

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia

Provincia di Trieste

Comune di Trieste

**Progetto per la realizzazione di un fabbricato a  
destinazione commerciale in via Salata.**

**Relazione geologico-tecnica**

**Committente:**

**SKYLINE S.r.l.**

**Via Lino Zanussi n. 20 - 33050 Pavia di Udine (UD)**

**Aggiornamento agosto 2023**

<b>Il geologo</b> <i>Dr. Geol. Paolo Pozzar</i> <i>Sede Op.: via Bosco Moleco 1 - Aquileia (UD)</i> <i>tel. 335 5279731;</i> <i>e mail: paolo.pozzar@gmail.com</i>		
<b>Il tecnico progettista</b>		
		<b>All. 11 E</b>

## INDICE DEL DOCUMENTO

*pag.*

<b>1</b>	<b>Premessa - Scopo del lavoro e presentazione del documento.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Progetto e area di indagine: inquadramento generale.....</b>	<b>4</b>
2.1	Presentazione del progetto edilizio .....	4
2.2	Inquadramento territoriale-geografico .....	4
2.3	Inquadramento geolitologico, geomorfologico generale .....	4
2.4	Inquadramento geolitologico, geomorfologico specifico .....	7
2.5	Inquadramento geologico strutturale.....	9
2.6	Conoscenze sismologiche .....	11
2.7	Classificazione sismica del Comune .....	15
2.8	Pericolosità sismica di base del sito.....	15
<b>3</b>	<b>Prove effettuate nell'ambito del presente lavoro .....</b>	<b>17</b>
3.1	Sondaggi a carotaggio .....	17
3.1.1	Carotaggio n° 1 – SC1 .....	18
3.1.2	Carotaggio n° 2 – SC2 .....	19
3.1.3	Carotaggio n° 3 – SC3 .....	19
3.2	Prove penetrometriche dinamiche .....	20
3.2.1	Prova penetrometrica dinamica DP 1 o DIN 1 (2017).....	21
3.2.2	Prova penetrometrica dinamica DP 2 o DIN 2 (2017).....	21
3.2.3	Prova penetrometrica dinamica DP 1 o DIN 1 -2019 .....	22
3.2.4	Prova penetrometrica dinamica DP 2 o DIN 2 -2019 .....	22
3.3	Prove geofisiche .....	23
3.3.1	Indagine sismica a rifrazione, MASW, HVSr.....	23
<b>4</b>	<b>Considerazioni geotecniche .....</b>	<b>31</b>
4.1	Modello geologico di riferimento .....	31
4.2	Categoria del suolo di fondazione .....	33
4.3	Considerazioni generali sulla capacità portante e i cedimenti dei terreni di fondazione .....	34
4.4	Valutazioni di massima sulle fondazioni – condizioni statiche.....	36
4.4.1	Ipotesi di fondazione: capacità portante e cedimenti (valutazione secondo DM 11/03/1988 o “metodo tradizionale”).....	36
4.4.2	Ipotesi di fondazione : valutazione capacità portante secondo DM 17 gennaio 2018.....	37
<b>5</b>	<b>Conclusioni .....</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>Riferimenti normativi e bibliografici.....</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>Allegati.....</b>	<b>41</b>

## 1 Premessa - Scopo del lavoro e presentazione del documento

Su incarico del committente è stata redatta la presente relazione che riepiloga il risultato delle ricerche svolte al fine di riconoscere i caratteri geologici e definire il modello geologico di riferimento nonché fornire i dati geomeccanici del terreno di fondazione ed effettuare una prima stima preliminare per il predimensionamento delle fondazioni del fabbricato a destinazione commerciale (non sono effettuate valutazioni per altre tipologie di strutture); l'intervento è previsto in via Salata a Trieste e prevede l'abbattimento di una serie di costruzioni esistenti (proprietà Siderurgica Morselli srl) e la realizzazione di un nuovo manufatto a destinazione commerciale. .

Il presente documento costituisce aggiornamento generale dei precedenti documenti redatti nel 2017 e 2019 e tiene in considerazione la modifica del progetto edilizio, che prevede la modifica della planimetria del fabbricato per la presenza di una condotta fognaria al di sopra della quale non è più prevista la costruzione di volumi edilizi.

Il presente documento riporta le analisi di dati disponibili e di prove effettuate ad hoc nella zona di indagine (prove penetrometriche, prove sismiche tipo MASW e HVSr, carotaggi).

La presente relazione è stata redatta ai sensi di quanto previsto da:

- DECRETO 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». (18A00716) (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8) – da qui in avanti anche abbreviato come “NTC2018”.
- Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 recante "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018" (Gazzetta Ufficiale 11/2/2019, n. 35 - Suppl. ord. n. 5) - da qui in avanti anche abbreviato come “Circ2019 a NTC2018”.

Sono comunque tenute in considerazione le precedenti normative:

DM 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni, NTC) e della successiva Circolare del Ministero delle Infrastrutture 2 febbraio 2009 n° 617 (Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008) e tenendo conto anche di quanto previsto dal D.M. 11/03/88 (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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione, ed in particolare punto B5 – relazione geotecnica sulle indagini).

Il presente documento costituisce relazione su indagini specialistiche (con riferimento a NTC2018 cap. 10 e Circ2019 a NTC2018 punto C10.1) quale:

- relazione geologica di descrizione del modello geologico definito sulla base di indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito (par. 6.2.1 delle NTC2018 e par. C.6.2.1 della circolare 2019).

Inoltre, sulla base delle indicazioni preliminari sul progetto strutturale, nel documento sono fornite:

- indicazioni geomeccaniche successive alle indagini, per la caratterizzazione e modellazione del volume significativo del terreno (par. 6.2.2 delle NTC2018 e par. C.6.2.2 della Circ2019 a NTC2018);
- indicazioni sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base del sito di costruzione (par. 3.2 delle NTC2018 e par. C.3.2 della Circ2019 a NTC2018).

Il presente documento viene aggiornato con inserimento di nuova mappa planimetrica del progetto (in allegato) – la relazione tecnica rimane invariata.

## **2 Progetto e area di indagine: inquadramento generale**

### *2.1 Presentazione del progetto edilizio*

L'intervento di progetto prevede la costruzione di un fabbricato a destinazione commerciale; le previste dimensioni schematiche del fabbricato destinato a vendita, avente una forma obbligata (dal perimetro del terreno) di "L" con i lati massimi della sagoma pari a 53 m x 48 m. In allegato è inserita una planimetria con il possibile fabbricato di progetto.

### *2.2 Inquadramento territoriale-geografico*

L'area di progetto e indagine (in allegato sono allegate le mappe di inquadramento generale), si colloca nella zona urbana del Comune di Trieste. L'area è ubicata tra, via Baiamonti-piazzale Baiamonti, via dell'Istria, le vie Salata (in vicinanza all'imbocco della galleria di Montebello) ed è attualmente caratterizzata dalla presenza di una serie di costruzioni di una ex rivendita di materiali metallici.

La zona è caratterizzata da un andamento debolmente inclinato, compreso schematicamente tra le quote slm: 38,6 m (uscita galleria montebello), 43,1 m (piazzale Baiamonti), 45,5 m sotto (sotto il muto di contenimento di via dell'Istria).

E' presente un muro di contenimento per la difesa/protezione del sedime stradale di via dell'Istria nonché una scala pedonale che da via Salata conduce in via dell'Istria; su tali strutture, la proprietà non effettuerà interventi e verranno mantenute le distanze di circa 10 con i manufatti in progetto (dichiarazione verbale del progettista).

### *2.3 Inquadramento geolitologico, geomorfologico generale*

(il presente paragrafo è predisposto sulla base delle seguenti pubblicazioni: Comune di Trieste, 2013. Studio geologico – Parere di compatibilità (LR 27/88) – Norme geologico-tecniche.).

Le principali unità litostratigrafiche che caratterizzano il territorio del Comune di Trieste sono:

- I Calcari del Carso Triestino (di Aurisina, i Calcari della Formazione Liburnica, i Calcari ad Alveoline e Nummuliti);
- Il Flysch di Trieste;
- La successione Quaternaria.

I Calcari del Carso Triestino

Le rocce carbonatiche affioranti del territorio triestino sono essenzialmente Calcari e sono riferibili ad un periodo compreso tra il Cenomaniano Superiore e il Cuisiano Medio, periodo Cretacico, Era Secondaria o Mesozoica. Si presentano da compatti a stratificati, spesso intensamente fratturati lungo le principali dislocazioni tettoniche.

Il fenomeno carsico è sinonimo di morfologie epigee ed ipogee, frequentissime su tutto il territorio carsico, con intensità e sviluppo strettamente legato alla capacità dissolutiva del substrato carbonatico.

Sono presenti ambienti sotterranei a sviluppo verticale e orizzontale, con articolazioni diversamente orientate a seconda dello sviluppo dei piani di debolezza strutturale caratterizzanti la geologia locale.

Tali fattori condizionano parimenti la morfologia delle depressioni doliniformi, da piccoli invasi che costringono le acque superficiali a dirigere in zone ristrette, a grandi sviluppi depressivi, dei quali spesso si distinguono con difficoltà i caratteri costitutivi principali.

Il Flysch triestino

Col termine di "formazione marnoso – arenacea" ci si riferisce ad un'alternanza ritmica di rocce elastiche, originatesi in ambiente di sedimentazione marino costituite nel nostro caso da due tipi litologici principali, a caratteristiche petrografiche e fisiche notevolmente diverse, e cioè da marne ed arenarie (Onofri, Caratteristiche geolitologiche e geomeccaniche del Flysch della Provincia di Trieste, 1982).

Questa definizione, che molto spesso ritroviamo nelle relazioni geologiche di supporto a progetti edilizi sviluppati su questo territorio, condensa in sé la particolarità di questa roccia, comune negli interventi locali, così ben descritta per

le sue implicazioni tecnico – pratiche nella pubblicazione citata.

Dalla medesima pubblicazione:(...) Le marne sono rocce prevalentemente carbonatiche argillose, sovente fogliettate, abbastanza fragili; la roccia sana ha un colore variabile da grigio ceruleo a grigio cupo. Sotto l'azione degli agenti atmosferici le porzioni più superficiali di questo litotipo assumono un caratteristico colore ocraceo. Sono rocce nel complesso impermeabili e, pertanto, le acque possono avere difficoltà a penetrare a grande profondità in seno all'ammasso. (...) È facile comprendere come anche questa caratteristica (l'immersione in acqua) possa avere un ruolo decisamente negativo nei riguardi del comportamento meccanico della massa rocciosa nel suo insieme, specie nelle sue porzioni più prossime al piano campagna.

Le arenarie della zona di Trieste sono prevalentemente delle calcareniti, cioè rocce a matrice carbonatica, che ingloba una frazione detritica costituita per lo più da granuli di calcite, quarzo, altri silicati e resti di microfossili. Sono rocce molto dure, compatte, rigide il cui singolo “provino” di materiale è dotato di un'altissima resistenza meccanica. (...) La massa rocciosa nel suo insieme è dotata di una certa permeabilità secondaria dovuta alla presenza di superfici di discontinuità (giunti di strato, fratture, faglie)(...).

Operando una drastica selezione tra tutti i numerosissimi casi che si possono riscontrare in natura, si ritiene che per un uso tecnico pratico di base la casistica generale possa essere ricondotta a cinque “tipi” principali di Flysch, tenendo conto delle variazioni percentuali della marna rispetto all'arenaria, del periodo di stratificazione dei litotipi suddetti, della costanza dello spessore dei singoli pacchetti o strati di materiale:

- T1 - Costituito prevalentemente da arenarie(in genere strati di spessore superiore ai 30 cm) con interstratificati pacchetti di lamine di marna dello spessore globale di ordine centimetrico. Stratificazione distinta e spessore del singolo strato notevolmente costante.
- T2 – Costituito prevalentemente da arenaria (strati generalmente di spessore inferiore ai 30 cm) con interstratificati poco frequenti pacchetti di lamine di marna dello spessore globale di ordine centimetrico. Stratificazione distinta e spessore del singolo strato notevolmente costante.
- T3 – Costituito da circa 50% di arenaria e 50% di marna (spessori degli strati di arenaria e dei pacchetti di lamine di marna variabili generalmente da circa 1 cm a circa 20 cm). Stratificazione distinta e spessore del singolo strato, o pacchetto, notevolmente costante.
- T4 – Costituito prevalentemente da marna i cui pacchetti possono avere uno spessore variabile da circa 10 cm a circa 50 cm; interstratificati rari strati di arenaria il cui spessore si aggira generalmente tra circa 1 cm e circa 20 cm. Stratificazione abbastanza distinta e spessore del singolo pacchetto, o strato, piuttosto costante.
- T5 – Costituito prevalentemente da arenarie a buona consistenza litoide ma che hanno subito notevoli processi deformativi (spessore degli strati non superiori ai 10 cm circa). Stratificazione talora poco distinta e spessore poco costante.

...

Questa roccia, così apparentemente stabile e resistente, di fatto è motivo spesso di criticità in fase di interventi edilizi, mutevole nel comportamento a seconda della stagionalità e degli eventi meteorici, imprevedibile perché da luogo a luogo cambia l'assetto giaciturale, anche a breve distanza in un medesimo cantiere, perché a volte di non facile riconoscimento. Talvolta trovanti immersi in riporti antropici sono scambiati per il substrato di riferimento.

Nella CARTA DELLA LITOLOGIA SUPERFICIALE la ritmica alternanza di arenarie e marne è definita dalle tre principali facies che costituiscono il Flysch triestino, la facies arenacea (FA), quella marnosa FM) e quella marnoso arenacea (FMA).

Sedimenti quaternari di origine continentale e/o marina

Sono depositi a composizione generalmente mista, ciottoli e clasti eterodimensionali, prevalentemente arenacei, in subordine calcarei, ove il luogo sia prossimo al fianco dell'anticlinale carsica, in matrice limo argillosa e limo sabbiosa a seconda del substrato flyschoidale di riferimento.

In genere gli elementi incoerenti più grossolani sono subarrotondati, a dimostrazione di una certa mobilità in alveo, in quanto è prevalentemente lungo le linee di impluvio attive che si rinvencono tali sedimenti. Non a caso questi sedimenti si rinvencono frequentemente lungo tutti i principali assi stradali del centro cittadino, che nel tempo sono stati asfaltati, lì dove scorrevano le linee di impluvio, ora incanalate nella complessa rete idrica sotterranea di ottocentesca realizzazione.

Nel corso dell'attività di rilevamento lungo le linee di impluvio ci si è spesso imbattuti in accumuli sedimentari trasportati dalle correnti torrentizie, in particolare in corrispondenza dei bacini maggiormente abbandonati, quindi periferici rispetto alla città di Trieste, ove la produzione di materiale litico si accompagna al degrado delle sponde torrentizie per effetto

del dissesto idrogeologico, dell'abbandono del territorio.

Questi sedimenti sono indicati nella CARTA DELLA LITOLOGIA SUPERFICIALE (tratta dalla CGT e dal relativo Glossario dei termini principali) con i simboli SMG (sedimenti prevalentemente sabbiosi, con limi, argille e ghiaie), MSG (sedimenti prevalentemente limoso - argillosi con ghiaie e sabbie, MS (sedimenti prevalentemente limoso - argillosi con sabbie), MG (sedimenti prevalentemente limoso - argillosi con ghiaie), M (sedimenti prevalentemente limoso – argillosi), GM (sedimenti prevalentemente ghiaiosi con limi e argille).

Nell'ambito del territorio triestino di riconoscono altre unità:

#### Detrito di falda e Detrito di versante pleistocenico

Il detrito di falda affiora al contatto tra le successioni carbonatiche e quelle torbiditiche, lungo il fianco meridionale dell'anticlinale carsica.

Trattasi di ghiaie grossolane mal classate, angolose a tessitura aperta; i clasti hanno litologia omogenea (rocce carbonatiche e/o arenarie) sono sciolti e a volte con matrice limo sabbiosa proveniente dall'alterazione dei litotipi locali.

Per quanto riguarda il detrito di versante pleistocenico, si tratta di ghiaie grossolane mal classate, angolose, a litologia costituita da clasti carbonatici, con un grado di cementazione variabile, anche carsificate.

#### Riporti antropici

I riporti coincidono per la gran parte con i colmamenti a mare realizzati soprattutto nel secolo scorso nella zona di Zaule, lungo il canale navigabile, nelle aree del Porto Nuovo, amministrativamente di competenza dell'Autorità Portuale e di EZIT, nella zona del Porto Vecchio e aree limitrofe, questi ultimi di epoca più antica, principalmente del 1800.

Si tratta di colmamenti che hanno avuto come obiettivo principale quello di estendere le aree fruibili per lo sviluppo portuale ed industriale della città verso mare.

I depositi più antichi sono di natura prevalentemente flyschoidi e sono stati ricavati da cave di prestito prossime alle aree da ampliare.

#### Sedimenti marini

Tutta la zona costiera centrale e meridionale della città di Trieste è caratterizzata dalla presenza di un potente livello di "fanghi marini" (esempio: Borgo Teresiano, gran parte delle aree portuali, sia del Porto Vecchio che del Porto Nuovo, nonché l'area industriale ai piedi del Colle di Servola e lungo il canale navigabile, in ambito EZIT e di Autorità Portuale).

Sono depositi con proprietà geomeccaniche spesso scadenti in special modo per l'elevata compressibilità.

Trattasi prevalentemente di argille limose di colore grigio scuro, fino a nerastro, nere, grigioceneri, azzurrognole, da molli a molto molli, semifluide, spesso organiche, localmente con livelletti a maggiore frazione limosa, o di rado sabbiosa.

#### Coperture eluvio - colluviali

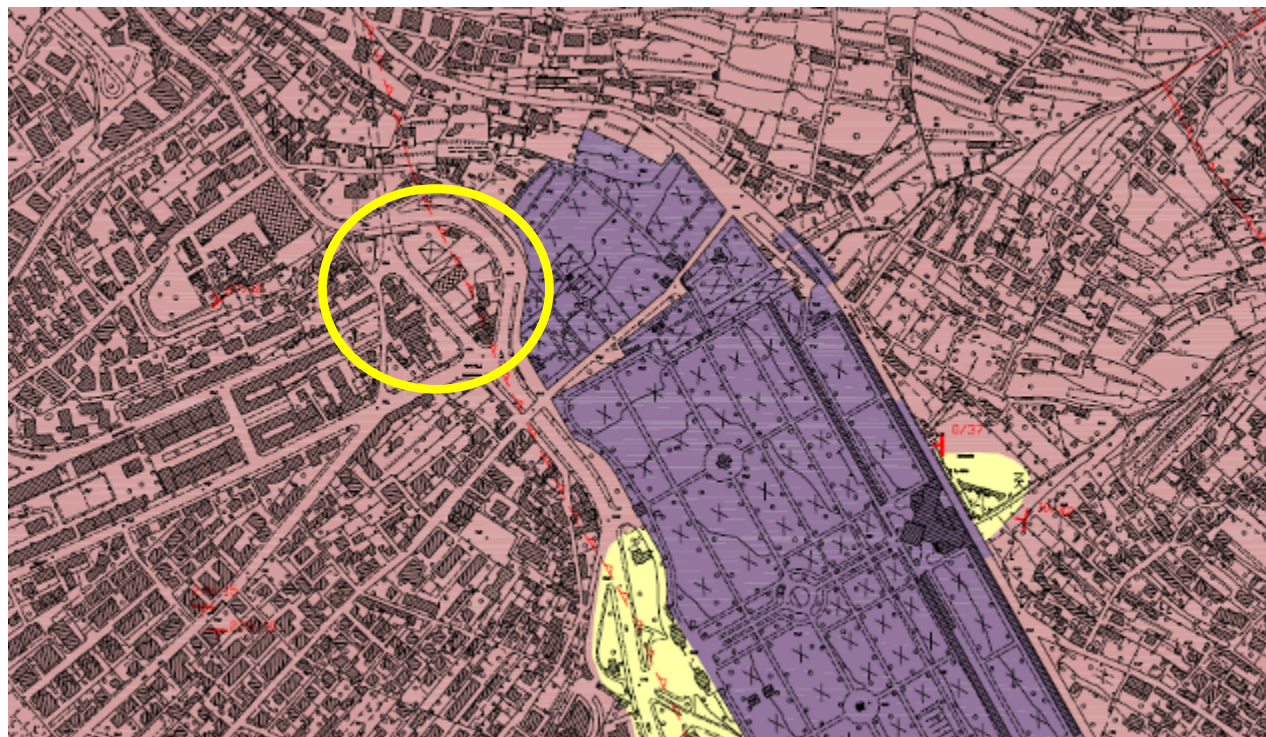
Le coperture eluvio-colluviali comprendono i prodotti della degradazione superficiale del substrato pre-quaternario.

I depositi possono essersi evoluti in posto o aver subito trasporto lungo i versanti, principalmente per mezzo di acque ruscellanti. Sono molto diffusi in corrispondenza delle zone vallive e di versante del Flysch. Si tratta di prodotti prevalentemente a supporto di matrice argilloso-limosa e sabbiosa, clasti arenacei e in minor misura calcarei, eterometrici, da angolosi a subarrotondati. Lo spessore è variabile, da decimetrico a metrico sui versanti, può essere plurimetrico alla base dei versanti.

## 2.4 Inquadramento geolitologico, geomorfologico specifico

(il presente paragrafo è predisposto sulla base delle seguenti pubblicazioni: Comune di Trieste, 2013. Studio geologico – Parere di compatibilità (LR 27/88) – Norme geologico-tecniche.).

Nella carta della litologia superficiale, la zona in studio viene indicata appartenere alla facies marnoso arenacea (alternanza di marne e arenarie con una percentuale di arenaria variabile da 30% a 70%)



### LEGENDA

#### COBERTURE QUATERNARIE

- RT: ripieni, accumuli artificiale detritici e / o inerte
- DF: detrito di fondo
- GH: sedimenti prevalentemente ghiaiosi con limi e argille
- N: sedimenti prevalentemente limoso-argillosi
- MS: sedimenti prevalentemente limoso-ghiaiosi con ghiaie
- MS: sedimenti prevalentemente limoso-argillosi con sabbie
- MSG: sedimenti prevalentemente limoso-ghiaiosi con ghiaie e sabbie
- SMG: sedimenti prevalentemente sabbiosi con limi, argille e ghiaie
- TR: terre rosse
- DV: detrito di versante pleistocenico; ghiaie cementate, breccie

#### FLYSCH DI TRIESTE (Lutetiano-Pliocene)

- Facies marnoso-arenacea  
(alternanza di marne ed arenarie con una percentuale di arenaria variabile da 30% a 70%)
- Facies arenacea  
(arenarie, fonoarenarie marnose con netta presenza di arenarie)
- Facies marnosa  
(marne, intercalazioni marnoso-arenacee con netta presenza di marne)

#### CALCARI DEL CARSO TRIESTINO (Cenomaniano sup. - Culsiano medio)

- Calcarei

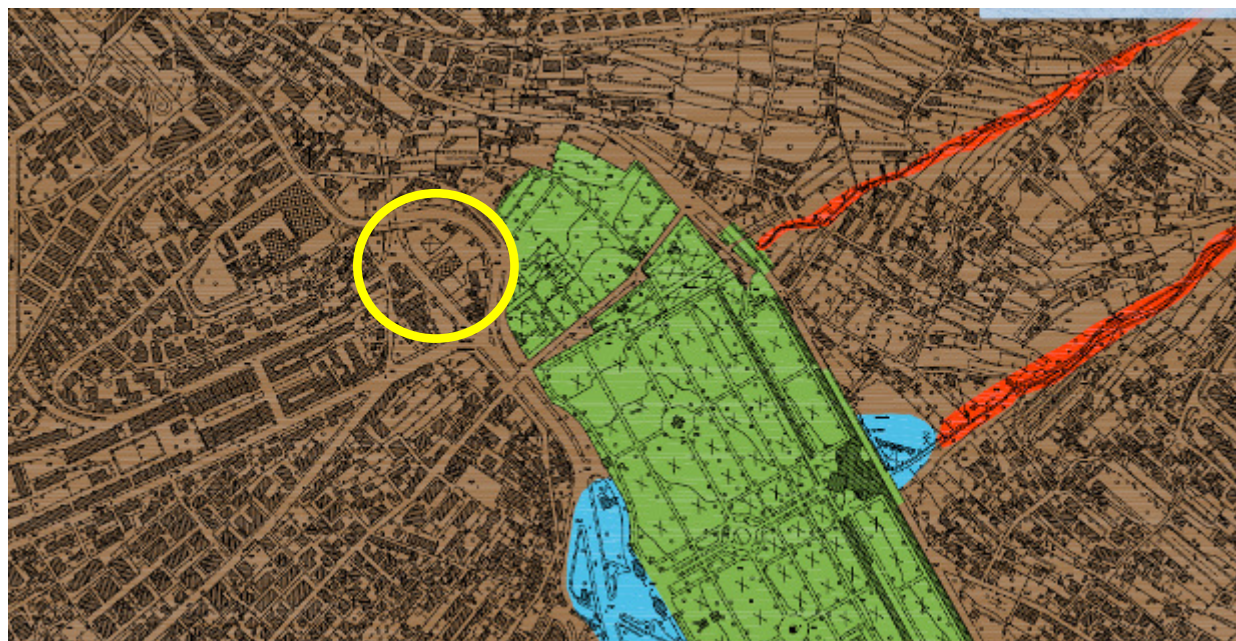
#### SIMBOLI

- 0/20: Giacitura della stratificazione
- Stratificazione orizzontale
- 20/32: Stratificazione rovesciata
- Stratificazione verticale
- Faglia
- Faglia sepolta / presunto
- Sovrascorimento
- Sovrascorimento sepolto / presunto
- Confine comunale

Studio geologico del comune di Trieste, carta della litologia di superficie – estratto fuori scala. Nel circoletto giallo è indicata la posizione della zona di progetto



Nella carta della zonizzazione geologico-tecnica, la zona di indagine viene indicata come classe ZG6



LEGENDA	Classe ZG6
<div data-bbox="215 1059 295 1081">ZG1</div> <div data-bbox="215 1104 534 1126">Dolna con diametro minore di 50 m - ZG1</div> <div data-bbox="215 1149 295 1171">ZG2</div> <div data-bbox="215 1193 295 1216">ZG3</div> <div data-bbox="215 1238 295 1261">ZG4</div> <div data-bbox="215 1283 295 1305">ZG5</div> <div data-bbox="215 1328 295 1350">ZG6</div> <div data-bbox="215 1373 295 1395">ZG7</div> <div data-bbox="215 1417 558 1485">Limite superiore della zona soggetta a verifica della quota altimetrica di sicurezza nei confronti del fenomeno di Ingressione marina</div>	<p>In questa classe rientra la formazione marnoso arenacea in facies di Flysch caratterizzata generalmente dalle seguenti problematiche geologiche:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• assetto giaciturale irregolare;</li><li>• elevata variabilità delle caratteristiche geomeccaniche sia per anisotropia (lungo strato e trasverso strato) che per grado di fratturazione, detensionamento ed alterazione;</li><li>• presenza di percolazioni di acqua di interstrato anche in pressione;</li><li>• possibile presenza di piccole cave talora ritombate e mascherate al di fuori delle aree estrattive storicamente note;</li><li>• potenziali instabilità superficiali puntuali.</li></ul>

Studio geologico del comune di Trieste, carta della zonizzazione geologico-tecnica, estratto fuori scala. Nel circoletto giallo è indicata la posizione della zona di progetto.



## 2.5 Inquadramento geologico strutturale

Per l'elaborazione di questo paragrafo si fa riferimento ai seguenti documenti:

- Busetti M., Nuove evidenze geologiche nel Golfo di Trieste e lungo la sua costa: considerazioni in relazione alle proposte di insediamento di impianti strategici in rivista di scienze della comunicazione - A. III (2011) n.2 (luglio-dicembre);
- Busetti & al, Caratteristiche geologico-strutturali del golfo di Trieste, 2012, in Ispra, estratto da Progetto Carg – contributi al Meeting Marino.
- Busetti & al, Dinaric tectonic features in the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea), 2010, in Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata Vol. 51, n. 2-3, pp. 117-128; June-September 2010
- Cimolino A., 2010, Caratterizzazione delle risorse geotermiche della bassa pianura friulana (regione FVG) - Progetto Geotermia-Grado, Università TS, tesi dottorato.

Per quanto riguarda il Golfo di Trieste, dal 2000 sono stati svolti studi geologici e geofisici che hanno fornito nuovi e importanti elementi per la comprensione dell'assetto e dell'evoluzione geologica dell'area. Infatti, le indagini precedenti, una serie di rilievi acquisiti dal 1958 al 1966 dall'allora OGS di Trieste durante la fase pionieristica della geofisica marina in Italia, nonché un unico rilievo geofisico lungo un profilo che si sviluppa in prossimità di Venezia fino alla parte più occidentale del golfo, e che raggiunge circa diverse decine di chilometri di profondità di indagine, davano alcune informazioni, ma queste non erano sufficienti a delineare l'assetto geologico.

Poiché non erano noti gli elementi geologici presenti nel golfo, e tantomeno la distribuzione temporale della loro attività, si considerava che nel golfo non ci fossero strutture attive che potessero dare origine a terremoti, e di conseguenza la pericolosità sismica era considerata bassa o pressoché nulla. Dall'attività di ricerca eseguita nel corso del decennio 2000-2010 sono emersi alcuni aspetti geologici che potrebbero concorrere ad una rivalutazione dei rischi naturali, in particolare del rischio sismico nel golfo e aree limitrofe, in particolare quelle orientali.

Il Golfo di Trieste e le zone costiere che lo circondano rappresentano la parte più settentrionale dell'Avampaese Adriatica Mesozoica, dai carbonati del Paleocene-Eocene e dal Flysch Eocenico, affioranti in Istria e nel Carso e sepolti sotto i sedimenti neogenici della Pianura Friulana.

L'area ha iniziato a differenziarsi durante la fase estensionale del Giurassico, quando l'ampia piattaforma carbonatica adriatica della Dolomia Principale Triassica si suddivise in una serie di unità paleogeografiche tra cui la Piattaforma Carbonatica Friulana a est e il bacino di Belluno a Ovest. La Piattaforma Carbonatica Friulana (parte settentrionale della Piattaforma Carbonatica Adriatica) si sviluppò durante il Giurassico medio - Cretacico inferiore con 1200-1500 m di aggradazione rispetto il bacino circostante. Nel Bacino di Belluno si depositarono carbonati di acque profonde (Giurassico - Cretacico), calcari marnosi della Scaglia Alpina (Aptiano - Eocene Inf.), e le Marne di Gallare (Eocene) che riempirono il bacino.

Conseguentemente alle fasi compressive dinarica e alpina, la piattaforma carbonatica nella zona orientale è stata flessurata nell'avanfossa dinarica e riempita dai sedimenti terrigeni torbiditici del Flysch (Eocene), mentre la parte nord-occidentale è stata flessurata nell'avanfossa alpina e riempita dai depositi continentali e costieri della Molassa (Miocene superiore).

La regressione marina messiniana ha causato nell'area l'esposizione subaerea e la conseguente erosione con la formazione di una morfologia complessa con valli e rilievi caratterizzati da terrazze e scarpate.

Le condizioni subaeree perdurarono fino alla trasgressione marina del Pleistocene.

Dal punto di vista tettonico l'area è caratterizzata dalla presenza di strutture ad andamento dinarico NW-SE. La struttura principale è la faglia di Trieste ubicata in corrispondenza del fronte costiero del Carso. Altre strutture ad orientamento dinarico sono sepolte sotto la Pianura Friulana orientale, tra queste la linea di Palmanova che si estende fino alla parte settentrionale del Golfo.



Estratto da: Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia, R.A. Friuli Venezia Giulia, 2008.

L'interpretazione dei dati delle più recenti ricerche, evidenzia la presenza nel golfo di un sistema di faglie con orientamento nord-ovest/sud-est (approssimativamente parallelo alla linea di costa) e legate alla formazione della catena dinarica (figure 2 e 3 nel testo a seguire, dalla pubblicazione di Busetti & al 2011).

La struttura principale si estende lungo la costa e la sua presenza si desume dal fatto che le rocce carbonatiche che affiorano sul Carso Triestino, si trovano in mare, a pochi chilometri dalla costa alla profondità di circa 1200 metri.

Altre faglie sono presenti nel golfo, alcune con deformazioni che interessano anche i sedimenti recenti. In particolare una struttura evidenziata per la prima volta da questi rilievi, si sviluppa con direzione nord-ovest/sud-est dal delta occidentale dell'Isonzo a Punta Grossa.

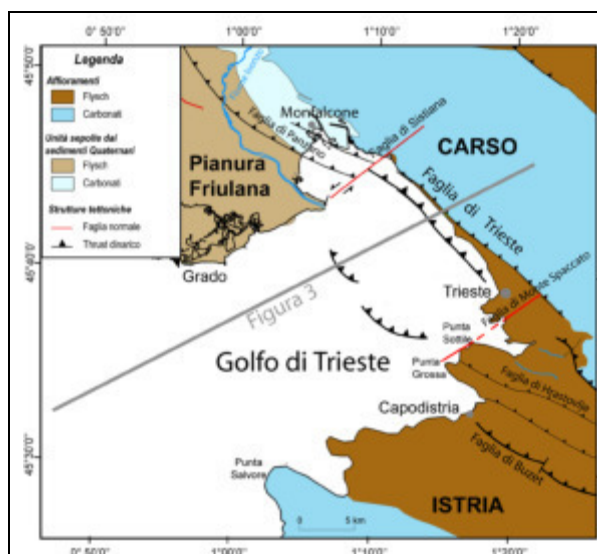
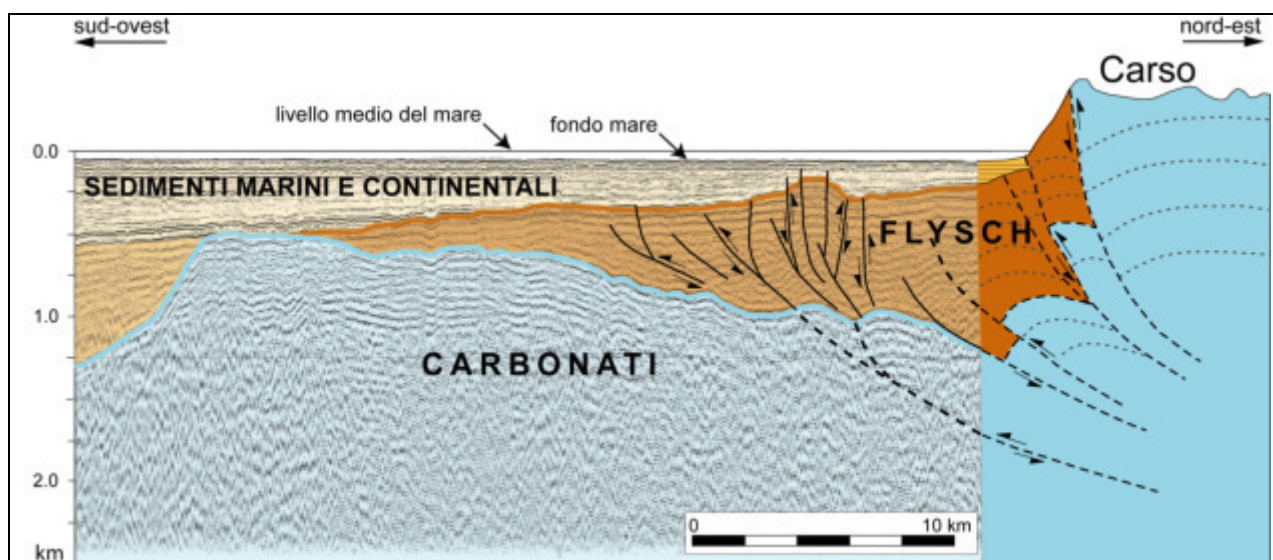


Figura 2 – Mappa del Golfo di Trieste con le litologie principali affioranti a terra (carbonati e Flysch) e le medesime coperte da sedimenti marini e continentali presenti al di sotto della pianura Friulana. Le principali strutture tettoniche sono faglie dinariche con orientamento nord-ovest/sud-est presenti a terra e nel golfo ((tratta da M. Busetti, V. Volpi, E. Barison, M. Giustiniani, M. Marchi, R. Ramella, N. Wardell, e C. Zanolla, Cenozoic seismic stratigraphy and tectonic evolution of the Gulf of Trieste (Northern Adriatic), in “GeoActa Special Publication” (2010), n. 3, pp. 1-14)).

Busetti, 2011, Nuove evidenze geologiche nel Golfo di Trieste e lungo la sua costa: considerazioni in relazione alle proposte di insediamento di impianti strategici; in rivista di scienze della comunicazione - A. III (2011) n.2 (luglio-dicembre)



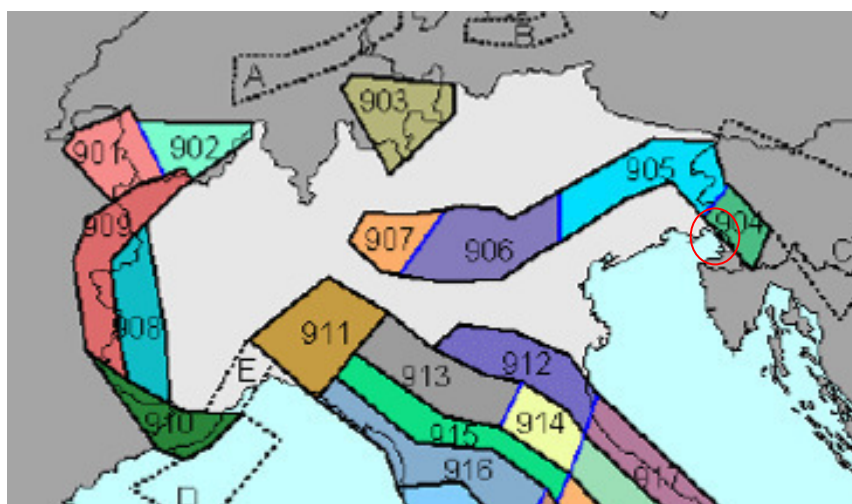
Busetti, 2011, Nuove evidenze geologiche nel Golfo di Trieste e lungo la sua costa: considerazioni in relazione alle proposte di insediamento di impianti strategici; in rivista di scienze della comunicazione - A. III (2011) n.2 (luglio-dicembre)

Figura 3 – Sezione attraverso il Golfo di Trieste e il Carso (vedi figura 2 per l'ubicazione) composta da un profilo sismico multicanale a mare e da una sezione geologica a terra. I carbonati (principalmente calcari) affiorano nel Carso Triestino, mentre nel golfo sono presenti alla profondità di circa 1200 metri in prossimità della costa. Questa differenza costituisce il rigetto verticale della faglia di Trieste. I carbonati sono coperti dalle arenarie e marne del Flysch, presente anche lungo la costa. Nel golfo il Flysch è deformato dall'attività di un sistema di faglie con andamento approssimativamente parallelo alla linea di costa. Queste faglie interessano anche i sedimenti soprastanti, costituiti da depositi marini e continentali di età fino all'attuale, indicando che tali strutture hanno avuto un'attività recente (tratta da M. Busetti, V. Volpi, E. Barison, M. Giustiniani, M. Marchi, R. Ramella, N. Wardell, e C. Zanolla, Cenozoic seismic stratigraphy and tectonic evolution of the Gulf of Trieste (Northern Adriatic), in "GeoActa Special Publication" (2010), n. 3, pp. 1-14).

Nell'area è presente una debole sismicità, con eventi di bassa magnitudo ( $M < 4$ ) caratterizzata da ipocentri sia superficiali che profondi, mentre non sono noti eventi storici importanti. La sismicità e le evidenze neotettoniche sono però elementi importanti da investigare [Busetti & al, 2012].

## 2.6 Conoscenze sismologiche

Dalla mappa della zonazione sismogenetica ZS9 (INGV) è evidenziata la presenza nell'area del carso triestino della zona 904.

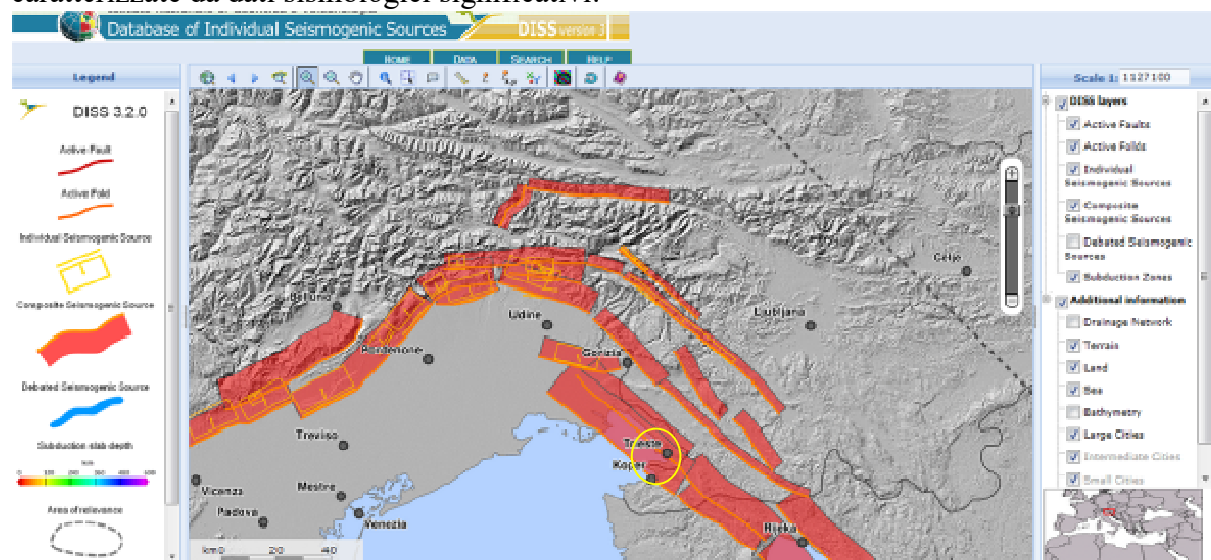


Tratto da: Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto conclusivo, a cura di C.Meletti e G.Valensise (2004). Nel circoletto (aggiunto dallo scrivente) la posizione approssimativa dell'area in esame.



Le principali dislocazioni sono raggruppate in modo omogeneo in “box” sismogenetiche (<http://diss.rm.ingv.it/>; ogni “box” rappresenta attraverso un rettangolo la proiezione del piano di faglia sulla superficie esterna e da una linea che rappresenta la proiezione della linea di rottura sulla superficie stessa).

Nell’area veneto friulana le principali box sismogenetiche sono state riconosciute in settori posti sui quadranti nord, est e ovest est della zona in studio e non tutte le discontinuità sono caratterizzate da dati sismologici significativi:



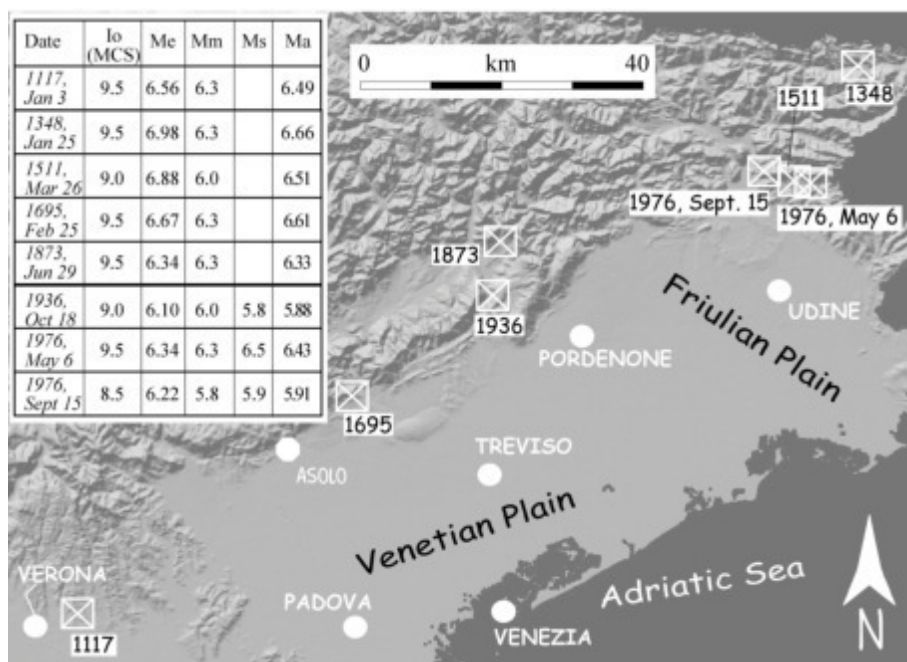
Zonazione sismogenetica dell’area veneto friulana – tratto da database DISS. Nel circoletto (aggiunto dallo scrivente) la posizione approssimativa dell’area in esame.

Nell’area prossima a quella in studio le dislocazioni segnalate e con dati disponibili sono:

code	Name	Max Magnitude Mw	Quality & evidence
ITCS 065	Medea	6,4	OD (original data) Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).
ITCS 101	Southern Trieste Gulf	6,5	EJ (expert judgement) Assumed from regional seismological data.
SICS005	Cividale-Nova Gorica	5,5	EJ (expert judgement) Assumed from regional seismological data.
SICS004	Branik-Ilirska Bistrica	5.5	EJ (expert judgement) Assumed from regional seismological data.

Nelle mappe a seguire sono indicati in modo sintetico altri dati della sismicità storica.

Nelle mappe a seguire sono indicati in modo sintetico altri dati della sismicità storica.



Tratto da: Poli E., Sismicità storica dell'Italia nord-orientale, Verona 11-13 settembre 2008-Faglie attive al fronte della catena sudalpina orientale (ItaliaNE): stato dell'arte (accesso sito web Regione Veneto ottobre 2014) – Sismicità storica  $M > 6$

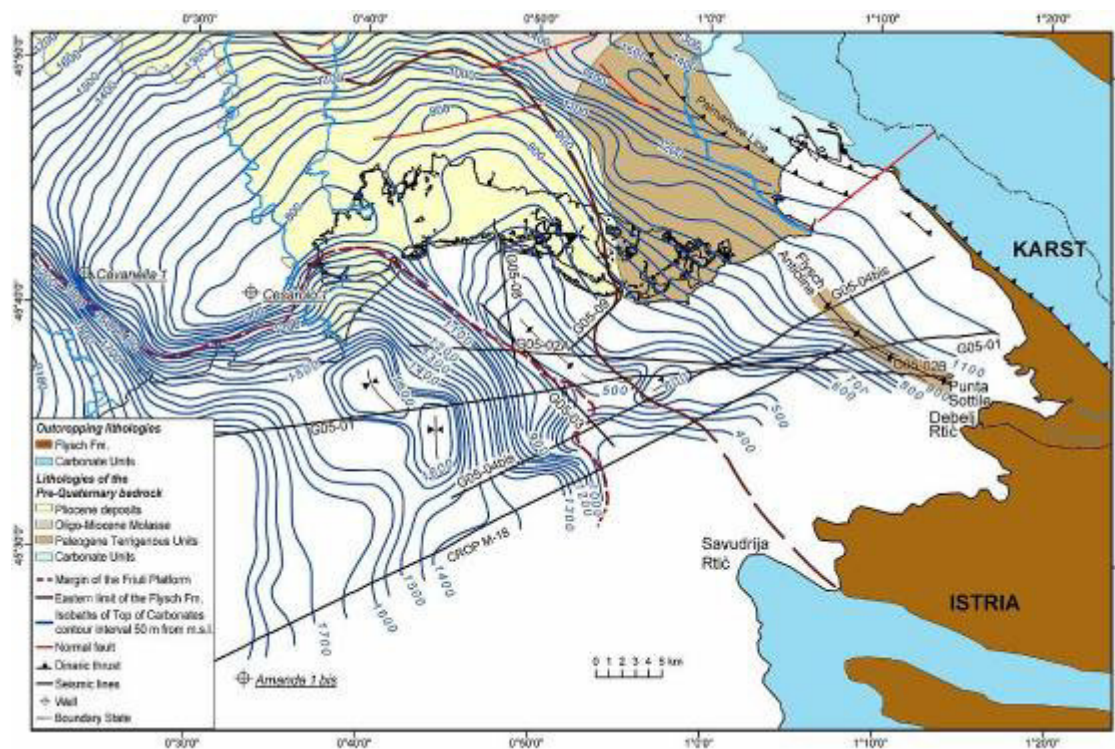


Principali lineamenti tettonici dell'area veneto-friulana, terremoti storici (in verde), terremoti strumentali recenti (in arancio). La figura è tratta da una analisi per un sito campione di Vittorio Veneto (stella rossa nella mappa). Tratto da: PERICOLOSITÀ SISMICA NEL VENETO ORIENTALE, di D. Slejko, A. Rebez, M. Santulin in Ingegneria Sismica.net (accesso ottobre 2014).

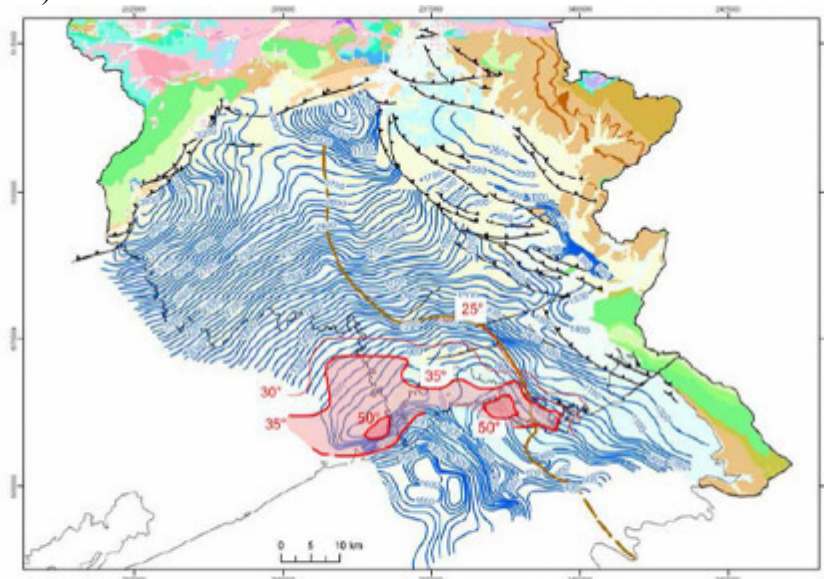
## Profondità substrato

Per quanto riguarda i dati relativi al substrato si pubblica la seguente mappa (tratta da INGV, DISS v3, da pubblicazione di Buseti & al., 2010):

il substrato prequaternario potrebbe essere posizionato a profondità comprese tra 225 e 250 m circa nella zona della pianura friulana:



Mentre il tetto dei carbonati, sempre nella zona della pianura friulana, dovrebbe essere posizionato a profondità comprese tra 900-1000 m circa (vedi mappa qui sotto tratta da Cimolino, 2010)



**Figura 2-16.** Mappa delle Isobate del tetto dei Carbonati (in blu) con il limite di avanzamento del Flysch eocenico (in marrone), e le isoterme in corrispondenza dell'anomalia geotermica (rielaborazione di: Nicolich et al. - in Cucchi et al. 2009; Della Vedova et al., 2000).



## 2.7 Classificazione sismica del Comune

La Regione Friuli Venezia Giulia ha emesso la zonizzazione sismica su base comunale (BUR n° 20 del 19 maggio 2010); per il comune di Trieste è indicata la zona sismica 3.

Codice ISTAT	Denominazione	Nuove zone sismiche	Aree di alta/bassa sismicità	Zone sismiche previgenti (dgr 2325/2003)
6032006	Trieste	3	bassa	4

## 2.8 Pericolosità sismica di base del sito

Utilizzando il file xls Spettri NTC vers.1.03 (dal sito CSLP), per un sito con le seguenti coordinate (di riferimento del sito oggetto di indagine):

	WSG84	ED 50
Lat	45, 6322	45, 6330
Long.	13, 7910	13, 7919

E sulla base dei seguenti dati

Vita nominale della costruzione  $V_N = 50$  anni

Coefficiente d'uso della costruzione  $c_u = 1$

si ottengono i valori dei parametri dell'azione sismica di base:

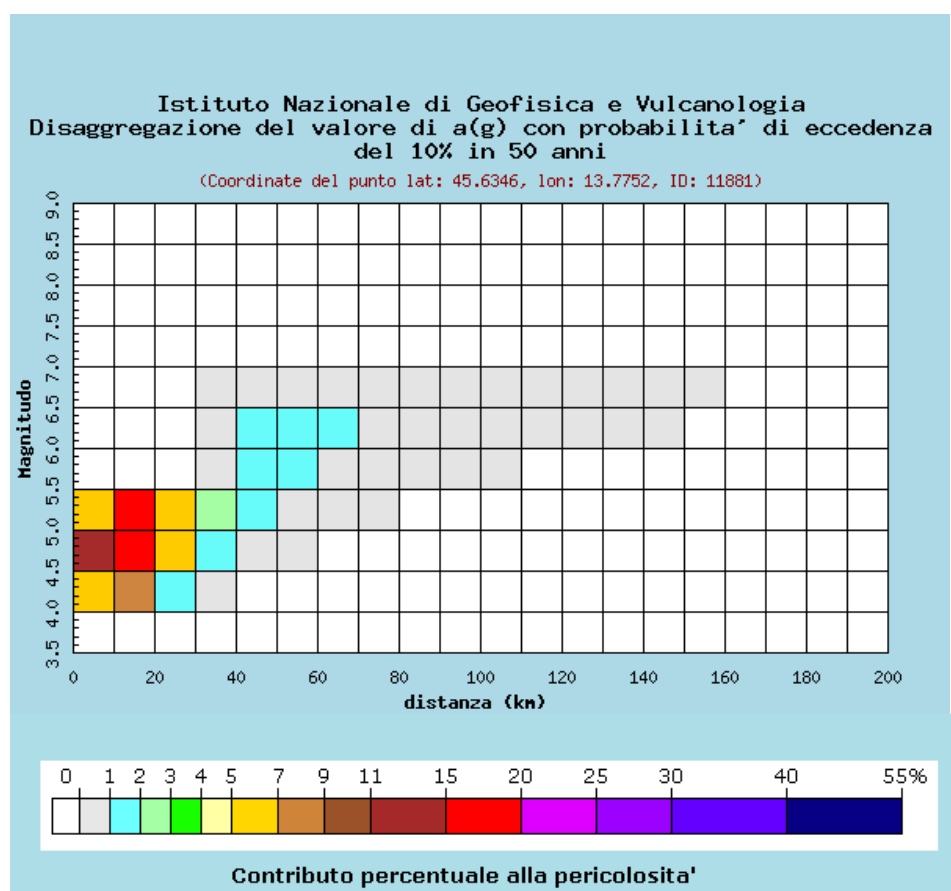
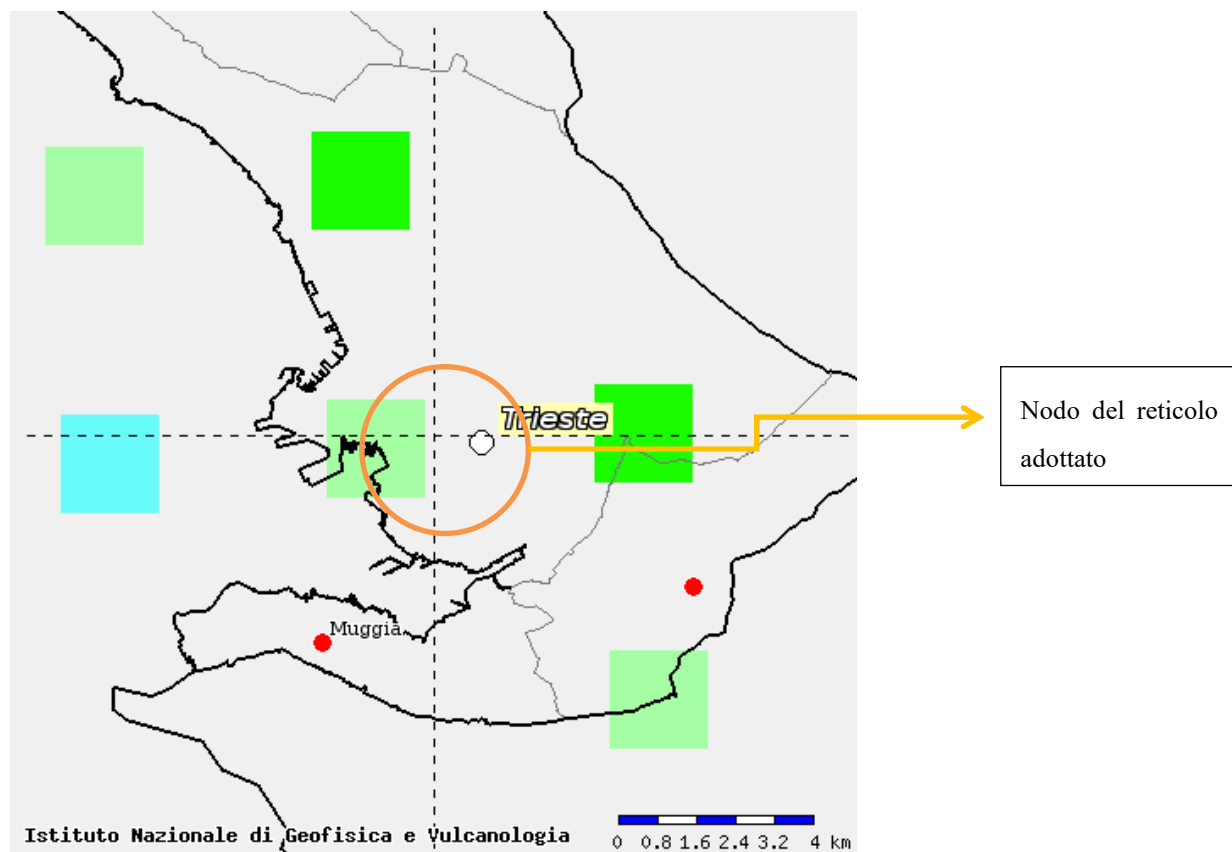
$T_R$ (anni)	$A_g$ [g]	$F_0$	$T_c^*$ [sec]
30	0.031	2.584	0.208
50	0.041	2.574	0.228
475	0.11	2.495	0.324
975	0.139	2.575	0.335

Attraverso uno strumento a disposizione sulla rete (sito web: [esse1-gis.mi.ingv.it](http://esse1-gis.mi.ingv.it)), è possibile ottenere una stima di alcuni parametri di pericolosità sismica, ed in particolare (attraverso la procedura di disaggregazione della pericolosità sismica) i parametri :

*magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini il processo di disaggregazione 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 oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.*

(tratto da Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006 / Progetto S1 Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi Task 1 – Completamento delle elaborazioni relative a MPS04 Deliverable D14 - Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R-ε).

L'analisi per l'area oggetto di indagine porta ai seguenti risultati:



Presso il nodo del reticolo in esame, in termini valori medi di pericolosità sismica è stimato un terremoto con magnitudo media  $M=5,5$  a una distanza 20 km circa.

### 3 Prove effettuate nell'ambito del presente lavoro

Nell'ambito del presente lavoro sono state predisposte le seguenti indagini :

- Tre sondaggi a carotaggio (2017);
- due prove penetrometriche dinamiche (2017);
- una indagine geofisica con linea sismica (rifrazione, MASW) ed una prova HVSR (2017)
- due prove penetrometriche dinamiche quale approfondimento della situazione esistente (2019).

#### 3.1 Sondaggi a carotaggio

Nell'ambito delle indagini ambientali predisposte per la caratterizzazione dei terreni, nell'area in indagine sono stati effettuati 3 carotaggi. La posizione dei punti di indagine è la seguente:



Le coordinate dei punti o(in base alla CTR 1:5000 della Regione FVG, tavola 110141\_Q\_DXF, sistema Gauss Boaga fuso Est) sono le seguenti:

punto di indagine	Long	Lat
SC1	2425803	5053886
SC2	2425765	5053929
SC3	2425828	5053926

Di seguito vengono sintetizzate le stratigrafie delle carote prelevate. Ulteriori informazioni sono disponibili in allegato.

Le attività di perforazione sono state effettuate dalla ditta Geoservizi di Treviso; la qualità dei campioni non è da considerare ottimale.

## 3.1.1 Carotaggio n° 1 – SC1

Il carotaggio si è spinto fino a 4,2 m circa di profondità da p.c. Si propone la seguente stratigrafia:

<i>Profondità</i>	<i>Descrizione</i>
0 – 0,16 m	Soletta in calcestruzzo
0,16 – 0,80	Materiale di riporto
0,80 – 1,73	livello di materiale argilloso, plastico riconducibile a flysch molto alterato con presenza di clasti (da sabbia a ghiaia in matrice argillosa)  Flysch tipo T3, complesso C1-C2
1,73 – 4,22	Da 1,73 m a 4,22 m: formazione marnoso arenacea - flysch  alternanza di livelli di marna e arenaria  livello di arenaria calcarea, parzialmente alterato tra 1.87 m e 2.0 m, più compatto tra 2.0 e 2.2 m, colore da grigio a grigio azzurro (light gray n° 7) tipo T3, complesso C2  Da 2,6 m a 4,22 m: formazione marnoso arenacea - flysch  alternanza di livelli di marne (colore da marrone a nocciola-ocra) e arenarie (prevalente colore grigio- grigio azzurro)  tipo T3, complesso C2-C3  2,60 m - 2,95 m : arenaria 2,95 m - 3,12 m : marna 3,12 m - 3,17 m : arenaria 3,17 m - 3,50 m : marna 3,50 m - 3,55 m : arenaria 3,55 m - 3,84 m : marna 3,84 m - 4,22 m : arenaria

## 3.1.2 Carotaggio n° 2 – SC2

Il carotaggio si è spinto fino a 5 m circa di profondità da p.c. Si propone la seguente stratigrafia:

<i>Profondità</i>	<i>Descrizione</i>
0 – 0,2 m	Soletta in calcestruzzo
0,2 – 0,80	Materiale di riporto
0,80 – 1,70	livello di materiale prevalentemente argilloso, plastico (riconducibile a flysch molto alterato) con presenza di clasti da sabbia a ghiaia in matrice argillosa  Flysch tipo T3, complesso C1-C2
1,70 – 5,00	alternanza di livelli di marne (colore da marrone a nocciola-ocra) e arenarie (prevalente colore grigio- grigio azzurro), moderatamente alterato. La formazione si presenta inizialmente alterata in forma plastica con maggiore frazione argillosa e diventa via via più compatta . Da m 2,5 i livelli di marna e arenaria si presentano più compatti o consistenti Da m 4,5 è prevalente la frazione di arenaria calcarea.  Flysch tipo T3, complesso C2-C3

## 3.1.3 Carotaggio n° 3 – SC3

Il carotaggio si è spinto fino a 5 m circa di profondità da p.c. Si propone la seguente stratigrafia:

<i>Profondità</i>	<i>Descrizione</i>
0,0 – 1,4	Materiale di riporto
1,4 – 3,1	formazione marnoso arenacea - flysch  prevalente presenza di materiale argilloso, plastico (marne alterate color marrone-ocra), molto alterato  Flysch tipo T3, complesso C1
3,1 – 4,3 m	formazione marnoso arenacea - flysch  alternanza di livelli di marne (prevalenti, colore da marrone a nocciola-ocra) e arenarie (colore grigio- grigio azzurro), moderatamente alterato. La formazione si presenta inizialmente alterata in forma plastica con maggiore frazione argillosa e diventa via via più compatta .  Flysch tipo T3, complesso C2
4,3 – 5,0 m	formazione marnoso arenacea - flysch  livelli più compatti di arenarie (colore grigio azzurro) e marne (colore marrone) - flysch da moderatamente a poco alterato  Flysch tipo T3, complesso C2-C3

### 3.2 Prove penetrometriche dinamiche

La tipologia di sedimenti di cui è nota la presenza, ha orientato nella scelta di eseguire prove penetrometriche dinamiche al fine di stimare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni.

La posizione delle prove è la seguente:



Le prove sono state effettuate con la collaborazione del dott. P. Marsich.

Per le prove è stata utilizzata la seguente strumentazione:

PENETROMETRO DINAMICO:	DM30-SA XX
PESO MASSA BATTENTE	M = 30,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,20 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 13,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 35,70 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 10,00 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	a = 60 °
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 3,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	d = 0,10 m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(10) ⇒ Relativo ad un avanzamento di 10 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(Ad) = 6,00 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	bt = Q/Qspt = 0,766 ( teoricamente : Nspt = bt N)



### 3.2.1 Prova penetrometrica dinamica DP 1 o DIN 1 (2017)

La prova è stata effettuata all'interno del sedime della futura costruzione; è stata interrotta alla profondità di 4,1 m (rifiuto) circa da piano campagna (vedi diagramma di prova in allegato). Sulla base dei dati registrati si propone la seguente interpretazione stratigrafica:

<i>Profondità</i>	<i>Descrizione</i>
0 – 0,8	Preforo con trivella / Trapano
0,8 – 1,5	Materiale con numero colpi 2-5 – materiale argilloso o riporto
1,5 – 1,7	Materiale con numero colpi 27-110 – livello resistente riconducibile ad un banco resistente di arenaria
1,7 – 3,3	Materiale con numero colpi 8-15 – livello riconducibile a flysch alterato
3,3 – 4,0	Materiale con numero colpi 15-25 – livello riconducibile a flysch moderatamente alterato
4,0-4,1	Materiale con numero colpi > 100 – livello riconducibile a flysch da poco alterato, a compatto

Al termine della prova la profondità della falda è risultata pari a 1,85 m.

### 3.2.2 Prova penetrometrica dinamica DP 2 o DIN 2 (2017)

La prova è stata effettuata all'interno del sedime della futura costruzione; è interrotta alla profondità di 2,5 m (rifiuto) circa da piano campagna (vedi diagramma di prova in allegato). Sulla base dei dati registrati si propone la seguente interpretazione stratigrafica:

<i>Profondità</i>	<i>Descrizione</i>
0 – 0,8	Preforo con trivella / Trapano
0,8 – 1,5	Materiale con numero colpi 2-7 – materiale argilloso, flysh molto alterato
1,5 - 1,8	Materiale con numero colpi 10-46 – materiale argilloso, flysh alterato con presenza di livello resistente riconducibile ad arenaria
1,8 – 2,3	Materiale con numero colpi 15-22 – livello riconducibile a flysch moderatamente alterato
2,3 – 2,5	Materiale con numero colpi 24-100 – livello riconducibile a flysch da moderatamente alterato a compatto

Al termine della prova non si è rilevata la presenza di acqua.

### 3.2.3 Prova penetrometrica dinamica DP 1 o DIN 1 -2019

La prova è stata effettuata all'interno del sedime della futura costruzione; è stata interrotta alla profondità di 2,3 m (rifiuto) circa da piano campagna (vedi diagramma di prova in allegato). Sulla base dei dati registrati si propone la seguente interpretazione stratigrafica:

<i>Profondità</i>	<i>Descrizione</i>
0 – 0,8	Preforo con trivella / Trapano
0,8 – 1,7	Materiale con numero colpi pari a 0 – materiale con caratteristiche di resistenza nulle, livello riconducibile a flysch molto alterato
1,7 – 1,9	Materiale con numero colpi 14-57 – materiale riconducibile a flysch moderatamente alterato / poco alterato - con livello resistente riconducibile arenaria a prof di 1,8 m
1,9 – 2,3	Materiale con numero colpi 21 - 100 – livello riconducibile a flysch da poco alterato a compatto (livello di arenaria resistente)

Al termine della prova la profondità della falda è risultata pari a 1,2 m.

### 3.2.4 Prova penetrometrica dinamica DP 2 o DIN 2 -2019

La prova è stata effettuata all'interno del sedime della futura costruzione; è interrotta alla profondità di 4,7 m (rifiuto) circa da piano campagna (vedi diagramma di prova in allegato). Sulla base dei dati registrati si propone la seguente interpretazione stratigrafica:

<i>Profondità</i>	<i>Descrizione</i>
0 – 0,8	Preforo con trivella / Trapano
0,8 – 2,8	Materiale con numero colpi 2-4 – materiale argilloso, flysh molto alterato
2,8 – 3,6	Materiale con numero colpi 5-15 – materiale argilloso, flysh alterato
3,6 – 4,3	Materiale con numero colpi 24-36 – livello riconducibile a flysch da moderatamente alterato a poco alterato con livello resistente di arenaria tra 3,6 e 3,7 m
4,3 – 4,7	Materiale con numero colpi 50-100 – livello riconducibile a flysch da poco alterato a compatto

Al termine della prova si è rilevata la presenza di acqua a circa 2,4 m di profondità

### 3.3 Prove geofisiche

Nel corso dell'indagine è stato predisposto un profilo sismico a rifrazione, una linea Masw e una prova HVSR. La posizione delle prove (condizionata dalla possibilità di accedere con le attrezzature e dalla presenza di soletta superficiale in cemento, è la seguente:



#### 3.3.1 Indagine sismica a rifrazione, MASW, HVSR

(la presente attività è stata svolta con la collaborazione del dr. Geol. P. Marsich)

Per stabilire la profondità del substrato roccioso è stata eseguita un'indagine sismica a rifrazione. Tale metodologia di indagine geofisica 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.

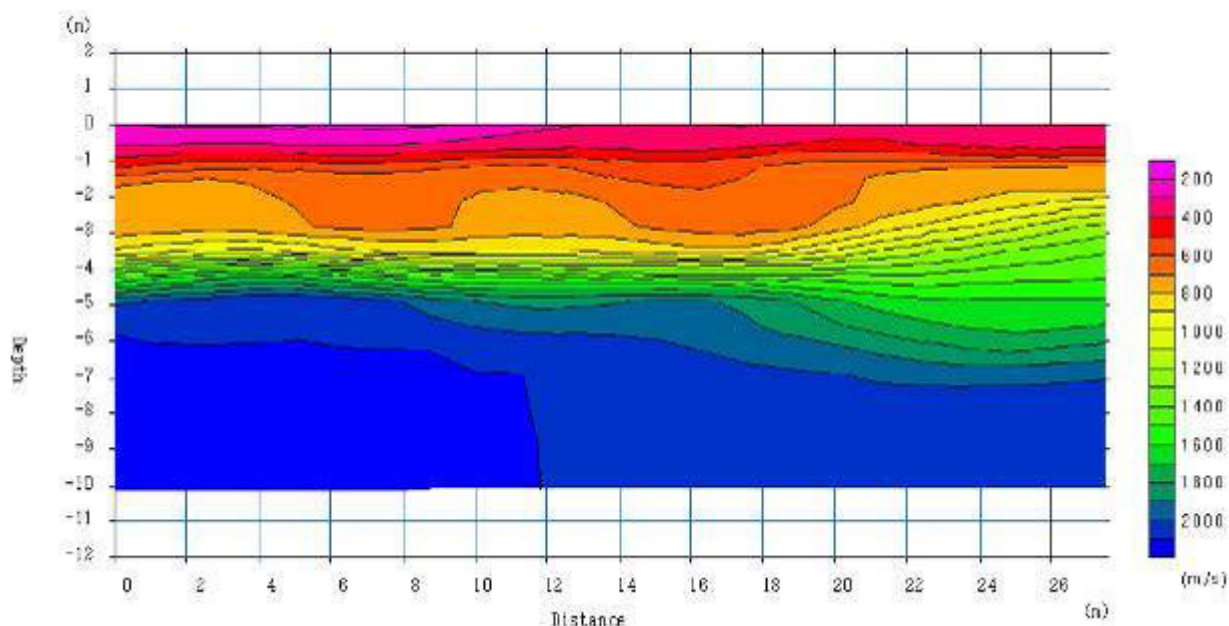
Per l'esecuzione dell'indagine sono state impiegate onde sismiche di compressione (tipo "P").

Sono stati utilizzati, per la registrazione dei sismogrammi in campagna, un sismografo PASI 16SG24N 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 è stato eseguito un profilo a 12 geofoni con spaziatura pari a 2.5 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 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***



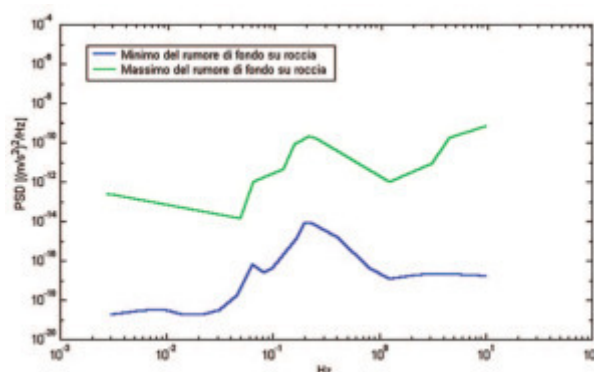
Il profilo sismico *TS1* ha evidenziato la presenza di un orizzonte superficiale, contraddistinto da velocità di propagazione delle onde elastiche comprese tra 200 e 900 m/s. Tali velocità sono ascrivibili, nel caso in esame, alla presenza di un terreno sciolto. Per tale sismostrato è stato rilevato uno spessore variabile tra 2.5 m e 4 m. Al di sotto di tale sismostrato sono state rilevate velocità di propagazione delle onde di 1200-2100 m/s, ascrivibili al substrato roccioso da alterato a parzialmente alterato.

Al fine di determinare la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,30}$ , così come definita al § 3.2.2. delle *Norme Tecniche per le Costruzioni* di cui al D.M. 14/01/2008, sono state eseguite un'indagine sismica passiva a stazione singola H.V.S.R. ed un'indagine sismica con metodologia M.A.S.W. (multi-

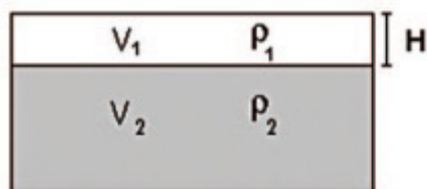
channel analysis of surface waves).

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 ( $\rho_1$  e  $\rho_2$ ) 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 ( $\lambda$ ) 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 dell'indagine sismica passiva 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:  $\leq 0.2\%$
- Resistenza d'isolamento:  $\geq 10 \text{ M}\Omega$
- Temp. funzionamento: da -25°C a + 55°C

L'acquisizione è stata eseguita 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 7.0 Academy, ricampionandoli a 128 Hz ed utilizzando una finestra temporale di 20 s per il calcolo del rapporto spettrale H/V.

L'indagine ha evidenziato un picco nella curva del rapporto spettrale alla frequenza di 10.4 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): 10.4 ( $\pm 0.3$ )*

*Peak HVSR value: 9.5 ( $\pm 0.9$ )*

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

#1.  $[f_0 > 10/L_w]: 10.411 > 0.5 \text{ (OK)}$

#2.  $[n_c > 200]: 19990 > 200 \text{ (OK)}$

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

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

#1.  $[ \text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f^-) < A_0/2 ]$ : yes, at frequency 2.6Hz (OK)

#2.  $[ \text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f^+) < A_0/2 ]$ : yes, at frequency 12.6Hz (OK)

#3.  $[A_0 > 2]$ :  $9.5 > 2 \text{ (OK)}$

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

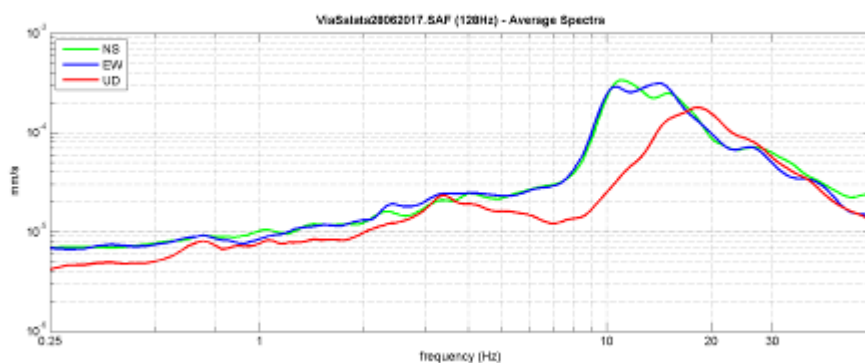
#5.  $[\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)]$ :  $0.341 < 0.521 \text{ (OK)}$

#6.  $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$ :  $0.940 < 1.58 \text{ (OK)}$

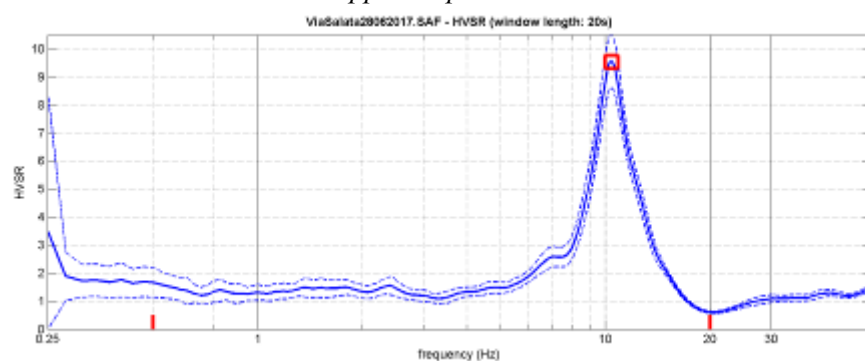
L'esito dei criteri di valutazione risulta positivo.



### Spettri delle tre componenti

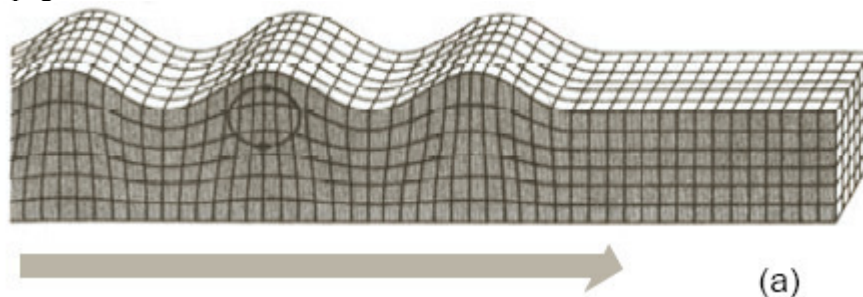


### Rapporto spettrale H/V



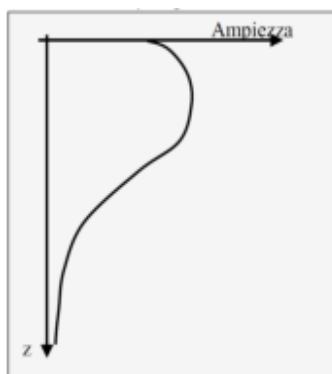
La metodologia chiamata M.A.S.W. si basa sull'analisi della propagazione, lungo un profilo, delle onde superficiali denominate onde di Rayleigh e prevede che tali onde vengano generate artificialmente mediante una percussione al suolo di una massa. Questo tipo di onde superficiali è contraddistinto da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

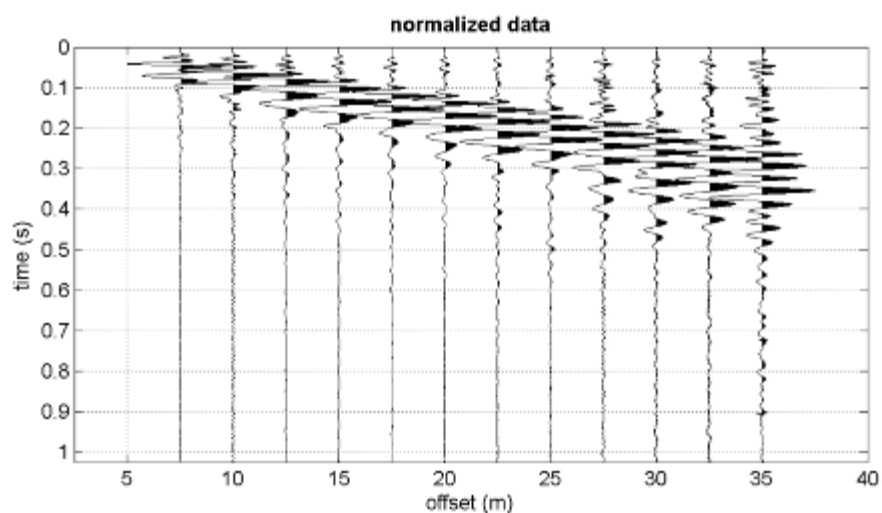
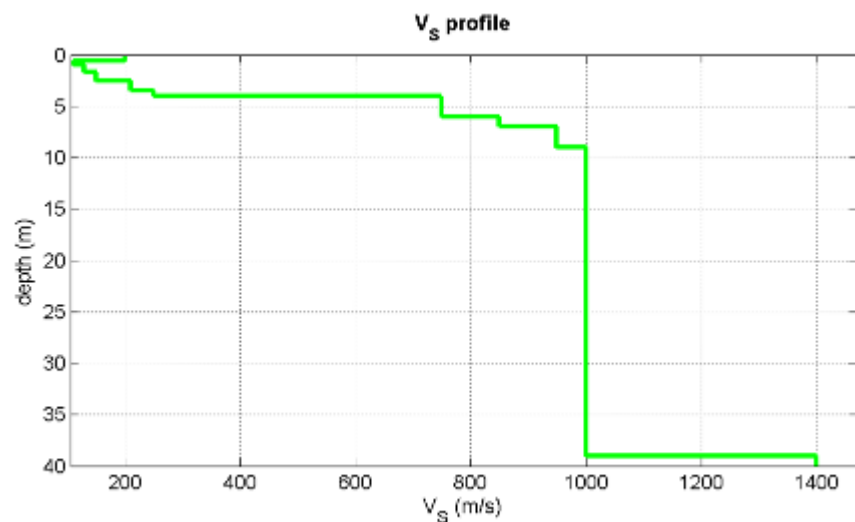
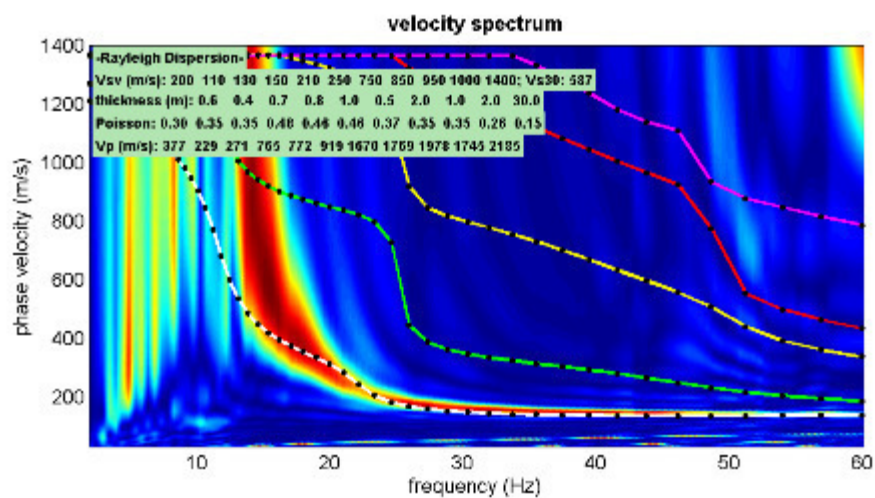
Le onde superficiali in esame possono essere trasmesse sulla superficie di un semispazio uniforme o di un mezzo in cui la velocità di propagazione cambia con la profondità. In questo ultimo caso le onde sono dispersive, cioè le varie componenti a lunghezza d'onda diversa viaggiano con velocità differenti. 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 propagerà 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.

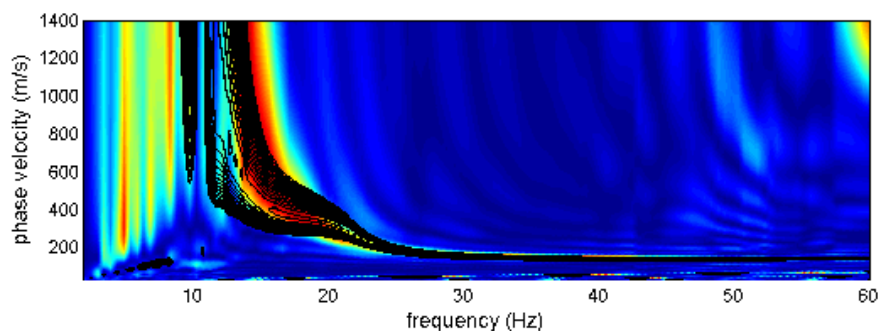
Lo studio delle caratteristiche di dispersione delle onde superficiali costituisce quindi un metodo per la determinazione della velocità di propagazione delle onde S ( $V_s$ ) nelle porzioni più superficiali del sottosuolo.

Per la registrazione dei sismogrammi in campagna sono stati utilizzati la stessa attrezzatura e lo stendimento impiegati per la sismica a rifrazione.

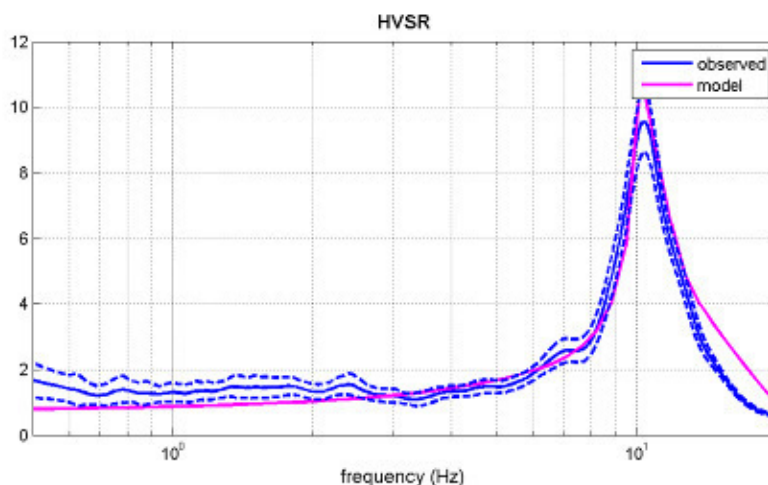
I sismogrammi acquisiti sono stati elaborati con il software winMASW 7.0 Academy, con il quale è stato calcolato lo spettro di velocità.

Per definire il modello di velocità delle onde S è stata eseguita con un'elaborazione congiunta impiegando il grafico del rapporto spettrale, determinato con l'indagine HVSR, e lo spettro di velocità delle onde di Rayleigh, ottenuto con il profilo MASW. La modellazione è stata effettuata sovrapponendo alla curva del rapporto spettrale la curva teorica calcolata con il modello ipotizzato, considerando le onde superficiali, 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 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 con la curva teorica calcolata con lo stesso modello, considerando le onde superficiali (curva magenta).

*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)	
0,60	0,00	0,60	200
0,40	0,60	1,00	110
0,70	1,00	1,70	130
0,80	1,70	2,50	150
1,00	2,50	3,50	210
0,50	3,50	4,00	250
2,00	4,00	6,00	750
1,00	6,00	7,00	850
2,00	7,00	9,00	950
	9,00		1000

Sulla base del modello di distribuzione di velocità delle onde S calcolato, risulta una velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,30}=587$  m/s, considerando nel calcolo i 30 m a partire dalla superficie topografica, mentre risulta una velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,30}=969$  m/s, considerando nel calcolo i 30 m a partire dalla profondità di 4 m dal p.c., dove è stato rilevato il Flysch alterato nel modello sismostratigrafico ( $V_s=750$  m/s,  $V_p=1200$  m/s).

Il substrato di riferimento (bedrock sismico), caratterizzato da  $V_s > 800$  m/s, così come indicato al § 3.2.2 delle NTC, di cui al D.M. 14/01/2008, è stato individuato alla profondità di 6 m dal piano campagna ed a 2 m di profondità dalla quota alla quale è stato rilevato il Flysch alterato (4 m da p.c.). Fino alla profondità di 6 m dal p.c. i terreni sono contraddistinti da una velocità equivalente delle onde S  $V_{s,6}=224$  m/s. A profondità comprese tra quella alla quale è stato rilevato il Flysch alterato nel modello sismostratigrafico (4 m da p.c.) e 6 m il substrato roccioso è caratterizzato da una velocità equivalente delle onde S  $V_{s,2}=750$  m/s.

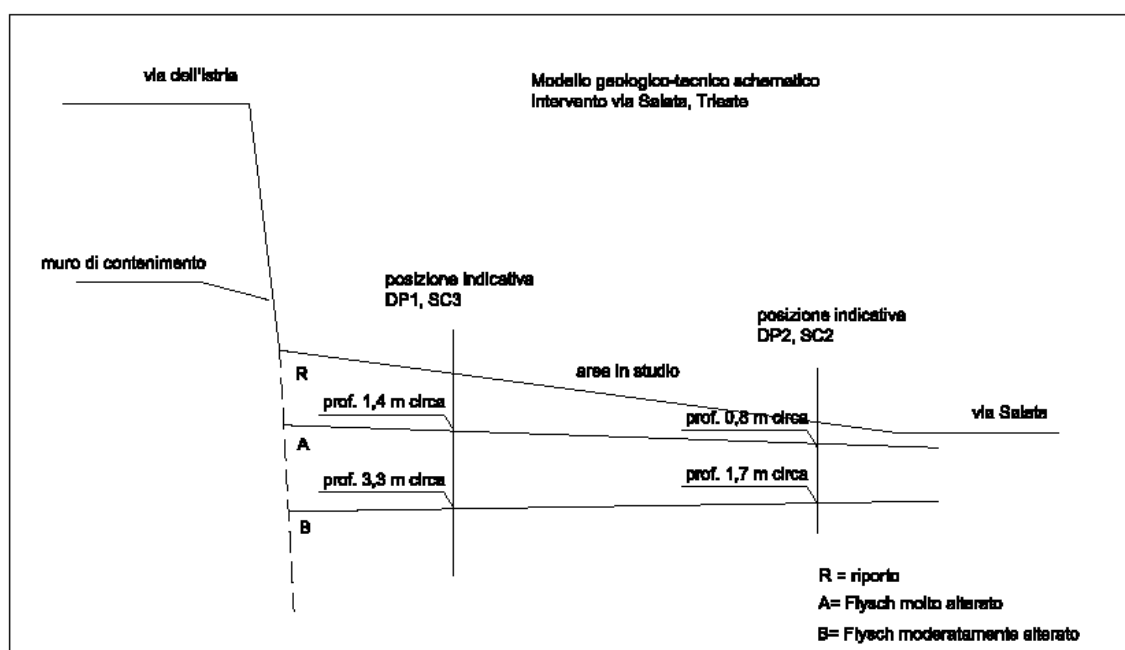
## 4 Considerazioni geotecniche

### 4.1 Modello geologico di riferimento

Sulla base delle conoscenze derivate dalla documentazione a disposizione si propone il seguente modello geotecnico di riferimento relativo al terreno della zona di progetto:

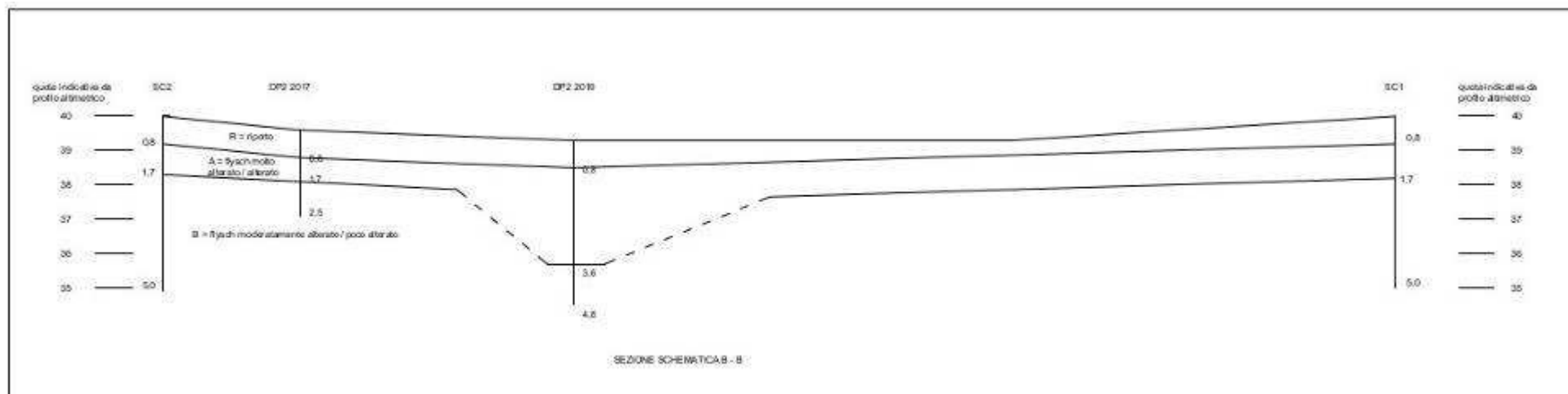


Nella figura sopra, in giallo: posizione delle sezioni del modello geologico-tecnico

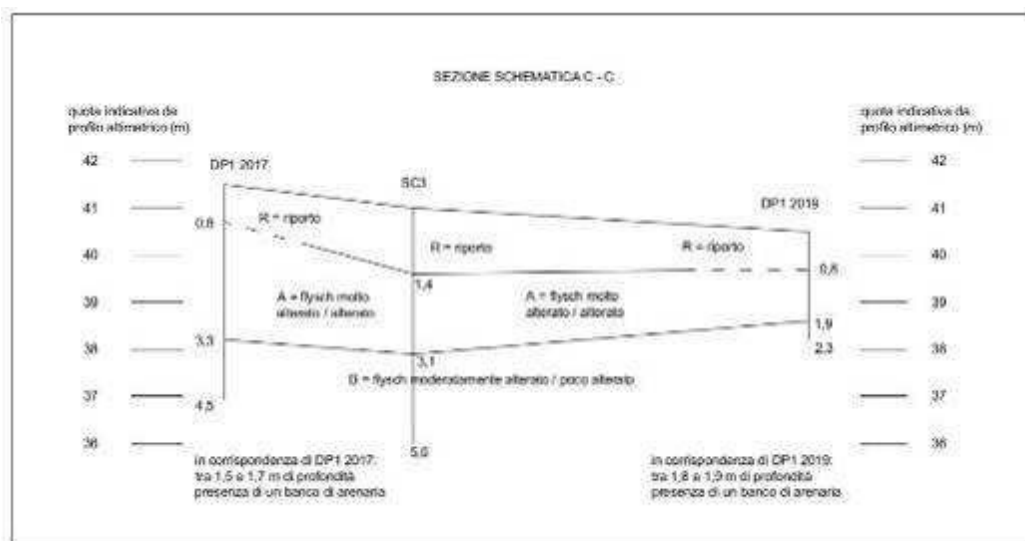


Sezione schematica A-A





Sezione schematica B-B



sezione schematica C-C



Livello	Descrizione	Parametri geomeccanici proposti
		Valore operativo basato sul giudizio
R	Riporto (materiale di )	$\gamma_{\text{sat}} = 1830 \text{ kg/m}^3$
A	Flysch Da molto alterato (numero colpi penetrometria dinamica: 0-4)  a moderatamente alterato (numero colpi penetrometria dinamica: 5-15)	$\gamma_{\text{sat}} = 1850 - 2000 \text{ kg/m}^3$ $\phi = 5-20^\circ$ $E_s = 150 \text{ kg / cm}^2$ $Dr = 28$
B	Flysch da poco alterato, (numero colpi penetrometria dinamica: 15-30 )  a compatto (numero colpi penetrometria dinamica: > 30 )	$\gamma_{\text{sat}} = 1950-2100 \text{ kg/m}^3$ $\phi = 30-35^\circ$ $E_s = 250 - 350 \text{ kg / cm}^2$

Nei paragrafi a seguire verranno proposte le considerazioni geotecniche preliminari dei terreni di fondazione sulla base delle attuali conoscenze del progetto proposto.

#### 4.2 Categoria del suolo di fondazione

In base al rilievo di superficie ed all'interpretazione stratigrafica, alle conoscenze disponibili del sottosuolo, ai fini della azione sismica, si propone il terreno appartenente alla categoria (con riferimento: DM 17/01/2018, punto 3.2.2 - categorie di sottosuolo) secondo l'approccio semplificato, nell'ipotesi di posizionare il piano di fondazione a livello del flysch da moderatamente alterato a poco alterato:

Categoria di suolo	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

### 4.3 Considerazioni generali sulla capacità portante e i cedimenti dei terreni di fondazione

La pressione limite sul terreno di fondazione dotato di attrito e di coesione, può essere valutata utilizzando espressioni generali del tipo [Lancellotta, pg 458; formula di Brinch-Hansen]:

$$q_{lim.} = (1/2 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot A_1 \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma + q' \cdot A_2 \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + c \cdot A_3 \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c) \quad (1) \text{ in cui:}$$

$\gamma'$  = peso proprio del terreno (kN/mc);

$B'$  = larghezza fondazione (m);

$q'$  = sovraccarico del terreno (m);

$c$  = coesione (kN/mq);

$s_\gamma, s_c, s_q$  = fattori di forma della fondazione

$i_\gamma, i_c, i_q$  = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico

$b_\gamma, b_c, b_q$  = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione

$g_\gamma, g_c, g_q$  = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna

$d_c, d_q$  = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa

$A_1, A_2, A_3$  = Fattori di capacità portante che sono indicati anche con la notazione proposta da Terzaghi

$A_1=N_\gamma, A_2=N_q, A_3=N_c$ ; per i parametri sono state proposte varie soluzioni [ad es.: Lancellotta, pg 459].

Sulla base dell'interpretazione litostratigrafica e della valutazione dei parametri geotecnici, nota la geometria del piano di fondazione e lo sviluppo dei carichi, con applicazione della (1), si ottiene una stima della capacità portante dei terreni di fondazione valida per fondazioni superficiali con  $D < B$  ( $B$  = lato inferiore fondazione) e comunque  $B < 2$  m. Per tener conto della dimensione della fondazione, viene proposto l'uso di un fattore di riduzione (Bowles, pg 202) per fondazioni di dimensioni  $> 2$  m da inserire nel primo termine della (1):  $r_\gamma = 1 - 0,25 \log (B/\kappa)$  in cui  $\kappa = 2$  se  $B$  è in metri.

La stima del cedimento di un terreno sottoposto a carico, è data dai termini di cedimento immediato e dal cedimento secondario o di consolidazione.

Per i terreni a comportamento coesivo una stima dei cedimenti si può ottenere applicando:

- per il cedimento immediato:

$$\Delta H = q_0 \cdot B' \cdot \frac{1 - \mu^2}{E_s} \left( I_1 + \frac{1 - 2\mu}{1 - \mu} \cdot I_2 \right) I_F \quad (\text{Bowles, pg 268}) \text{ in cui}$$

$\Delta H$  = cedimento

$q_0$  = carico applicato

$B'$  = minima dimensione laterale dell'area reagente della base

$\mu$  = coefficiente di Poisson

$M_o = E_s$  = modulo edometrico

$I_s$  e  $I_f$  = coefficienti di influenza

- per il cedimento di consolidazione: il metodo dei cedimenti di consolidazione di tipo monodimensionale che nell'ipotesi di terreni normalmente consolidati (NC) è valutato in base alla formula generale:

$$\Delta H = H \cdot (\Delta q / E_s) \quad (\text{Bowles, pg 253}) \text{ in cui}$$

$\Delta H$  = cedimento

$H$  = spessore dello strato

$\Delta q$  = variazione del carico

$E_s$  = modulo edometrico

o in base alla formula del cedimento monodimensionale edometrico

$$\Delta H = H_0 \cdot C_r \cdot \log \left[ \left( \sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v \right) / \sigma'_{v0} \right] \text{ in cui}$$

$C_r = C'_c$  = rapporto di compressione

$H_0$  = spessore dello strato

$\sigma'_{v0}$  = tensione verticale efficace prima dell'applicazione del carico

$\Delta \sigma_v$  = incremento di tensione verticale dovuto all'applicazione del carico

Per la stima dei cedimenti su terreni non coesivi sono stati proposti vari metodi che utilizzano i risultati delle prove penetrometriche: tra questi si può ricordare il metodo di Burland e Burbidge (Lancellotta, pg 507) in cui il cedimento  $S$  è stimato con la seguente:

$$S = f_s * f_H * f_t * \left[ \sigma'_{v0} * B^{0.7} * I_c / 3 + (q' - \sigma'_{v0}) * B^{0.7} * I_c \right] \quad \text{in cui}$$

$q'$  = pressione efficace lorda

$\sigma'_{v0}$  = tensione verticale efficace agente alla quota di imposta della fondazione

$B$  = larghezza della fondazione

$I_c$  = indice di compressibilità (valutato in base al numero di colpi ottenuto nelle prove penetrometriche)

$f_s, f_H, f_t$  = fattori correttivi che tengono conto della forma, dello spessore dello strato compressibile, e della componente viscosa dei cedimenti.

Inoltre:

- nel caso del -DM 17 gennaio 2018 (TU costruzioni), le verifiche agli stati limite ultimi (SLU) prevedono che il valore di progetto dell'azione o degli effetti dell'azione sia inferiore al valore di progetto della resistenza del terreno ( $Ed \leq Rd$ ). La verifica deve essere effettuata combinando i diversi gruppi dei coefficienti parziali definiti per le azioni (A1,A2), per i parametri geotecnici (M1e M2) e per le resistenze (R1, R2, R3) con i diversi approcci definiti (strutturale e geotecnico);

- nel caso del DM 14.01.2008 (TU costruzioni), le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) relativi ai cedimenti, dovranno tener conto delle specifiche di cedimenti e distorsioni compatibili con la struttura (quindi la migliore stima della portata ammissibile di un terreno deve tuttavia essere valutata in relazione al cedimento del terreno che a sua volta deve essere messo in relazione alla tipologia di manufatto da realizzare).

- per ottenere il valore della  $q_{amm}$  secondo il DM 11/03/1988 ( "metodo tradizionale" ) si divide  $q_{lim}$  per un coefficiente di sicurezza pari a 3 ( $q_{lim} / FS = q_{amm}$ ).

#### 4.4 Valutazioni di massima sulle fondazioni – condizioni statiche

Per la valutazione della capacità portante e dei cedimenti della struttura, si effettuano stime per ipotesi di fondazione a plinto – si svolgono alcune considerazioni per alcune ipotesi di profondità di posa delle fondazioni; in ogni caso non viene presa in considerazione la soluzione di collocare il piano di posa sul terreno di riporto esistente.

Le analisi a seguire sono svolte applicando sia la metodologia del DM 10/03/1998 che quella del DM 17 gennaio 2018 sulla base del modello geotecnico proposto.

Al momento della stesura del presente documento non sono note le soluzioni definitive di progetto, i carichi della struttura. Non sono note inoltre anche eventuali soluzioni di progetto che prevedano la completa eliminazione del terreno di riporto dall'area di sedime in studio.

##### 4.4.1 Ipotesi di fondazione: capacità portante e cedimenti (valutazione secondo DM 11/03/1988 o “metodo tradizionale”)

Per ipotesi di fondazione a plinto di lato  $b=1,5$  m posto a profondità del flysch molto alterato / alterato (inizio circa 0,8 m in corrispondenza della zona anteriore prospiciente a via Salata allineamento SC1-SC2; circa 1,4-1,7 m nella zona posteriore il terreno di proprietà nella zona delle prove SC3 – DP1 2017), sulla base del modello geologico proposto (e tenendo conto della presenza di falda a profondità di 1,8 m circa), si stima una capacità portante secondo i vari autori pari a:

	<i>Hansen</i>	<i>Terzaghi</i>	<i>Meyerhof</i>	<i>Vesic</i>
Q lim (kg / cm <sup>2</sup> )	3,50	4,24	3,31	3,76
Q amm (kg / cm <sup>2</sup> )	1,17	1,12	1,10	1,25

Con un valore di pressione trasmessa al terreno  $q$  pari a 1 kg/cm<sup>2</sup>, si stima un cedimento elastico del piano di fondazione pari a circa 5 mm al bordo e 13 mm al centro. Con le dimensioni della fondazione si stima un modulo di reazione  $k$  (secondo Bowles) pari a 1,35 kg/cm<sup>3</sup>.

L'ipotesi di progetto potrebbe non essere considerata accettabile per quanto relativo ai cedimenti della struttura; inoltre (e a parere dello scrivente è la problematica più importante) si evidenzia che il flysch alterato si presenta frequentemente disomogeneo sia nelle distribuzioni spaziali che nelle caratteristiche geomeccaniche; si consiglia quindi l'impostazione del piano di fondazione a livello del flysch moderatamente alterato o poco alterato (profondità circa 3,3 m nella porzione posteriore, circa 1,7 m nella porzione anteriore del terreno di proprietà con approfondimento fino a 3,5-3,6 m in corrispondenza della prova penetrometrica DP2-2019).

Per ipotesi di fondazione a plinto di lato  $b=1,5$  m posto a profondità del flysch moderatamente o poco alterato, sulla base del modello geologico proposto, si stima una capacità portante secondo i vari autori pari a:

	<i>Hansen</i>	<i>Terzaghi</i>	<i>Meyerhof</i>	<i>Vesic</i>
Q lim (kg / cm <sup>2</sup> )	17,94	12,40	17,82	18,56
Q amm (kg / cm <sup>2</sup> )	5,98	4,13	5,94	6,19

I valori di pressione ammissibile risultano elevati - con un valore di pressione trasmessa al terreno  $q$  pari a circa 1,5 kg/cm<sup>2</sup> (che appare più ragionevole per la tipologia di terreno di fondazione) si stima un cedimento elastico del piano di fondazione pari a circa 1,5 mm al bordo e 3,5 mm al centro. Con le dimensioni della fondazione si stima un modulo di reazione  $k$  (secondo Bowles) pari a 5 kg/cm<sup>3</sup>.

#### 4.4.2 Ipotesi di fondazione : valutazione capacità portante secondo DM 17 gennaio 2018

Per ipotesi di fondazione a plinto posta a profondità del flysch moderatamente alterato e lato  $B=1,5$  m, si stima una resistenza di progetto (stato limite ultimo, approccio 1 combinazione A1+M1+R3 geo; coefficienti parziali  $\gamma_\phi=1,0$   $\gamma_c=1,0$  e per le resistenze  $\gamma_R=2,3$ ; posto  $\phi = 28^\circ$  ottengo secondo la formulazione di Vesic  $N_\gamma= 16,72$  e  $N_q = 14,72$  e trascurando la parte “coesiva”) pari a :

$$R_d = (1/2 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma + q' \cdot N_q + c' \cdot N_c) \cdot A$$

da cui ottengo

$$R_d = (1/2 \cdot 1000 \cdot B \cdot 16,72 + 1000 \cdot 1,7 \cdot 14,72) \cdot A \text{ [kg/mq]}$$

- se le dimensioni della fondazioni sono pari a  $1,5 \times 1,5$  m ( $A = 2,25$  mq),  $R_d = 104270$  kg.

L'azione di progetto  $E_d$  deve pertanto essere  $\leq R_d / \gamma_R =$

$$- E_d \leq 104270 \text{ kg} / 2,3 = 45334 \text{ kg}$$

Nell'ipotesi di carico pari a circa  $1,5 \text{ kg/cm}^2$ ,  $E_d = 33750 \text{ kg} < R_d$ .

L'ordine di grandezza del carico e della pressione sul terreno di fondazione è stimato simile a quello di cui al precedente punto; si considerano accettabili i cedimenti del piano di fondazione.

## 5 Conclusioni

Per quanto fin qui esposto nulla si oppone sotto il profilo geologico-tecnico alla realizzazione dell'intervento di progetto. A seguire note e osservazioni.

- L'area oggetto di studio è caratterizzata dalla presenza di materiale di riporto in superficie, quindi dalla presenza di un livello di flysch alterato o molto alterato seguito da flysch moderatamente poco alterato o poco alterato (associabile a Flysch tipo T3, complesso C2-C3). Dal punto di vista della caratterizzazione geologico-geotecnica, per i terreni in esame si propone il seguente modello:

Livello	Descrizione	Parametri geomeccanici proposti
		Valore operativo basato sul giudizio
R	Riporto (materiale di )	$\gamma_{\text{sat}} = 1830 \text{ kg/m}^3$
A	Flysch Da molto alterato (numero colpi penetrometria dinamica: 0-4)  a moderatamente alterato (numero colpi penetrometria dinamica: 5-15)	$\gamma_{\text{sat}} = 1850 - 2000 \text{ kg/m}^3$ $\varphi = 5-20^\circ$ $E_s = 150 \text{ kg / cm}^2$ $Dr = 28$
B	Flysch da poco alterato, (numero colpi penetrometria dinamica: 15-30 )  a compatto (numero colpi penetrometria dinamica: > 30 )	$\gamma_{\text{sat}} = 1950-2100 \text{ kg/m}^3$ $\varphi = 30-35^\circ$ $E_s = 250 - 350 \text{ kg / cm}^2$

L'andamento dei livelli litotecnici è indicato nelle sezioni inserite nei precedenti paragrafi del presente documento

- In base ai dati disponibili la falda è stata rinvenuta in corrispondenza del punto di prova DP1 2017, ad una profondità di circa 1,7-1,8 m, nella prova penetrometrica DP1 2019 a profondità di 1,2 m e nella prova penetrometrica DP2 2019 a profondità di 2,4 m. Si evidenzia la variabilità del livello di falda (anche in funzione della stagione); la presenza di acqua deve essere adeguatamente considerata nella esecuzione dei lavori relativi agli scavi di fondazione
- il Comune di Trieste è comune sismico di zona 3:

Codice ISTAT	Denominazione	Nuove zone sismiche	Aree di alta/bassa sismicità	Zone sismiche previgenti (dgr 2325/2003)
6032006	Trieste	3	bassa	4

- In base a quanto previsto dal DM 17/01/2018, per opere ordinarie  $V_n \geq 50$  anni ed edifici ordinari – classe d'uso II, i parametri di pericolosità sismica sono (programma NTCver1.0.3 del Consiglio Superiore Lavori Pubblici; programma Piano Spettri, StaData):

$T_R$ (anni)	$A_g$ [g]	$F_0$	$T_c^*$ [sec]
30	0.031	2.584	0.208
50	0.041	2.574	0.228
475	0.11	2.495	0.324
975	0.139	2.575	0.335



- Classificazione delle condizioni topografiche. Secondo quanto previsto nelle tabelle 3.2.IV e 3.2.VI delle NTC: la superficie topografica, il sito può essere classificata come appartenente alla categoria: 'T1': "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ "
- In base al rilievo di superficie ed all'interpretazione stratigrafica, alle conoscenze disponibili del sottosuolo, sulla base dei risultati delle prove geofisiche, ai fini della azione sismica, si propone il terreno appartenente alla categoria (con riferimento: DM 17/01/2018, punto 3.2.2 - categorie di sottosuolo) secondo l'approccio semplificato, nell'ipotesi di posizionare il piano di fondazione a livello del flysch da moderatamente alterato a poco alterato:

<i>Categoria di suolo</i>	<i>Descrizione</i>
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

- Sulla base delle prove effettuate sul terreno naturale superficiale si indica una frequenza di vibrazione dei terreni pari a  $f_0 = 10$  Hz.
- In applicazione a quanto previsto dal DM 11/03/1988 ("metodo tradizionale"), in ipotesi di fondazione a plinto (lato = 1,5 m) a profondità del flysch moderatamente alterato, si stima una capacità portante ammissibile compresa tra 4,1 e 6,1 kg/cm<sup>2</sup>; ipotizzando di adottare una pressione di esercizio (inferiore alla  $q_{amm}$ ) trasmessa al terreno di 1,5 kg/cm<sup>2</sup> i cedimenti del piano di fondazione risultano compresi tra 1,5 e 3,5 mm.
- In applicazione a quanto previsto dal DM 2018 ("metodo agli stati limite"), in ipotesi di fondazione a plinto (lato = 1,5 m) a profondità del flysch poco alterato, si è valutato il valore della resistenza di progetto  $R_d = 45334$  kg/cm<sup>2</sup> che risulta maggiore al carico stimato trasmesso alla fondazione pari a  $E_d 33750$  kg/cm<sup>2</sup>.
- I dati di capacità portante e cedimenti sopra indicati, dovranno essere verificati a cura del progettista strutturale cui rimane in carico la adozione dei parametri geomeccanici definitivi; si dovrà effettuare la verifica finale della capacità portante (stato limite ultimo) e dei cedimenti dei terreni di fondazione (stato limite di esercizio) alla completa definizione del progetto (alla tipologia di struttura e dei carichi, delle dimensioni delle strutture di fondazione, alla definizione dei cedimenti ammessi). Da verificare anche portata e cedimenti in condizioni dinamiche.
- In fase di esecuzione degli scavi per la realizzazione delle fondazioni è necessario controllare / verificare il fondo scavo al fine del rispetto delle previsioni della presente relazione. Da considerare la presenza d'acqua nelle fasi di scavo al fine di adottare le misure tecniche per l'allontanamento delle acque.
- Si evidenzia inoltre che in fase di realizzazione del progetto definitivo-esecutivo dovranno essere ri-valutati gli effetti che l'intervento in progetto può avere sulle strutture esistenti (edifici a destinazione abitativa esistenti, muri di contenimento di sedi stradali).
- I terreni su cui è previsto l'intervento progettuale al momento non sono interessati da fenomeni di instabilità. Per la realizzazione dei lavori in sicurezza si ricorda inoltre che per (D.Lgs. 81/2008, art. 119 c.1): "1. Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, alla applicazione delle necessarie armature di sostegno."

Sulla base dei dati a disposizione che non indicano la presenza di rischi geologico gravanti sulle aree interessate dall'intervento, sulla base delle prove effettuate, tenendo in considerazione la posizione delle fondazioni impostate a livello del flysch moderatamente alterato, si dichiara la completa compatibilità degli interventi in progetto in relazione agli eventuali rischi geologici rilevati ed all'equilibrio idrogeologico e geostatico dell'area.

La presente dichiarazione viene aggiornata tenendo conto anche della modifica del progetto con riduzione delle superfici dei fabbricati in costruzione nell'area per la presenza di una condotta fognaria al di sopra della quale non è prevista la costruzione di volumi edilizi.

li, 1 agosto 2023

dott. geol. Paolo Pozzar



---

## 6 Riferimenti normativi e bibliografici

- DM 11.3.1988. 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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. SO GU n° 127 del 1.6.1988
- DM 16.1.1996. Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- OPCM 3274/2003 (e successive modifiche e integrazioni). Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- DM 14.01.2008. Norme tecniche per le costruzioni.
- DECRETO 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». (18A00716) (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8
- Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 recante "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018" (Gazzetta Ufficiale 11/2/2019, n. 35 - Suppl. ord. n. 5)
- Min. Infrastrutture e trasporti. CIRCOLARE 2 febbraio 2009 , n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- Bowles J.E., 1991. Fondazioni - progetto e analisi. McGraw-Hill Italia, Milano.
- Casadio M., Elmi C., 1995. Il manuale del geologo. Pitagora, Bologna.
- Cestari F., 1990. Prove geotecniche in sito. Geograph, Segrate.
- Colombo P., 1974. Elementi di geotecnica. Zanichelli, Bologna.
- Crespellani T (a cura di), 1999. Ingegneria geotecnica nelle aree sismiche. CISM, Udine.
- Fois D., 1995. Corso di Costruzioni, Calderini.
- Lancellotta R., 1987. Geotecnica. Zanichelli, Bologna.
- Terzaghi K., Peck R:B., 1984. Geotecnica. Utet, Torino.
- Martinis B., 1993, Storia geologica del Friuli, Arti Grafiche Friulane.
- Tanzini M., 2006. Fondazioni, Flaccovio.
- Carbonella R., Rispoli F., Franceschini M., Fondazioni superficiali-quaderno di approfondimento alle Linee Guida NTC 2008-gruppo interregionale Ordine dei Geologi.
- Comune di Trieste, 2013. Piano regolatore generale comunale – variante generale. Studio geologico, parere di compatibilità (LR 27/88). Norme geologico tecniche

## 7 Allegati

<b>Allegato</b>	Progetto (estratto – fuori scala)
<b>Allegato</b>	Corografia generale (mappe terrestri)
<b>Allegato</b>	Conoscenze geologiche disponibili
<b>Allegato</b>	Prove effettuate nella zona in studio

\

**Allegato**

**Progetto**

**(Estratto fuori scala)**



**Allegato**

**Corografia generale**

**(mappe terrestri)**



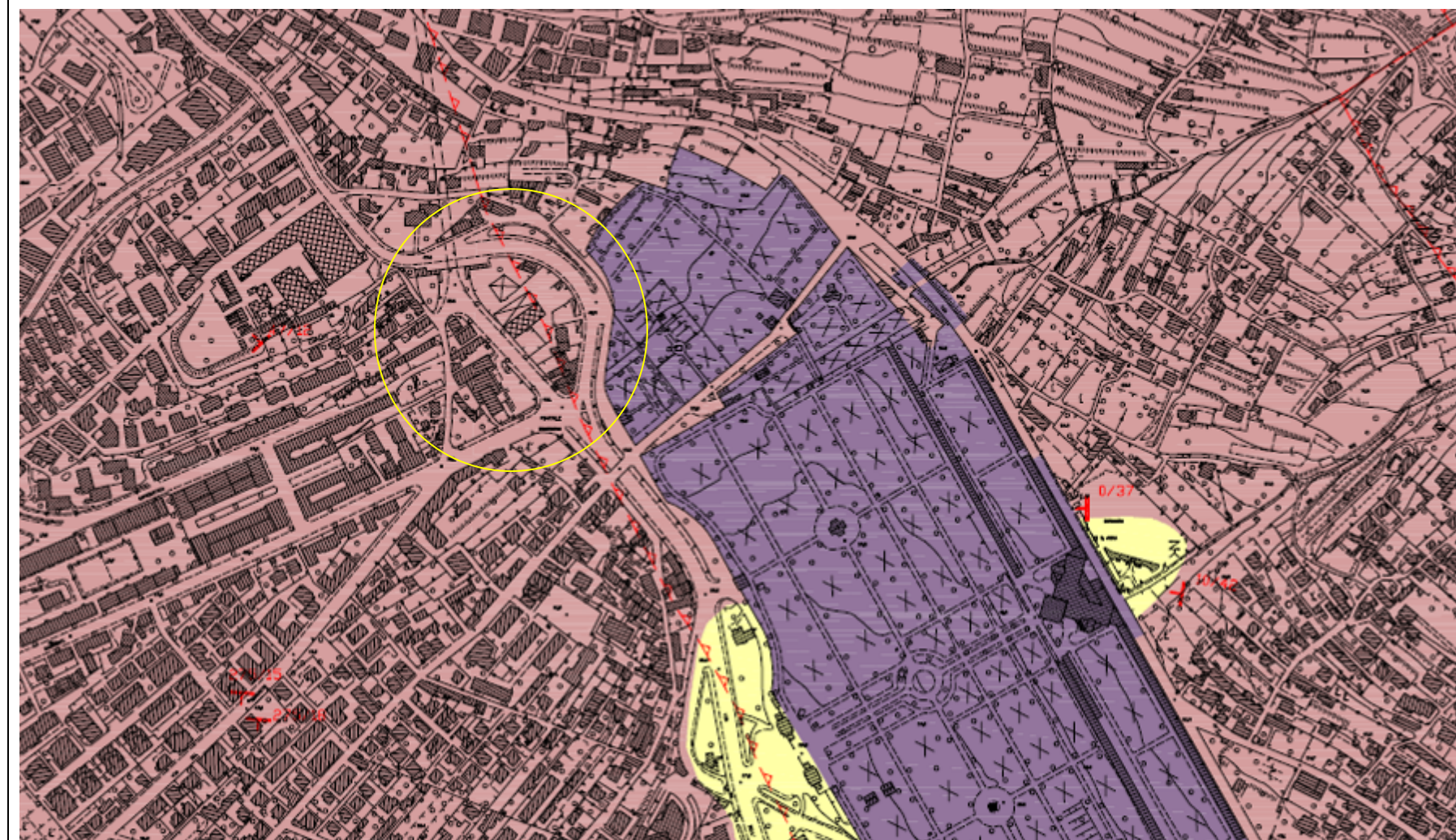


Inquadramento generale dell'area di progetto (dai tipi googlemaps fuori scala); con tratto giallo l'area di indagine, corografia generale

## **Allegato**

### **Conoscenze geologiche disponibili**





## STUDIO GEOLOGICO

### CARTA DELLA LITOLOGIA SUPERFICIALE

Data: 27/06/2013

Scala 1:5000 - CTRN aggiornata a cura del Comune

**GL**  
TAVOLA 6

#### LEGENDA

##### COPERTURE QUATERNARIE

- R : riporto, accumulo artificiale detritico e / o inerte
- DF : detrito di falda
- GM : sedimenti prevalentemente ghiaiosi con limi e argille
- M : sedimenti prevalentemente limoso-argillosi
- MG : sedimenti prevalentemente limoso-argillosi con ghiaie
- MS : sedimenti prevalentemente limoso-argillosi con sabbie
- MSG : sedimenti prevalentemente limoso-argillosi con ghiaie e sabbie
- SMG : sedimenti prevalentemente sabbiosi con limi, argille e ghiaie
- TR : terre rosse
- DV : detrito di versante pleistocenico; ghiaie cementate, breccie

##### FLYSCH DI TRIESTE (Lutetiano pl.p.)

- Facies mamoso-arenacea  
(alternanze di marme ed arenarie con una percentuale di arenarie variabile da 30% a 70%)
- Facies arenacea  
(arenarie, intercalazioni marmose con netta prevalenza di arenarie)
- Facies marmosa  
(marme, intercalazioni mamoso-arenacee con netta prevalenza di marme)

##### CALCARI DEL CARSO TRIESTINO (Cenomaniano sup - Culsiano medio)

- Calcarif

##### SIMBOLI

- 0/30 : Giuntura della stratificazione
- + : Stratificazione orizzontale
- 90/32 : Stratificazione rovesciata
- + : Stratificazione verticale
- : Faglia
- : Faglia sepolta / presunta
- : Sovrascorrimento
- : Sovrascorrimento sepolto / presunto
- : Confine comunale





# STUDIO GEOLOGICO CARTA DELLA ZONIZZAZIONE GEOLOGICO TECNICA

Data: 27/06/2013

Scala 1:5000 - CTRN aggiornata a cura del Comune

**GZ**

TAVOLA 6

## LEGENDA

- ZG1
- ⊕ Dolina con diametro minore di 50 m - ZG1
- ZG2
- ZG3
- ZG4
- ZG5
- ZG6
- ZG7
- Limite superiore della zona soggetta a verifica della quota altimetrica di sicurezza nel confronti del fenomeno di Ingressione marina
- Confine comunale

### 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.

Estratto da: Comune di Trieste, Studio geologico – carta della zonizzazione geologico tecnica (riprodotto con legenda, fuori scala) – nel circoletto giallo l'area di pertinenza



## **Allegato**

### **prove effettuate nella zona in studio**

#### **Posizione prove**

- ☐ **Sondaggio n° 1 (SC1) – stratigrafia e foto**
- ☐ **Sondaggio n° 2 (SC2) - stratigrafia e foto**
- ☐ **Sondaggio n° 3 (SC3) - stratigrafia e foto**
  
- ☐ **Prova penetrometrica dinamica 1 – DP1 (2017)**
- ☐ **Prova penetrometrica dinamica 2 – DP2 (2017)**
- ☐ **Prova penetrometrica dinamica 1 – DP1 - 2019**
- ☐ **Prova penetrometrica dinamica 2 – DP2 - 2019**
  
- ☒ **Linea sismica Masw (2017)**
  
- ☐ **HVSR 1**





Posizione prove effettuate nel corso della presente indagine – sovrapposta alla rappresentazione grafica sui formati di GoogleMaps rispetto la situazione originaria del sito produttivo



Committente	Skyline srl	Località	Trieste, via Salata
Prova	SC 1	Data	Giugno 2017

profondità	litologia	falda	descrizione
0.2	0.16		Da 0 m a 0,16: soletta in calcestruzzo
0.4	0.30		Da 0,16 m a 0,30: materiale di riporto (geranizzato da prevalente ghiaia calcarea in pezzatura da grossolana a fina, da subarotondata a subangolare, di colore chiaro)
0.6			Da 0,30 m a 0,80 m: materiale di riporto (costituito da sabbia e ghiaia calcarea mal ciottoli da subangolari a subarotondati, argilla, lateriti)
0.8	0.80		Da 0,80 m a 1,73 m: formazione massiva arenacea - flysch livello di materiale argilloso, plastico riconducibile a flysch molto alterato con presenza di clasti (da sabbia a ghiaia in matrice argillosa) Flysch tipo T3, complesso C1-C2
1.0			
1.2			
1.4			
1.6			
1.8	1.73		Da 1,73 m a 4,22 m: formazione massiva arenacea - flysch alternanza di livelli di marna e arenaria tra 1,87 m e 2,0 m livello di arenaria calcarea, moderatamente alterata più compatta tra 2,0 e 2,2 m, colore da grigio a grigio azzurro (light grey n° 7) tipo T3, complesso C2
2.0			
2.2			
2.4			
2.6			
2.8			Da 2,6 m a 4,22 m: formazione massiva arenacea - flysch alternanza di livelli di marna (colore da marrone a nocciola-oro) e arenarie (prevalente colore grigio-grigio azzurro), moderatamente alterate tipo T3, complesso C2-C3 2,90 m - 2,95 m: arenaria 2,95 m - 3,12 m: marna 3,12 m - 3,17 m: arenaria 3,17 m - 3,50 m: marna 3,50 m - 3,55 m: arenaria 3,55 m - 3,84 m: marna 3,84 m - 4,22 m: arenaria
3.0			
3.2			
3.4			
3.6			
3.8			
4.0			
4.2	4.22		profondità finale: 4,22 m
4.4			
4.6			
4.8			
5.0			



Sondaggio n° 1 (SC1) - Foto



Committente	Skyline srl	Località	Trieste, via Solata
Prova	SC 2	Data	Giugno 2017




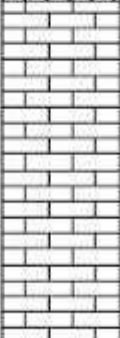
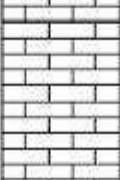
profondità	litologia	falda	descrizione
0.2	0.20		Da 0 a 0.20 m: soletta in calcestruzzo
0.4			
0.6			Da 0.30 m a 0.80 m: materiale di riporto (costituito da sabbia e ghiaia calcarea nel dosato da subangolare a subarotonda, argilla, lateriti)
0.8	0.80		
1.0			Da 0.90 m a 1.70 m: formazione marino arenacea - flysch
1.2			livello di materiale prevalentemente argilloso, plastico (riconducibile a flysch molto alterato) con presenza di ciottoli di sabbia e ghiaia in matrice argillosa
1.4			Flysch tipo T3, complesso C1-C2
1.6			
1.8	1.70		
2.0			
2.2			Da 1.70 m a 5.00 m: formazione marino arenacea - flysch
2.4			alternanza di livelli di marne (colore da marrone a nocciola-rossa) e arenarie (gravelline colore grigio-grigio scuro), moderatamente alterate
2.6			La formazione si presenta inizialmente alterata in forma plastica con maggiore frazione argillosa e diventa via via più compatta
2.8			Da in 2.5 i livelli di marne e arenarie si presentano più compatti e consistenti
3.0			Da in 4.5 è prevalente la frazione di arenaria calcarea
3.2			Flysch tipo T3, complesso C2-C3
3.4			
3.6			
3.8			
4.0			
4.2			
4.4			
4.6			
4.8			
5.0	5.00		profondità frasi: 5,00 m



Sondaggio n° 2 (SC2) - Foto



Committente	Skyline srl	Località	Trieste, via Salata
Prova	SC 3	Data	Giugno 2017

profondità	litologia	falda	descrizione
0.2			Da 0 a 0.40 m: materiale di riporto da 0.0 a 0.30 m: terreno vegetale da 0.1 a 0.4 m: materiale di riporto costituito da sabbia, ghiaia e argilla
0.4			
0.6			Da 0.40 m a 1.0 m: materiale di riporto (costituito da argilla, sabbia e con locali corredi calcarei)
0.8			
1.0			Da 1.0 m a 1.4 m: materiale di riporto (costituito da argilla, localmente sabbiosa ghiaiosa con corredi di arenaria)
1.2			
1.4			
1.6			
1.8			Da 1.40 m a 3.10 m: formazione massiva argillosa - flysch prevalente presenza di materiale argilloso, plastico (mattoni e arenarie molto alterate (colori marrone-ocra) e poco compatte) Flysch tipo T3, complesso C1
2.0			
2.2			
2.4			
2.6			
2.8			
3.0			
3.2			
3.4			
3.6			
3.8			Da 3.10 m a 4.3 m: formazione massiva arenacea - flysch alternanza di livelli di mattoni (prevalenti, colore da mattone a nocciolo-ocra) e arenarie (colore grigio-grigi azzurro), moderatamente alterate. La formazione si presenta in spaccanti alterati in forma pastosa con maggiore frazione argillosa e diventa via via più compatta Flysch tipo T3, complesso C2
4.0			
4.2			
4.4			
4.6			Da 4.3 m a 5.00: formazione massiva arenacea - flysch livelli più compatti di arenarie (colore grigio azzurro) e mattoni (colore mattone) - flysch moderatamente alterato - alterato Flysch tipo T3, complesso C2-C3
4.8			
5.0			profondità totale: 5.00 m



Sondaggio n° 3 (SC3) - Foto

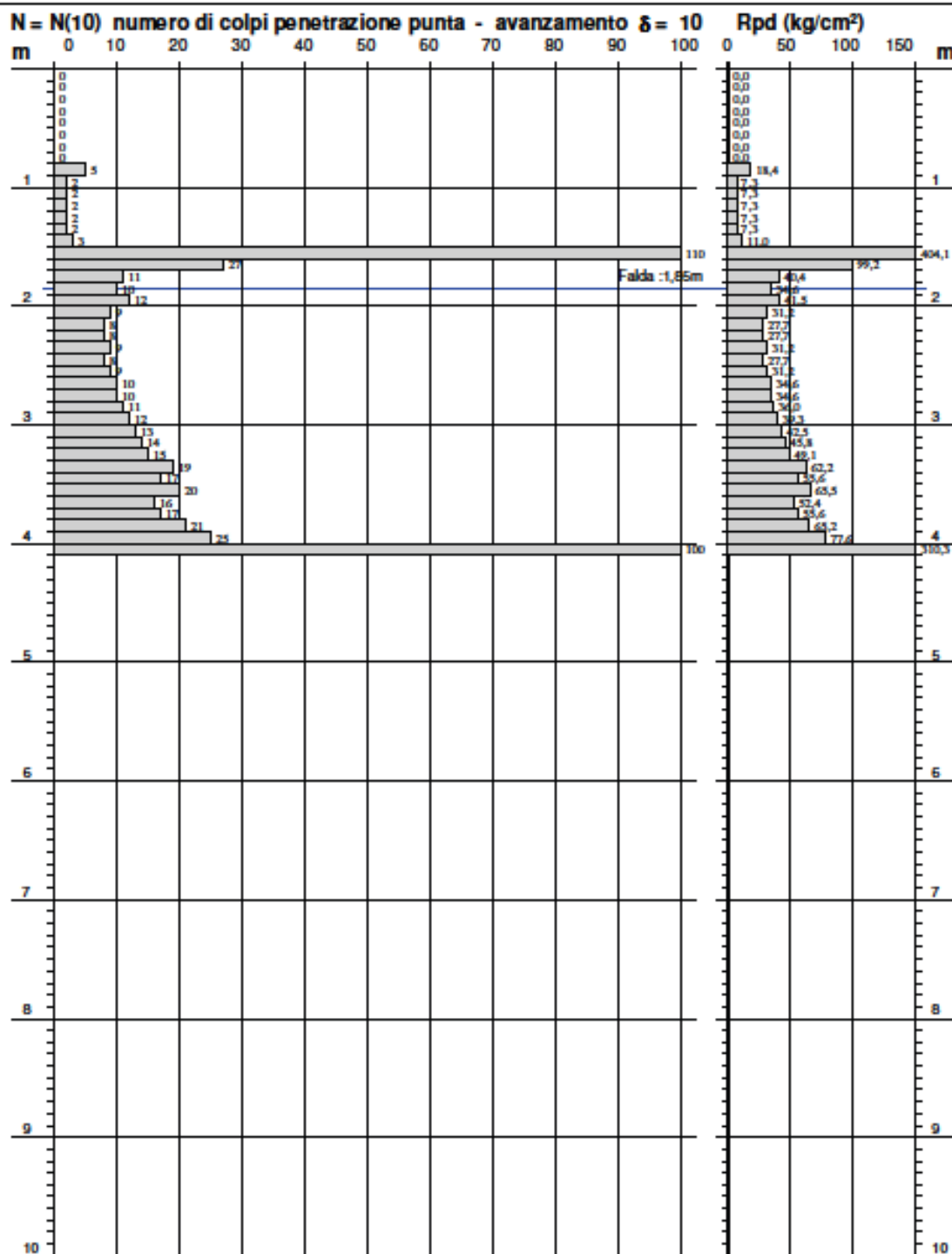
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1 (2017)

Scala 1:50

- committente : dott. geol. Paolo Pozzar  
 - lavoro : Nuova edificazione  
 - località : Siderurgica Morselli via Salata, Trieste  
 - note : preforo 0.80 m

- data : 28/06/2017  
 - quota inizio : p.c.  
 - prof. falda : 1,85 m da quota inizio  
 - pagina : 1



Prova penetrometrica dinamica DP1 effettuata nel corso dell'indagine

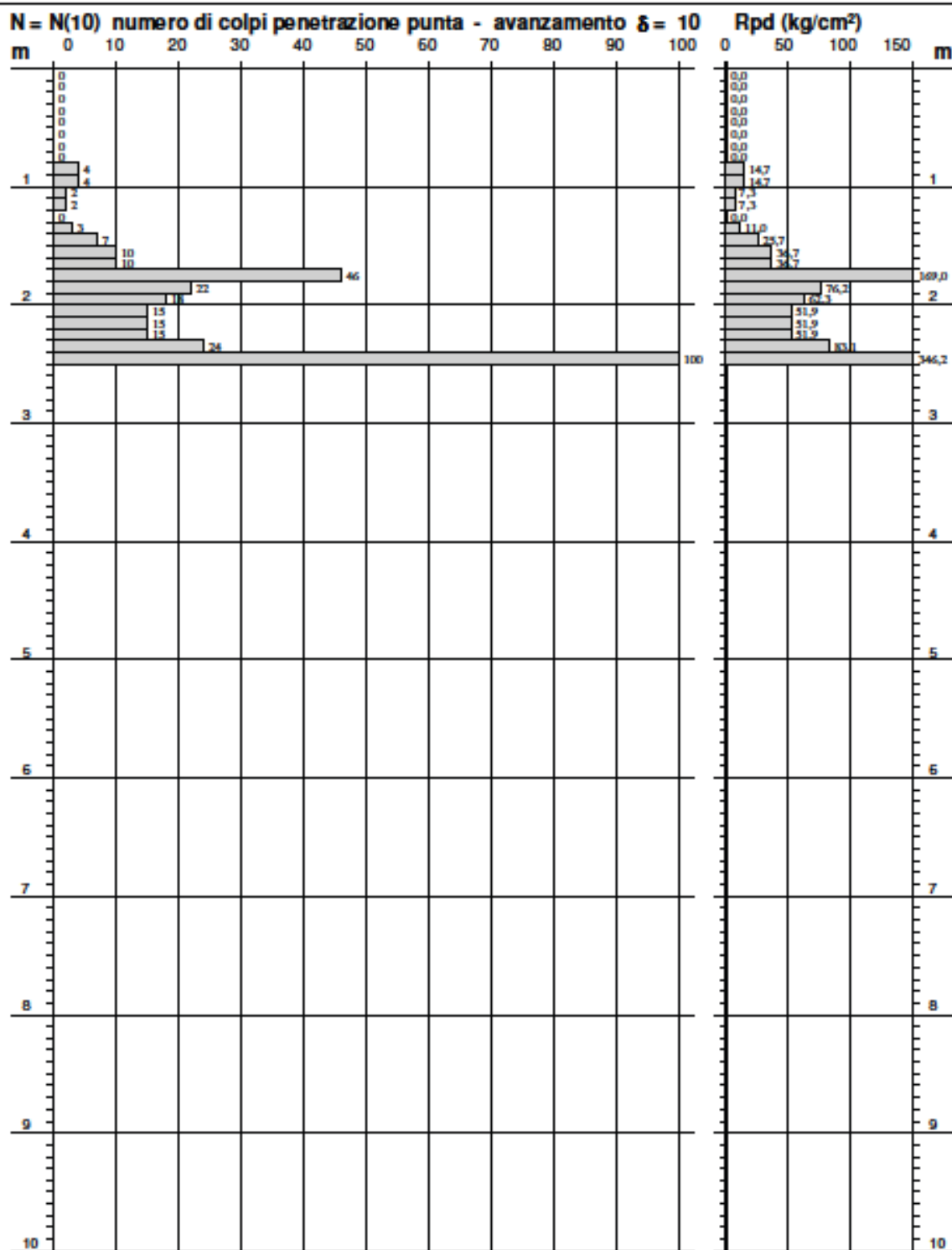
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2 (2017)

Scala 1:50

- committente : dott. geol. Paolo Pozzar  
 - lavoro : Nuova Edificazione  
 - località : Siderurgica Morselli via Salata, Trieste  
 - note : preforo 0.80 m

- data : 28/06/2017  
 - quota inizio : p.c.  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1



Prova penetrometrica dinamica DP2 effettuata nel corso dell'indagine

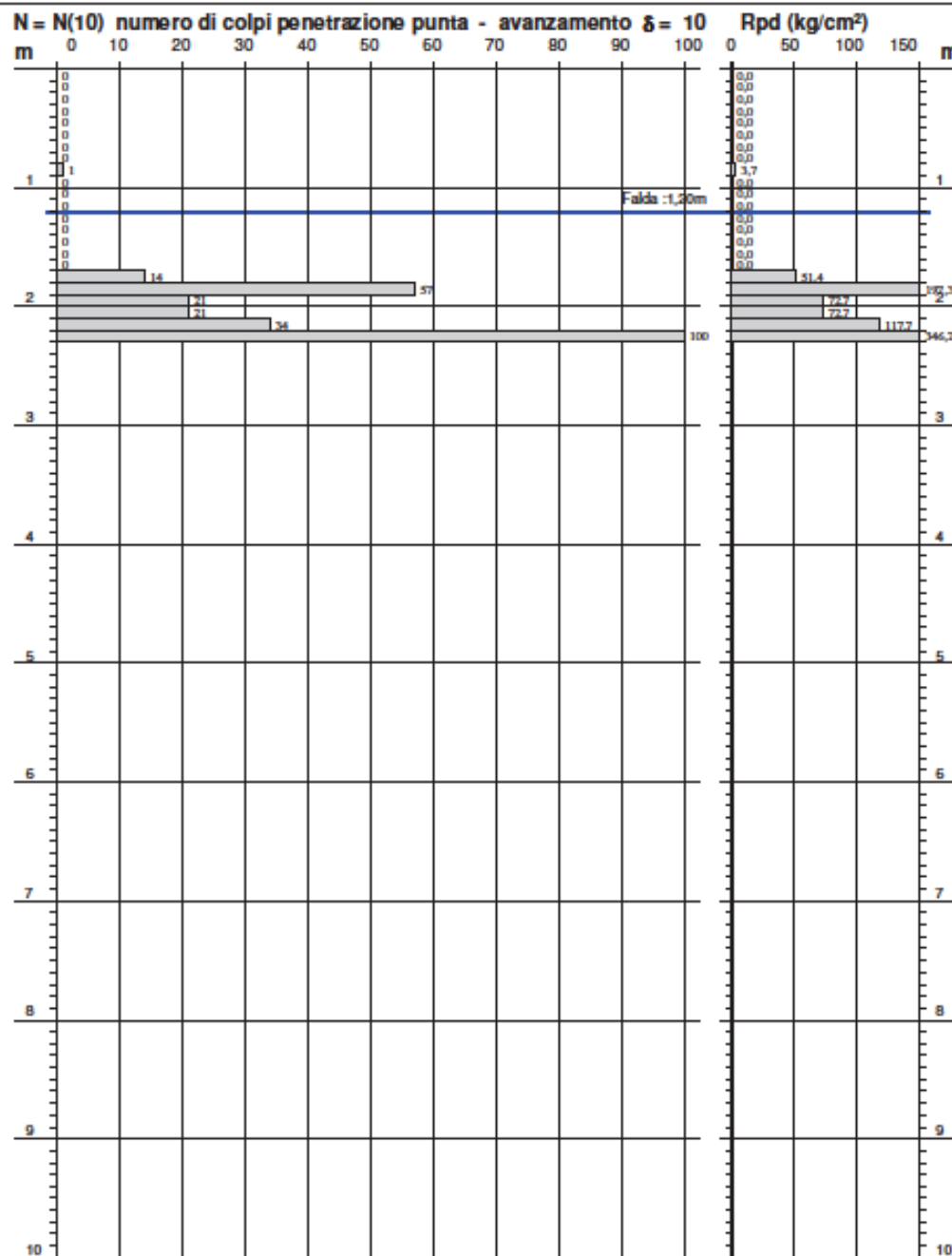
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1 2019

Scala 1:50

- committente : Dott.geol Pozzar Paolo  
 - lavoro : Integrazioni  
 - località : Siderurgica Morselli, via Salata, Trieste  
 - note : preforo 0.80 m

- data : 01/02/2019  
 - quota inizio : p.c.  
 - prof. falda : 1,20 m da quota inizio  
 - pagina : 1



Tel. / fax 040 829440 - cell. 0347 7806995

Prova penetrometrica dinamica DP1-2019 effettuata nel corso dell'indagine

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2 2019

Scala 1: 50

- committente :	Dott.geol Pozzar Paolo	- data :	01/02/2019
- lavoro :	Integrazioni	- quota inizio :	p.c.
- località :	Siderurgica Morselli, via Salata, Trieste	- prof. falda :	2,40 m da quota inizio
- note :	preforo 0.80 m	- pagina :	1

