progetto delle opere di cui si prevede l'esecuzione. Lo stesso redattore della relazione geologica dovrà dichiarare, per quanto di competenza, la completa compatibilità degli interventi in progetto in relazione agli eventuali rischi geologici rilevati ed all'equilibrio idrogeologico e geostatico dell'area.

Fatto salvo quanto prescritto nelle norme particolari di salvaguardia (art. 15), indagini di carattere speciale dovranno essere eseguite nelle aree dove per motivate ragioni geologiche (aree carsiche – depositi di terra rossa – riporti antropici) o relative al precedente uso del territorio possano essere presenti cavità sotterranee, possano manifestarsi fenomeni di subsidenza ed altri fenomeni che condizionino il comportamento statico dei manufatti (Par. C.3 del D.M. 11.03.1988).

L'area non è soggetta al vincolo idrogeologico di cui al R.D. 30 dicembre 1923, n. 3267 - ed alla L.R. 23.04.2007, n. 9.



Estratto da Tav. 4 e 6 - PRG – Zonizzazione geologico tecnica – scala 1:5.000

6. Idrogeologia

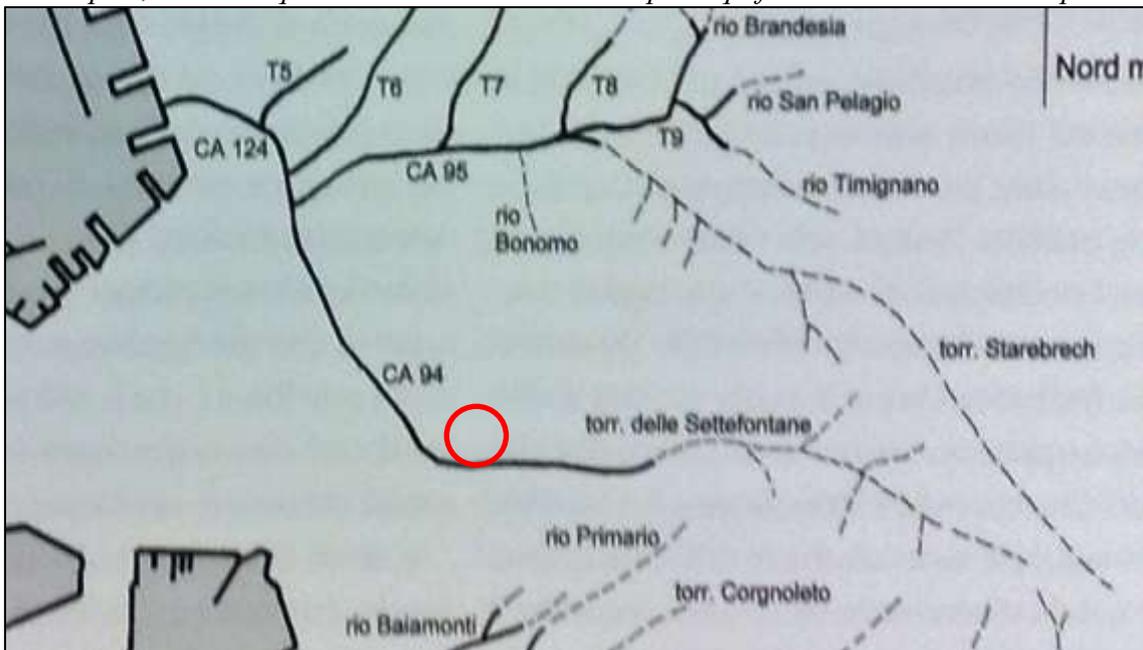
Nell'area la configurazione attuale del paesaggio è il risultato di una lunga serie di trasformazioni operate dall'uomo in funzione dell'utilizzo del territorio: agricoltura industria, realizzazione di edifici ad uso residenziale ed infrastrutture stradali sono le attività che nel corso degli ultimi secoli hanno maggiormente contribuito a modificarne l'aspetto. Soprattutto dal 1800, impiegando materiali di riporto di varia natura e tombando i piccoli corsi d'acqua, sono stati eseguiti dei progressivi interramenti.

La figura sottostante è tratta dal libro "Sotterranei della città di Trieste", di P. Guglia, A. Halupca ed E. Halupca, edito nell'anno 2001; con linea continua sono rappresentate le gallerie dei torrenti coperti, mentre con linea tratteggiata il loro corso superficiale.

L'area in oggetto viene a trovarsi in destra idrografica del Torrente Settefontane che scorre intubato sotto Viale Ippodromo.

"Il torrente denominato delle Settefontane nasce dalle alture nei pressi di Cattinara. Inizialmente scorre in superficie, fino ad incontrare il piazzale posto alla fine di via Cumano, dove viene intercettato da una galleria. Il percorso sotterraneo si sviluppa poi lungo la stessa via Cumano, viale dell'Ippodromo, via della Tesa, via Raffineria, piazza Garibaldi, largo Barriera Vecchia e la prima parte di via Carducci. Il torrente si unisce quindi a quello denominato Starebrech, in corrispondenza dei Volti di Chiozza, formando così il Torrente Grande" (Bibliografia: Halupca E., 1993, Fiumi e torrenti nascosti sotto Trieste).

Sulla base del sondaggio S1, realizzato in prossimità dell'ingresso Fiera presso piazzale de Gasperi, l'area in questione non interessa il corpo acquifero suddetto o i suoi depositi.



Dati gli interventi in progetto, l'asta torrentizia si trova ad una distanza tale da non poter in alcun modo interferire con le opere in progetto, né ovviamente subirne l'influenza. Con il nome di Torrente di Rozzol, il T. Sette Fontane è iscritto nell'elenco delle acque pubbliche della Provincia di Trieste previsto dal R.D. 11 dicembre 1933, n. 1775 "TESTO UNICO DELLE DISPOSIZIONI DI LEGGE SULLE ACQUE E SUGLI IMPIANTI ELETTRICI" ed il suo tratto epigeo è quindi tutelato ai sensi dell'art. 142, comma 1, lettera c) del D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 "CODICE DEI BENI CULTURALI E DEL PAESAGGIO". Come tutti i corsi d'acqua della Provincia di Trieste il rio appartiene al bacino idrografico di Levante, delimitato e classificato bacino di rilievo

regionale dall'art. 4 della L.R. 3 luglio 2002, n. 16 "DISPOSIZIONI RELATIVE AL RIASSETTO ORGANIZZATIVO E FUNZIONALE IN MATERIA DI DIFESA DEL SUOLO E DI DEMANIO IDRICO". L'elevato grado di antropizzazione del comprensorio ha portato ad una "sistemazione" delle direttive di deflusso delle acque piovane per consentirne un ordinato smaltimento in occasione di precipitazioni particolarmente intense (presenza in prossimità della rete viaria di opere volte alla captazione ed evacuazione delle acque nella rete fognaria).

Le natura litologica che caratterizza il sottosuolo dell'area rende lo schema idrico ipogeo, quando presente, sempre piuttosto complesso e difficilmente prevedibile.

Come evidenziato durante la realizzazione dei sondaggi e pozzetti geognostici, è stata rinvenuta costantemente la presenza di venute d'acqua sotto forma di vene al contatto fra roccia e terreno di copertura o lungo i giunti di strato dell'ammasso flyschoidi.

La formazione marnoso-arenacea è infatti scarsamente permeabile e l'esigua quantità d'acqua piovana che penetra al suo interno segue fratture e fessurazioni insinuandosi lungo gli interstrati, più facilmente alterabili ed erodibili dall'azione meccanica del fluido in movimento, non generando peraltro una falda di tipo "classico" (alcuni autori parlano di ruscellamento idrico ipogeo o di falda collinare).

Per quanto riguarda invece le acque superficiali, fermo restando il mantenimento delle opere di captazione e smaltimento delle acque attualmente esistenti o il miglioramento delle stesse, allo stato attuale nel sito non sono presenti fenomeni erosivi o di deposito legati ad una inadeguata regimazione delle acque meteoriche, né tantomeno sono da prevedersi mutamenti al sistema idrologico ipogeo locale.

7. Geomorfologia

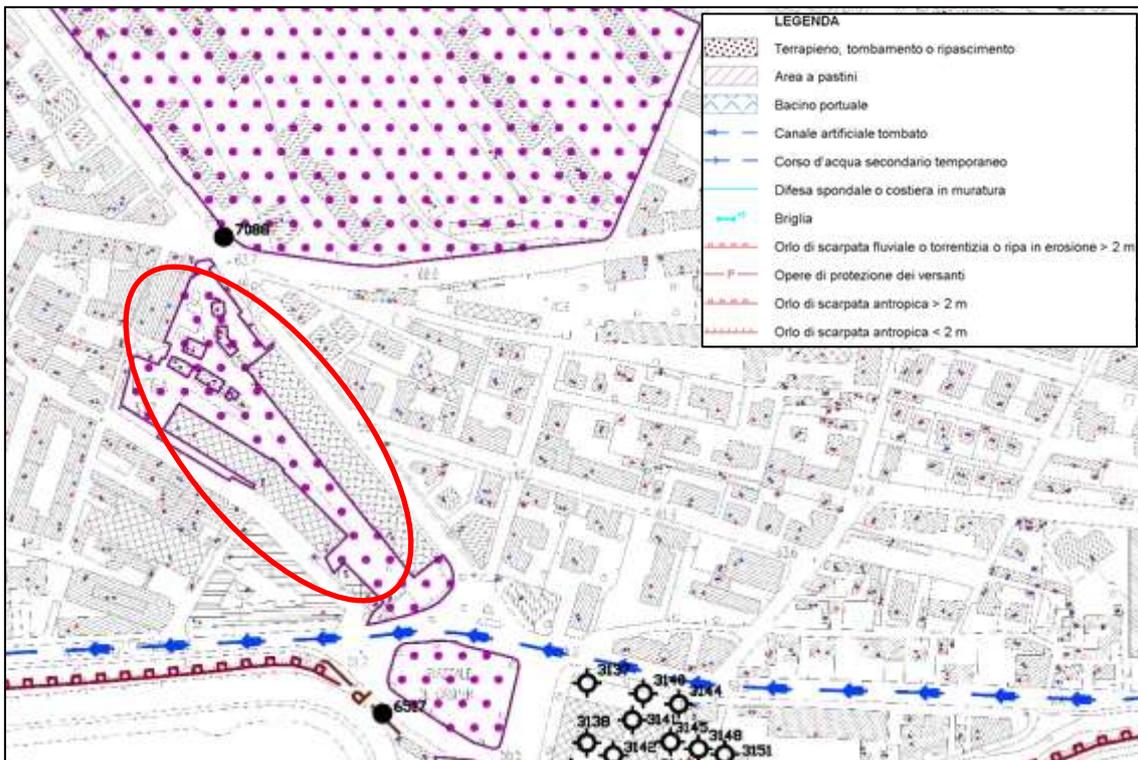
Il sito è collocato in corrispondenza dello sbocco della valle incisa dal T. Sette Fontane, alla base dei rilievi marnoso-arenacei di tipo collinare che caratterizzano il fianco centromeridionale della dorsale Chiadino-Rozzol-Melara; questa anticlinale, percorsa in cresta da Via De Marchesetti, si sviluppa in direzione dinarica (NW-SE) ed è delimitata a sud dal Torrente Sette Fontane e a nord dal Torrente Farneto.

L'area di interesse non è attraversata da alcun corso d'acqua secondario.

I segni geomorfologici originari risultano in buona parte alterati per i lavori di realizzazione degli edifici esistenti e delle infrastrutture di questa porzione di territorio, fattore che nel tempo ha determinato un progressivo rimodellamento del pendio a terrazzamenti, che costituiscono peraltro un aspetto tipico del paesaggio.

Viene di seguito riportato il "layout geomorfologico" della Carta di sintesi geologico-tecnica del territorio realizzata dal Servizio Geologico della Direzione centrale ambientale e LL.PP. della Regione F.V.G., di cui è disponibile in rete l'aggiornamento dd. 31 ottobre 2005. (<http://www.regione.fvg.it/geologia/geo-pop.htm#>).

Questo "layout" è composto dalla carta idrogeologica, dalla carta delle aree dissestate e dalla carta geomorfologica applicata.



Carta geologico-tecnica (layout geomorfologico)

Scala 1:5.00

Nell'immediato paraggio del sito il macrorilievo ha come tema prevalente un paesaggio collinare a forme morbide conseguenti ad uno stadio avanzato dei processi di peneplanizzazione che hanno agito sulle masse rocciose flyschoidi.

Nel sito e nell'immediato comprensorio la pendenza è in media di 7°.

Nel sito e nelle aree circostanti non sono stati rilevati elementi morfologici di un qualche significato.

In particolare, non sono stati rilevati elementi morfologici che possano far pensare alla sussistenza di fenomeni di dislocazione superficiale conseguenti ad eventi sismici od al verificarsi di fenomeni di liquefazione dei terreni.

Nel sito in esame non si osservano fenomeni destabilizzanti di tipo gravitativo o erosivo attivi in tempi geologici recenti né è ipotizzabile una loro attivazione in tempi geologicamente brevi.

Analogamente nullo è il rischio che il sito venga interessato da fenomeni di dissesto aventi origine in aree limitrofe.

Nel sito in oggetto non sono state identificate morfologie associate a processi morfogenetici attivi.

In particolare, non sono state identificate morfologie, sedimentarie od erosive, associate a processi morfogenetici di versante o fluviale attivi.

Per quanto concerne la stabilità del pendio e dei fronti di scavo, l'area mostra pendenze modeste in relazione alle caratteristiche meccaniche dei terreni e pertanto non sussistono le condizioni geomorfologiche per il verificarsi di fenomeni di instabilità di tipo gravitativo od erosivo; il rischio che fenomeni franosi possano interessare il sito in esame in tempi geologicamente brevi è nullo.

Tutti gli interventi in progetto risultano esterni alle "aree a pastini - pendii rimodellati a terrazzi" rappresentate nella Tavola 6 dell'Elaborato GG dello studio geologico a supporto del nuovo P.R.G.C..

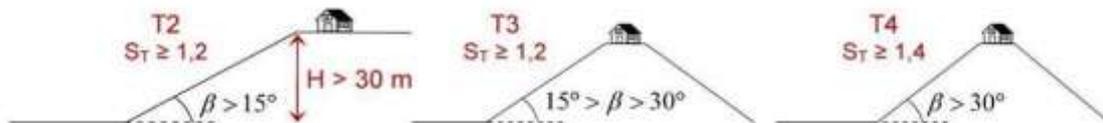
8. Categoria topografica

La conformazione del terreno è importante nella definizione dell'azione sismica in quanto, a seguito di fenomeni di riflessione e all'interazione tra campo d'onda incidente e campo diffratto, le onde elastiche si concentrano in corrispondenza di creste e rilievi. In base alle NTC2018 per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale (RSL), mentre per configurazioni superficiali semplici si può ricorrere alla sottostante tabella.

Tab. 3.2.III - *Categorie topografiche*

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 $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tale suddivisione in categorie recepisce lo schema proposto nell'Eurocodice 8-5 (2002), che introduce il coefficiente di amplificazione topografica per opere e/o strutture di una certa importanza realizzate in prossimità o sopra pendii con $\beta > 15^\circ$ ed $H > 30$ m.



Coefficienti di amplificazione topografica ST secondo l'EC8 per pendii e rilievi isolati (T2) e rilievi con larghezza in cresta molto inferiore di quella alla base (T3 e T4); ST decresce linearmente dalla sommità verso la base del pendio, dove assume valore unitario.

Una situazione morfologica che si presenta con una certa frequenza è quella dei "Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ ". È opportuno evidenziare che un pendio inclinato non è di per sé un elemento sufficiente per focalizzare le onde sismiche; un valore medio di 15° non andrebbe quindi considerato in termini assoluti, ma valutato nel contesto con una tolleranza di circa $\pm 2^\circ$, che sperimentalmente si rivela adeguata nella maggior parte dei casi. Gli elementi morfologici posti a valle di un'opera e/o struttura in grado di produrre un'amplificazione sismica sono infatti i cigli di scarpata, in corrispondenza dei quali è consigliabile valutare anche altezze comprese tra 10 e 30 m (vedi "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" del Dipartimento della Protezione Civile, settembre 2008).

cigli di scarpata

naturali → orli di terrazzo, nicchie di distacco di fenomeni franosi importanti, orli di scarpata di degradazione e rotture di pendenza generiche;

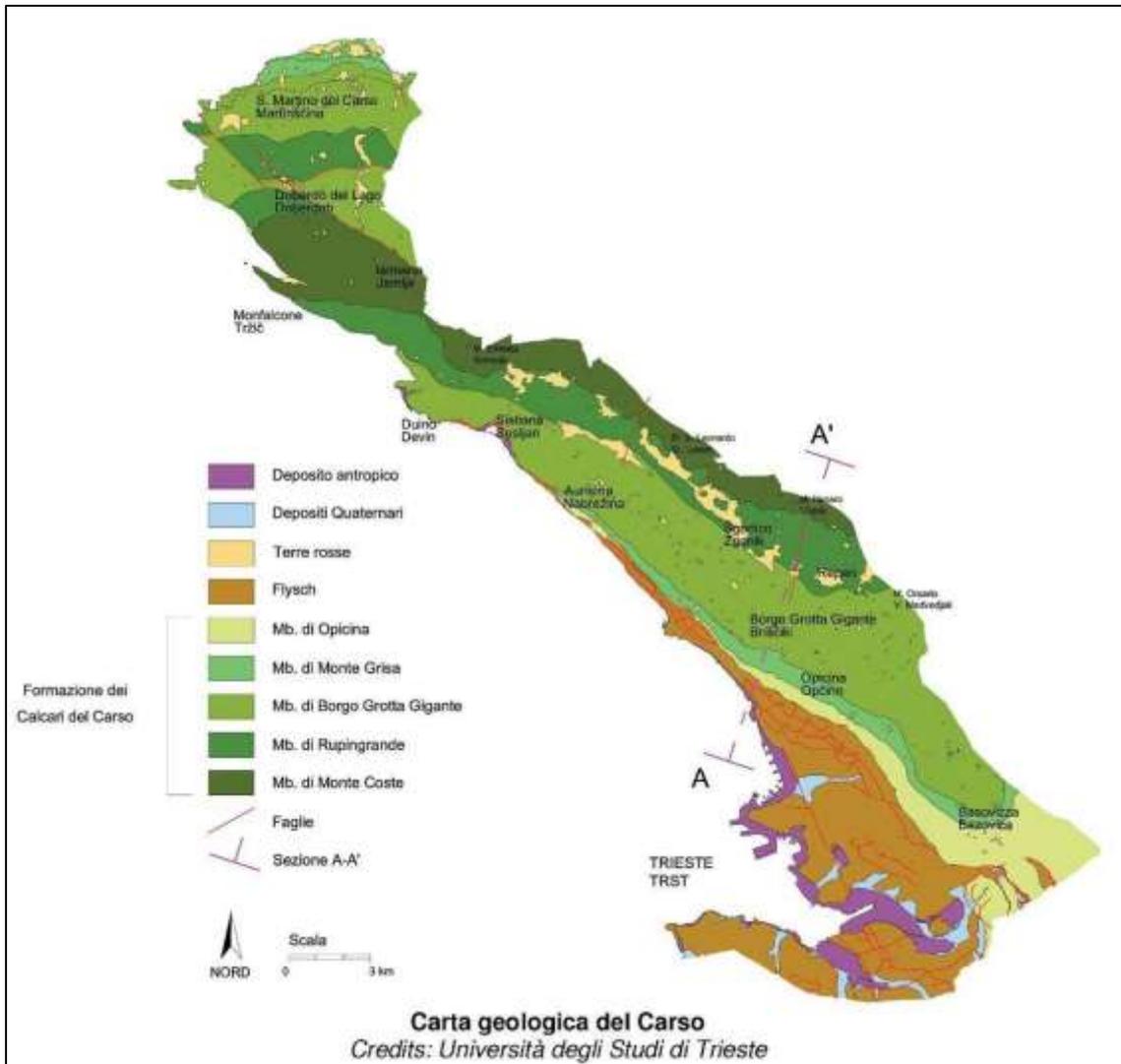
artificiali → pendii scoscesi che delimitano dighe in terra, terrazzi in terreni di riporto, cave di inerti ed altre morfologie acclivi.

Nel caso in oggetto non si riscontrano rotture di pendenza significative; al sito va di conseguenza attribuita una categoria topografica T1 (coefficiente di amplificazione topografica $ST = 1$).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Pendii con inclinazione media $i < 15^\circ$ [da NTC2018 Tabella 3.2.III - Categorie topografiche]

9. Inquadramento geologico

Nell'area il substrato litoide è caratterizzato dalla successione sedimentaria del Flysch; si tratta di una sequenza clastica tipica e costitutiva dei rilievi compresi tra il Golfo di Trieste e le formazioni carbonatiche del Carso Triestino.



Con il termine *Flysch* si fa riferimento ad una alternanza ritmica di arenaria e marna, variabile nelle diverse località sia per quanto riguarda le potenze individuali dei due litotipi, sia per il rapporto percentuale di un litotipo sull'altro; ciò è riscontrabile anche in porzioni di territorio molto prossime tra loro.

Le arenarie che caratterizzano il *Flysch* della Provincia di Trieste sono delle grovacche quarzoso-feldspatiche a cemento calcareo, molto compatte e discretamente classate.

Risultano mediamente composte per il 50% almeno da quarzo e selce e per il resto da feldspati (20% in media) fra cui predominano i plagioclasti, carbonati (20% in media) e da una serie di minerali accessori in minima quantità (ossidi di ferro, glauconite, tormalina, granati).

Sono praticamente sterili, se si escludono frammenti di resti organici rimaneggiati.

Dotate solitamente di altissima resistenza meccanica, presentano un colore alla rottura da grigio a grigio-scuro, mentre i processi di alterazione conferiscono loro una pigmentazione ocracea; tessituralmente evidenziano una struttura granulare medio-fine, talvolta laminata secondo piani suborizzontali.

Le superfici di discontinuità sono spesso riempite da calcite bianca.

Le marne hanno una composizione mineralogica praticamente simile, fatta salva una maggior percentuale di carbonati a spese degli altri componenti, e sono scarsamente fossilifere (predominano i foraminiferi dei generi globigerina e globorotalia).

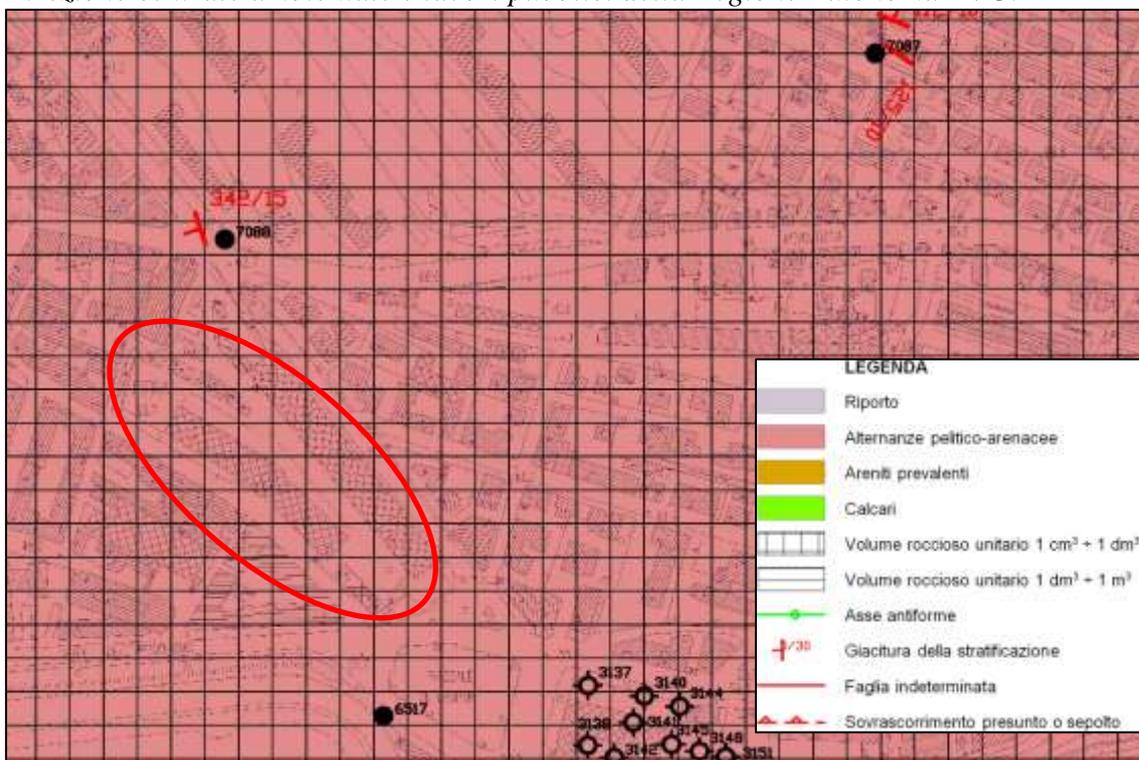
Presentano una struttura compatta e laminata con piani di scistosità suborizzontali, e sono sovente fogliettate ed abbastanza fragili; la roccia sana ha un colore da grigio ceruleo a grigio cupo, mentre assume un colore ocraceo nelle porzioni alterate.

Le superfici di discontinuità sono per lo più rappresentate da fratture secondo i piani di laminazione e secondo dei piani ad essi ortogonali.

La massa rocciosa nel suo insieme è da considerarsi semi-impermeabile e di ottima portanza, anche se, date le sue caratteristiche petrografiche e fisico-meccaniche, in volumi particolarmente tettonizzati la buona qualità geotecnica generale può scadere anche notevolmente.

Il materiale argilloso derivante dalla degradazione totale della marna può venir trasportato in punti più o meno lontani dal luogo di origine (spesso inglobando al suo interno elementi litoidi arenacei), oppure può riempire eventuali discontinuità presenti nella massa rocciosa; soprattutto in questo secondo caso il comportamento meccanico del Flysch può essere profondamente modificato e scadere di molto a causa della forte igroscopicità della marna.

L'inquadramento viene completato dal "layout sottosuolo" della Carta di sintesi geologico-tecnica del territorio regionale realizzata dal Servizio Geologico della Direzione centrale ambientale e lavori pubblici della Regione Autonoma FVG.



Carta geologico - tecnica (layout sottosuolo)

scala 1:5.000

10. Classificazione Litologico-Tecnica del Flysch

Secondo R. Onofri (*Caratteristiche geolitologiche e geomeccaniche del Flysch nella Provincia di Trieste, Studi Trentini di Scienze Naturali, Vol. 59, Acta Geologica, Trento 1982*), il Flysch locale può essere suddiviso in 5 categorie («tipi» T1, T2, T3, T4 e T5) in funzione del periodo, della costanza di stratificazione e del rapporto marna/arenaria.

T1: Flysch costituito in prevalenza da strati di arenaria di potenza > 30 cm, alternati a pacchetti di lamine di marna dallo spessore globale di ordine centimetrico; stratificazione distinta e spessore del singolo strato notevolmente costante.

T2: Flysch costituito in prevalenza da strati di arenaria di potenza < 30 cm, alternati in modo a volte discontinuo a pacchetti di lamine di marna dallo spessore globale di ordine centimetrico; stratificazione distinta e spessore del singolo strato notevolmente costante.

T3: Flysch costituito da un'alternanza ritmica di marne ed arenarie in strati di uguale spessore, variabile di solito tra 1 e 20 cm; stratificazione distinta e spessore del singolo strato, o pacchetto, notevolmente costante.

T4: Flysch costituito in prevalenza da marna in pacchetti di spessore variabile tra 10 e 50 cm, alternati in modo a volte discontinuo a strati di arenaria con potenza compresa tra 1 e 20 cm; stratificazione abbastanza distinta e spessore del singolo pacchetto, o strato, notevolmente costante.

T5: Flysch costituito prevalentemente da strati di arenaria a buona consistenza litoide, ma che hanno subito notevoli processi deformativi; stratificazione talora poco distinta e periodo di stratificazione poco costante, di solito < 10 cm circa.

In ciascun tipo di Flysch sono inoltre riconoscibili 3 livelli («complessi» C1, C2 e C3) a seconda del grado di alterazione della roccia, che diminuisce più o meno regolarmente con la profondità; più in particolare il livello di alterazione varia anche in rapporto all'assetto strutturale ed al grado di suddivisione dell'ammasso litoide.

C1: complesso che nelle porzioni più prossime al piano di campagna è costituito per lo più da terreno vegetale, a cui in profondità si sostituisce una matrice limoso-argillosa che ingloba, in proporzioni molto variabili, corpi detritici arenacei.

C2: complesso che caratterizza un Flysch solo in parte degradato e disarticolato in cui risulta solitamente riconoscibile l'assetto originario della stratificazione, anche se talora sono presenti livelli caotici e/o plastici.

C3: complesso costituito da Flysch che, nonostante possa ancora presentare tracce di degrado, da un punto di vista geotecnico può essere definito quasi integro.

Non è sempre facile riconoscere i depositi coesivi naturali («complesso» C1), costituenti il prodotto di alterazione finale del Flysch, dai materiali derivanti dal loro rimaneggiamento; questi terreni di riporto (RC1) sono spesso indistinguibili al solo esame di superficie e talvolta difficilmente individuabili anche a seguito di uno scavo geognostico, specie se la ridistribuzione meccanica è avvenuta in tempi non recenti o addirittura molto antichi.

11. Situazione stratigrafica locale

La situazione stratigrafica locale è stata ricostruita sulla base di un attento sopralluogo nell'area in questione e sulla base delle indagini già citate al paragrafo introduttivo ed allegate al termine della presente relazione.

La situazione stratigrafica può essere così sintetizzata:

- Un livello costituito da terreno di riporto (R) conseguenza dello sviluppo urbanistico. La natura di tale livello nei sondaggi e pozzetti eseguiti non è molto varia; si tratta infatti di materiali di sbancamento delle colline circostanti inglobante inerti e altri residui di lavorazioni edili ed industriali – lo spessore di questo livello nell'area varia da un massimo nel sondaggio S02 (1,5 m) ad un minimo nel pozzetto P02 (0,7 m);
- Un livello caratterizzato dallo strato di alterazione del basamento flyschoidale (crostello). Il livello di alterazione e degradazione (C1) quindi rappresenta il risultato dell'azione chimico-meteorica avvenuta soprattutto durante l'esposizione diretta agli agenti atmosferici – lo spessore di questo livello varia da un massimo di 1,9 m nel sondaggio S01 ad un minimo di 1,0 m nel pozzetto P02;
La porzione corticale di questi depositi ha subito un naturale trasporto con successiva risedimentazione ad opera di agenti gravitativi (colluvium) e ha una consistenza minore del prodotto di alterazione in posto (eluvium), soprattutto se raffrontata a quella del livello duro prossimo alla roccia facente parte del "cappellaccio" di alterazione;
- Gli ultimi livelli, quelli di base, sono costituiti dalla formazione marnoso-arenacea, dapprima parzialmente alterata (C2) (spessore pari ad 1 metro) poi sana (C3) caratterizzata generalmente nella zona da una stratificazione di potenza decimetrica con litotipi prevalentemente marnosi con intercalazioni di arenarie.
- Lo spessore del livello C2 è quasi sempre pari ad un metro salvo nel sondaggio S2 ove raggiunge il valore di 2,2 metri.
- La formazione rocciosa scarsamente alterata si rinviene ad una quota di:
4,1 m dal p.c. nel sondaggio S1
5,3 m dal p.c. nel sondaggio S2
3,5 m dal p.c. nel sondaggio S3

Le indagini sismiche ed i pozzetti geognostici confermano tali valori.

La formazione marnoso arenacea è presente sempre in facies prevalentemente marnosa con spessore dei banchetti generalmente decimetrica. La stratificazione è pressoché costantemente a franappoggio rispetto la soprastante via Rossetti con inclinazioni di 10 – 15° sul piano orizzontale.

Nell'ammasso roccioso sono state rinvenute frequenti patine di ossidazione o riempimenti calcitici a conferma della presenza di vene d'acqua prevalentemente al contatto tra cappellaccio di alterazione formazione marnoso arenacea scarsamente alterata.

In allegato si riporta sezione geologica esplicativa.

12. Caratterizzazione geotecnica

In base alla classificazione proposta da Roberto Onofri (Caratteristiche geolitologiche e geomeccaniche del Flysch nella Provincia di Trieste, *Studi Trentini di Scienze Naturali*, Vol. 59, Acta Geologica, pp. 77 ÷ 103, Trento 1982), a partire dal piano campagna ed escludendo i materiali di riporto (R), nella formazione marnoso-arenacea si possono individuare 3 livelli di alterazione, denominati «complessi» C1, C2 e C3.

Tali «complessi» risultano sufficientemente omogenei da poter essere caratterizzati da parametri fisico-meccanici con valori ricadenti entro ben definiti limiti.

R → Materiale di riporto

I materiali di copertura sono rappresentati da riporti più o meno grossolani, ghiaiosi, di origine calcarea ed arenacea frammisti a frequenti resti di laterizio. Questi materiali, di caratteristiche geotecniche estremamente variabili da punto a punto, non sono caratterizzabili da parametri geotecnici ben definiti, né sono idonei come terreni di fondazione stante la loro eterogeneità e scarsa consistenza e/o addensamento.

Valori medi dei parametri geotecnici	Simbolo	Unità	Valore
Angolo di attrito efficace	φ'	°	20 ÷ 30
Coesione efficace	c'	kPa	0 ÷ 10
Peso dell'unità di volume	γ	kN/m ³	18 ÷ 20

C1 → Depositi eluvio-colluviali di origine flyschoide

Materiali superficiali sciolti derivanti dalla totale degradazione della massa rocciosa. Sono sedimenti prevalentemente coesivi costituiti da limi sabbioso-argillosi di colore nocciola che inglobano una frazione più o meno abbondante di clasti arenacei.

La porzione corticale di questi depositi ha subito un naturale trasporto con successiva risedimentazione ad opera di agenti gravitativi (colluvium) e ha una consistenza minore del prodotto di alterazione in posto (eluvium), soprattutto se raffrontata a quella del livello duro prossimo alla roccia facente parte del “cappellaccio” di alterazione.

Qualora mobilizzato e ridistribuito meccanicamente il «complesso» C1 perde le sue originarie qualità geotecniche e va considerato come un terreno di riporto.

Valori medi dei parametri geotecnici	Simbolo	Unità	Valore
Angolo di attrito efficace	φ'	°	25 ÷ 30
Coesione efficace	c'	kPa	20 ÷ 30
Peso dell'unità di volume	γ	kN/m ³	18 ÷ 20

C2 → Flysch litoide parzialmente alterato

Roccia flyschoide parzialmente alterata di colore marrone ocraceo, talora decementata, disarticolata e decompressa, in cui è comunque riconoscibile la struttura originaria ed in particolare l'andamento della stratificazione.

Valori medi dei parametri geotecnici	Simbolo	Unità	Valore
Angolo di attrito efficace	φ'	°	30 ÷ 35
Coazione efficace	c'	kPa	30 ÷ 50
Peso dell'unità di volume	γ	kN/m ³	20 ÷ 22

C3 → Flysch litoide sano

Il substrato roccioso è composto dalla formazione del Flysch, costituita da marne ed arenarie regolarmente alternate, nettamente stratificate in facies prevalentemente marnosa.

Roccia flyschoide che da un punto di vista geotecnico può essere definita quasi integra, di colore tipicamente grigio che a volte in profondità diventa azzurro-blu; le arenarie si presenteranno compatte e ben cementate, le marne integre e tenaci.

Valori medi dei parametri geotecnici	Simbolo	Unità	Valore
Angolo di attrito efficace	φ'	°	35 ÷ 40
Coazione efficace	c'	kPa	50 ÷ 100
Peso dell'unità di volume	γ	kN/m ³	22 ÷ 23

13. Inquadramento Neotettonico

13.1 Lineamenti Strutturali Attivi

Da un punto di vista strutturale sia le aree marnoso-arenacee della provincia di Trieste che il Carso Triestino fanno parte di una vasta unità che, in accordo con le definizioni date da Ladislav Placer (1981), viene definita "Piattaforma di Comeno".

Insieme ad altre due unità allungate in senso dinarico (la "Piattaforma di Capodistria" e la "Struttura embriciata della Ciceria"), la "Piattaforma di Comeno" compone un complesso para-autoctono che risulta sovrascorso sull'autoctono istriano.

Nella "Struttura embriciata della Ciceria" va inserita la Val Rosandra, anche se non è ancora ben noto il ruolo delle linee tettoniche che interessano questa valle fluvio-carsica.

EVOLUZIONE STRUTTURALE DELLA PROVINCIA DI TRIESTE



[da Carulli e Carobene (1980), ridisegnata]

Secondo studi condotti da G.B. Carulli e L. Carobene (1980), a scala provinciale il sito di indagine è compreso in una zona interessata da un sistema di dislocazioni all'incirca ortogonali tra loro (1A, 2, 5 e 5A) che delimitano un'area di sollevamento relativo accertato. 2

Le linee di dislocazione riportate in figura sono elementi strutturali plio-quadernari attivi riconosciuti in base ad analisi di carattere geofisico e compendiate in "Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia - Pubblicazione n. 356 del Progetto Finalizzato Geodinamica (C.N.R.) - Sottoprogetto Neotettonica".

Elemento lineare 1A - Faglia inversa a direzione dinarica (NW-SE) che percorre assialmente la valle del Rio

Ospo - Noghère evidenziando un marcato carattere di sovrascorrimento; risulta probabile che tale linea, la cui presenza è stata ricavata dall'analisi dall'assetto strutturale del flysch affiorante a NE della stessa, sia la prosecuzione verso SE dell'elemento strutturale 1 ("Linea di Palmanova").

Elemento lineare 2

Faglia a direzione dinarica (NW-SE), nota anche col nome di «Linea di Contovello», che segna il contatto tra calcari eocenici e flysch eocenico. Morfologicamente questo elemento si manifesta con una tipica e marcata contropendenza, che verso SE (Longera) assume le caratteristiche di una valle stretta e parallela al ciglione carsico.

Elemento lineare 5

Proseguimento verso SW della faglia di Monte Spaccato, a probabile scorrimento orizzontale destrorso. Questa linea presenta direzione antidinarica (NE-SW) ed è individuabile in base ad alcune evidenze morfologiche fra le quali i bruschi angoli nel corso del Torrente Longera e la netta sella fra il Monte Spaccato ed il Monte Calvo.

Elemento lineare 5A Linea tettonica ad orientazione antidinarica (NE-SW) che, spezzando l'andamento del ciglione carsico, separa le aree relativamente tranquille poste a nord da quelle strutturalmente assai complesse della Val Rosandra.

Le succitate linee tettoniche profonde, pur risultando attive, non influiscono sulla sismicità dell'area in quanto non attualmente interessate da sufficienti accumuli di energia elastica, come invece accade, ad esempio, nella parte più settentrionale del Friuli.

Recentemente D. Slejko, G.B. Carulli, J. Garcia ed M. Santulin hanno effettuato una Analisi Probabilistica della Pericolosità Sismica (PSHA) a Trieste applicando il metodo SSHAC (1997) riferito ad un periodo di ritorno T_R maggiore di 2475 anni, in modo da poter ipotizzare l'attivazione di tutte le sorgenti sismogenetiche (Considerations on the seismic design of critical facility in Trieste, GNGTS 2008).

Dalla pubblicazione emerge che agli elementi strutturali ⑤ "Monte Spaccato line" e ⑦ "Sistiana line", se considerati continui e nel presupposto che in loro corrispondenza si verifichi una rottura di lunghezza pari ad 1/3 della loro estensione, sono associabili eventi sismici di magnitudo 6,4. All'elemento strutturale ① "Palmanova line", tagliato dalle due linee precedenti, sono invece associabili eventi sismici di magnitudo 6,6.

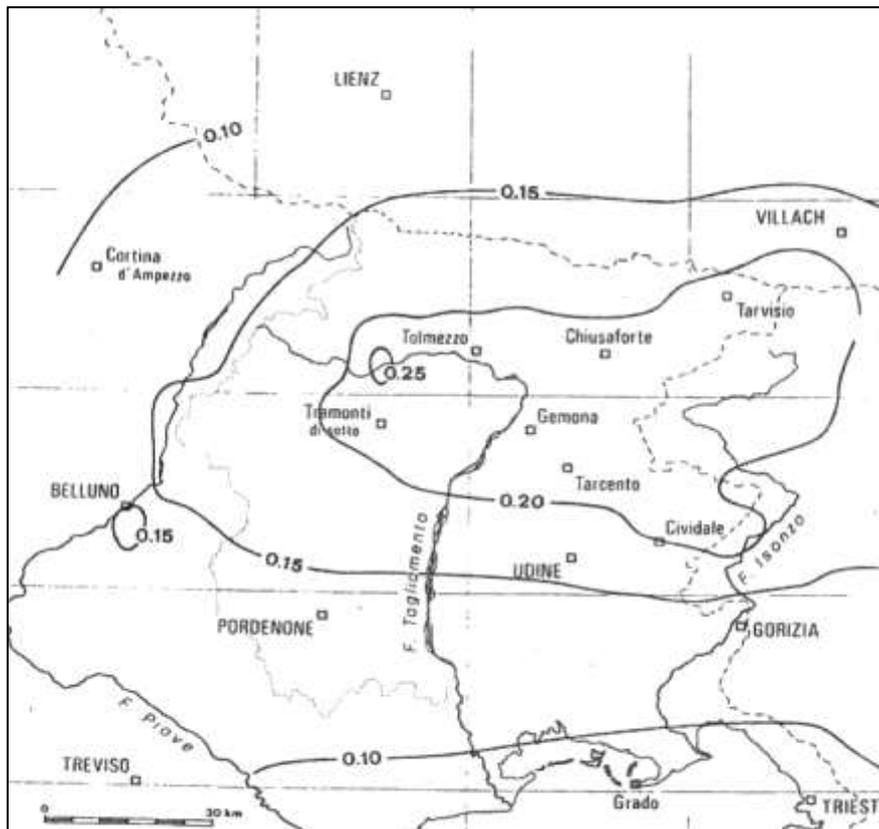
13.2 Geodinamica e sismicità dell'area

Profondi processi dislocativi della crosta terrestre hanno interessato l'intera area, prevalentemente nel periodo Pliocenico inferiore.

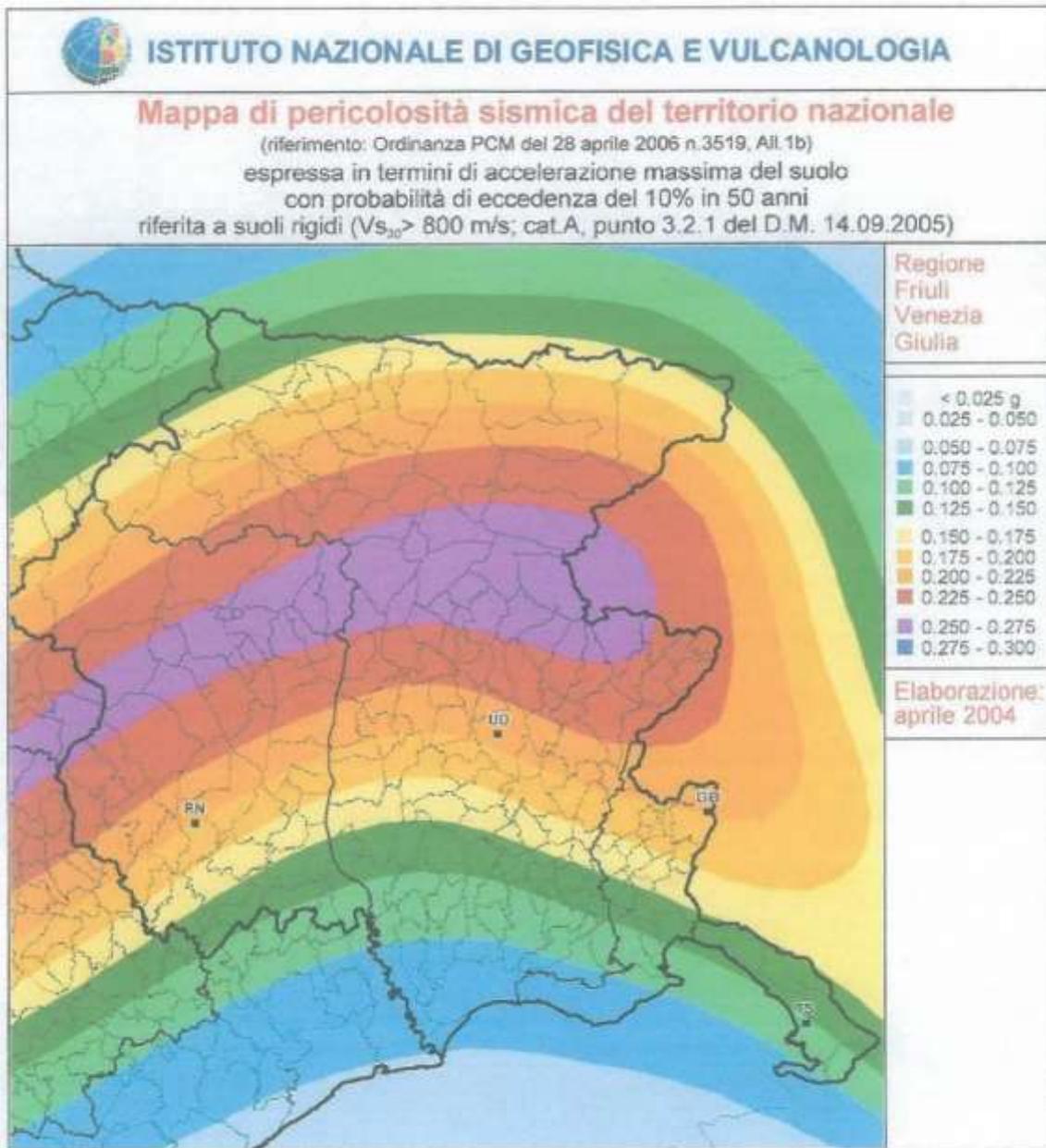
Il principale episodio sismico riferibile ad epoche attuali è quello del 1348 avente come epicentro Villaco con un'intensità XI (M.C.S.); in seguito si verificò nel 1511 un sisma che colpì le città di Idria e Gemona con intensità X (M.C.S.), Cividale con intensità IX (M.C.S.); nuovamente Villaco nel 1690 con intensità IX (M.C.S.), Tolmezzo nel 1794 con intensità IX (M.C.S.), Belluno con intensità X (M.C.S.), Verzegnis nel 1928 con intensità IX (M.C.S.), il Cansiglio nel 1936 con intensità IX (M.C.S.); da registrare infine gli eventi del 1976 che ebbero Gemona come epicentro ed aventi un'intensità pari a X (M.C.S.).

La prima delle mappe sotto riportate mostra le isolinee dei valori di accelerazione orizzontale massima con probabilità di non superamento del 70% in 100 anni ottenute con i programmi GRISK e successivi, mentre la seconda, elaborata nel 2004 dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, mostra la mappa di pericolosità sismica del territorio espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi. Secondo la prima delle due mappe, sarebbe corretto assumere valori per accelerazioni orizzontali di inferiori a 0,10g, mentre con riferimento alla seconda mappa l'area è inserita in una fascia compresa tra 0,100 e 0,125g.

Il territorio comunale di Trieste, in base alla delibera Numero 845 del 6 maggio 2010, è classificato in zona 3 (Zona a bassa sismicità)



Mappa dell'accelerazione orizzontale massima (in g) prevista con probabilità di non superamento del 70% in 100 anni.

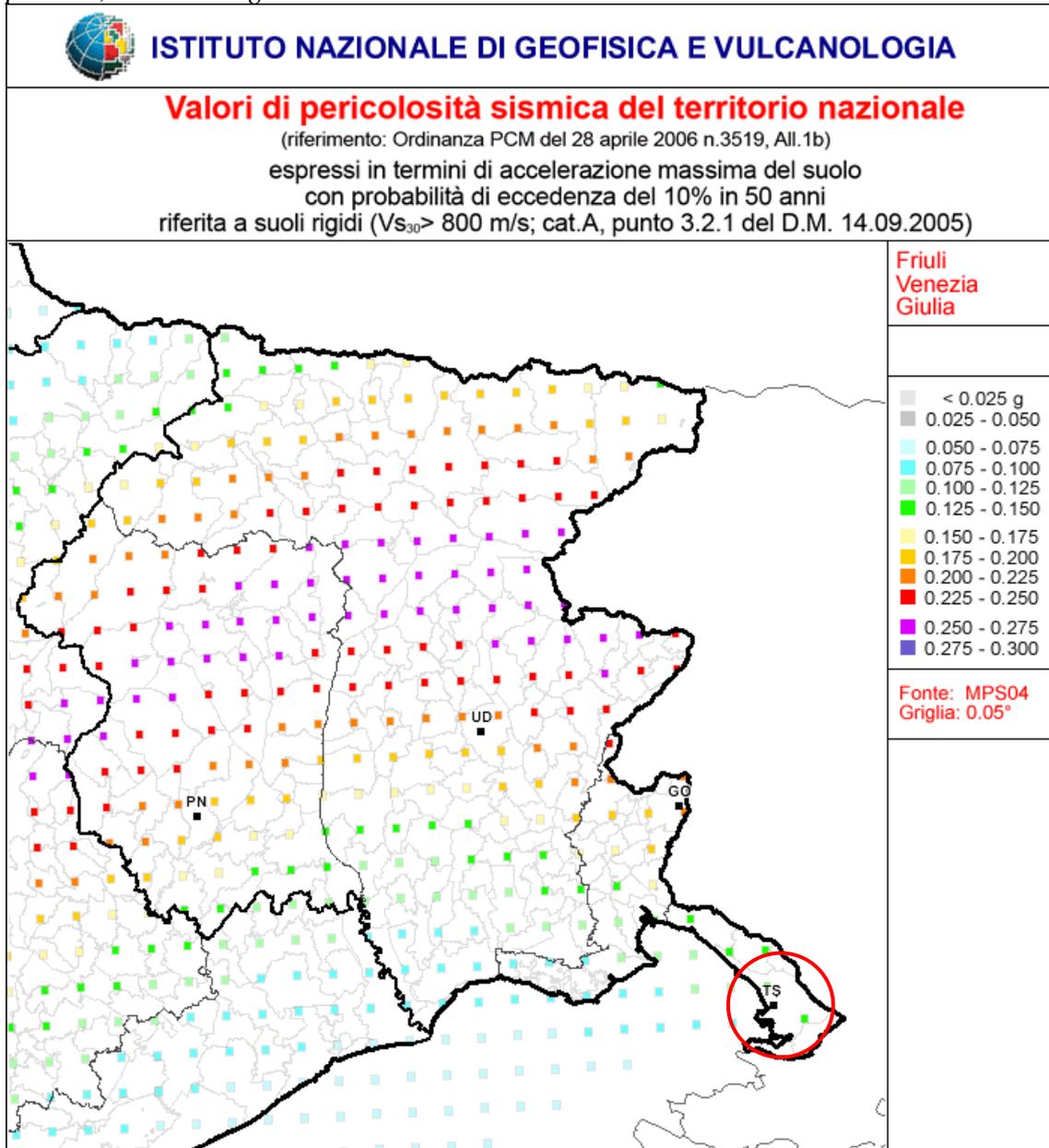


Ai sensi dell'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modifiche ed integrazioni), alle aree classificate in zona 3 compete un valore di accelerazione orizzontale pari a 0,15 g (vedi tabella)

- b) Ciascuna zona sarà individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo lo schema seguente:

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Di seguito si riporta la mappa dei valori di pericolosità sismica del territorio nazionale relativa alla Regione Friuli Venezia Giulia ai sensi dell'ordinanza PCM n° 3519 del 28/04/2006. Per la zona in oggetto i nodi sismici mostrano valori di accelerazione massima del suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi) pari a 0,100 – 0.125g.



13.3 Storia Sismica dell'Area

Per quanto riguarda gli eventi pregressi, la storia sismica nell'area può essere desunta dal Database Macrosismico Italiano (DBMI) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), che, a seguito del Progetto INGV-DPC S1, fornisce in rete i dati della pericolosità sismica in Italia.

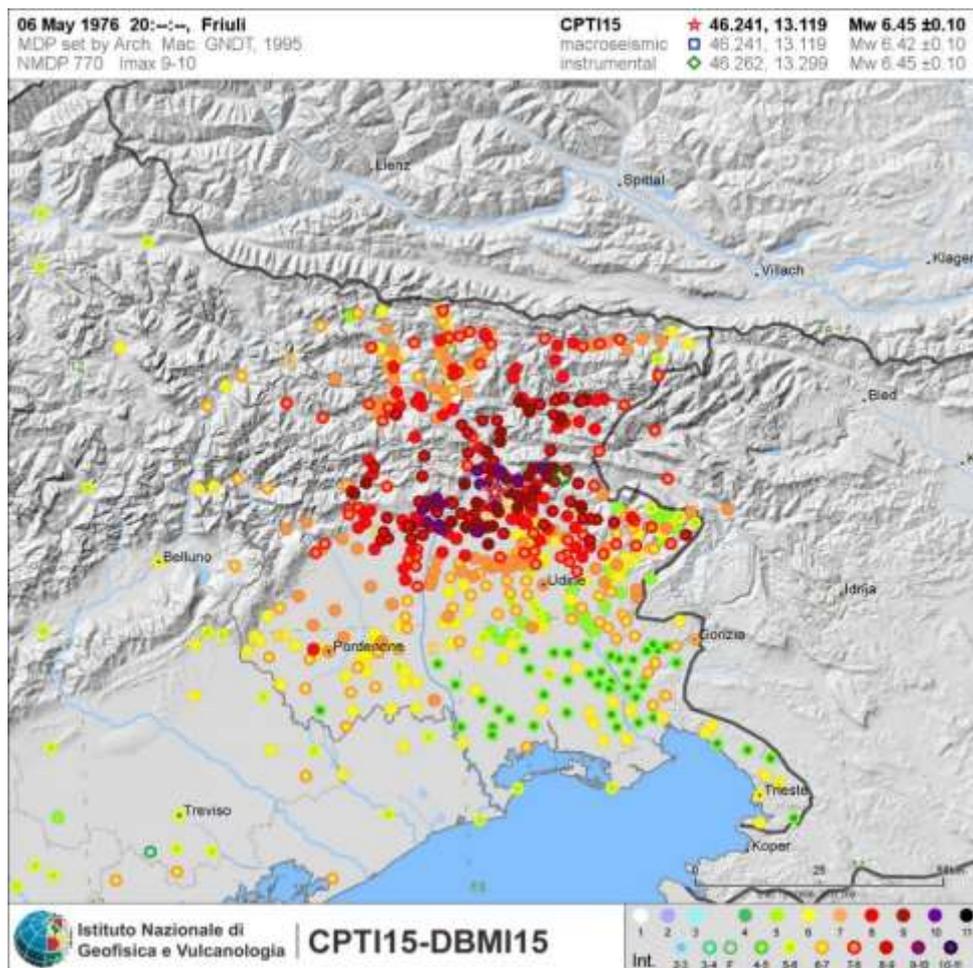
È disponibile su web all'indirizzo <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15> la 4^a versione pubblica di questo database (DBMI15), che copre la finestra temporale 1000 ÷ 2014 e può essere liberamente utilizzata per scopi scientifici e tassativamente non a fini di lucro, citando la fonte di origine (come sopra indicato).

Il precedente DBMI11 conteneva 8607 MDP (Macroseismic Data Points), relativi a 1684 terremoti il cui epicentro ricade all'interno della area CPTI (CPTI11); i dati erano riferiti a 15416 località, di cui 14150 in territorio italiano.

Il DBMI15 risulta quindi contenere 1192 terremoti in più rispetto a CPTI11.

Gran parte di questa differenza è sicuramente dovuta all'abbassamento delle soglie energetiche a intensità 5 e Mw 4.0, che ha causato l'ingresso di 757 terremoti non presenti in CPTI11.

A titolo di esempio, la figura sottostante è il plot del terremoto riportato nel DBMI15 del 06.05.1976 con i valori rilevati.



In Provincia di Trieste sono presenti le località IT_32009 Duino-Aurisina (Aurisina), IT_32026 Monrupino (Zolla), IT_32032 Muggia, IT_32054 San Dorligo della Valle ed IT_32084 Trieste.

Il database IT_32084 di Trieste viene riportato nelle pagine seguenti:

File downloaded from CPTI15 - DBMI15					
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015					
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia					
Seismic history of	Trieste				
PlaceID	IT_32084				
Coordinates (lat, lon)	45.650, 13.772				
Municipality (ISTAT 2015)	Trieste				
Province	Trieste				
Region	Friuli-Venezia Giulia				
No. of reported earthquakes	78				
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
7	1511 03 26 15 30	Friuli-Slovenia	120	9	6,32
6	1690 12 04 14	Carinthia, Villach	60	8-9	6,16
5	1776 04 24 16 36	Costa croata settentrionale	3	7	5,1
4	1776 07 10	Prealpi Friulane	19	8-9	5,82
F	1781 04 04 21 20	Faentino	96	9-10	6,12
3	1786 12 25 01	Riminese	90	8	5,66
NF	1788 10 20 21 10	Carnia	9	7-8	5,19
6	1794 06 07 00 45	Prealpi Friulane	19	8-9	5,96
F	1802 01 04	Slovenia	8		
F	1810 12 25 00 45	Pianura emiliana	33	6	5,06
4-5	1812 10 25 07	Pordenonese	34	7-8	5,62
4-5	1828 04 11 22 25	Appennino umbro-marchigiano	22	5-6	4,93
3-4	1840 08 27 12 05	Tuhinj Valley	49	7	5,28
4-5	1845 12 21 20 40	Ljubljana	5	5	4,16
F	1850 07 10 02 30	Slovenia nord-occidentale	9	5	4,64
4-5	1857 03 07	Stiria	13	6-7	5,21
3	1859 01 20 07 55	Prealpi Trevigiane	36	6	4,8
3	1860 07 19	Prealpi Trevigiane	10	6-7	4,92
3	1870 02 28 11 20	Rijeka	8	5	4,56
5	1870 03 01 20	Costa croata settentrionale	29	8	5,62
5	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5,85
6	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6,29
2-3	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5,74
F	1879 06 22 04 15	Friuli	16	5-6	4,74
3	1881 01 24 16 14	Bolognese	38	7	5,22
3	1881 02 12	Russi	13	5-6	4,69
2	1885 12 29	Alpago Cansiglio	47	6	4,96

2-3	1891 06 07 01 06 14.00	Valle d'Illasi	403	8-9	5,87
F	1892 06 23 23 20	Dolomiti Friulane	71	5-6	4,58
3	1893 10 27 16 31	Bellunese	54	5	4,42
5-6	1895 04 14 20 17 30.00	Ljubljana	810	8-9	5,98
F	1895 06 10 01 47	Prealpi Trevigiane	73	6	4,85
2-3	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5,11
4	1897 07 15 05 53	Ljubljana	325	6-7	4,99
4	1898 02 20 04 57 26.00	Valli del Natisone	155	7	5,12
NF	1898 11 16	Garda occidentale	43	6	4,63
4	1901 10 30 14 49 58.00	Garda occidentale	289	7-8	5,44
2-3	1908 07 10 02 13 35.00	Carnia	119	7-8	5,31
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5,36
4-5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5,63
5	1924 12 12 03 29	Carnia	78	7	5,42
7	1926 01 01 18 04 03.00	Carniola interna	63	7-8	5,72
4	1928 03 27 08 32	Carnia	359	9	6,02
3-4	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5,83
3	1931 12 25 11 41	Friuli	45	7	5,25
3	1934 05 04 13 56	Carnia	80	6	4,69
4	1934 06 08 03 16	Dolomiti Friulane	21	5-6	4,93
5	1934 11 30 02 58 23.00	Adriatico settentrionale	51	5	5,3
2-3	1935 06 05 11 48	Faentino	27	6	5,23
5	1936 10 18 03 10	Alpago Consiglio	269	9	6,06
2-3	1939 07 10 16 27 53.00	Pordenonese	8	5	4,75
2	1943 07 24 01 44	Feltrino	29	7	5,07
3-4	1954 10 11 16 45 25.00	Friuli	36	6	4,76
4-5	1956 01 31 02 25 33.80	Carniola interna	7		5,03
3	1956 11 05 19 45	Carnia	27	6	5,04
3	1959 04 26 14 45	Carnia	122	7-8	5,21
4	1962 01 23 17 31	Costa pesarese	49	5	4,35
3-4	1963 08 09 06 05	Romagna	16	5	5,23
6-7	1964 03 18 16 43 20.79	Carso	2		4,36
NF	1967 12 09 03 09 56.00	Adriatico centrale	22		4,36
2	1968 06 22 12 21 37.00	Val Lagarina	27	6-7	4,74
4	1972 10 25 21 56 11.31	Appennino settentrionale	198	5	4,87
3	1975 03 24 02 33 32.00	Carnia	24	5-6	4,51
6	1976 05 06 20	Friuli	770	9-10	6,45
6	1976 09 11 16 35 02.44	Friuli	40	7-8	5,6
7	1976 09 15 09 21 19.01	Friuli	54	8-9	5,95
4	1977 04 03 03 18 14.07	Friuli	25	5	4,51
4-5	1977 09 16 23 48 07.64	Friuli	94	6-7	5,26
3	1978 12 05 15 39 04.00	Romagna	34	4-5	4,61
3-4	1978 12 12 15 14 49.22	Dolomiti Friulane	56	5-6	4,35

3-4	1979 04 18 15 19 19.28	Friuli	72	6-7	4,66
F	1980 12 23 12 01 06.00	Piacentino	69	6-7	4,57
2-3	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5,04
4	1990 11 11 22 16 25.00	Slovenia occidentale	101	5-6	4,59
3	1992 02 21 20 50 32.40	Costa croata settentrionale	29	5-6	4,31
2-3	1998 03 13 15 14 56.40	Carniola interna	46		4,25
3	1998 08 31 02 32 05.00	Slovenia centrale	77		4,31
3-4	2004 07 12 13 04 06.00	Slovenia nord-occidentale	353		5,12

Glossario dei record DBMI15

I (MCS) : Intensità registrata al sito (scala Mercalli-Cancani-Sieberg)

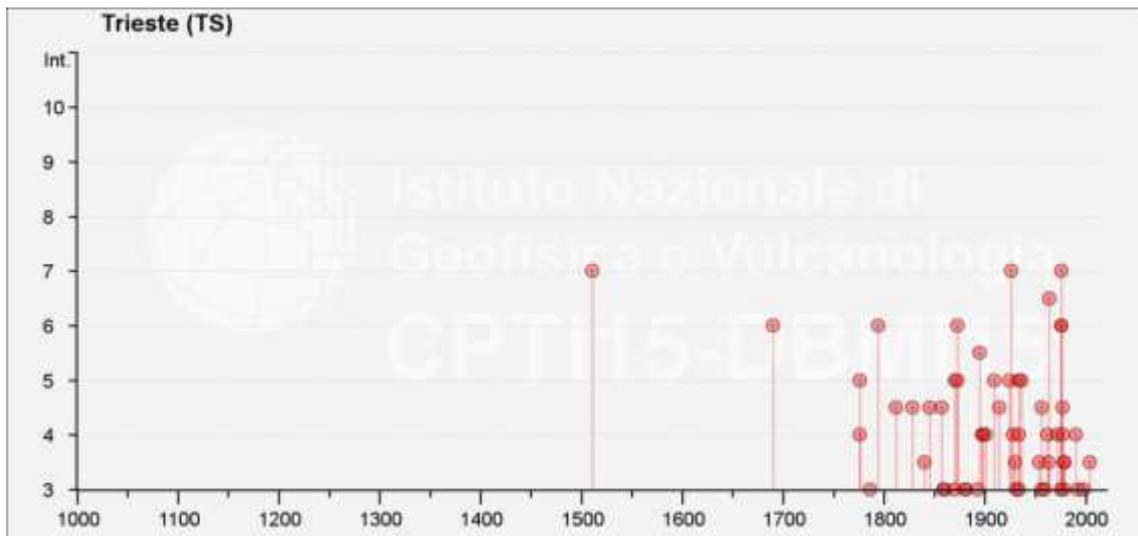
Data : data e ora della registrazione

AX : denominazione dell'area epicentrale

NP : numero di osservazioni macrosismiche

IO : Intensità epicentrale (scala Mercalli-Cancani-Sieberg)

MW : Magnitudo momento



13.4 Terremoto di scenario

Lo studio dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia fornisce anche informazioni riguardanti la disaggregazione della pericolosità in termini di peak ground acceleration (PGA) riferita a substrati rigidi; tutti i dati sono accessibili e visualizzabili mediante mappe interattive di pericolosità sismica al sito web dell'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

La disaggregazione (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La disaggregazione bidimensionale in M - R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario), inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito in oggetto che contribuisce maggiormente al seismic hazard del sito stesso.

Analogamente è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M - R - ϵ , dove ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R .

Nel nostro caso il nodo del reticolo di riferimento più vicino alle aree di intervento è quello con **ID11881**, che dista 2.519 m dalle coordinate ED50 considerate.

La disaggregazione del valore dell'accelerazione orizzontale di picco ag viene eseguita per una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

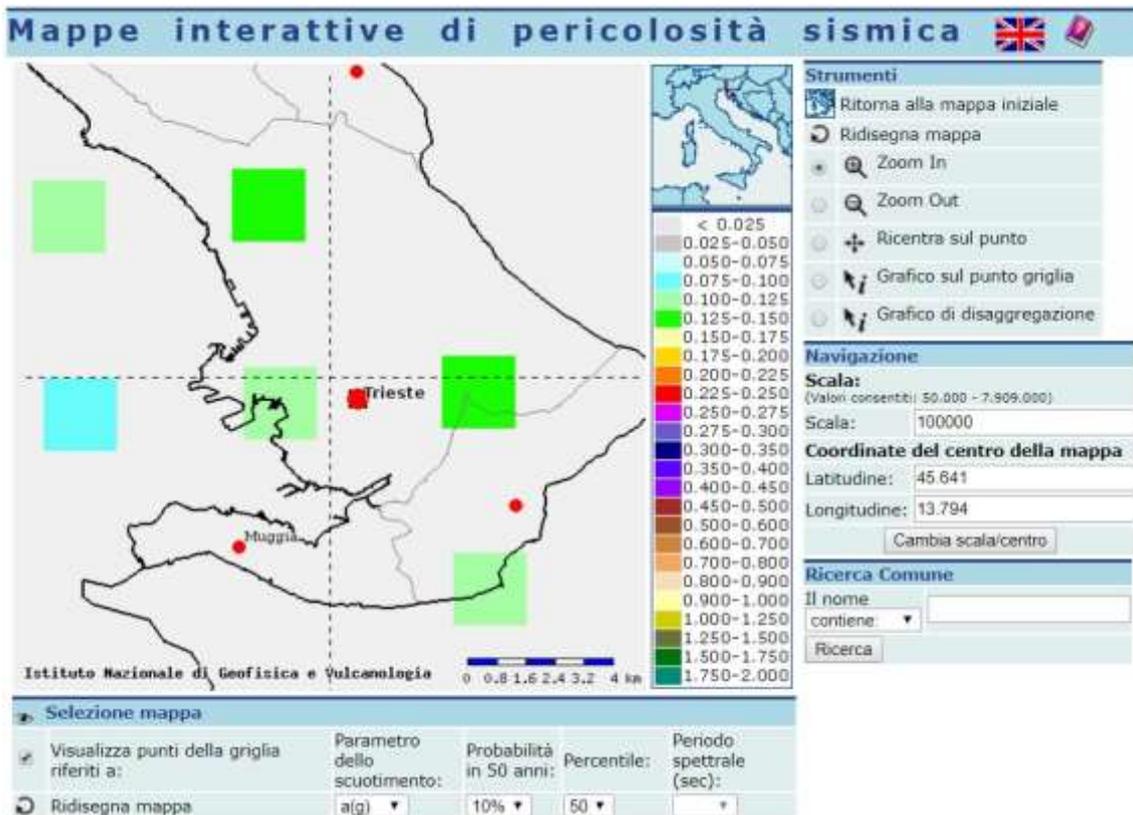


Grafico della disaggregazione dei valori di $a(g)$ ossia la valutazione del contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di magnitudo (M) e distanza (D) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita al nodo **ID:11881** più vicino all'area in studio.

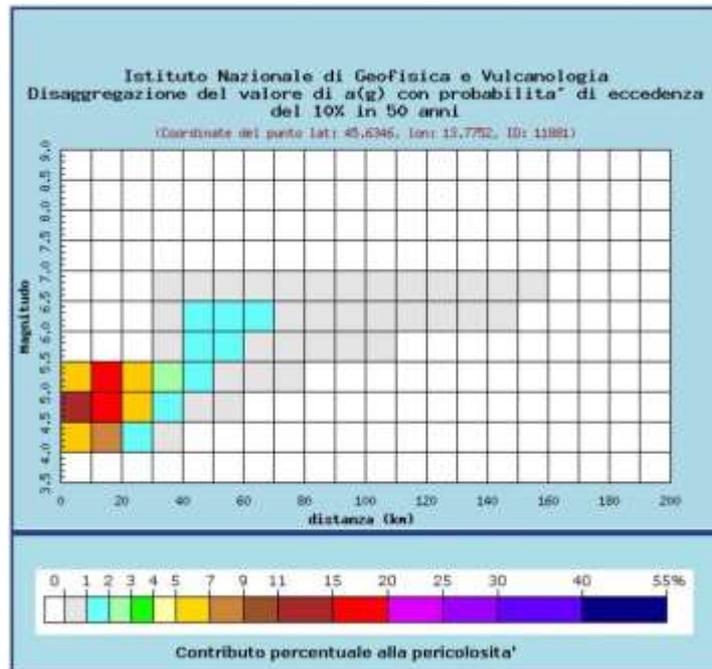


Tabella della disaggregazione dei valori di $a(g)$ ossia la valutazione del contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di magnitudo (M) e distanza (D) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita al nodo **ID:11881** più vicino all'area.

Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.6346, lon: 13.7752, ID: 11881)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	5.870	11.500	8.830	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	7.390	18.680	15.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	1.230	5.310	6.990	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.032	1.340	2.880	0.998	0.952	0.165	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.268	1.350	1.770	1.990	0.380	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.013	0.520	1.240	1.660	0.348	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.112	0.619	1.020	0.233	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.008	0.301	0.682	0.159	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.145	0.560	0.153	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.044	0.381	0.117	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.191	0.070	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.083	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Analogamente alla disaggregazione in $M-R$, è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in $M-R-\epsilon$ dove ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una legge di attenuazione dati M ed R .

Di seguito vengono riportati i **PARAMETRI DEL TERREMOTO DI SCENARIO**, ossia i valori medi della coppia Magnitudo (M) - Distanza (R) e relativa deviazione standard (ϵ) della sorgente che maggiormente contribuisce alla pericolosità sismica del sito ottenuti a seguito della disaggregazione della pericolosità.

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.070	21.700	1.340

14. Categoria di sottosuolo

Da NTC 2018:

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, sotto riportata, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di V_S sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite 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.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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.

Norme Tecniche per le Costruzioni” - D.M. del 17/01/2018

Facendo opportuno ricorso all'approccio semplificato, la classificazione sismica del sottosuolo è stata accertata con indagine sismica allegata al termine della presente relazione.

Il substrato di riferimento (bedrock sismico), caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s, così come indicato al § 3.2.2. delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018, è stato individuato alla profondità di 5,0 – 5,5 e 6,0 m dal piano campagna rispettivamente per le MASW 1, MASW 2, MASW 3. La velocità equivalente delle onde S nei primi metri di profondità è rispettivamente per le prove suddette di $V_{s,eq} = 368$ m/s per la MASW 1, $V_{s,eq} = 386$ m/s per la MASW 2 e $V_{s,eq} = 383$ m/s per la MASW 3.

Considerando la quota di imposta delle fondazioni la classe di suolo per l'edificio sarà la A:

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. [da NTC2018 Tabella 3.2.II - Categorie di sottosuolo].

Poiché, nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera, per le opere di contenimento la classe di suolo per l'edificio sarà la B

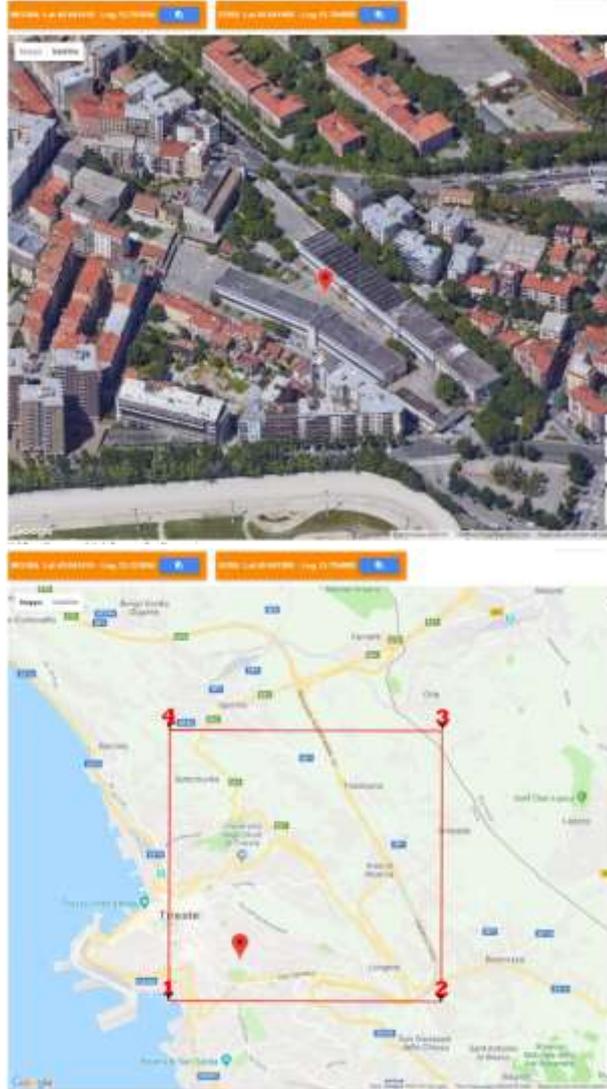
Categoria	Descrizione
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.. [da NTC2018 Tabella 3.2.II - Categorie di sottosuolo].

15. Pericolosità sismica

Allo stato attuale la pericolosità sismica di base su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito internet dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://esse1.mi.ingv.it>).

Siccome è alquanto improbabile che un generico sito d'indagine ricada su uno dei 10751 nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri $p = f(a_g, F_o, T^*_C)$ d'interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto devono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Nell'intento di facilitare le operazioni di valutazione puntuale della pericolosità sismica, il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha reso disponibile sul suo sito internet (<http://www.cslp.it/cslp/index.php>) il programma Spettri-NTC, giunto alla versione 1.03, che effettua tutte le operazioni di interpolazione sia geografica che temporale richieste per la valutazione dell'azione sismica. Allo stesso fine, visto anche l'orientamento dei seminari di A.P.C., la maggior parte dei professionisti ricorre al software online Geostru-PS, che è sicuramente più pratico da utilizzare (http://www.geostru.com/geoapp/Parametri_Sismici.aspx).



Siti di riferimento

Sito 1	ID: 11881	Lat: 45,6346	Lon: 13,7752	Distanza: 1670,623
Sito 2	ID: 11882	Lat: 45,6345	Lon: 13,8466	Distanza: 4168,660
Sito 3	ID: 11660	Lat: 45,6845	Lon: 13,8468	Distanza: 6264,708
Sito 4	ID: 11659	Lat: 45,6846	Lon: 13,7754	Distanza: 4966,412

TIPI DI COSTRUZIONE

2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	V_N (anni)
	[NTC 2018 - Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni]	50

Classe d'uso **III** [da NTC2018 Tabella 2.4.2 – Classi d'uso]
 Coefficiente C_u 1,5

Stati limite

Classe Edificio

III. Affollamento significativo...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a_p [g]	Fa	Tc* [s]
Operatività (SLO)	45	0.041	2.561	0.227
Danno (SLD)	75	0.053	2.569	0.252
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.138	2.518	0.325
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.175	2.560	0.337
Periodo di riferimento per l'azione sismica	75			

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

H (m): 1 | a_0 (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: A

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
BS Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
CC Coeff. funz. categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc. ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.8

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.008	0.011	0.037	0.047
kv	0.004	0.005	0.019	0.024
Amax [m/s²]	0.405	0.524	1.355	1.719
Beta	0.200	0.200	0.270	0.270

Fondazioni – Categoria sottosuolo A.

Stati limite

Classe Edificio

III. Affollamento significativo...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a_p [g]	Fa	Tc* [s]
Operatività (SLO)	45	0.041	2.561	0.227
Danno (SLD)	75	0.053	2.569	0.252
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.138	2.518	0.325
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.175	2.560	0.337
Periodo di riferimento per l'azione sismica	75			

Coefficienti sismici

Tipo: Parallele NTC 2018

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

H (m): 15.70 | a_0 (m): 0.04

Cat. Sottosuolo: B

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
BS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz. categoria	1,48	1,45	1,38	1,37
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc. ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.8

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.030	0.039	0.100	0.127
kv	--	--	--	--
Amax [m/s²]	0.486	0.629	1.625	2.063
Beta	0.642	0.642	0.642	0.642

Opere di contenimento – Categoria di sottosuolo B

16. Sintesi e conclusioni

- *E' prevista la demolizione degli edifici esistenti presso il comprensorio della Fiera di Trieste è la realizzazione di un nuovo edificio commerciale.*
- *La proprietà non è soggetta a particolari vincoli.*
- *Coordinate geografiche sessadecimali ED50 del sito:
 Latitudine: 45,641905°
 Longitudine: 13,794009°*
- *Tipo di costruzione 2 - (VN = 50 anni); Classe d'uso III (CU = 1,5)*
- *Periodo di riferimento per le azioni sismiche VR = VN × CU = 75 anni*
- *Terremoto di scenario: magnitudo M=5,07 ad una distanza dal sito R=21,7 km*
- *Il fondo ricade in una zona antropizzata priva di corsi d'acqua superficiali ed è posta immediatamente a nord del Torrente Sette Fontane che scorre intubato sotto piazzale De Gasperi;*
- *Categoria topografica T1 - pendii con inclinazione media $i \leq 15^\circ$;*
- *Considerata la quota di imposta delle fondazioni, per il nuovo edificio la Categoria di sottosuolo accertata con l'indagine sismica è la "A"; per le opere di contenimento necessarie e propedeutiche alla realizzazione degli scavi la Categoria di sottosuolo accertata è la "B".*
- *La parametrizzazione geotecnica dei terreni di fondazione e per le opere di contenimento preliminari alle operazioni di scavo sono riportate al § 12 – Parametrizzazione geotecnica.*
- *Non sono stati rilevati elementi morfologici che possano far pensare alla sussistenza di fenomeni di dislocazione superficiale.*
- *Nel sito in esame non si osservano fenomeni destabilizzanti di tipo gravitativo o erosivo attivi in tempi geologici recenti né è ipotizzabile una loro attivazione in tempi geologicamente brevi.*
- *Nulla è il rischio che il sito venga interessato da fenomeni di dissesto aventi origine in aree limitrofe.*
- *Nel sito in oggetto non sono state identificate morfologie associate a processi morfogenetici attivi e non sono state identificate morfologie, sedimentarie od erosive, associate a processi morfogenetici di versante o fluviale attivi.*
- *Per quanto concerne la stabilità del pendio e dei fronti di scavo, l'area mostra pendenze modeste in relazione alle caratteristiche meccaniche dei terreni e pertanto non sussistono le condizioni geomorfologiche per il verificarsi di fenomeni di instabilità di tipo gravitativo od erosivo; il rischio che fenomeni franosi possano interessare il sito in esame in tempi geologicamente brevi è nullo.*
- *La stabilità dei materiali di copertura nei confronti della liquefazione (NTC2018, § 7.11.3.4.2) è avvalorata dal fatto che questi terreni non possono essere suscettibili a tale fenomeno in ragione del loro fuso granulometrico e dell'assenza nel sottosuolo di una falda idrica, perlomeno intesa nel senso proprio del termine (in caso di sisma la perdita di proprietà meccaniche o l'accumulo di deformazioni plastiche riguardano i depositi prevalentemente sabbiosi in condizione sature, ovvero soggiacenti ad una tavola d'acqua).*
- *Alla luce di quanto esposto, si ritiene di poter dichiarare la compatibilità del progetto con le caratteristiche geologiche e geotecniche del sito d'intervento; non sono infatti emersi fattori ostativi o criticità che possano relazionarsi con il contesto paesistico-ambientale, vincoli normativi, pericolosità sismica locale, peculiarità*

fisico-meccaniche dei terreni in posto, assetto geostrutturale o aspetti morfologici, idrologici ed idrogeologici del territorio.

- *Si raccomanda ad ogni modo di interpellare lo scrivente qualora venisse evidenziata una situazione stratigrafica che si discosti significativamente da quella descritta e/o aggravi il modello geologico previsto.*

➤ **INDICE**

1.	GENERALITÀ.....	2
2.	UBICAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO	3
3.	OPERE DI PROGETTO.....	5
4.	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	6
5.	ZONIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA	7
5.1	PIANO REGOLATORE	7
6.	IDROGEOLOGIA.....	10
7.	GEOMORFOLOGIA	11
8.	CATEGORIA TOPOGRAFICA	13
9.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	14
10.	CLASSIFICAZIONE LITOLOGICO-TECNICA DEL FLYSCH	16
11.	SITUAZIONE STRATIGRAFICA LOCALE	17
12.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	18
13.	INQUADRAMENTO NEOTETTONICO.....	20
13.1	LINEAMENTI STRUTTURALI ATTIVI	20
13.2	GEODINAMICA E SISMICITÀ DELL'AREA	22
13.3	STORIA SISMICA DELL'AREA.....	25
13.4	TERREMOTO DI SCENARIO.....	29
14.	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	31
15.	PERICOLOSITÀ SISMICA.....	33
16.	SINTESI E CONCLUSIONI.....	35
17.	ALL. 1 – SONDAGGI E POZZETTI GEOGNOSTICI.....	38
1.1	SONDAGGI GEOGNOSTICI	38
1.2	MODALITÀ DESCRITTIVE.....	46
1.3	ATTREZZATURE IMPIEGATE	49
1.4	RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA	50
1.5	POZZETTI GEOGNOSTICI	59
18.	ALL. 2 – INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE, MASW E HVSR	62
19.	ALL. 3 - DATI FORNITI DAL SERVIZIO GEOLOGICO DELLA REGIONE FVG.	82
20.	ALL. 4 – TRACCIA E SEZIONE GEOLOGICA.	85

17. All. 1 – Sondaggi e pozzetti geognostici

Nel complesso sono stati eseguiti:

Sondaggi a carotaggio continuo:

<i>Sondaggio</i>	<i>Carotaggio</i>	<i>Prove S.P.T.</i>
<i>N°</i>	<i>m.l.</i>	<i>n°</i>
<i>S01</i>	<i>6,30</i>	<i>1</i>
<i>S02</i>	<i>8,00</i>	<i>1</i>
<i>S03</i>	<i>6,30</i>	<i>1</i>

Pozzetti geognostici:

<i>Pozzetti</i>	<i>Profondità</i>
<i>N°</i>	<i>m.l.</i>
<i>P01</i>	<i>3,60</i>
<i>P02</i>	<i>3,00</i>

1.1 Sondaggi geognostici

1.1.1 Sondaggi geognostici a rotazione a carotaggio continuo

Un sondaggio a rotazione a carotaggio continuo viene eseguito per ottenere una esatta conoscenza delle formazioni o dei terreni indagati, grazie all'esame visivo delle carote estratte durante la perforazione.

In generale il sistema di perforazione comprende diversi elementi (Figura 1) integrati nelle batterie che sono:

- testa di rotazione;
- tubo carotiere;
- estrattore;
- manicotto porta-estrattore;
- corona tagliente.

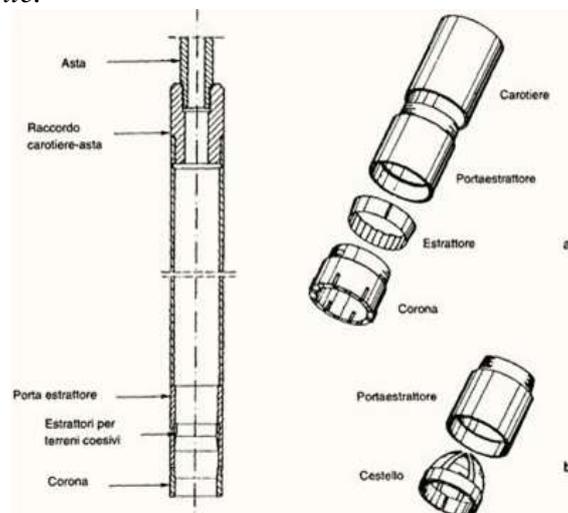


Figura 1 – Sistema di perforazione con aste e carotiere e sulla destra set per la prevenzione della perdita di una carota

La testa di rotazione costituisce il pezzo di unione tra il carotiere, in cui si raccoglie la carota che si estrae durante la perforazione, e la batteria di aste a cui si trasmette il movimento di rotazione e la spinta esercitata dalla macchina perforatrice. Il manicotto portaestrattore contiene una molla denominata estrattore che serve a tagliare la carota quando viene estratta, impedendo così che la stessa fuoriesca durante la manovra.

La corona rappresenta l'elemento perforante che si utilizza nel sondaggio. Essa dispone di taglienti, i quali possono essere di widia (carburo di tungsteno) o di diamanti. In genere le corone al widia vengono utilizzate in terreni o rocce tenere mentre quelle diamantate in rocce dure o molto dure.

I carotieri nella loro forma più semplice hanno la forma di un tubo munito ad un'estremità di una testa di raccordo con le aste di perforazione e all'altra estremità di un filetto a cui si avvita la corona tagliente che permette il prelievo della carota contemporaneamente all'avanzamento della perforazione.

I carotieri possono essere di due tipi (Figura 2):

- semplice, costituito da un unico tubo;
- doppio, costituito da un tubo carotiere e da un tubo portacarota; vi può anche essere la presenza di una fustella in acciaio/PVC posizionata all'interno del tubo interno (carotiere triplo)

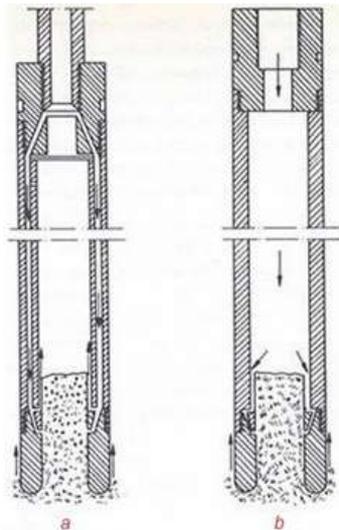


Figura 2 – Tipi di carotieri per perforazione a rotazione:
a, carotiere doppio; b, carotiere semplice

Il carotiere semplice (Figura 3) è costituito da un unico tubo di acciaio di diametro compreso tra 66 e 146 mm munito della corona tagliente a una estremità e di una valvola di non ritorno a sfera all'altra estremità, per evitare la possibilità che la carota fuoriesca dal carotiere. In caso di terreni sciolti, può anche essere inserito alla base del carotiere, immediatamente al di sopra della corona, un cestello al fine di agevolare la ritenuta del materiale carotato.

Normalmente il carotiere semplice viene impiegato “a secco” cioè senza l'utilizzo del fluido di perforazione che altrimenti dilaverebbe tutta la superficie della carota e le frazioni fini.

Questo carotiere rappresenta un utensile molto semplice che realizza aree di taglio piccole grazie all'esiguo spessore della corona di 7 mm. Crea pochi detriti e la carota, a parità di diametro esterno, ha un diametro maggiore di quello ottenibile con i doppi

carotieri anche se in questo caso le carote sono più disturbate. Consente il prelievo di campioni rimaneggiati in quanto il materiale recuperato rimane a contatto con le pareti del carotiere e con l'eventuale l'acqua di circolazione. Viene utilizzato soprattutto nei terreni teneri come le argille, limo e sabbia in quanto la rotazione del tubo del carotiere può causare il rimaneggiamento di terreni cementati.

Una bassa velocità di rotazione e una bassa spinta possono garantire la riduzione del disturbo del carotaggio ed evitare la creazione di tappi di materiale particolarmente essiccato e bruciato.



Figura 3 – Carotiere semplice

Il carotiere doppio ha la particolarità, pur mantenendo lo stesso diametro del carotiere semplice, di avere due tubi di acciaio coassiali indipendenti nei movimenti:

- un tubo interno costituito da un tubo portacarota o camicia che rimane fermo durante l'avanzamento della perforazione e che si trova in posizione più arretrata di quello esterno con il compito di raccogliere il materiale carotato;
- un tubo esterno costituito da un tubo carotiere rotante dotato di corona con il compito di tagliare il terreno.

La parete interna non ruotante è munita di una scarpa tagliente atta a penetrare a pressione per un breve tratto nel terreno e quindi sporgente rispetto alla tubazione esterna ruotante. Tale sporgenza decresce con l'aumentare della compattezza del terreno.

Viene generalmente utilizzato con il fluido di circolazione che viene fatto passare tra l'intercapedine esistente tra i due tubi coassiali e quindi la carota, incamiciata nel tubo interno, è in contatto con il fluido solo in corrispondenza del margine della corona che normalmente è di spessore maggiore di quella utilizzata nel carotiere semplice.

Inoltre il tubo interno va montato su cuscinetti a sfera che ne impediscono il movimento mentre il tubo esterno ruota.

Il carotiere doppio monta inoltre un estrattore e un portaestrattore e a volte un tubo di allungamento del tubo interno che è solidale con l'estrattore e viene abbassato quando la carota deve essere spezzata, in modo tale che la sollecitazione meccanica venga trasferita dall'estrattore e dal portaestrattore al tubo esterno più robusto.

Esistono diversi tipi di carotieri doppi che differiscono per caratteristiche e in ragione della natura litologica dei terreni:

- T2, carotiere doppio con corona a parete sottile (diametro fino a 101 mm) costituito da un tubo interno non rotante e un tubo esterno a cui si raccorda una corona di perforazione con spessore di parete di 7 ÷ 8,5 mm, a seconda del diametro del carotiere. È caratterizzato dunque da una minima superficie di taglio che porta a ottenere elevate velocità di penetrazione.

- T6, carotiere doppio costituito dal tubo interno intero (un solo pezzo) di diametro compreso fra 101 al 146 mm; caratterizzato dal montare una corona sottile diamantata o in lega dura di widia che presenta uno spessore di parete di 9,5 ÷ 11,5 mm a seconda del diametro del carotiere.

I T6 sono essenzialmente previsti per il carotaggio in formazioni di media durezza, anche se, grazie alla piccola superficie di taglio, possono essere impiegati in modo vantaggioso anche in formazioni a durezza maggiore mediante l'utilizzo di corone diamantate.

A differenza del tipo T2 (Figura 4) questo carotiere è adatto anche per il carotaggio in formazioni sedimentarie, alluvionali o alterate dove sia necessario ricorrere ai fanghi bentonitici come fluido di circolazione per stabilizzare il foro. Lo spazio anulare tra i tubi esterno e interno è infatti sufficiente per consentire il passaggio del fango con sedimenti grossolani;

- T6S, carotiere doppio costituito da un tubo interno apribile (Figura 5) longitudinalmente in due metà che consente il recupero di carote intatte anche da formazioni poco compatte e alterate. Monta corone con uno spessore leggermente maggiore del T6 caratterizzate normalmente da uno scarico frontale che preserva la carota dal fluido di circolazione.

I "T6S" sono essenzialmente previsti per formazioni tenere e friabili e ne caso in cui si vogliano carote da inviare al laboratorio geotecnico.

Questo carotiere doppio presenta il vantaggio di avere un tubo interno leggermente avanzato rispetto alla corona del tubo esterno che ruota, punzonando il terreno tramite una scarpa tagliente che si ritira o si allunga in funzione della compattezza del terreno. Il tubo interno divisibile permette inoltre l'esame immediato della carota e il suo trasferimento nella cassetta catalogatrice senza alcun disturbo.

I carotieri T6 e T6S impiegano, dunque, corone a parete sottile ma possono comunque essere impiegati anche con spurgo di fango grazie sia all'impiego di acciai di alta qualità per la costruzione del tubo interno che viene così ad avere uno spessore minimo e sia a un valore medio dell'intercapedine tra tubo esterno e tubo interno.

Va considerato che la presenza di un piccolo spessore di parete fornisce, rispetto a una corona di maggiore spessore, una minore superficie di taglio, un minore detrito, un minor consumo della corona, una velocità di penetrazione maggiore, una minor pressione e coppia torcente.



Doppio Carotiere T2			Parti di ricambio - Parts		Doppio Carotiere T6		
Foro mm Hole mm	Carota mm Core mm	Att. Aste Rod. conn.	Pos. Item	Descrizione Part Name	Foro mm Hole mm	Carota mm Core mm	Att. Aste Rod. conn.
101	84	2"3/8	1	Testa completa - Compl. Head Ass.	146	123	2"3/8
86	72	2"3/8	2	Tubo esterno - Outer tube	131	108	2"3/8
76	62	50	3	Tubo interno - Inner tube	116	93	2"3/8
66	52	50	4	Alesatore - Boring shell	101	79	2"3/8
56	42	50	5	Tubo allungamento - Inner tube ext.			
46	32	42	6	Estrattore - Core lifter			
			7	Portaestrattore - Core lifter case			
			8	Corona - Bit			

Figura 4 – Carotiere doppio T2 e T6.



Figura 5 – Carotiere T6S

Una volta ultimata la perforazione il geologo provvede allo studio più completo delle carote e all'invio, se previsto, di campioni di terreno al laboratorio geotecnico / ambientale.

A tal fine le carote ottenute vengono allineate nell'ordine in cui sono estratte, in luogo riparato, e numerate progressivamente con i dati relativi alla profondità di provenienza. La serie di carote estratte dalla sonda viene raccolta in apposite cassette catalogatrici di forma rettangolare, divise in 5 scomparti di 1 m di lunghezza, dotate di coperchio e con altezza adeguata rapportata al diametro della perforazione. Il tutto nel rispetto della sequenza stratigrafica rinvenuta utilizzando separatori interni o opportune segnature che indicheranno le quote di inizio e fine di ogni manovra e l'eventuale prelievo di campioni. Le cassette catalogatrici sono contrassegnate da una etichetta o scritta inamovibile e indelebile riportante: località; designazione del cantiere - committente – esecutore; designazione del sondaggio; n° di cassetta e profondità di prelievo (da/a).

Le cassette sono numerate a partire da quelle che contengono le carote più prossime alla superficie esterna, e per ognuna di viene eseguita una fotografia a colori in modo da individuare in maniera ottimale le variazioni litologiche.

Le fotografie effettuate saranno successivamente inserite nelle schede fotografiche allegate al report di indagine.

I carotaggi contenuti nelle cassette catalogatrici vengono quindi trasportati e conservati in ambienti riparati dalle intemperie.

Se previsto, al fine di mantenere disponibile il foro di sondaggio) anche per successivi utilizzi, si provvede a proteggere il boccapozzo con pozzetto e chiusura inamovibile, dopo averlo attrezzato con le strumentazioni richieste (installazione di tubi inclinometrici, di tubi per prove tipo “Down-Hole” o di piezometri, ecc.).

1.1.2 Standard Penetration Test (SPT)

La prova S.P.T. (Standard Penetration Test) è una prova puntuale che viene eseguita nel corso della perforazione, al fondo del foro.

È molto nota, standardizzata sia dalla A.S.T.M. Designation 1586/67, dal sottocomitato I.S.S.M.F.E. (Associazione Geotecnica Internazionale), per le prove penetrometriche in Europa, nonché dalle "Raccomandazioni" A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) per l'esecuzione delle indagini geotecniche (1977).

La prova consiste nell'infiggere nel terreno, alla base del sondaggio, per mezzo di un martino a sganciamento automatico del peso di kg 63,4 cadente da un'altezza di cm 75, un campionatore (Figura 6).

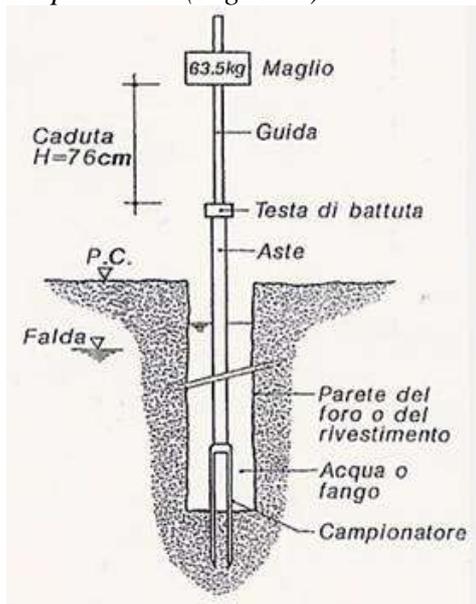


Figura 6 – Maglio S.P.T.

La prova consiste nell'infissione preliminare di 150 mm contando ed annotando il numero di colpi del maglio, fino ad un massimo di 50 colpi; successivamente si procede all'infissione del tratto di 300 mm contando ed annotando il numero di colpi relativi ai primi 150 mm ed ai secondi 150 mm fino ad un massimo di 100 colpi (Figura 7)

Il rifiuto si considera raggiunto quando, dopo l'infissione preliminare, che è pari a 150 mm o 50 colpi, si ottengono 100 colpi per un avanzamento minore o uguale a 300 mm.

In ghiaie o in terreni molto compatti viene utilizzata una punta chiusa con apertura di 60°. In base al valore NSPT è possibile determinare lo stato reale di addensamento per i terreni incoerenti e di consistenza per quelli coesivi, come evidenziato nella tabella riportata nella pagina successiva.



Figura 7 – Schema prova S.P.T.

VALUTAZIONE DEI PARAMETRI DI RESISTENZA DEI DATI DELLO S.P.T.

Terreno coerente Definizione della consistenza	Numero dei colpi NSPT	Indice di consistenza Ic	Coesione non drenata Cu [Bar]
Privo di consistenza	< 2	0	< 0.1
Poco consistente	2 - 4	0 - 0.25	0.1 - 0.25
Moderatamente consistente	4 - 8	0.25 - 0.5	0.25 - 0.5
Consistente	8 - 15	0.5 - 0.75	0.5 - 1.0
Molto consistente	15 - 30	0.75 - 1.0	1.0 - 2.0
Estremamente consistente	> 30	> 1.0	> 2.0

Terreno incoerente Grado di addensamento	Numero dei colpi NSPT	Densità relativa Dr	Angolo di attrito ϕ [°]
Sciolto	< 4	< 0.2	< 30°
Poco addensato	4 - 10	0.2 - 0.4	30° - 35°
Moderatamente addensato	10 - 30	0.4 - 0.6	35° - 40°
Addensato	30 - 50	0.6 - 0.8	40° - 45°
Molto addensato	> 50	> 0.8	> 45°

La resistenza al taglio di un terreno granulare è sinteticamente espressa dall'angolo ϕ' la cui determinazione non è direttamente derivabile dai valori dalle N_{SPT} o dalla Q_c . L'approccio più semplice e maggiormente utilizzato è quello della stima della D_r della sabbia in funzione di N_{SPT} e della tensione efficace utilizzando la correlazione di Gibbs ed Holtz (1957 - Figura 8) e, successivamente, nota la D_r e la composizione granulometrica risalire al valore di ϕ' tramite la correlazione di Schmertmann (1978 - Figura 9).

Tra i metodi di correlazione diretta $N_{SPT} - \phi'$ viene tradizionalmente utilizzata la correlazione di De Mello (1971 - Figura 10), con cui è possibile dare stima dell'angolo di resistenza a taglio in funzione di σ'_{v0} e N_{SPT} .

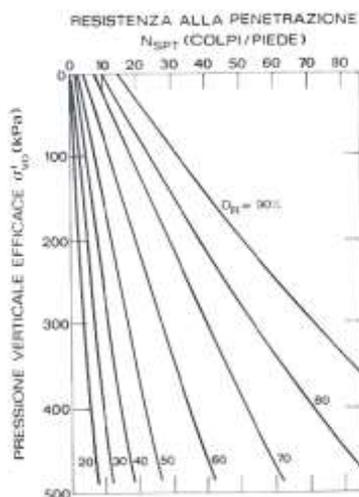


Figura 8 – Gibbs-Holtz (1957)

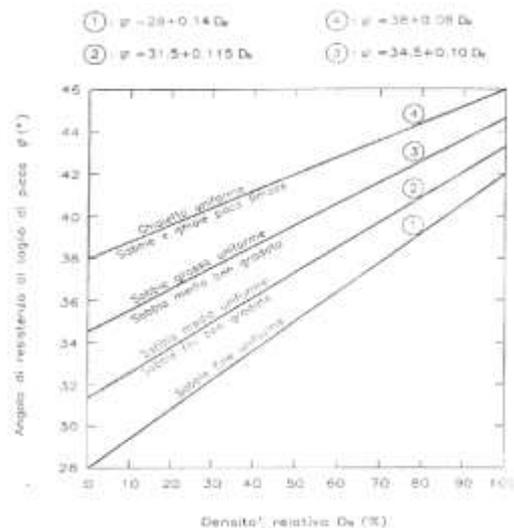


Figura 9 – Schmertmann (1978)

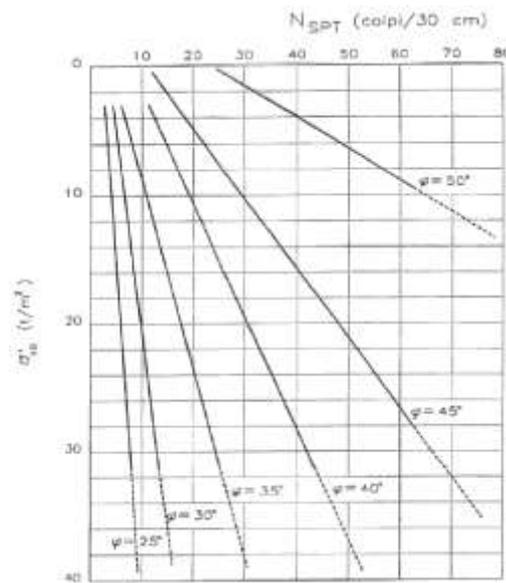


Figura 10 – De Mello (1971)

Nell'esecuzione delle prove è stata sempre mantenuta la verticalità della guida del maglio durante la caduta libera.

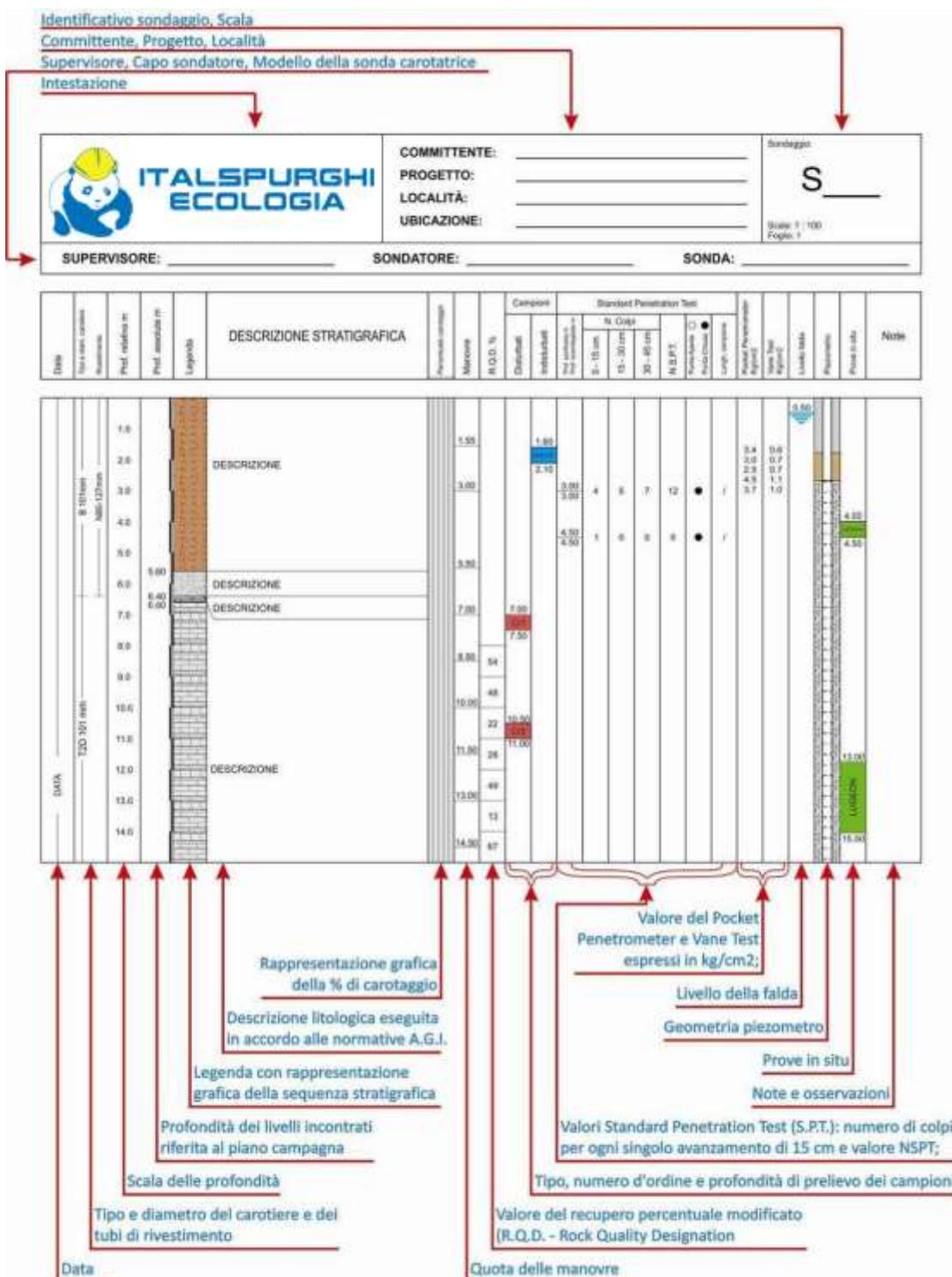
Con uno scandaglio è stata controllata di volta in volta la quota del fondo foro: se la differenza con le quote raggiunte in precedenza dalla manovra di perforazione o pulizia ha superato i 7 cm (norma ASTD) la prova è stata sospesa per procedere ad un'ulteriore operazione di pulizia.

Ad estrazione avvenuta il campione prelevato è stato misurato, trascurando l'eventuale parte alte costituita da detriti, sigillato in un contenitore ed inviato in laboratorio.

1.2 Modalità descrittive

1.2.1 Rapporto stratigrafico

Le schede stratigrafiche allegate al presente documento riportano i dati raccolti durante l'indagine geognostica.



1.2.2 Descrizione stratigrafica

La descrizione stratigrafica è compilata in modo tale da specificare per ciascun strato quanto relativo ai punti sotto elencati:

1.2.3 Denominazione geologica della formazione

1.2.4 Tipo di terreno

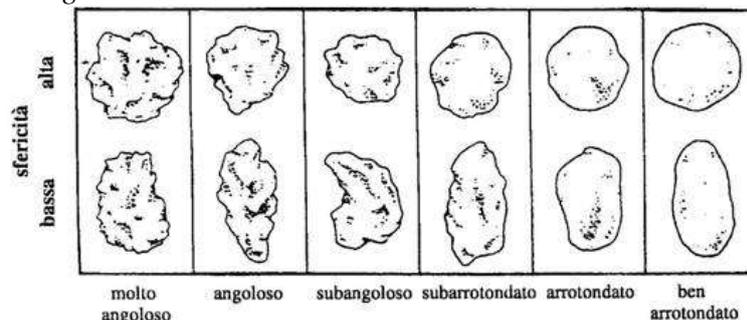
Le caratteristiche granulometriche del terreno sono state definite con riferimento alla terminologia AGI (1977).

DEFINIZIONE		DIAMETRO DEI GRANI [mm]
BLOCCHI		> 200
CIOTTOLI		200 - 60
GHIAIA	Grossa	60 - 20
	Media	20 - 6
	Fine	6 - 2
SABBIA	Grossa	2 - 0,6
	Media	0,6 - 0,2
	Fine	0,2 - 0,06
LIMO		0,06 - 0,002
ARGILLA		< 0,002

Per classificare un terreno costituito da diverse frazioni granulometriche si utilizza la seguente nomenclatura:

- I - nome: la frazione granulometrica di maggior diametro da il nome all'aggregato (es. Limo)
- II - nome: quando il II materiale ha una percentuale in peso tra 50%–25% si utilizza CON per unire i due nomi (es. Limo con argilla)
- III - nome: si utilizza il suffisso OSO se la percentuale in peso della frazione successiva è tra 25%–10% (es. Limo con argilla sabbiosa)
- IV - nome: si utilizza la particella DEBOLMENTE se la percentuale della frazione successiva è tra 10%–5% (es. Sabbia con ghiaia debolmente limosa).

Della frazione ghiaiosa e ciottolosa è specificato il grado di arrotondamento con riferimento alla seguente tabella:



DEFINIZIONE	ARROTONDAMENTO	DESCRIZIONE
<i>Angoloso</i>	<i>0 – 0.15</i>	<i>Nessuna smussatura</i>
<i>Subangoloso</i>	<i>0.15 – 0.25</i>	<i>Mantiene forma originale con evidenze di smussatura</i>
<i>Subarrotondato</i>	<i>0.25 – 0.40</i>	<i>Smussatura considerevole e riduzione dell'area di sup. del clasto</i>
<i>Arrotondato</i>	<i>0.40 – 0.60</i>	<i>Rimozione delle sup. originali, con rare superfici piatte</i>
<i>Ben arrotondato</i>	<i>0.60 - 1</i>	<i>Superficie interamente compresa da curve ben arrotondate</i>

1.2.5 Condizioni di umidità naturale

Le condizioni di umidità naturale del terreno è stata definita con uno dei seguenti termini:

- *Asciutto*
- *Debolmente umido*
- *Umido*
- *Molto umido*
- *Saturo*

1.2.6 Consistenza

La consistenza dei terreni coesivi è stata descritta con riferimento alla misura di resistenza al penetrometro tascabile sulla carota appena estratta e scortecciata con frequenza di una prova ogni 10-15 cm.

Nel caso di terreni granulari la consistenza si esprime in termini di addensamento.

Terreno coerente

- *Privo di consistenza*
- *Poco consistente*
- *Moderatamente consistente*
- *Consistente*
- *Molto consistente*
- *Estremamente consistente*

Terreno incoerente

- *Sciolto*
- *Poco addensato*
- *Moderatamente addensato*
- *Addensato*
- *Molto addensato*

1.2.7 Colore

Il colore è stato descritto scegliendo tra i seguenti termini precisando se necessario la tonalità e l'intensità: *rosa, rosso, viola, arancione, giallo, marrone, verde, grigio, nero* precisando se necessario la tonalità e l'intensità.

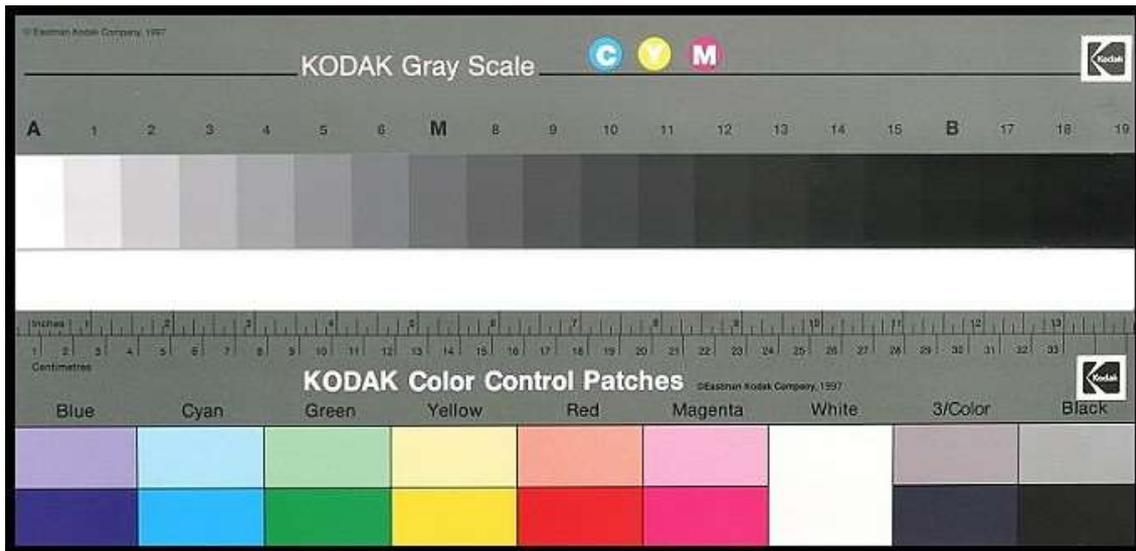


Figura 11 – Guida colori Kodak

1.2.8 Struttura

Con il termine struttura si intende la presenza o l'assenza di discontinuità, precisando la spaziatura, le laminazioni e tutti gli indizi legati a processi di alterazione o trasporto.

1.2.9 Particolarità aggiuntive

Con questo termine si intende tutte le caratteristiche significative, ai fini della schematizzazione geotecnica, che non siano già inserite nei parametri precedentemente elencati (radici, manufatti, fossili, residui organici vegetali, concrezioni).

1.2.10 Litologia ed origine

Il tipo di litologia è stato definito basandosi sui criteri classificativi dello Studio Geotecnico Italiano s.r.l.

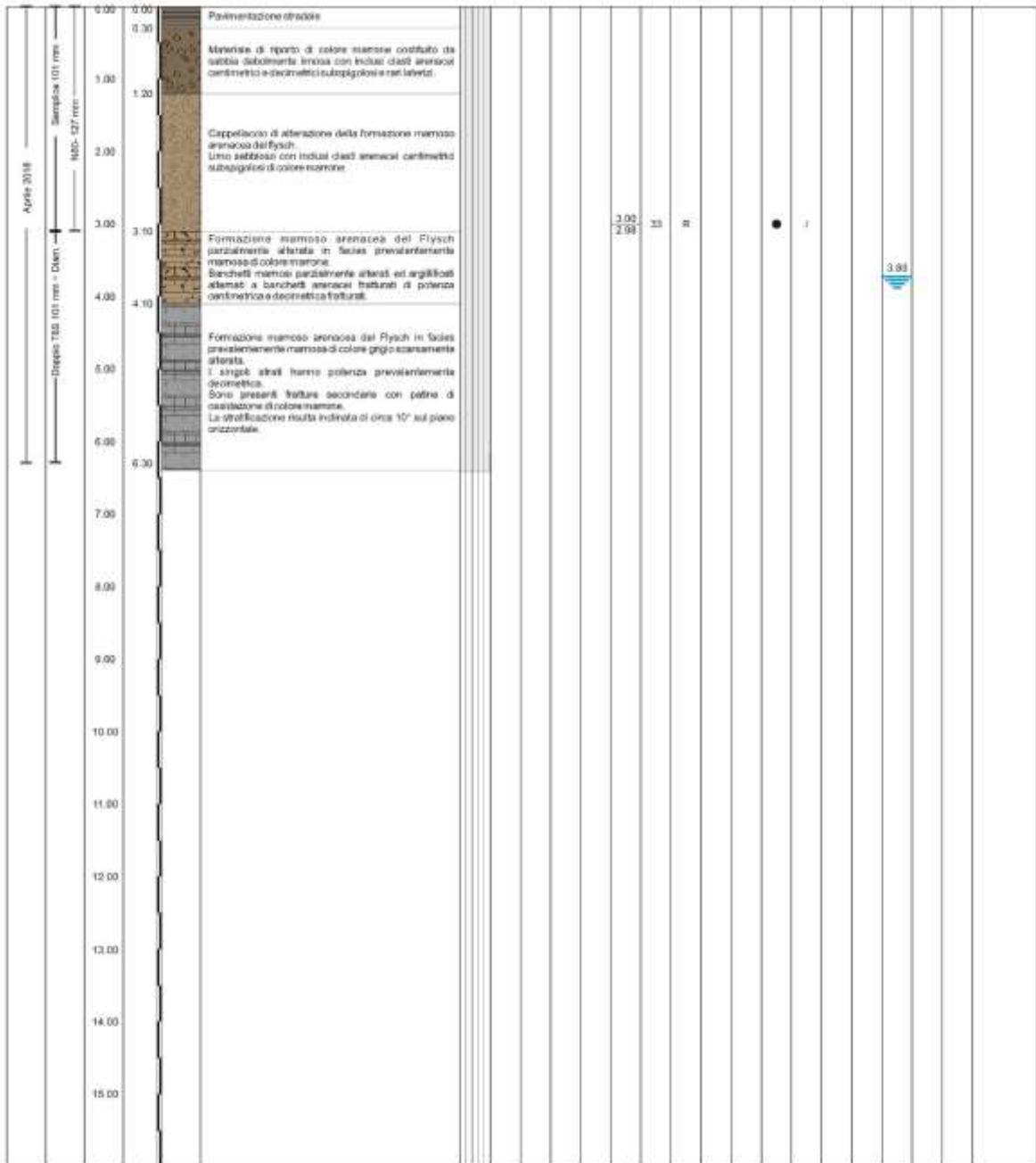
1.3 Attrezzature impiegate

SONDA CINGOLATA:	PUNTEL	PX 600
Coppia torcente	kg x m	600
Spinta	kg	6700
Tiro	kg	8000
Rotazione	giri/min.	220-650

1.4 Risultati indagine geognostica

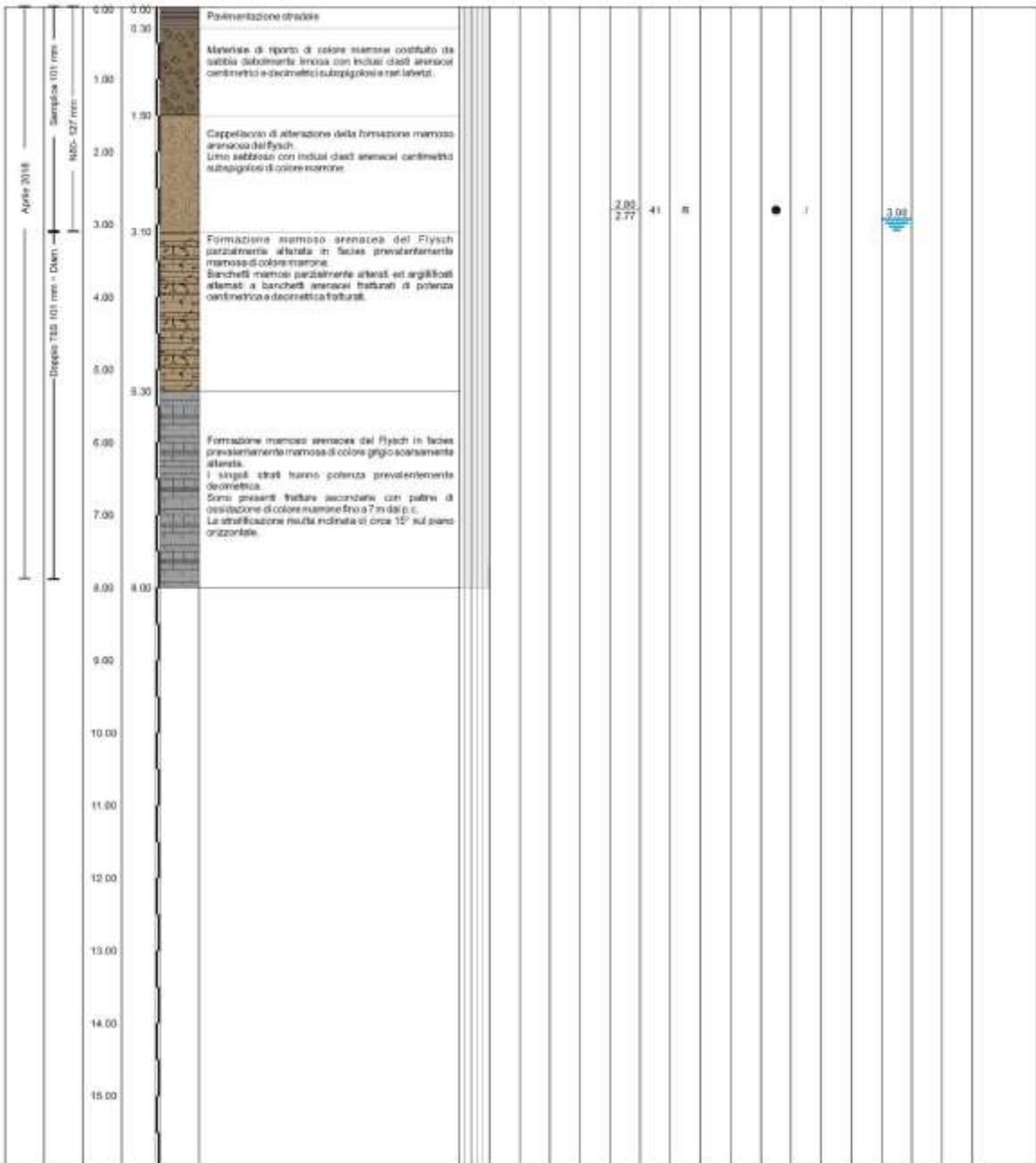
 ITALSPURGHI ECOLOGIA	COMMITTENTE: DOTT. ING. IZTOK SMOTLAK PROGETTO: FIERA LOCALITA': PIAZZALE DE GASPERI TRIESTE UBICAZIONE: PLANIMETRIA ALLEGATA	Sondaggio: S01 Pagina: 1 File: CL_1891.odr
	SUPERVISORE: dott. geol. Roberto Chiappini SONDATORE: Sig. Zeljko Jugovac SONDA: PUNTEL PX600	

Data	Tipo di sondaggio	Prof. relativa m	Prof. assoluta m	Legenda	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Profondità sondaggio	Mancante	R.O.D. %	Campione			Standard Penetration Test			Puntata Penetrometro	Vano S01	Vano S02	Livello Sella	Pneumatico	Pneumaticità	Note
									Disturbato	Intatto	Prof. penetrazione	N. Colpi	15-30 cm	30-45 cm							



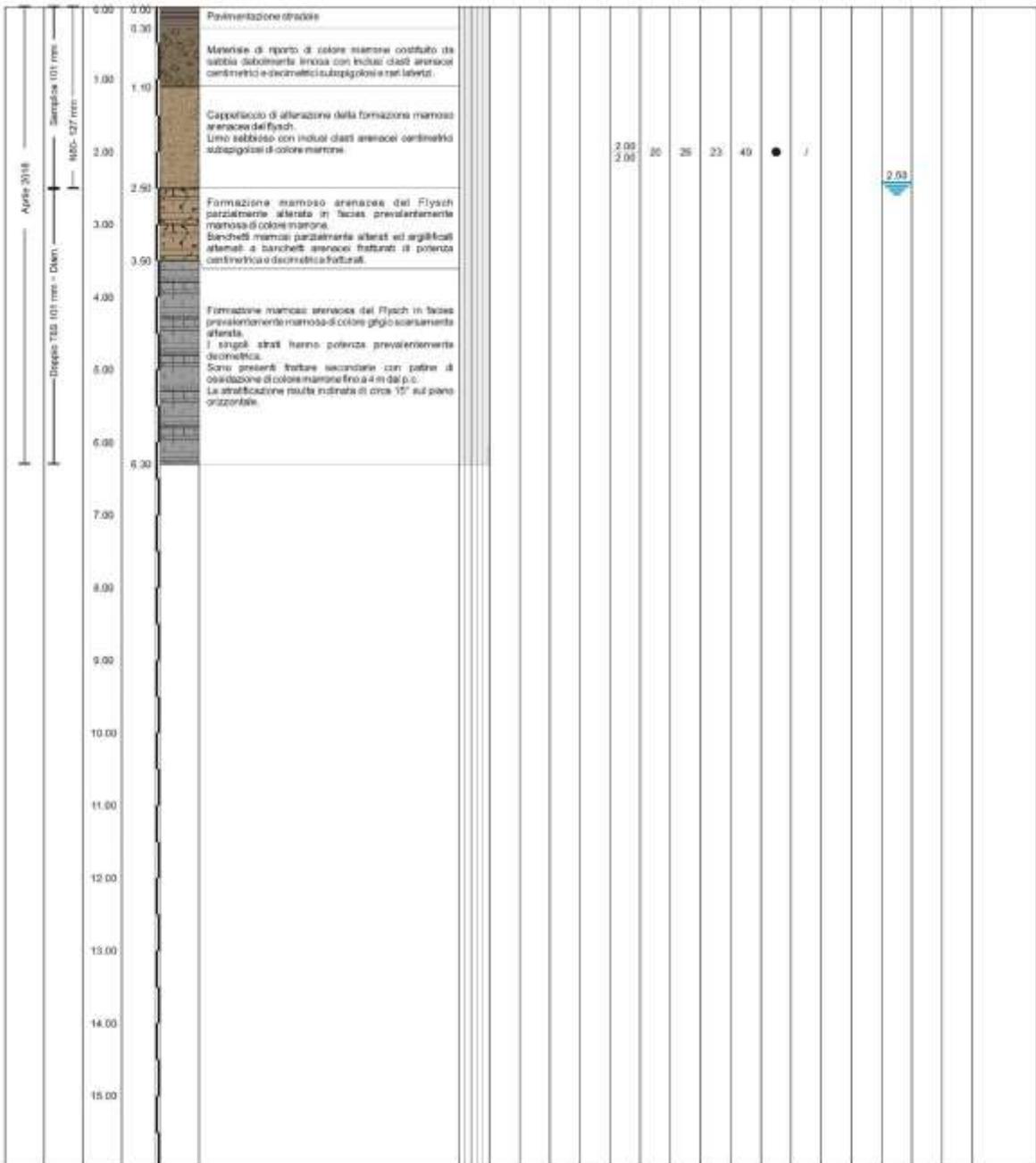
 ITALSPURGHI ECOLOGIA	COMMITTENTE: DOTT. ING. IZTOK SMOTLAK PROGETTO: FIERA LOCALITA': VIA SETTEFONTANE TRIESTE UBICAZIONE: PLANIMETRIA ALLEGATA	Sondaggio: S02 Pagina: 1 File: C:_1801.cdr
	SUPERVISORE: dott. geol. Roberto Chiappini SONDATORE: Sig. Zeljko Jugovac SONDA: PUNTEL PX600	

Data	Tipo di sondaggio Realizzato	Prof. relativa m	Prof. assoluta m	Legenda	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Anchore/collegio	Manovra	R.O.D. %	Campioni		Standard Penetration Test			Puntazione Allegata	Puntazione Allegata	Puntazione Allegata	Puntazione Allegata	Puntazione Allegata	Note
									Disturbati	Intatti	N. Colpi								



 ITALSPURGHIECOLOGIA	COMMITTENTE: DOTT. ING. IZTOK SMOTLAK PROGETTO: FIERA LOCALITA': VIA ROSSETTI TRIESTE UBICAZIONE: PLANIMETRIA ALLEGATA	Sondaggio: <h1 style="text-align: center;">S03</h1> Pagina: 1 File: C:_1801\odr
	SUPERVISORE: dott. geol. Roberto Chiappini SONDATORE: Sig. Zeljko Jugovac SONDA: PUNTEL PX600	

Data	Tipo di sondaggio	Prof. relativa m	Prof. assoluta m	Legenda	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Pendenza sondaggio	Mancore	R.O.D. %	Campioni			Standard Penetration Test			Punti di riferimento	Vano Test	Livello Valle	Peschiera	Peschiera	Note
									Disturbati	Intatti	Altri	N. Colpi								



	COMMITTENTE: dott. ing. Iztok Smotlak PROGETTO: Fiera di Trieste UBICAZIONE: Piazzale de Gasperi - Trieste	Sondaggio# 1: S01
		Casella: 1
TECNICO: dott. geol. Roberto Chiappini	OPERATORE: sig. Zeljko Jugovac	SONDA: PUNTEL PX 600



0.00	Pavimentazione stradale	Materiale di riporto	1.00
1.00	Materiale di riporto	Cappellaccio di alterazione del Flysch	2.00
2.00		Cappellaccio di alterazione del Flysch	3.00
3.00	Come sopra	Flysch parzialmente alterato	4.00
4.00	Flysch parzialmente alterato	Flysch scarsamente alterato	5.00

Presenza di acqua a 3,8 m dal p.c.

	COMMITTENTE: dott. ing. Iztok Smotlak PROGETTO: Fiera di Trieste UBICAZIONE: Piazzale de Gasperi - Trieste	Sondaggio# I: S01
		Casella: 2
TECNICO: dott. geol. Roberto Chiappini	OPERATORE: sig. Zeljko Jugovac	SONDA: PUNTEL PX 600



5.00	Flysch scarsamente alterato	6.00
6.00	Flysch scarsamente alterato	7.00
7.00		8.00
8.00		9.00
9.00		10.00

 ITALSPURGHI ECOLOGIA	COMMITTENTE: dott. ing. Iztok Smotlak PROGETTO: Fiera di Trieste UBICAZIONE: Via Settefontane - Trieste	Sondaggio#1: S02
		Casella: 1
TECNICO: dott. geol. Roberto Chiappini	OPERATORE: sig. Zeljko Jugovac	SONDA: PUNTEL PX 600



0.00	Pavimentazione stradale	Materiale di riporto	1.00
1.00	Materiale di riporto	Cappellaccio di alterazione del flysch	2.00
2.00	Cappellaccio di alterazione del flysch		3.00
3.00	Come sopra	Flysch parzialmente alterato	4.00
4.00	Flysch parzialmente alterato		5.00

Presenza di acqua a 3,0 m dal p.c.

 ITALSPURGHI ECOLOGIA	COMMITTENTE: dott. ing. Iztok Smotlak PROGETTO: Fiera di Trieste UBICAZIONE: Via Settefontane - Trieste	Sondaggio#1: S02
		Cassetta: 2
TECNICO: dott. geol. Roberto Chiappini	OPERATORE: sig. Zeljko Jugovac	SONDA: PUNTEL PX 600



5.00	Flysch parzialmente alterato	Flysch scarsamente alterato	6.00
6.00	Flysch scarsamente alterato		7.00
7.00	Flysch scarsamente alterato		8.00
8.00			9.00
9.00			10.00

 ITALSPURGHI ECOLOGIA	COMMITTENTE: dott. ing. Iztok Smotlak PROGETTO: Fiera di Trieste UBICAZIONE: Via Rossetti - Trieste	Sondaggio# 1: S03
		Casella: 1
TECNICO: dott. geol. Roberto Chiappini		OPERATORE: sig. Zeljko Jugovac
		SONDA: PUNTEL PX 600



0.00	Pavimentazione stradale	Materiale di riporto	1.00
1.00	Come sopra	Cappellaccio di alterazione del flysch	2.00
2.00	Cappellaccio di alterazione del flysch	Flysch parzialmente alterato	3.00
3.00	Flysch parzialmente alterato	Flysch scarsamente alterato	4.00
4.00	Flysch scarsamente alterato		5.00

Presenza di acqua a 2,4 m dal p.c.

 ITALSPURGHI ECOLOGIA	COMMITTENTE: dott. ing. Iztok Smotlak PROGETTO: Fiera di Trieste UBICAZIONE: Via Rossetti - Trieste	Sondaggio# I: S03
		Casella: 2
TECNICO: dott. geol. Roberto Chiappini	OPERATORE: sig. Zeljko Jugovac	SONDA: PUNTEL PX 600



5.00	Flysch scarsamente alterato	6.00
6.00	Flysch scarsamente alterato	7.00
7.00		8.00
8.00		9.00
9.00		10.00

1.5 Pozzetti geognostici

I pozzetti geognostici, trincee, scavi o pozzi consistono in scavi realizzati con mezzi meccanici convenzionali (Figura 12), e permettono l'osservazione diretta del terreno a una certa profondità (normalmente non oltre i 4m), così come il prelievo di campioni e l'esecuzione di prove in sito.



Figura 12 – Pozzetto geognostico

Hanno il vantaggio di consentire un accesso diretto al terreno, permettendo di osservare variazioni litologiche (Figura 13), strutture, discontinuità ecc., oltre a poter anche prelevare campioni di grosse dimensioni, sui quali effettuare prove e analisi.



Figura 13 – Osservazione di strutture fondazionali e dati litologici

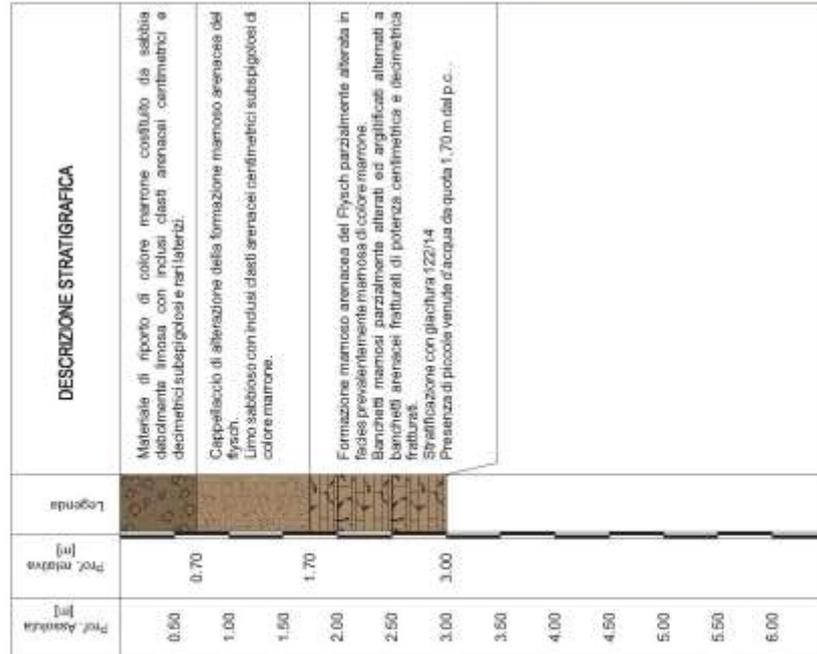


COMMITTENTE:	dott. ing. Iztok Smoliak	Piazza espositiva:
PROGETTO:	Fiera di Trieste	P1
LOCALITÀ:	Fiera di Trieste (TS)	
UBICAZIONE:	Planimetria allegata	
SUPERVISORE:	dott. geol. Roberto Chiappini	DATA: aprile 2018

Prof. Assoluta [m]	Prof. relativa [m]	Legenda	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA
0,50			
1,00			Materiale di ripodo di colore marrone costituito da sabbia notevolmente limosa con inclusi di classi arenacee confinate e rocce di sottopietra e mattoni.
1,50	1,30		
2,00			Cappellaccio di alterazione della formazione marnosa arenacea del flysch.
2,50			Limo sabbioso con inclusi di classi arenacee confinate di colore marrone.
2,80	2,80		Presenza di vorute d'acqua da 2,80 m cal p. c.
3,00			
3,50	3,50		Formazione marnosa arenacea del Flysch parzialmente alterata in fasce prevalentemente marnose di colore marrone.
4,00			Banchi marnosi parzialmente alterati ed argillificati alterati a banchi arenacei fratturati di potenza centimetrica e decimetrica fratturati.
4,50			Stratificazione con giacitura 125/15.
5,00			
5,50			
6,00			



COMMITTENTE:	dott. ing. Iztok Smoljak	Fascia esplorativa:
PROGETTO:	Fiera di Trieste	P2
LOCALITÀ:	Fiera di Trieste (TS)	
UBICAZIONE:	Planimetria allegata	
SUPERVISORE:	dott. geol. Roberto Chiappini	DATA: aprile 2018



18. All. 2 – Indagine sismica a rifrazione, MASW e HVSr

In data 28/03/2018 è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche per la definizione della profondità del substrato roccioso e per la determinazione della velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$, così come definita al § 3.2.2. delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018, all'interno del comprensorio dell'ex-Fiera, a Trieste. La campagna di indagine geofisica si è così sviluppata:

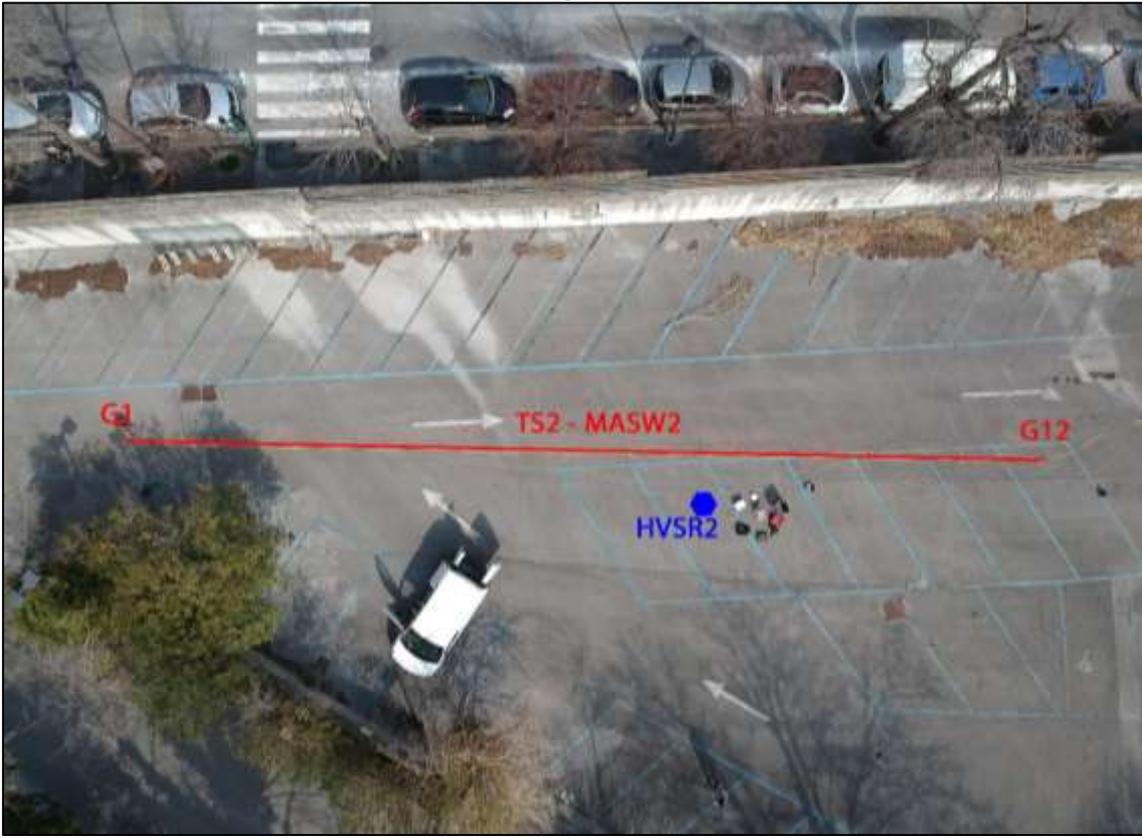
- n°3 indagini sismiche a rifrazione;
- n°3 indagini sismiche passive a stazione singola HVSr;
- n°3 indagini sismiche con metodologia M.A.S.W. (multi-channel analysis of surface waves).

L'ubicazione delle indagini svolte è illustrata nelle seguenti immagini fotografiche (G1: primo geofono; G12: ultimo geofono).

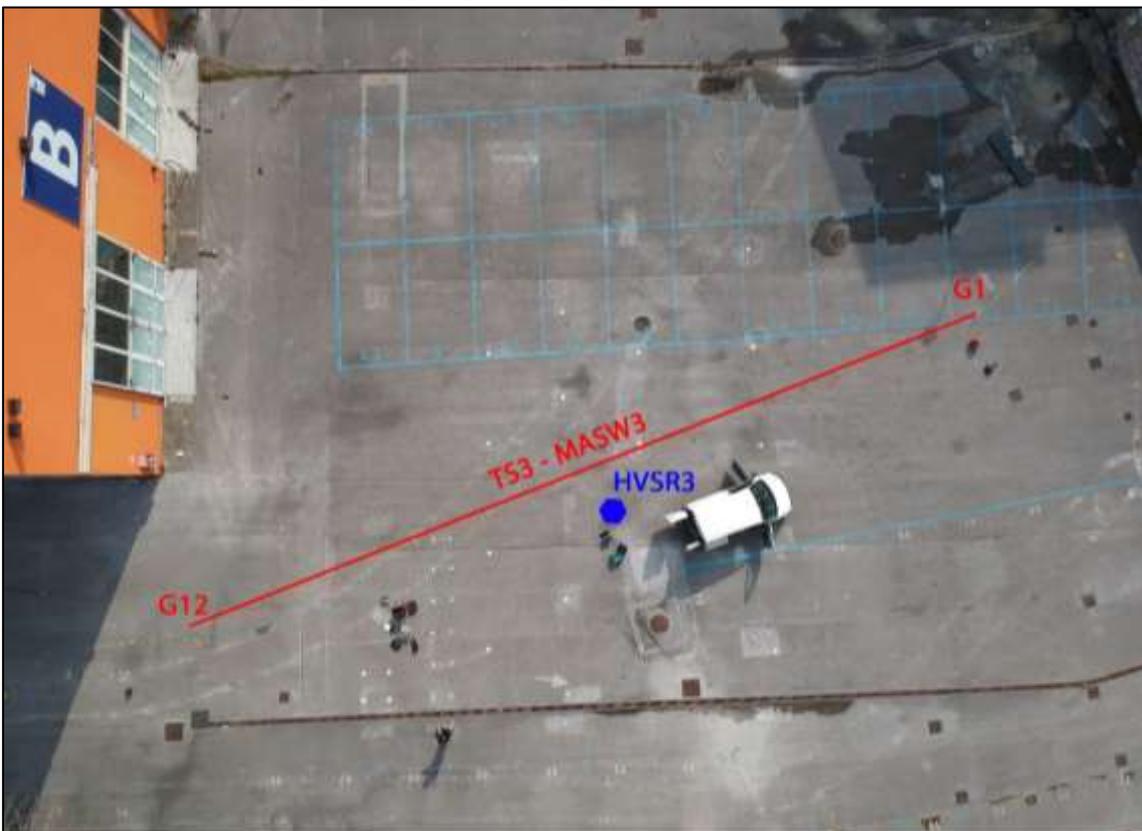
TS 1- MASW 1 – HVSr 1 – Area ingresso da Piazzale de Gasperi



TS 2- MASW 2 – HVSR 2 – Area ingresso da via Rossetti – via Revoltella



TS 3- MASW 3 – HVSR 3 – Area occidentale



Indagini sismiche a rifrazione

La metodologia dell'indagine sismica a rifrazione si basa sulla produzione di una perturbazione elastica (onda sismica), generalmente mediante percussione di una massa battente o un'esplosione, in un punto al suolo e sulla rilevazione e registrazione, in più punti generalmente equispaziati lungo un profilo, dei tempi di propagazione dell'onda generata. Tale onda subisce il fenomeno della rifrazione nel propagarsi attraverso le superfici di discontinuità costituite dalle interfacce tra sismostrati contraddistinti da diverse velocità di propagazione della perturbazione elastica. Il metodo della sismica a rifrazione è applicabile se la velocità di propagazione aumenta con la profondità poiché con questa condizione le onde generate in superficie e rifratte dalle interfacce tra i sismostrati si propagano nuovamente verso la superficie e possono così essere rilevate. Dalla misurazione dei tempi di percorso dalla stazione energizzante ad una successione di stazioni riceventi, rappresentate ciascuna da un geofono, si deduce la velocità di propagazione della perturbazione sismica e gli spessori degli orizzonti in cui si propaga la stessa e quindi si ottengono informazioni sulla natura e sulla struttura del sottosuolo. I tempi di percorso vengono dedotti dall'analisi dei sismogrammi registrati in campagna, individuando il primo arrivo dell'onda diretta o rifratta. I tempi così ricavati vengono diagrammati in un grafico tempi – distanze dei geofoni (dromocrone), consentendo di individuare le velocità di propagazione della perturbazione sismica ed i parametri necessari per il calcolo delle profondità dei rifrattori (discontinuità sismostratigrafiche). Le interfacce individuate, che sono quindi caratterizzate da variazione della velocità di propagazione delle onde elastiche, non coincidono necessariamente con un cambio litologico, ma con una variazione dei parametri elastici dinamici, funzione della natura litologica o granulometrica del terreno e del suo stato di addensamento/consistenza, nel caso di terreni sciolti, o dello stato di suddivisione della massa rocciosa, nel caso di terreni litoidi.

Per l'esecuzione dell'indagine sono state impiegate onde sismiche di compressione (tipo "P").

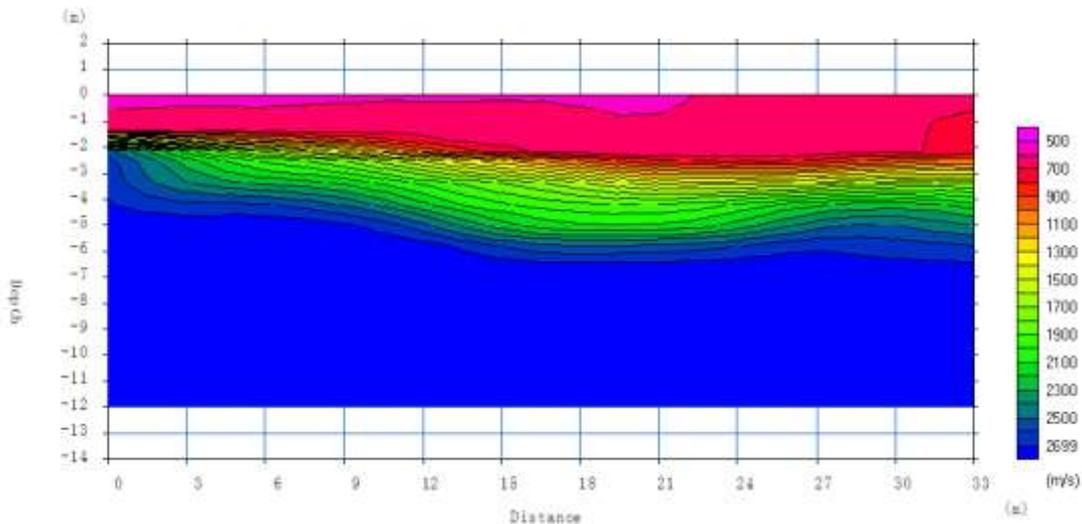
Sono stati utilizzati, per la registrazione dei sismogrammi in campagna, un sismografo PASI GEA24 a 24 canali e geofoni PASI verticali a frequenza naturale di 4.5 Hz. Per l'energizzazione del terreno è stata impiegata una mazza da 5 Kg ed un piattello di battuta di alluminio. Per la presente indagine sono stati eseguiti tre profili a 12 geofoni con spaziatura pari a 3 m e 8 punti di energizzazione.

L'elaborazione dei sismogrammi acquisiti è stata eseguita con il software SeisImager 2D, che permette di processare dati di sondaggi sismici a rifrazione con il metodo tomografico, che prevede la suddivisione del sottosuolo in celle, di forma generalmente rettangolare, e la creazione di un modello iniziale di velocità. Mediante un processo iterativo viene calcolato il percorso dei raggi sismici delle onde dirette e rifratte attraverso il modello ipotizzato e vengono comparate le dromocrone calcolate sulla base del modello ipotizzato con quelle dedotte dai sismogrammi registrati in campagna. Ad ogni iterazione viene così modificato il modello di velocità e viene ripetuto il processo iterativo al fine di minimizzare le differenze tra i tempi di percorso calcolati e misurati. Si ottiene così lo schema della distribuzione di velocità di propagazione delle onde elastiche il più realistico possibile. Tale modello, costituito da una distribuzione discreta di celle a velocità costante, viene rappresentato mediante linee di uguale velocità. Questa rappresentazione consente di definire dei sismostrati (strati caratterizzati da una sostanziale omogeneità della velocità di propagazione delle onde sismiche) individuando

le zone a maggior gradiente di velocità, che costituiscono le discontinuità tra i sismostrati stessi.

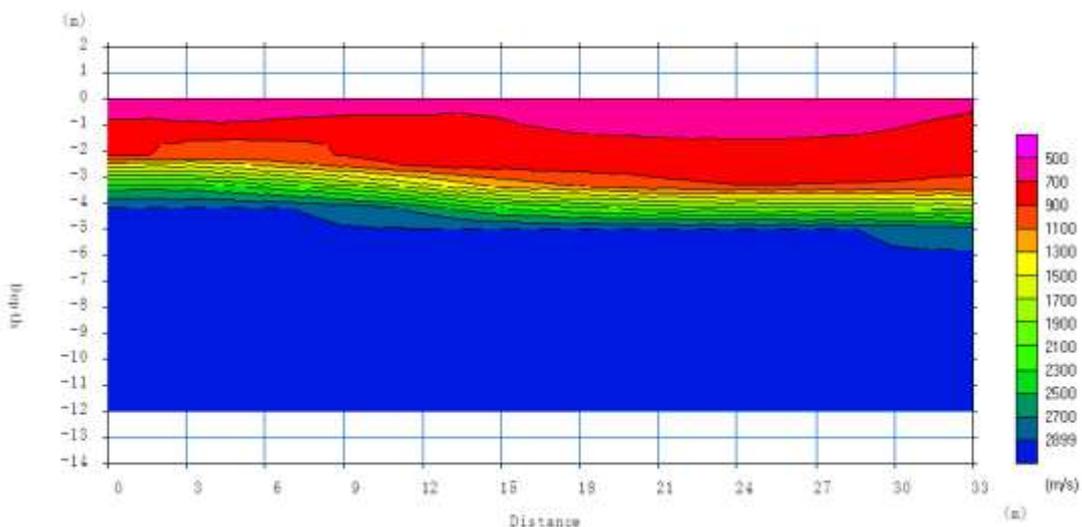
I risultati dell'elaborazione tomografica vengono presentati, per ciascun profilo sismico eseguito, mediante una sezione sismostratigrafica, di seguito allegata, nella quale è rappresentata in ordinata la profondità ed in ascissa la distanza progressiva dal primo geofono.

Profilo sismico TS 1



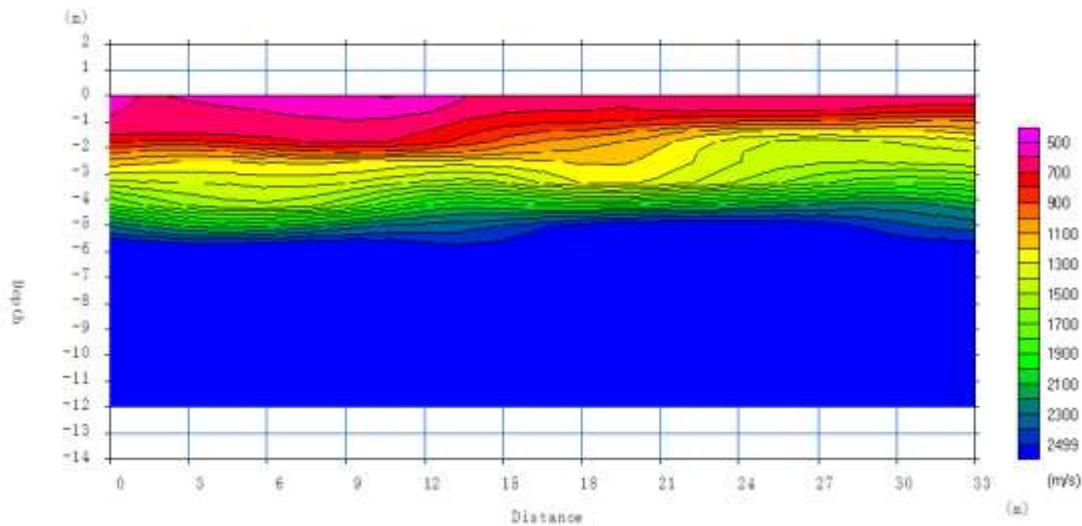
Il profilo sismico TS1 ha evidenziato la presenza di un orizzonte superficiale, contraddistinto da velocità di propagazione delle onde elastiche comprese tra 500 e 700 m/s. Tali velocità sono ascrivibili, nel caso in esame, alla presenza di un terreno sciolto o assimilabile a sciolto. Per tale sismostrato è stato rilevato uno spessore variabile approssimativamente tra 1.5 m e 2.5 m. Al di sotto di tale sismostrato sono state rilevate velocità di propagazione delle onde di 1500-2700 m/s, ascrivibili al substrato roccioso da parzialmente a scarsamente alterato.

Profilo sismico TS 2



Il profilo sismico TS2 ha evidenziato la presenza di un orizzonte superficiale, contraddistinto da velocità di propagazione delle onde elastiche comprese tra 500 e 900 m/s. Tali velocità sono ascrivibili, nel caso in esame, alla presenza di un terreno sciolto o assimilabile a sciolto. Per tale sismostrato è stato rilevato uno spessore variabile approssimativamente tra 2 m e 3.5 m. Al di sotto di tale sismostrato sono state rilevate velocità di propagazione delle onde di 1700-2900 m/s, ascrivibili al substrato roccioso da parzialmente a scarsamente alterato.

Profilo sismico TS 3

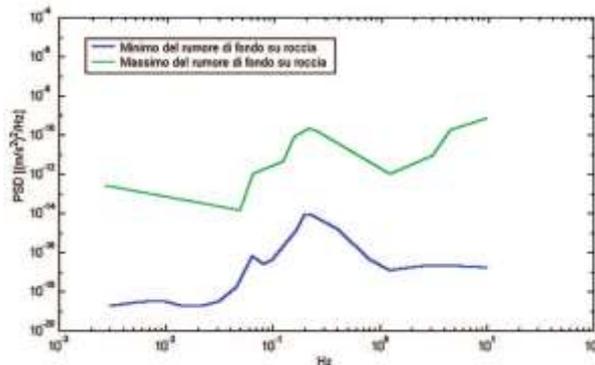


Il profilo sismico TS3 ha evidenziato la presenza di un orizzonte superficiale, contraddistinto da velocità di propagazione delle onde elastiche comprese tra 500 e 800 m/s. Tali velocità sono ascrivibili, nel caso in esame, alla presenza di un terreno sciolto o assimilabile a sciolto. Per tale sismostrato è stato rilevato uno spessore variabile approssimativamente tra 1 m e 2 m. Al di sotto di tale sismostrato sono state rilevate velocità di propagazione delle onde di 1200-2500 m/s, ascrivibili al substrato roccioso da parzialmente a scarsamente alterato.

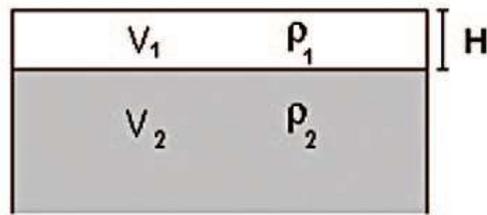
Indagine sismica passiva a stazione singola

L'indagine sismica passiva denominata H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) utilizza il rumore sismico di fondo come funzione di eccitazione per misurare la risposta del sottosuolo in termini di rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale al fine di determinare la frequenza di risonanza del sito.

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro. Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo, in un terreno roccioso e pianeggiante, ha l'andamento illustrato nella figura di seguito allegata, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo 'minimo' di riferimento mentre la curva verde rappresenta il 'massimo' di tale rumore, e dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono prodotti delle onde oceaniche sulle coste.



Tali componenti spettrali vengono attenuate relativamente poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S (vedi ad es. Lachet e Bard, 1994), il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime. Diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970) e successivamente da Nakamura negli anni '80. La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo. Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente facili da comprendere in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D). Consideriamo il sistema illustrato in figura in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (r_1 e r_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2).



Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (l) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4H} \quad [1]$$

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1]. (Tratto da "Effetti di sito e Vs30: una risposta alla normativa antisismica Mulargia, Castellaro e Rossi).

Per l'esecuzione delle indagini sismiche passive a stazione singola è stato impiegato un geofono tridimensionale da superficie modello GEMINI-2 della PASI, le cui specifiche tecniche sono:

- Freq. naturale di risonanza: 2 Hz +/-10%
- Sensibilità: 2 V/cm•S-1 +/- 5%
- Resistenza interna: 5.8kΩ +/-5%
- Damping: 0.7 +/-10%
- Distorsione armonica: ≤ 0.2%
- Resistenza d'isolamento: ≥ 10 MΩ
- Temp. funzionamento: da -25°C a + 55°C

Le acquisizioni sono state eseguite con una frequenza di campionamento di 200 Hz per una lunghezza di acquisizione di 20 minuti. I dati acquisiti sono stati elaborati con il software winMASW Academy 2018a, ricampionandoli a 128 Hz ed utilizzando una finestra temporale di 20 s per il calcolo del rapporto spettrale H/V .

Di seguito si allegano le risultanze delle indagini HVRS eseguite:

HVSR1

L'indagine ha evidenziato un picco nella curva del rapporto spettrale alla frequenza di circa 20 Hz. Di seguito sono elencati i criteri previsti dal progetto SESAME per la verifica dei risultati dell'indagine, gli spettri delle tre componenti ed il rapporto spettrale H/V.

Criteri dal progetto SESAME

Peak frequency (Hz): 19.7 (± 5.8)

Peak HVSR value: 2.5 (± 0.3)

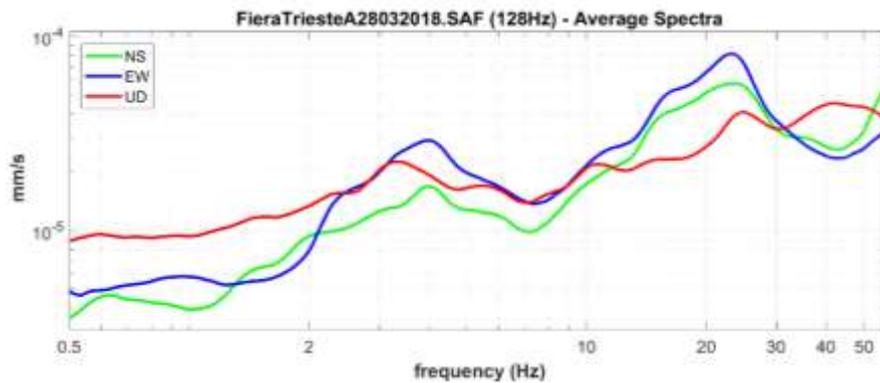
=== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [$f_0 > 10/L_w$]: 19.697 > 0.5 (OK)
- #2. [$n_c > 200$]: 41364 > 200 (OK)
- #3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_{\text{A}}(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

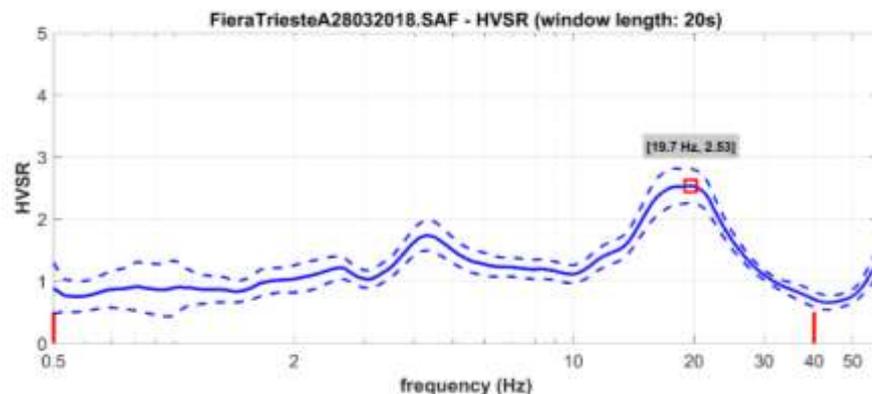
=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists f- in the range [$f_0/4, f_0$] | $\Delta H/V(f_-) < A_0/2$]: yes, at frequency 6.1Hz (OK)
- #2. [exists f+ in the range [$f_0, 4f_0$] | $\Delta H/V(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 28.0Hz (OK)
- #3. [$A_0 > 2$]: 2.5 > 2 (OK)
- #4. [$f_{\text{peak}}[\Delta h/v(f) \pm \sigma_{\text{A}}(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (NO)
- #5. [$\sigma_{\text{A}}(f_0) < \epsilon_{\text{A}}(f_0)$]: 5.778 > 0.985 (NO)
- #6. [$\sigma_{\text{A}}(f_0) < \theta_{\text{A}}(f_0)$]: 0.552 < 1.58 (OK)

Spettri delle tre componenti



Rapporto spettrale H/V



HVSR2

L'indagine ha evidenziato un picco nella curva del rapporto spettrale alla frequenza di circa 18 Hz. Di seguito sono elencati i criteri previsti dal progetto SESAME per la verifica dei risultati dell'indagine, gli spettri delle tre componenti ed il rapporto spettrale H/V.

Criteri dal progetto SESAME

Peak frequency (Hz): 18.1 (± 7.6)

Peak HVSR value: 2.6 (± 0.3)

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. [$f_0 > 10/L_w$]: 18.103 > 0.5 (OK)

#2. [$n_c > 200$]: 35119 > 200 (OK)

#3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_{\text{A}}(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. [exists f- in the range [$f_0/4$, f_0] | $\Delta H/V(f_-) < A_0/2$]: yes, at frequency 4.8Hz (OK)

#2. [exists f+ in the range [f_0 , $4f_0$] | $\Delta H/V(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 38.1Hz (OK)

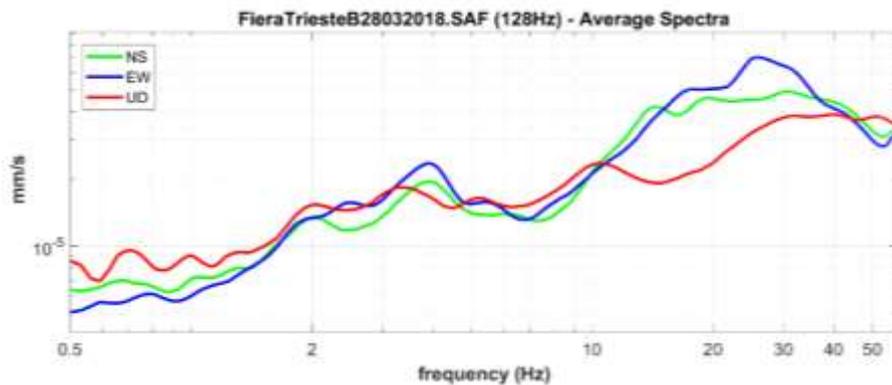
#3. [$A_0 > 2$]: 2.6 > 2 (OK)

#4. [$f_{\text{peak}}[\Delta h/v(f) \pm \sigma_{\text{A}}(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (OK)

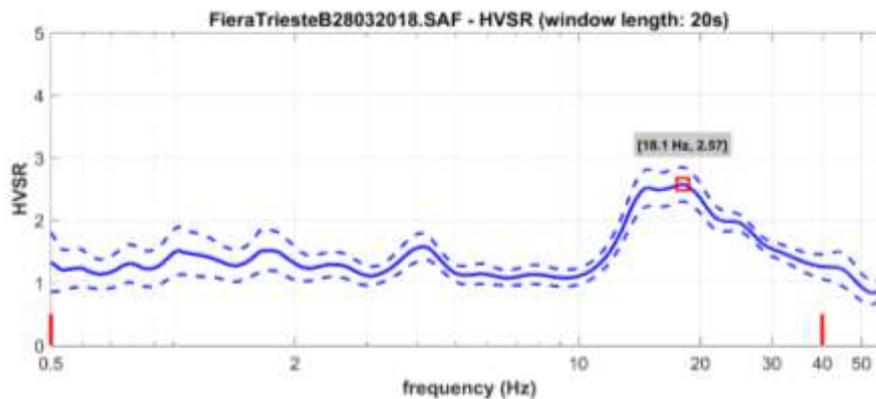
#5. [$\sigma_{\text{A}} < \epsilon(f_0)$]: 7.558 > 0.905 (NO)

#6. [$\sigma_{\text{A}}(f_0) < \theta(f_0)$]: 0.553 < 1.58 (OK)

Spettri delle tre componenti



Rapporto spettrale H/V



HVSR3

L'indagine ha evidenziato un picco nella curva del rapporto spettrale alla frequenza di circa 19 Hz. Di seguito sono elencati i criteri previsti dal progetto SESAME per la verifica dei risultati dell'indagine, gli spettri delle tre componenti ed il rapporto spettrale H/V.

Criteri dal progetto SESAME

Peak frequency (Hz): 18.9 (± 8.8)

Peak HVSR value: 2.6 (± 0.4)

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. [$f_0 > 10/L_w$]: 18.947 > 0.5 (OK)

#2. [$n_c > 200$]: 35241 > 200 (OK)

#3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_{A(f)} < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. [exists f- in the range [$f_0/4$, f_0] | $A_{H/V}(f_-) < A_0/2$]: yes, at frequency 4.8Hz (OK)

#2. [exists f+ in the range [f_0 , $4f_0$] | $A_{H/V}(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 31.6Hz (OK)

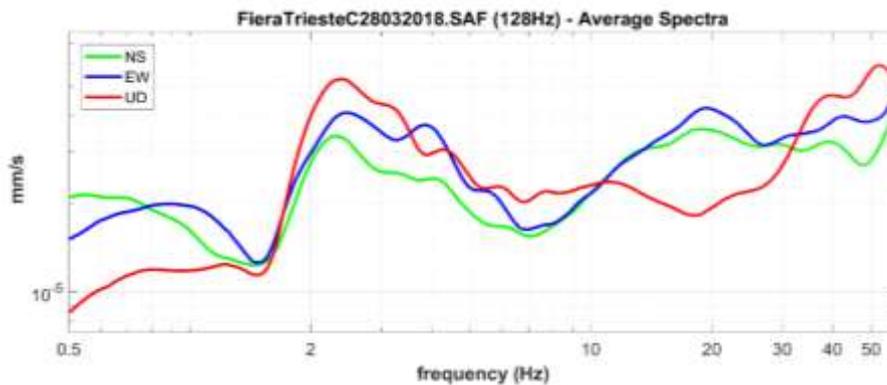
#3. [$A_0 > 2$]: 2.6 > 2 (OK)

#4. [$f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$]: (OK)

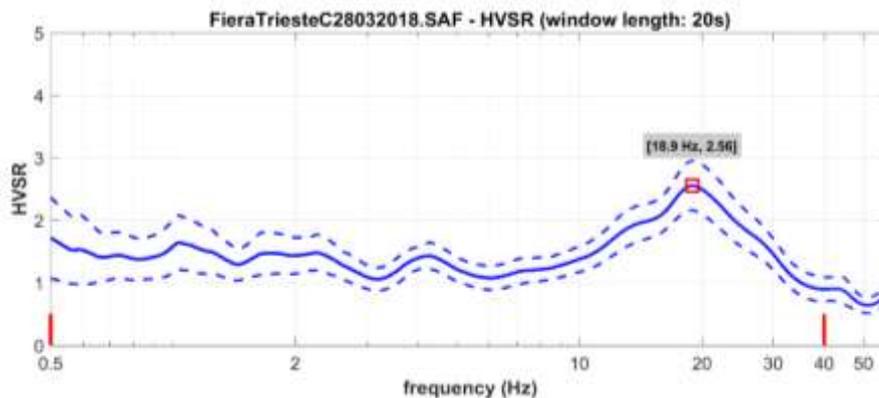
#5. [$\sigma_{\text{maf}} < \epsilon_{\text{psilon}}(f_0)$]: 8.790 > 0.947 (NO)

#6. [$\sigma_{A(f_0)} < \theta_{\text{theta}}(f_0)$]: 0.766 < 1.58 (OK)

Spettri delle tre componenti



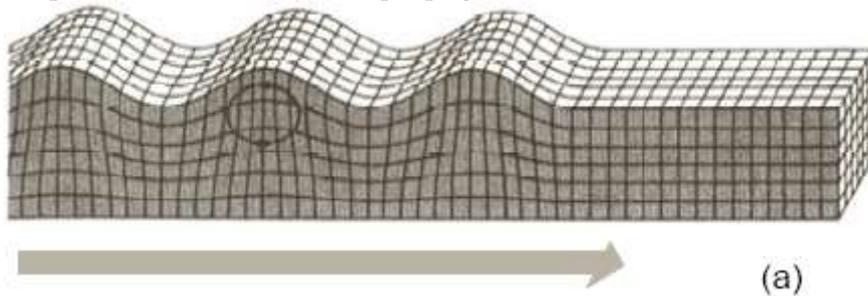
Rapporto spettrale H/V



Indagini sismiche con metodologia M.A.S.W.

La metodologia chiamata M.A.S.W. si basa sull'analisi della propagazione, lungo un profilo, delle onde superficiali denominate onde di Rayleigh e prevede che tali onde vengano generate artificialmente mediante una percussione al suolo di una massa. Questo tipo di onde superficiali è contraddistinto da una velocità di propagazione che è funzione di quella delle onde S proprie dei terreni al di sotto del profilo investigato.

Le onde di Rayleigh si propagano in corrispondenza di una superficie libera e causano un movimento ellittico retrogrado delle particelle del mezzo attraversato su un piano verticale comprendente la direzione di propagazione.



Schema illustrante movimento delle particelle in un'onda di Rayleigh

L'ampiezza dello spostamento indotto alle particelle del terreno decresce con la profondità ed è maggiore per lunghezze d'onda più grandi (frequenze più basse). Pertanto lunghezze d'onda maggiori interferiscono con porzioni più profonde del sottosuolo.

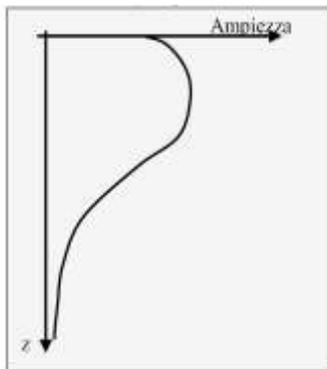


Grafico illustrante l'ampiezza del movimento delle particelle con la profondità in un'onda di Rayleigh

Le onde superficiali in esame possono essere trasmesse sulla superficie di un semispazio uniforme o di un mezzo in cui la velocità di propagazione cambia con la profondità. In questo ultimo caso le onde sono dispersive, cioè le varie componenti a lunghezza d'onda diversa viaggiano con velocità differenti. Questo fenomeno è determinato dal fatto che le varie lunghezze d'onda interessano profondità diverse e quindi interferiscono con materiali contraddistinti da caratteristiche di rigidità e velocità di propagazione delle onde S differenti. Pertanto ogni frequenza contenuta nel treno d'onde si propagherà con una propria velocità (velocità di fase). Il fenomeno appena descritto viene analizzato mediante lo spettro di velocità che riporta la velocità di fase e la frequenza. Su tale grafico viene calcolata la curva di dispersione relativa al modello monodimensionale di velocità di propagazione delle onde S ipotizzato che viene ottimizzato fino a quando la curva di dispersione si sovrappone allo spettro di velocità.

Lo studio delle caratteristiche di dispersione delle onde superficiali costituisce quindi un metodo per la determinazione della velocità di propagazione delle onde S (V_S) nelle porzioni più superficiali del sottosuolo.

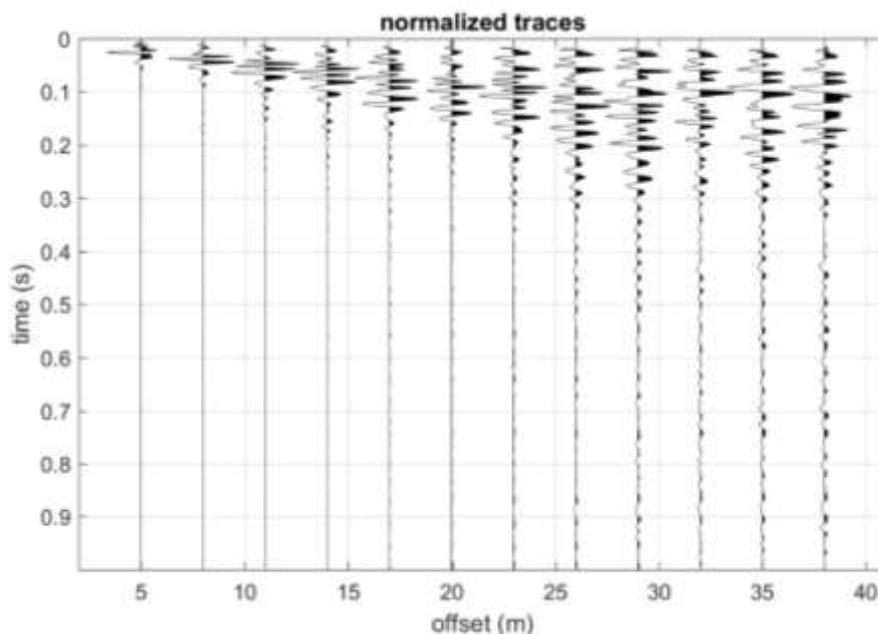
Per la presente indagine sono stati eseguiti tre profili a 12 geofoni, distanziati di 3.0 m. Per la registrazione dei sismogrammi in campagna sono stati utilizzati un sismografo PASI GEA 24 a 24 canali e geofoni PASI verticali a frequenza naturale di 4.5 Hz, per l'energizzazione del terreno è stata impiegata una mazza da 9 Kg ed un piattello di battuta di alluminio.

I sismogrammi acquisiti sono stati elaborati con il software winMASW Academy 2018, con il quale è stato calcolato lo spettro di velocità.

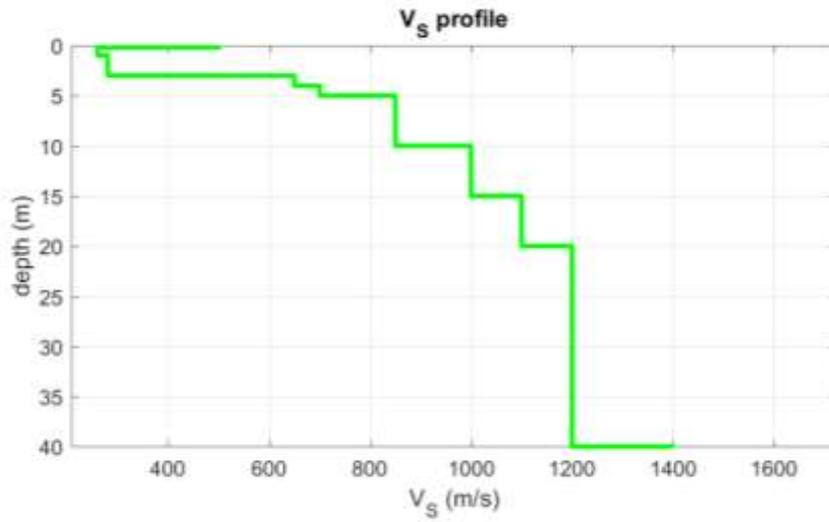
La modellazione della velocità delle onde S è stata eseguita con un'elaborazione congiunta del grafico del rapporto spettrale, determinato con l'indagine HVSR, e dello spettro di velocità delle onde di Rayleigh, ottenuto con il profilo MASW. La modellazione è stata eseguita sovrapponendo alla curva del rapporto spettrale la curva teorica calcolata con il modello ipotizzato e sovrapponendo allo spettro di velocità le curve di dispersione modali per vari modi (fondamentale e superiori) e lo spettro di velocità (contour) calcolato con sismogrammi sintetici, generati sulla base del modello secondo il metodo della "Modal Summation" (Herrmann, 2003). Di seguito vengono riportati, per ciascun settore di indagine, il sismogramma acquisito con l'indagine MASW, il modello di velocità delle onde S risultante dall'elaborazione congiunta e lo spettro di velocità sul quale sono evidenziati, nella prima immagine, modo principale e modi superiori corrispondenti al modello ipotizzato e, nella seconda immagine, lo spettro di velocità (contour) calcolato con sismogrammi sintetici, generati sulla base del modello assunto secondo il metodo della "Modal Summation" (Herrmann, 2003). L'ultima immagine rappresenta la curva del rapporto spettrale rilevata (curva verde) con la curva teorica calcolata con lo stesso modello, considerando le onde superficiali (curva magenta).

MASW1

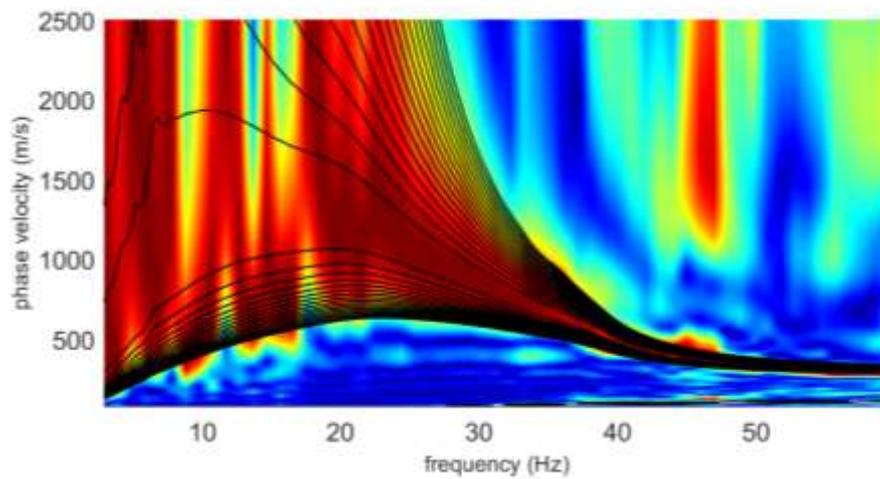
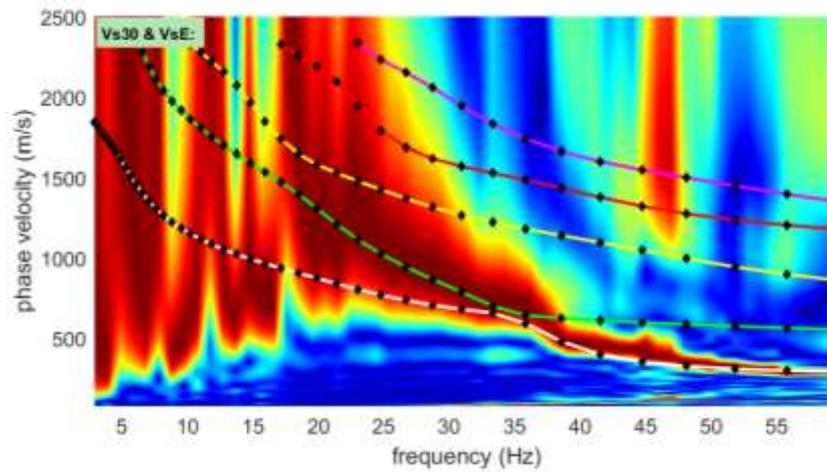
Sismogramma



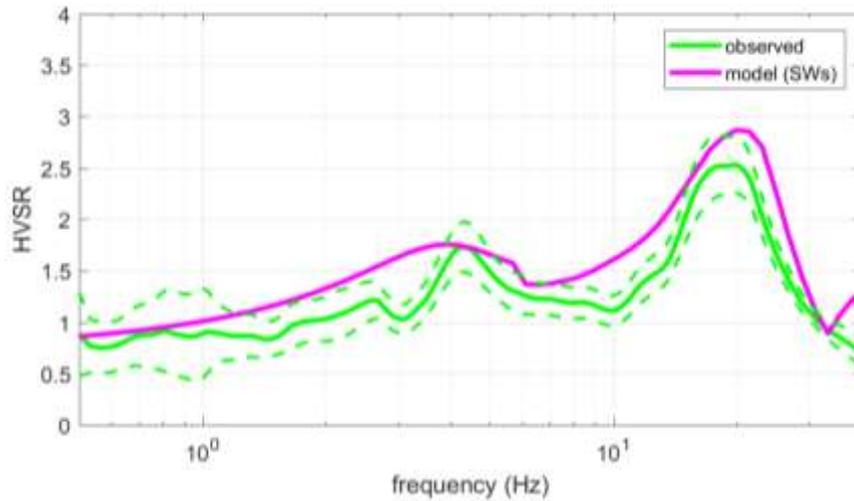
Modello di distribuzione della velocità delle onde S



Spettro di velocità



Rapporto spettrale H/V

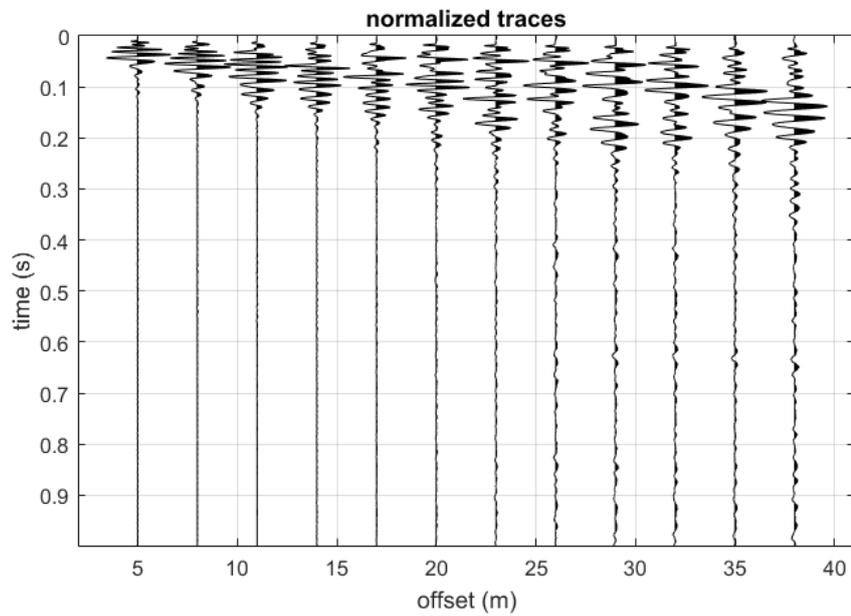


La distribuzione della velocità delle onde S, derivante dalla modellazione sopra descritta e che risulta compatibile con i dati geofisici acquisiti, è stata schematizzata nel modello di seguito sintetizzato fino alla profondità di interesse:

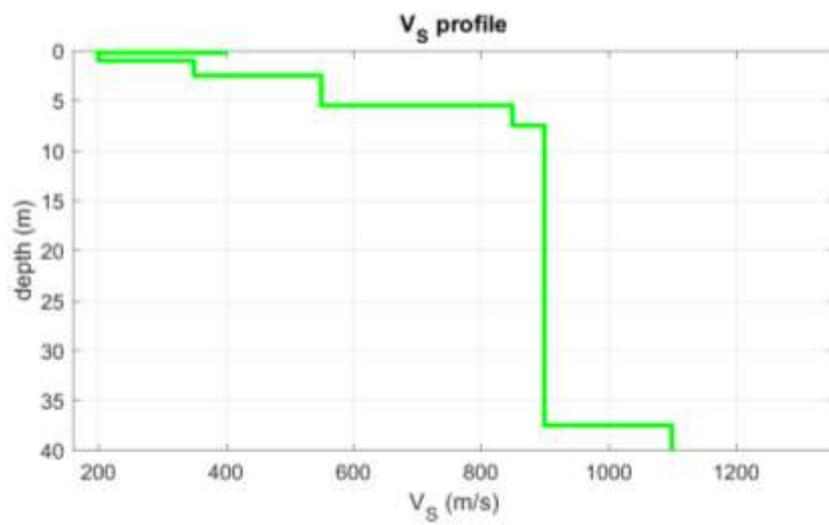
Spessore	Prof.		Vs (m/s)
	da (m)	a (m)	
0,20	0,00	0,20	500
0,80	0,20	1,00	260
2,00	1,00	3,00	280
1,00	3,00	4,00	650
1,00	4,00	5,00	700
5,00	5,00	10,00	850
5,00	10,00	15,00	1000
5,00	15,00	20,00	1100
20,00	20,00	40,00	1200
	40,00		1400

Il substrato di riferimento (*bedrock sismico*), caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s, così come indicato al § 3.2.2. delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018, è stato individuato alla profondità di 5 m dal piano campagna. La velocità equivalente delle onde S nei primi 5 m di profondità è $V_{S,eq} = 368$ m/s.

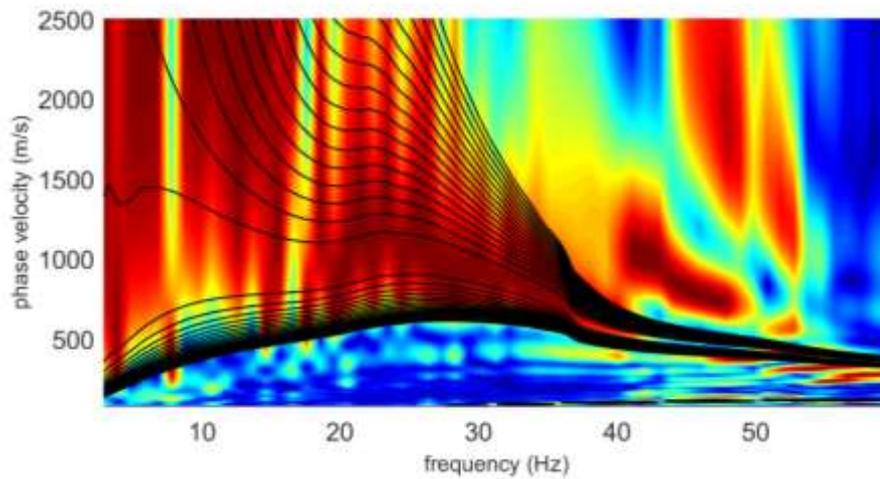
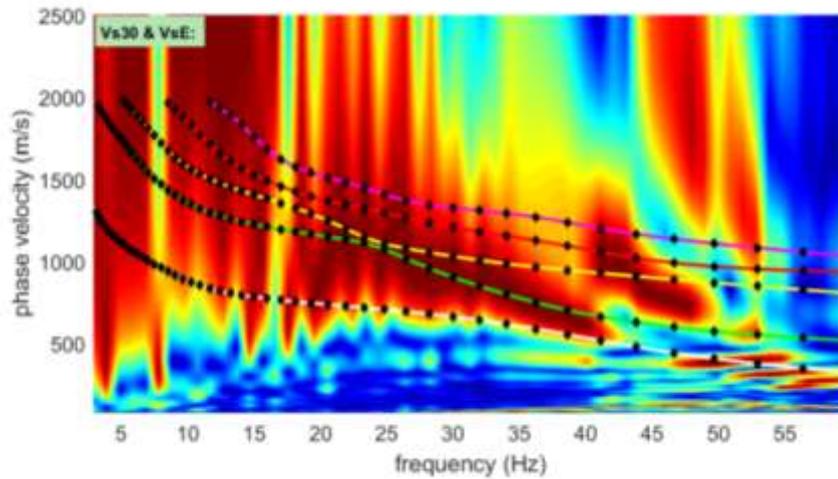
MASW2
Sismogramma



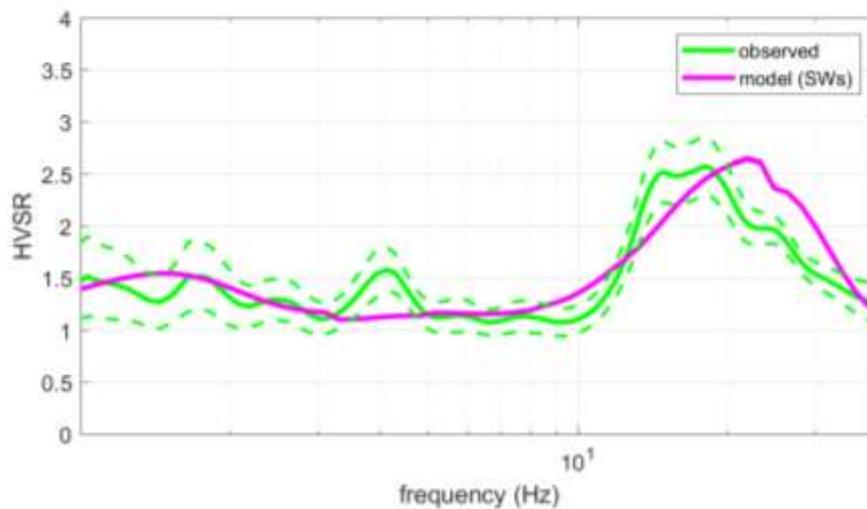
Modello di distribuzione della velocità delle onde S



Spettro di velocità



Rapporto spettrale H/V

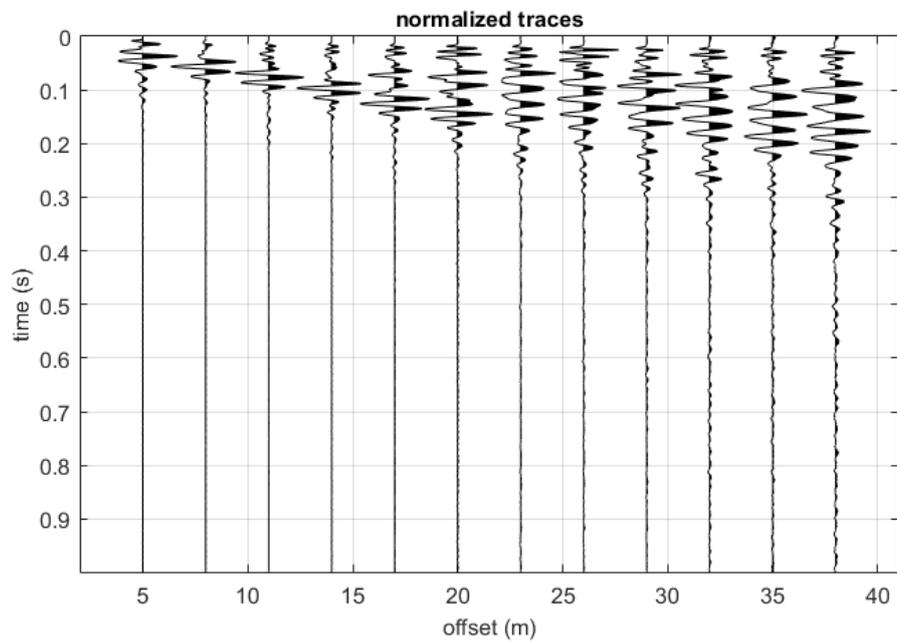


La distribuzione della velocità delle onde S, derivante dalla modellazione sopra descritta e che risulta compatibile con i dati geofisici acquisiti, è stata schematizzata nel modello di seguito sintetizzato fino alla profondità di interesse:

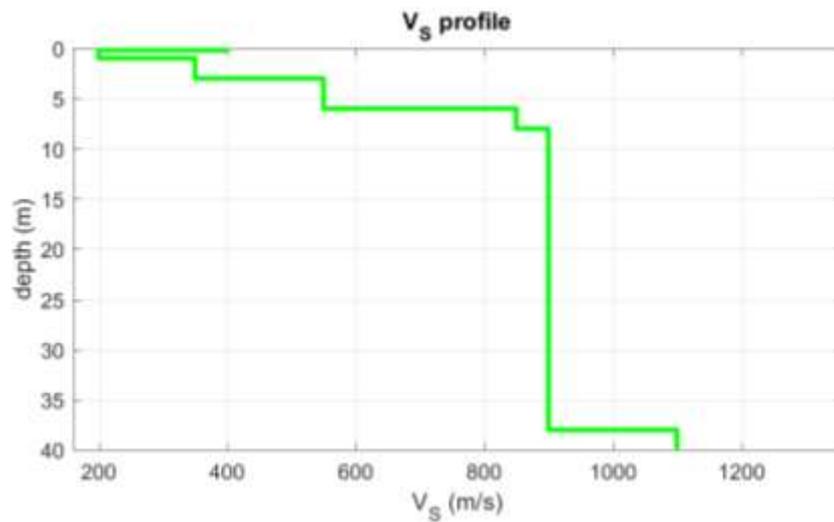
Spessore	Prof.		Vs (m/s)
	da (m)	a (m)	
0,20	0,00	0,20	400
0,80	0,20	1,00	200
1,50	1,00	2,50	350
3,00	2,50	5,50	550
2,00	5,50	7,50	850
30,00	7,50	37,50	900
10,00	37,50	47,50	1100
	47,50		1200

Il substrato di riferimento (bedrock sismico), caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s, così come indicato al § 3.2.2. delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018, è stato individuato alla profondità di 5.5 m dal piano campagna. La velocità equivalente delle onde S nei primi 5.5 m di profondità è $V_{S,eq} = 386$ m/s.

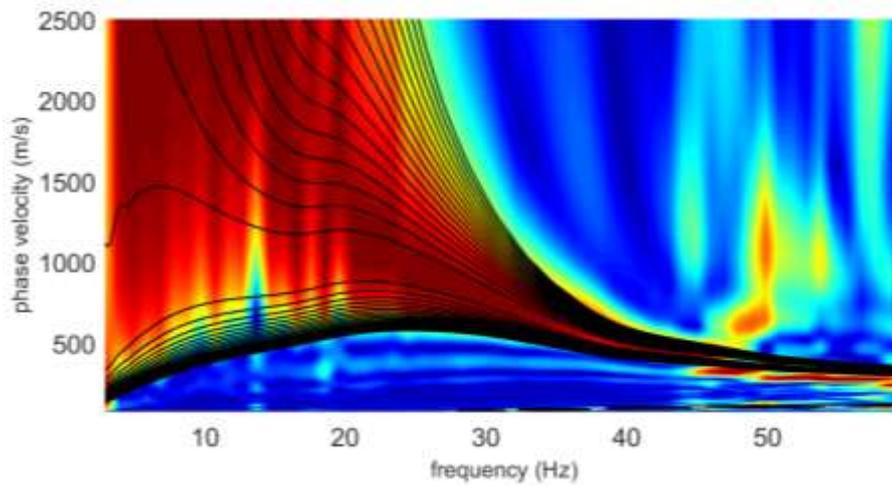
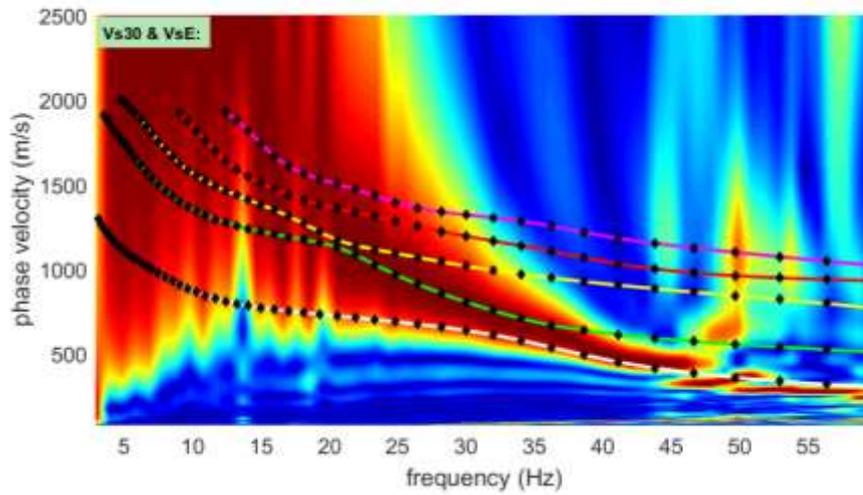
MASW3 Sismogramma



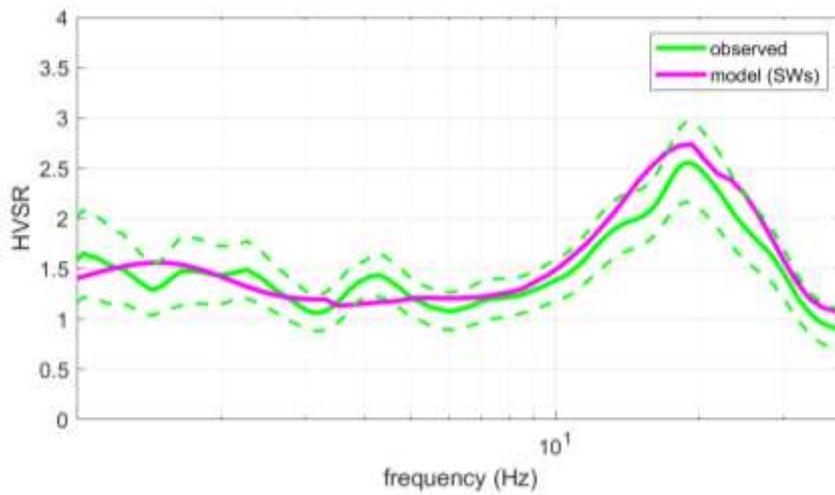
Modello di distribuzione della velocità delle onde S



Spettro di velocità



Rapporto spettrale H/V



La distribuzione della velocità delle onde S, derivante dalla modellazione sopra descritta e che risulta compatibile con i dati geofisici acquisiti, è stata schematizzata nel modello di seguito sintetizzato fino alla profondità di interesse:

Spessore	Prof.		Vs (m/s)
	da (m)	a (m)	
0,20	0,00	0,20	400
0,80	0,20	1,00	200
2,00	1,00	3,00	350
3,00	3,00	6,00	550
2,00	6,00	8,00	850
30,00	8,00	38,00	900
10,00	38,00	48,00	1100
	48,00		1200

Il substrato di riferimento (bedrock sismico), caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s, così come indicato al § 3.2.2. delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018, è stato individuato alla profondità di 6 m dal piano campagna. La velocità equivalente delle onde S nei primi 6 m di profondità è $V_{s,eq} = 383$ m/s.

19. All. 3 - Dati forniti dal Servizio Geologico della Regione FVG.

SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE DELLA
CARTA GEOLOGICO-TECNICA
DELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA

Schede Punti di indagine

		REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA
DIREZIONE CENTRALE ambiente ed energia		
Servizio geologico		tel + 39 040 377 4182 fax + 39 040 377 4410 - 34126 Trieste, via Galia 25/1

LITOLOGIA

PROGRESSIVO: 7000

CODICE ISTAT: 32006

AFFIDABILITA': RILEVAMENTO

RILEVATORE: GERDOL SANTO

LOCALITA':

INDIRIZZO:

DATE

COMPILAZIONE: 09/09/2003

INSERIMENTO: 3/9/2005

ULTIMA MODIFICA: 4/15/2009

DATI GENERALI

DIMENSIONE DELL' AFFIORAMENTO

LUNGHEZZA (m): 10

ALTEZZA (m): 0.5

**GRADO DI SUDDIVISIONE RAPPRESENTATIVO
DELLA MASSA ROCCIOSA:**

GRADO DI ALTERAZIONE:

POLARITA':

COPERTURA: SI

POTENZA (m): 0.5

TIPO: TERRENO DI RIPORTO

GRANULOMETRIA: PREVALENTEMENTE GHIAIOSA

CEMENTAZIONE: NO

X: 2425916

Y: 5055020

QUOTA I.m.m. (m): 64

CODICE ELEMENTO: 110141

NOME ALLEGATO ORIGINALE:

SIGLA: A

DESCRIZIONE LITOLOGICA: ALTERNANZA ARENACEO -
PELTICA

GEOMETRIA: TABULARE

GIACITURA: 342/15

STRATIFICAZIONE: NETTA

POTENZA DEGLI STRATI: 2 CM - 10 CM

GRADO DI SUDDIVISIONE: 1 CM⁵ - 1 DM⁹

SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE DELLA
CARTA GEOLOGICO-TECNICA
DELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA

Schede Punti di indagine

 REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA	
DIREZIONE CENTRALE ambiente ed energia	
Servizio geologico	tel. + 39 040 377 4182 fax + 39 040 377 4410 - 34126 Trieste, via Galia 25/1

ROCCE CARBONATICHE

TESSITURA:

TIPI GRANI:

COLORE:

ODORE ALLA PERCUSSIONE:

PIANI DI STRATO:

FOSSILI

STATO FOSSILE:

QUANTITA' FOSSILI:

RUDISTE: NO

CORALLI: NO

ECHINIDI: NO

LAMELLIBRANCHI: NO

GASTEROPODI: NO

ALGHE CALCAREE: NO

ALVEOLINE/NUMMULITE: NO

MILIOLIDAE: NO

STRUTTURE SECONDARIE

STRUTTURE LAMINATE: NO

BIRDS EYES: NO

TEMPESTITI: NO

STROMATOLITI: NO

MUD CRACKS: NO

ALTRO

RIEMPIMENTI CALCITICI: NO

STILOLITI: NO

EPISODI PALEOCARSISMO: NO

STRUTTURE SEDIMENTARIE CARBONATE:

BIBLIOGRAFIA:

NOTE: LA POTENZA DEGLI STRATI È DI 3-8 CM.

SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE DELLA
CARTA GEOLOGICO-TECNICA
DELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA

Schede Punti di indagine

 REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA	
Direzione centrale ambiente ed energia	
Servizio geologico	tel. + 39 040 377 4182 fax + 39 040 377 4410 - 34126 Trieste, via Galia 25/1

ROCCE TERRIGENE CLASTICHE E ROCCE CLASTICHE SINGENETICHE

CONGLOMERATI/BRECCIE	ARENITI E PELITI
CLASSIFICAZIONE COMPOSIZIONALE:	RAPPORTO ARENITE/ PELITE (%) : 50/50
TESSITURA CONGL BRECCIA:	COLORE INDICATIVO ASCIUTTO A P:
GENESE:	STIMA GRANULOMETRICA ARENITE:
MATRICE	STRUTTURE SEDIMENTARIE
GRANULOMETRIA:	GRADAZIONE:
CLASTI	QUALITA':
LITOLOGIA PREVALENTE:	SEQUENZA:
DIMENSIONE MINIMA (cm):	STRUTTURE LAMINATE
DIMENSIONE MEDIA (cm):	PIANO PARALLELA ORIZZONTALE A: NO
DIMENSIONE MASSIMA (cm):	PIANO PARALLELA ONDULATA A P: NO
GRADO DI ARROTONDAMENTO:	INCROCIATA A P: NO
SFERICITA':	CONVOLUTA A P: NO
DISPOSIZIONE DEI CLASTI:	ALTRE STRUTTURE
CEMENTO	LOAD CASTS A P: NO
GRADO CEMENTAZIONE:	FLUTE MARKS A P: NO
COMPOSIZIONE CEMENTAZIONE:	FLUTE CASTS A P: NO
ALTRO:	RIPPLE MARKS A P: NO
Classificazione del tipo di flysch (R. Onofri, 1982)	GROOVE CASTS A P: NO
T: T3	BIOTURBAZIONI A P: NO
C1 (m): 0.5	MUD CRACKS A P: NO
C2 (m):	
C3 (m):	
NON DETERMINATA: NO	

20. All. 4 – Traccia e sezione geologica.

