

COMUNE DI FRAGAGNANO

Provincia di Taranto



LAVORI DI ADEGUAMENTO A NORMA DEI RECAPITI FINALI DELLA RETE DI FOGNATURA PLUVIALE

- PROGETTO ESECUTIVO -

5					
4					
3					
2	Novembre 2018	GMasillo	MBarbara	PStasi	Nota contraddittorio -Rapporto intermedio n.1 - RI-CV861
1	Ottobre 2018	GMasillo	MBarbara	PStasi	Rapporto intermedio n.1 - RI-CV861
0	Settembre 2018	GMasillo	MBarbara	PStasi	Prima Emissione
Em./Rev	Data	Red./Dis.	Verificato	Approvato	Descrizione

Redazione grafica: ETACONS S.r.l. - P.tta S. G. dei Fiorentini n.1 -73100 LECCE Tel(0832)331418/7 Fax(0832)331486 E-mail: mail@etacons.it

Cod. N°: **E134E**

Titolo dell'allegato

Allegato n.

C

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Scala

Progettazione:



- Ing. Primo Stasi

INSERT Ingegneria e Servizi s.r.l. - Ing. Paolo Raho

Dott. Geol. Giuseppe Masillo



Committente:

COMUNE DI FRAGAGNANO (TA)

COMUNE DI FRAGAGNANO

PROVINCIA DI TARANTO



LAVORI DI ADEGUAMENTO A NORMA DEI RECAPITI FINALI DELLA RETE DI FOGNATURA PLUVIALE

Progetto esecutivo

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

ELAB. N.

DATA

novembre 2018

REVISIONE

2

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA & AMBIENTALE

Dott. Geol. Giuseppe MASILLO

Via S. Croce, 66 - 72020 Erchie (BR)

Mail: geologomasillo@gmail.com

Timbro e firma



INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO	4
3. QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE	5
4. IDROGEOLOGIA	9
5. MODELLO GEOLOGICO	10
6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELLE INTERESSATE DAL PROGETTO	12
7. INDAGINI GEOFISICHE ESECUTIVE	14
<i>7.1 Indagine sismica Re.Mi.</i>	14
<i>7.2 Strumentazione e metodologia</i>	16
<i>7.3 Interpretazioni e risultati</i>	19
<i>7.4 Modello sismico locale</i>	22
<i>7.5 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche</i>	22
8. MODELLO GEOTECNICO	24
8.1 Considerazioni sul volume significativo di riferimento	25
8.2 Coefficiente di sottofondazione (Winkler)	25
9. IDROGEOLOGIA E VERIFICA DELLA CAPACITA' DI ASSORBIMENTO RISPETTO ALLE PORTATE DI PROGETTO	26
<i>9.1 Caratteristiche del recapito finale</i>	27
<i>9.2 Prova di permeabilità in pozzetto</i>	29
<i>9.3 Valutazione della capacità di assorbimento del terreno ai fini dello smaltimento delle acque meteoriche negli strati superficiali del sottosuolo (cava)</i>	30
10. CONCLUSIONI	32

1. INTRODUZIONE

E' stato eseguito uno studio geologico con relative indagini geofisiche nelle aree sulle quali saranno realizzati i lavori di **ADEGUAMENTO A NORMA DEI RECAPITI FINALI DELLA RETE DI FOGNATURA PLUVIALE** del Comune di Fragagnano (TA).

Con il DECRETO 17 gennaio 2018 del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI, si definiscono le procedure con cui effettuare una modellazione geologica e geotecnica del sito interessato da opere interagenti con i terreni e rocce. Perciò in ottemperanza alle prescrizioni del suddetto decreto sono state svolte delle indagini per la caratterizzazione dell'area in oggetto, per la definizione del modello geologico del terreno, per la definizione delle caratteristiche geotecniche, definizione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici. Il programma delle indagini e' stato articolato come segue:

- Consultazione dei dati geotecnici stratigrafici e idrogeologici relativi a indagini eseguite dallo scrivente su tutto il territorio di Fragagnano;
- Rilievo geologico e geomorfologico speditivi;
- Esecuzione di n.2 prove sismiche mediante tomografo digitale "Tromino";
- Prova di permeabilità a carico variabile, presso il recapito finale.

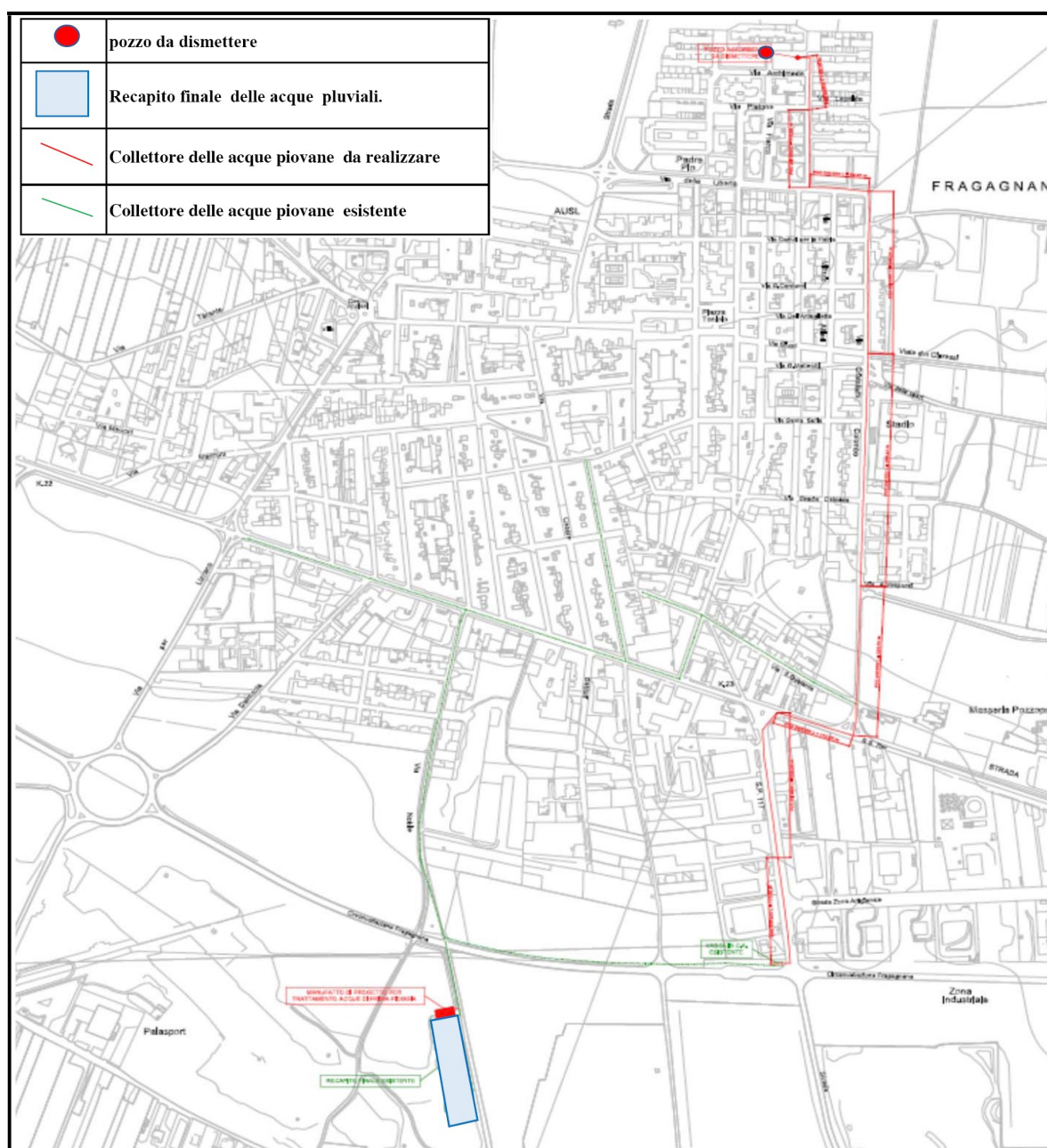
Le indagini sono state necessarie al fine di definire:

- I parametri geotecnici;
- la stratigrafia dell'area e lo spessore dei litotipi affioranti;
- La presenza della falda d'acqua superficiale;
- La categoria del suolo e Vs30 determinata mediante utilizzo di tomografo portatile Mod. Tromino, il quale: misura le frequenze di risonanza dei suoli, gli effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura), la stratigrafia sismica passiva, le Vs30 da fit vincolato della curva H/V e doppia risonanza suolo-struttura;
- Verifica della capacità di assorbimento rispetto alle portate di progetto.

2. LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Le opere di adeguamento consisteranno nella realizzazione di:

- infrastrutture di collettamento della rete di fognatura pluviale attualmente recapitante in un pozzo assorbente di tutte le acque meteoriche che interessano la Zona 167 periodicamente in occasione di forti piogge (più volte all'anno);
- vasche di disabbatura e sgrigliatura per rendere le acque a norma del Piano Direttore della Regione Puglia;
- Adeguamento e dimensionamento del recapito finale negli strati superficiali del sottosuolo (vasca di accumulo e assorbimento).



Le indagini esecutive sono state dunque improntate all'accertamento delle caratteristiche geologico-stratigrafiche dei terreni affioranti che interesseranno sia le tubazioni da porre in opera che gli scavi da effettuare per la realizzazione delle trincee e delle vasche di di sabbatura, nonché idrogeologiche e di permeabilità del recapito finale che risponda ai requisiti del Piano Direttore e quindi del Bando POR, e che sia economicamente valido.

Allo scopo sono stati effettuati:

- una indagine geologica speditiva lungo il percorso delle opere di collettamento e di recapito finale , verificando la stratigrafia a mezzo di scavi aperti per l'esecuzione di altre opere e scavi di fondazioni per la realizzazione di civili abitazioni ;
- una indagine sismica con l'esecuzione di n.3 stendimenti per la caratterizzazione stratigrafico-meccanica dei terreni interessati dalla realizzazione delle opere, in fase di progettazione definitiva del 2004;
- n.2 sondaggi sismici mediante la rilevazione dei microtrempi con lo strumento portatile Tromino per la determinazione del parametro V_{S30} .

3. QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

Nelle aree interessate dallo sviluppo delle condotte da realizzare affiorano i seguenti litotipi:

Depositi alluvionali (Olocene): Sono rappresentati da conglomerati e sabbie limose ed argillose di colore grigio di origine continentale . Trattasi di sedimenti alluvionali, depositi palustri ed eluviali . In particolare a Nord del cordone di dune si sono formati in ambiente palustre retrodunare .Gli spessori sono modesti e non superano gli 1-2 m.

Depositi dunari (Olocene): si tratta di depositi di origine continentale e di natura eolica..Questi depositi bordano tutta la scarpata su cui sorge l'abitato di Fragnano. Queste dune che orlano la vecchia linea di costa sono osservabili solo in trincee scavate nel centro abitato altrimenti e' difficile separarle cartograficamente dalle altre calcareniti e depositi sabbiosi sciolti piu' superficiali.. Le testimonianze di questi depositi nel centro abitato sono poco percettibili, in quanto gli sbancamenti dovuti alle costruzioni hanno via via smantellato nel tempo gli esili spessori di

questo deposito. Si osservano invece molto bene i contorni del cordone dunare , distinguendo perfino le singole dune, ad Est e Nord-Est del Centro Abitato, lungo la strada che costeggia il Cimitero a Sud e a Nord dello stesso lungo la strada che congiunge la S.S.Taranto -Lecce con quella che congiunge gli abitati di Fragagnano e S.Marzano di S.G. all'altezza dell'Ingegna del Patru.

In genere mostrano una discreta diagenesi , un'appena evidente stratificazione obliqua ed una notevole povertà di materiale faunistico. Lo spessore della formazione non supera i 10 m.

Le Dune di Fragagnano restano comunque un testimone geologico e geomorfologico importante per la comprensione della geologia di tutta l'area ionico-salentina, sarebbero pertanto da preservare e tutelare come "geotopo".

Calcareniti post-calabriere: Trattasi di sabbie giallastre e calcareniti a grana media talora argillose e debolmente cementate ,in strati di qualche cm di spessore, intercalati a strati di panchina e con spessori totali che non superano qualche metro ,che passano inferiormente a sabbie argillose. Spesso l'unità presenta intercalazioni di banchi arenacei e calcarenitici ben cementati . Lo spessore di questo banco è variabile con spessori medi variabili da 10 m a 25 m.



Argille subappennine: Si rinvencono in continuità di sedimentazione con le Calcareniti di Gravina. La facies è argilloso-marnosa : si tratta infatti di argille grigie con un elevato contenuto di carbonati (anche il 35%). Fra i minerali argillosi prevalgono l'illite e la caolinite. Localmente si possono osservare grosse lenti sabbiose od addirittura veri e propri livelli estesi per decine di metri. Le caratteristiche meccaniche sono mediocri e la permeabilità bassissima. Le argille affiorano a Ovest di Fragagnano in due lingue e comunque soggiacciono ai depositi dunari ed alle Calcareniti Post-calabriere.

La potenza della formazione è variabile da 60 m (SONDAGGIO N.1) a 40 m (SONDAGGIO

N.2).

Calcarenite di Gravina: Sui calcari e dolomie suddescritte, poggia con discordanza angolare la formazione delle calcareniti di Gravina (Formazione che affiora largamente a Sud del paese di Fragagnano). Tale formazione è composta essenzialmente da calcare granulare tenero, poroso e poco compatto, di colore bianco-giallastro a grana variabile da ruditica a siltitica. I granuli sono di tipo concrezionato, formati cioè da aggregati di particelle a legante calcitico di origine chimica.

In merito al contenuto paleontologico, si osservano abbondanti macrofossili rappresentati da gusci e modelli interni di Molluschi, Brachiopodi e resti di Echinodermi. Le calcareniti di Gravina poggiano in trasgressione sul basamento cretaceo e nella parte a contatto presentano le caratteristiche litologiche di roccia formata in ambiente di mare poco profondo, se non addirittura di costa, con apporti di varia natura.

E' una roccia massiccia con stratificazione quasi assente, Possiede buone caratteristiche tecniche: lavorabilità, capacità portante. E' dotata di permeabilità primaria per porosità. Lo spessore di questo strato e' variabile, ma nella zona potrebbe raggiungere i 100 m.

Calcare di Altamura: trattasi di calcari compatti a frattura irregolare, grigi e nocciola, talora più chiari e porcellanacei, con intercalati calcari dolomitici scuri. Questa formazione è essenzialmente calcarea, costituita da calcari bioclastici di colore avano o bianchi, compatti ed a frattura irregolare o da calcari subcristallini porcellanacei, a frattura concoide. A questi litotipi si intercalano in modo irregolare, calcari dolomitici nocciola, simili a quelli della sottostante unità.

I calcari di Altamura, nelle aree dove affiorano costituiscono delle elevazioni appena accennate.

Petrograficamente i calcari sono costituiti in prevalenza da micriti più o meno fossilifere ed intraclastiche che appaiono talora variamente dolomitizzate. La stratificazione è sempre evidente e netta. Gli strati hanno spessore variabile da 20-30 cm ad oltre un metro. I resti fossili sono più abbondanti in genere che nella formazione sottostante.

Questa formazione è stata deposta in un ambiente marino poco profondo, di piattaforma.

Nell'area di deposizione, nelle immediate vicinanze, è possibile si siano sviluppate localmente scogliere dalla cui demolizione proveniva l'abbondante materiale organogeno che talora costituisce banchi interi.

Rispetto all'acqua questa formazione è localmente permeabile per fessurazione; si tratta infatti di una capacità acquisita e come tale variabile da punto a punto.

La circolazione sotterranea risulta diffusa in una miriade di piccoli filetti e canali sotterranei instauratisi nelle fessurazioni e fratturazioni originarie.

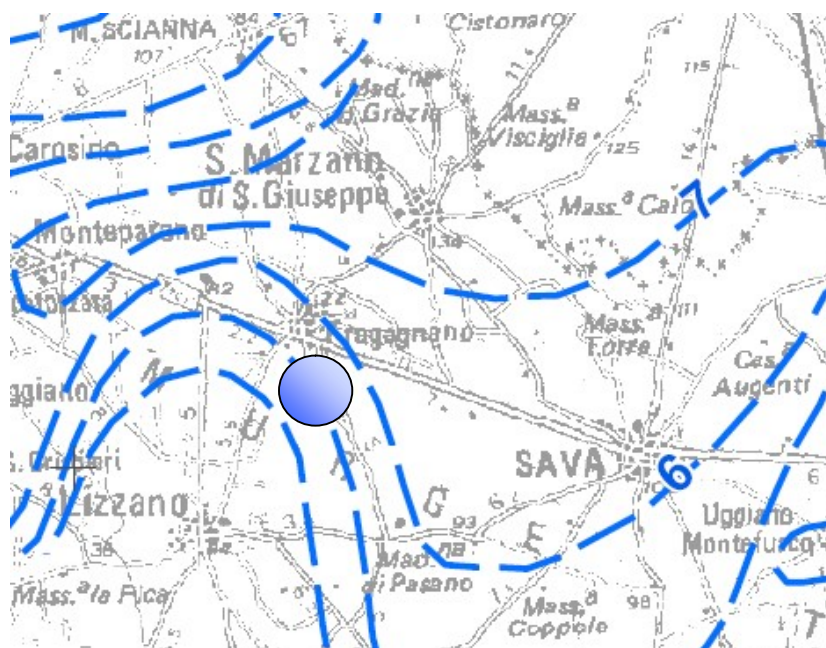
In questo pacco di strati profondi ha sede la falda carsica profonda.

4. IDROGEOLOGIA

La serie idrogeologica presente nell'area in esame, individuata durante il rilevamento geologico, integrato dai dati rilevati da pozzi presenti nei dintorni, è caratterizzata da litotipi calcarenitici, affioranti estesamente nell'area in esame e per uno spessore di oltre 10 m., si tratta di rocce clastiche a basso grado di cementazione, permeabili per porosità ed a luoghi per fessurazione. Tali litotipi presentano, in relazione alle caratteristiche di permeabilità sopra indicate, un valore del Coefficiente di Permeabilità (K_p) mediamente dell'ordine di 10^{-3} cm/sec. Le calcareniti poggiano su depositi limo-argillosi, praticamente impermeabili (Coefficiente di Permeabilità K_p dell'ordine di 10^{-7} cm/sec.). Localmente i depositi argillosi interessano il sottosuolo per notevole profondità, e poggiano su un banco di depositi di natura calcarea, permeabile a luoghi per fessurazione e carsismo.

Sussistendo tali condizioni è possibile il formarsi di una falda superficiale che nell'area d'intervento è ubicata ad una profondità di circa 10 m. dal p.c.; la variazione del livello piezometrico e dello spessore di tale falda è connessa all'andamento del regime pluviometrico, poiché la stessa è alimentata dalle acque meteoriche.

La falda profonda invece si rinviene a notevole profondità nelle bancate calcaree e, trattandosi di falda in pressione, il suo livello piezometrico risale stabilendosi ad 1 mt. s.l.m.; tale falda ha come livello base (efflusso terminale) l'orizzonte marino.





Andamento del livello piezometrico della falda profonda
(da P.T.A. Regione Puglia)

Le acque meteoriche seguono l'andamento delle isoipse, pertanto la morfologia della zona che presenta una blanda inclinazione da N verso S ne favorisce l'allontanamento in maniera diffusa verso la S.S.7 ter.

5. MODELLO GEOLOGICO

Nel pressi dell'area sono stati effettuati, dallo scrivente, sondaggi in occasione del progetto di completamento delle fogna nera e delle realizzazione della fogna pluviale (2002-2004). Lo schema stratigrafico dell'area è il seguente:

SCHEMA STRATIGRAFICO
VASCHE DI GRIGLIATURA E DISABBIATURA

profondita' (in metri)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
25		Calcareniti
30		calcari

Le calcareniti affioranti delle quali il territorio di Fragagnano è ricco, sono rocce lapidee utilizzate da sempre quale materiale da costruzione.



Foto che ritraggono le fasi di l'estrazione dei materiali da cave ancora in esercizio a circa 1 Km dalla cava nella quale si intende effettuare lo scarico delle acque meteoriche trattate.



La stratigrafia evidenzia come le vasche di grigliatura e disabbatura delle acque saranno realizzate all'interno della massa calcarenitica che ha caratteristiche di portanza con valori \gg a **100 t/mc**, molto superiori ai carichi indotti dalle vasche in progetto e con cedimenti trascurabili sia a breve che a lungo termine.

si osservano ancora le superfici di taglio della calcarenite



Foto dalla quale si evince la stratigrafia dell'area ove avverrà la realizzazione della vasca.

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELLE INTERESSATE DAL PROGETTO

L'O.P.C.M. 3519 del 28 Aprile 2006 ha definito i “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (G.U. n.108 del 11/05/2006)” . Il Comune di Fragagnano viene catalogato in **zona sismica 4**.

La mappa riportata di seguito individua la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione del suolo (a_g), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s (ovvero categoria A).

In tale quadro il comune di Fragagnano rientra in un area caratterizzata da valori di accelerazione del suolo (a_g) compresa tra 0.025 e 0.050 m/s.

Nella tabella seguente è individuata ciascuna zona secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	$0.15 - 0.25$	0.25
3	$0.05 - 0.15$	0.15
4	< 0.05	0.05

Tabella 1

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”. L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla “pericolosità di base” del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

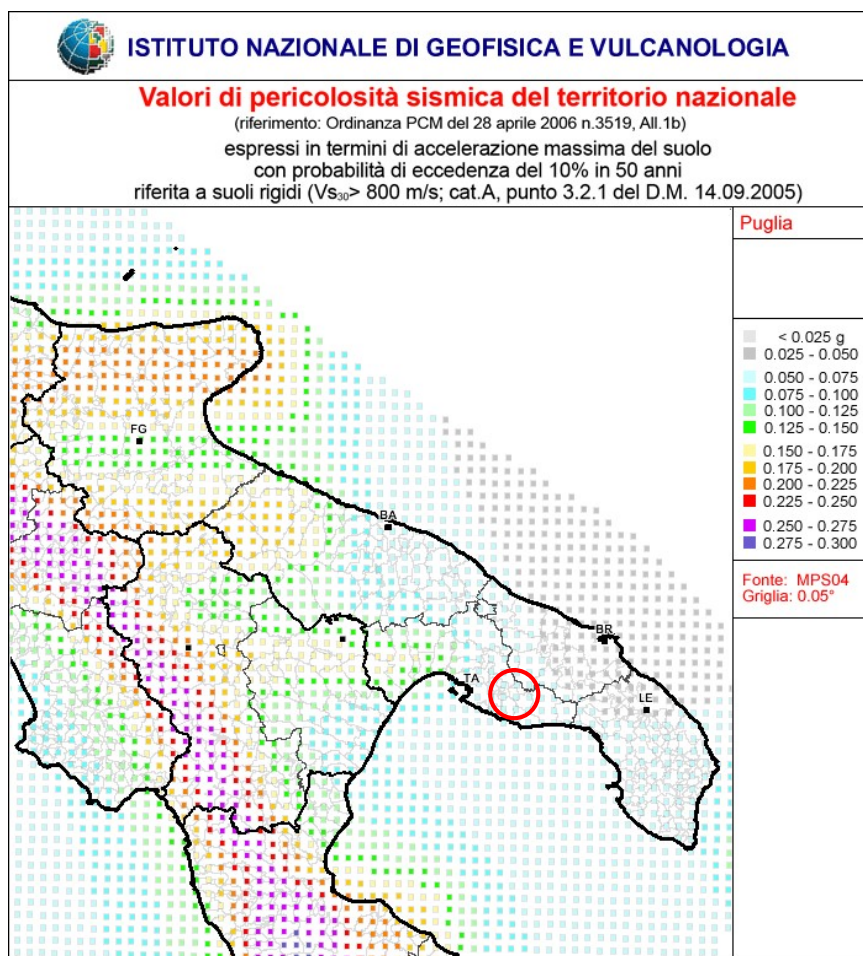


Figura 1: Valori di pericolosità sismica

Codice Istat 2001	Denominazione	Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi del presente documento (2003)
16073001	Avetrana	4	4	4
16073002	Carosino	4	4	4
16073003	Castellaneta	4	3	3
16073004	Crispiano	4	3	3
16073005	Faggiano	4	4	4
16073006	Fragagnano	4	4	4
16073007	Ginosa	4	3	3
16073008	Grottaglie	4	4	4
16073009	Laterza	4	3	3
16073010	Leporano	4	4	4
16073011	Lizzano	4	4	4
16073012	Manduria	4	4	4
16073013	Martina Franca	4	4	4
16073014	Maruggio	4	4	4
16073015	Massafra	4	3	3
16073016	Monteiasi	4	4	4
16073017	Montemesola	4	4	4
16073018	Monteparano	4	4	4
16073019	Mottola	4	3	3
16073020	Palagianello	4	3	3
16073021	Palagiano	4	3	3
16073022	Pulsano	4	4	4
16073023	Roccaforzata	4	4	4
16073024	San Giorgio Ionico	4	4	4
16073025	San Marzano di San G. pe	4	4	4
16073026	Sava	4	4	4
16073027	Taranto	4	3	3
16073028	Torricella	4	4	4
16073029	Statte (1)			3

7. INDAGINI GEOFISICHE ESECUTIVE

7.1 Indagine sismica Re.Mi.

Lo scopo di questa indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo con particolare riferimento al calcolo del parametro Vs30, cioè la velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs30) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche.

L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V.

La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di

stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la velocità media delle onde di taglio V_s calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. E' possibile calcolare la V_{s30} e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008.
- la stratigrafia del sottosuolo con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso;

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

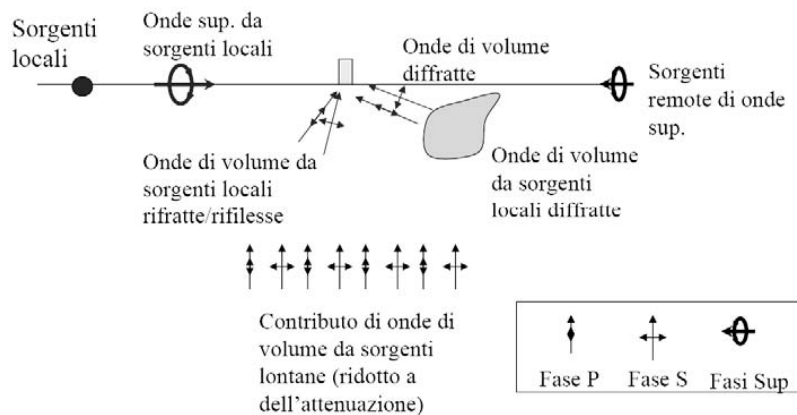
1. dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s,
2. dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda),
3. dalla risposta dello strumento.

Possiamo scrivere questo come:

segnale registrazione al sito x = sorgente * effetti di percorso * funzione trasferimento strumento

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni

atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.



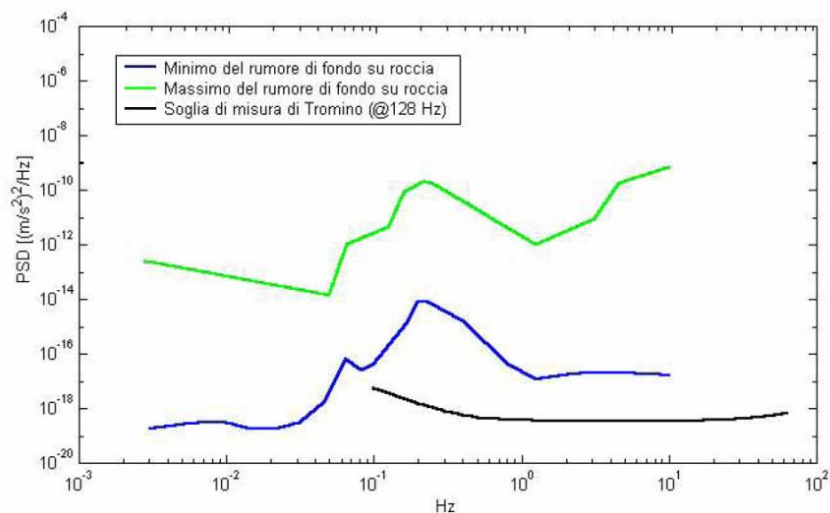
Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartate dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali dei sottosuoli; informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

7.2 Strumentazione e metodologia

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale modello "Tromino" che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra-leggeri e ultra-compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni.



Lo strumento racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz. I dati vengono memorizzati in una scheda di memoria interna da 512 Mb, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa introdurre rumore meccanico ed elettronico. Nella figura seguente si riporta la curva di rumore di “Tromino” a confronto con i modelli standard di rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto. I dati sono stati convertiti in file ASCII mediante il software “Grilla”, fornito a supporto dello strumento utilizzato, quindi elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza. Per evitare di introdurre basse frequenze spurie i dati sono stati corretti per offset e trend ma non filtrati così come raccomandato dalla norma DIN 4150-3.





In fase operativa sono state eseguite le seguenti operazioni:

1. il rumore sismico è stato registrato, nelle 4 postazioni, nelle tre componenti per un intervallo di tempo dell'ordine delle decine di minuti (circa 20 minuti),
2. la registrazione è stata suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,
3. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
4. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
5. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che:

1. i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato,
2. gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti",
3. la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno) .

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSr) basati sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la

teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981). Il codice può elaborare modelli con qualsiasi numero di strati (limitati a 50 nella tabella d'input), in qualsiasi intervallo di frequenze e in un qualsiasi numero di modi (fondamentale e superiori). Operativamente si costruisce un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita. Successivamente, tramite uno specifico algoritmo, si cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde Vs.

In via puramente indicativa, al fine di correlare le velocità delle onde di taglio ad un tipo di suolo, si riportano una serie d'esempi di classificazioni fatte sulla base di semplici misure H/V a stazione singola. In tutti i siti descritti, la stratigrafia è nota da sondaggi e prove penetrometriche e il profilo Vs è ricavato anche con metodi alternativi.

TIPO DI SUOLO	Vs min [m/s]	Vs media [m/s]	Vs max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto - poco fratturate)	1400	1620	-
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturate).	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia).	375	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI - GHIAIOSI (es. ghiaie e suoli con < 20% di ghiaia, sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose).	200	290	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere).	100	150	200

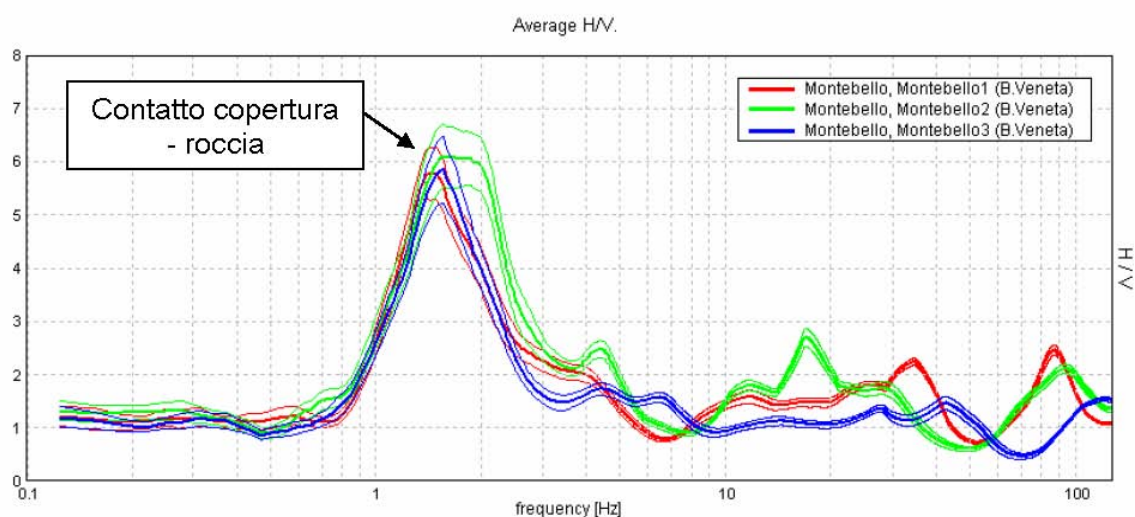
7.3 Interpretazioni e risultati

L'interpretazione consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato roccioso compatto (bedrock geofisico) e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo.

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito. Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità [m] dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare

una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

La frequenza caratteristica di risonanza del sito risulta generata dalla discontinuità sismica localizzata alle medie frequenze (circa 1,5 Hz) e associabile a contatto copertura – roccia. La sovrapposizione degli spettri sismici acquisiti (figura a seguire) mostra un andamento monodimensionale del substrato roccioso mentre per frequenze maggiori (minori profondità) si osservano sostanziali diversità.



L'utilizzo del codice di calcolo sintetico ha, in questo caso, evidenziato un'elevata discontinuità sismica a 5 – 6 Hz (circa 12 – 14 m dal p.c.) e una successiva graduale crescita delle velocità di propagazione delle onde di taglio con la profondità poiché lo spettro sismico si stabilizza costantemente su di un rapporto spettrale $H/V > 2$.

La crescita di velocità di propagazione delle onde sismiche è correlabile ad un aumento della rigidità del sottosuolo.

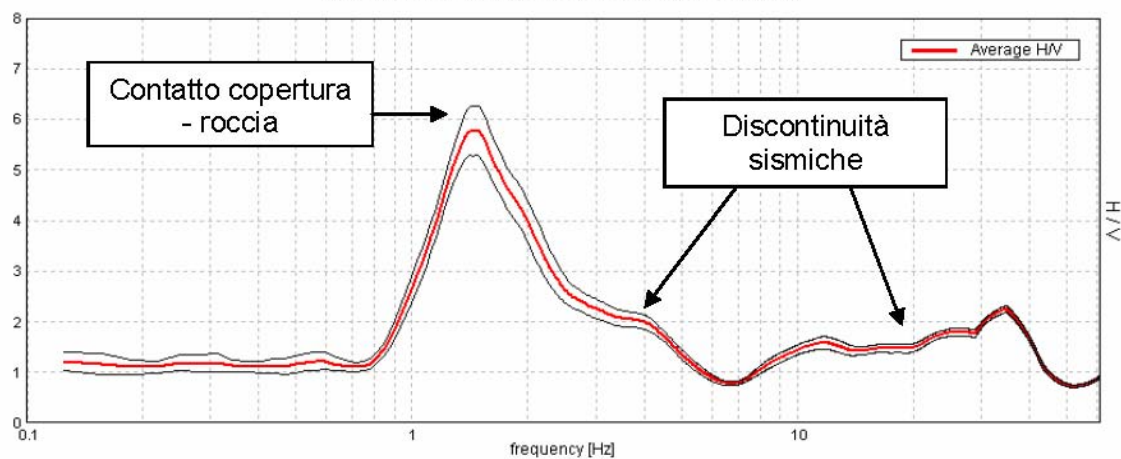
Il bedrock geofisico si localizza ad una profondità di circa 8m dal p.c. ed è caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde $V_s = 1000-1200$ m/s. (calcari).

Acquisizione sismica HVSR n°1

Frequenza fondamentale di risonanza di sito

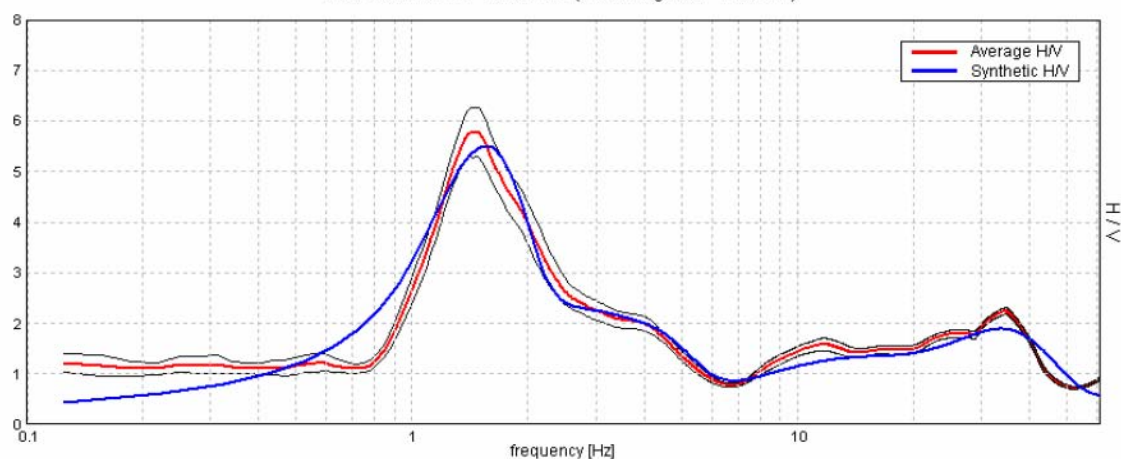
$1,47 \pm 0,03$ Hz

Max. HVSR at 1.47 ± 0.03 Hz. (in the range 0.0 - 128.0 Hz).



Rapporto spettrale H/V misurato. In rosso è indicato l'HV medio mentre in nero l'intervallo di confidenza al 95%.

Max. HVSR at 1.47 ± 0.03 Hz. (in the range 0.0 - 128.0 Hz).



La curva spettrale rossa rappresenta l'andamento sismico registrato in campagna mentre quella blu è la curva sintetica generata dal codice di calcolo.

Spessore sismostrati [m]	Profondità [m]	Velocità onde Vs [m/s]	Interpretazione stratigrafica
25	25	750	Calcareniti
5	25-30	1100	calcari

È stato quindi possibile stimare, tramite la formula $Vs30 = 30 / \sum hi/Vi$, la velocità delle onde Vs nei 30 m dal p.c., come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008:

$Vs30 = 30 / \sum hi/Vi$		
25	750	0,033
5	1100	0,005
		0,038
Vs30	792,00	

7.4 Modello sismico locale

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di fondazione (D.M. 14 gennaio 2008):

Perciò si è resa necessaria la caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno.

Per ogni categoria del suolo (A-B-C-D-E), così come riportato nella tabella seguente, è fissata una descrizione litostratigrafica, con ad essa associati i parametri di riferimento geotecnici e sismici.

Grazie alla tecnica di Refraction Microtremor (ReMi) descritta precedentemente è stato possibile giungere all'individuazione della categoria del suolo per l'area indagata.

La Vs30 è stata calcolata con la seguente espressione: **$Vs30 = 30 / \sum hi/Vi$**

Da tale relazione è emerso un valore di Vs30 pari a **$Vs30 \approx 792 \text{ m/s}$** .

Si attribuisce, perciò, al suolo di fondazione la **categoria B** così definita:

7.5 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella **Tab. 3.2.II del DECRETO 17 gennaio 2018**, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, Vs. I valori dei parametri meccanici necessari per le

analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

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

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

con:

- ✓ h_i spessore dell'*i*-esimo strato;
- ✓ $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;
- ✓ N numero di strati;
- ✓ H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

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

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – <i>Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.</i>	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Nel nostro caso, il valore misurato della V_{s30} pari a 792 m/s, fa rientrare il terreno di fondazione nella Categoria B di sottosuolo.

8. MODELLO GEOTECNICO

Si è potuto constatare dalle diverse indagini svolte sia in questa fase che durante lavori svolti dallo scrivente, che l'area in cui saranno realizzate le vasche (opere in c.a.), sono interessate da calcareniti sovrapposte a calcari.

La presenza di terreni di copertura superficiali, di limitato spessore, non pone problemi di caratterizzazione in quanto essi verranno asportati. La tabella seguente riporta la caratterizzazione geotecnica di questi due materiali naturali:

LITOLOGIA	CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE	
Calcareniti	Modulo di elasticità (E)	150-300 MPa (cautelativo)
	Peso di Volume (KN/ m)	16
	Angolo di attrito (°)	25-30
	Coesione (KPa)	12
Calcani fratturati	Modulo di elasticità (E)	5.000 MPa (cautelativo)
	Peso di Volume (KN/ m)	24
	Angolo di attrito (°)	35
	Coesione (KPa)	20

8.1 Considerazioni sul volume significativo di riferimento

Il volume significativo da indagare è costituito dalla massa di terreno entro il quale si risentono gli effetti dell'intervento, tra i quali:

1- modifiche dello stato tensionale per aumenti di pressione (es. fondazioni) o scarichi tensionali (scavi), in terreni sciolti (argillosi e sabbiosi).

Nel nostro caso trattandosi di ammassi lapidei non è neanche possibile valutare i rapporti di consolidazione.

Dal che si evince che i piccoli carichi di progetto, non determineranno deformazioni nella roccia lapidea di fondazione, essendo questi addirittura inferiori al carico litostatico della roccia sbancata.

8.2 Coefficiente di sottofondazione (Winkler)

Il coefficiente di reazione del terreno, o coefficiente di Winkler, è normalmente indicato come K o KS [kgf/cmc]. Nel modello di **Winkler** il sottosuolo è caratterizzato da una relazione lineare fra il cedimento di un punto (s) e la pressione di contatto (p) nello stesso punto: $p = K s$. Dalla Tabella seguente si evince come le rocce interessate dalle fondazioni del progetto di cui in oggetto (calcareniti molto compatte - lapidee), non rientrano affatto nei casi in cui si possa in qualche modo effettuare la valutazione del coefficiente di sottofondazione.

MODULO DI REAZIONE "VERTICALE" DEL TERRENO [WINKLER]		MODULO DI REAZIONE "ORIZZONTALE" DEL TERRENO [per paratie]		MODULO DI TAGLIO DEL TERRENO	
<i>Tabella dei Moduli di Winkler secondo POZZATI</i>		<i>Rif.: FONDAZIONI Joseph E. BOWLES</i>			
Natura del terreno	K [Kg/cm ³]	Natura del terreno	Ks [Kg/cm ³]	Natura del terreno	G [MPa]
torba leggera	0.6 ~ 1.2	Terreno Sabbioso :		argilla molto molle	0.7 ~ 5.3
torba pesante	1.2 ~ 1.8	Sciolto	0.49 ~ 1.63	argilla molle	1.7 ~ 8.9
terra vegetale	1.0 ~ 1.5	Mediamente compatto	0.98 ~ 8.16	argilla media	5.8 ~ 22.7
depositi recenti	1.0 ~ 2.0	Compatto	6.53 ~ 13.50	argilla dura	19.2 ~ 45.5
sabbia di mare, fina	1.5 ~ 2.0	Terreno Argilloso:		argilla sabbiosa	9.6 ~ 104.2
sabbia poco coerente	2.0 ~ 4.0	qu < 2 daN/cm ²	1.22 ~ 2.45	detrito glaciale sciolto	4.0 ~ 60.0
terra molto umida	2.0 ~ 3.5	qu < 4 daN/cm ²	2.45 ~ 4.89	detrito glaciale compatto	60.0 ~ 288.0
terra poco umida	3.0 ~ 6.0	qu > 4 daN/cm ²	4.98 ~ 48.95	detrito glaciale molto compatto	200.0 ~ 576.0
terra secca	5.0 ~ 10.0	Sabbia argillosa mediamente compatta	3.26 ~ 8.16	loess	5.8 ~ 27.3
argilla con sabbia	8.0 ~ 10.0	Sabbia limosa mediamente compatta	2.45 ~ 4.89	sabbia limosa	1.8 ~ 7.1
argilla grassa	10.0 ~ 12.0			sabbia sciolta	3.6 ~ 8.9
sabbia compatta	8.0 ~ 15.0			sabbia compatta	7.8 ~ 28.6
ghiaia con sabbia	10.0 ~ 25.0			sabbia e ghiaia in miscuglio sciolte	16.7 ~ 50.0
ghiaia compatta	20.0 ~ 30.0			sabbia e ghiaia in miscuglio compatte	27.8 ~ 55.5
				argillocisto	53.6 ~ 1785.7
				limo	0.7 ~ 7.7

9. IDROGEOLOGIA E VERIFICA DELLA CAPACITA' DI ASSORBIMENTO RISPETTO ALLE PORTATE DI PROGETTO

Le opere di adeguamento consisteranno nella realizzazione di

- ❑ *infrastrutture di collettamento della rete di fognatura pluviale attualmente recapitante in un pozzo assorbente di tutte le acque meteoriche che interessano la Zona 167 periodicamente in occasione di forti piogge (più volte all'anno);*
- ❑ *vasche di disabbatura e sgrigliatura per rendere le acque a norma del Piano Direttore della Regione Puglia;*
- ❑ *Adeguamento e dimensionamento del recapito finale negli strati superficiali del sottosuolo (vasca di accumulo e assorbimento).*

E' stata eseguita una prova di permeabilità per verificare la permeabilità del recapito finale che risponda ai requisiti del Piano di Tutela delle acque e la Capacità di Assorbimento della cava con riferimento alla portata di progetto.

Allo scopo sono stati effettuati, oltre all' indagine geologica speditiva nelle aree in cui sarà effettuato il recapito delle acque pluviali:

- la stima della permeabilità delle rocce costituenti la vasca di recapito finale, ricavata dall'esecuzione di n.1 prova in pozzetto a carico variabile;
- la verifica della capacità di assorbimento in base ai volumi di acqua che arriveranno al recapito, pari , secondo i calcoli dei progettisti, **a 6 m³/s.**

9.1 Caratteristiche del recapito finale

La cava, attuale e futuro recapito delle acque pluviali, presenta le seguenti dimensioni:

Area cava	Profondità media utile	Perimetro	Superficie laterale	Superficie di fondo	Sup.disperd.totale
mq	m	m	mq	mq	mq
9200	5	473	2365	9200	11565

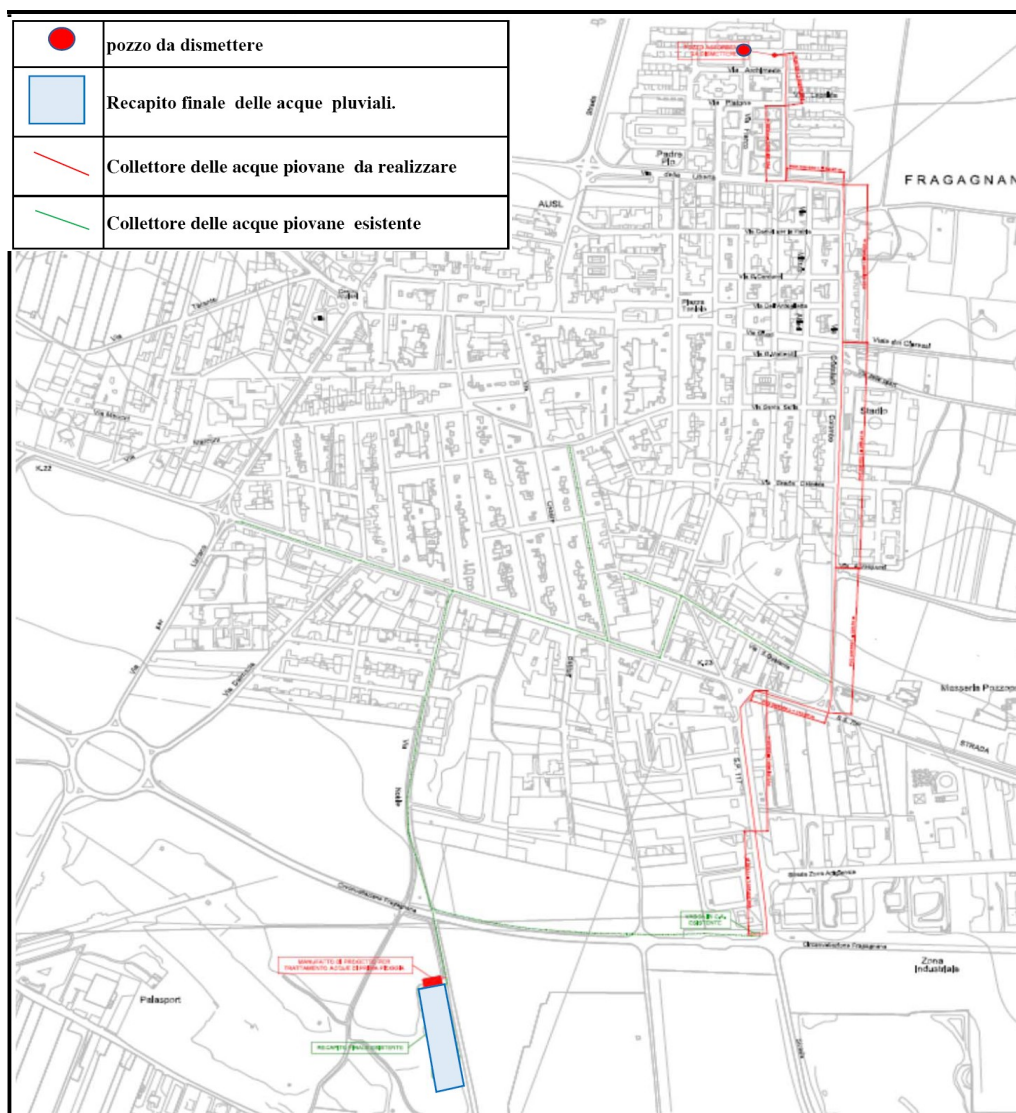
E' integralmente ricavata all'interno di una vecchia cava di tufi.

La roccia si presenta alterata e parzialmente fessurata e porosa.



Vista da NE



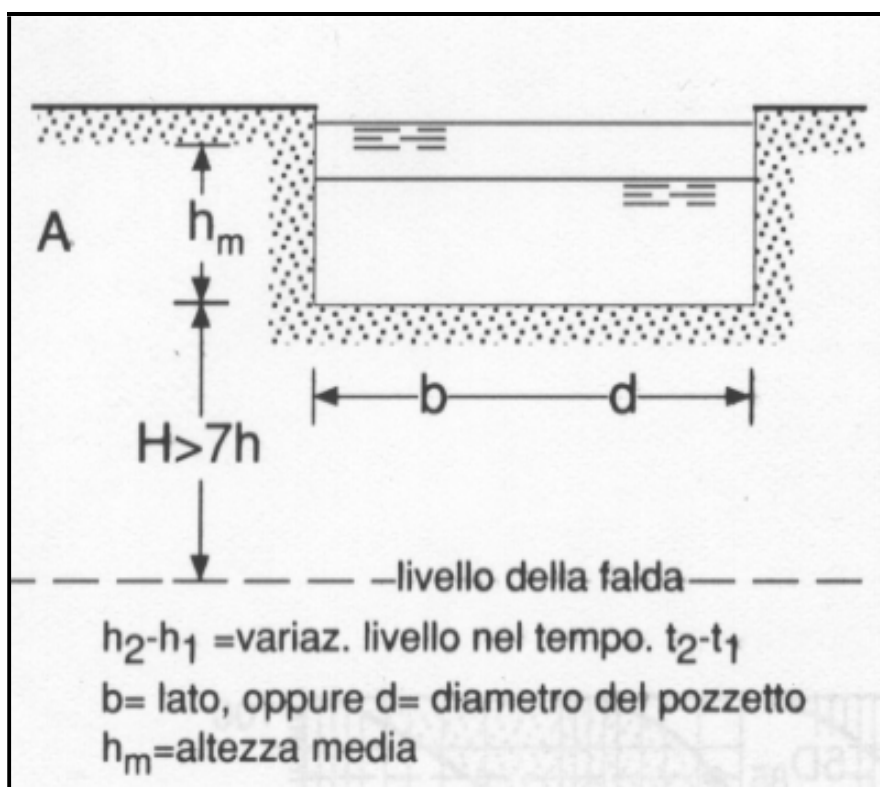


La vasca sara' opportunamente regolarizzata sul fondo e ripulita dai materiali inerti oggi presenti. Con il presente progetto di adeguamento dello scarico delle acque, che interesserà gli **strati superficiali del sottosuolo**, saranno aggiunte le vasche di grigliatura e disabbatura, oltre al collettore che raggiungerà il recapito, dall'area ove attualmente avviene lo scarico in pozzo assorbente profondo, che sarà dismesso.

9.2 Prova di permeabilità in pozzetto

Per valutare la permeabilità delle rocce che riceveranno le acque meteoriche, nel 2004 furono eseguite delle prove in pozzetto anche sul fondo della cava,. Il pozzetto fu eseguito mediante escavatore leggero ed aveva una dimensione di 1m x 1,20m x 1m.

Dopo aver saturato il pozzetto mediante l'immissione continua di acqua, e non appena lo stesso fu colmo, si bloccò l'immissione di acqua e furono misurati gli abbassamenti nel tempo.



9.3 Valutazione della capacità di assorbimento del terreno ai fini dello smaltimento delle acque meteoriche negli strati superficiali del sottosuolo (cava)

Le acque meteoriche provenienti dai collettori, sono state stimate dai progettisti in $Q=6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Successivamente al trattamento, saranno smaltite negli strati superficiali del sottosuolo, nella cava adiacente.

Area cava	Profondità media utile	Perimetro	Superficie laterale	Superficie di fondo	Sup.disperd.totale
mq	m	m	mq	mq	mq
9200	5	473	2365	9200	11565

Il calcolo della capacità di assorbimento di questa cava è stato effettuato sulla base delle permeabilità misurate nella prova di Permeabilità a carico variabile e seguita nel mese di maggio 2018 (vedi report della prova nella pagina seguente, dal quale ne è derivata una permeabilità pari a $K = 0,000522 \text{ m/s} = 5,22 \times 10^{-4} \text{ m/s}$, dalla quale, mediante la formula di Darcy, si è ricavata la **Capacità di Assorbimento:**

$$Q = K \cdot S \cdot i$$

considerando il flusso verticale (gradiente piezometrico) unitario (pertanto il valore della conducibilità idraulica coincide con la velocità di filtrazione), e si ottiene:

K	Superficie disperdente totale	Capacità di assorbimento	Portata di progetto
m/s	m ²	m ³ /s	m ³ /s
0,000522	11.565	6,04	6,00

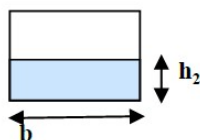
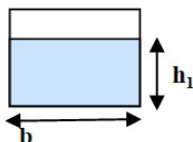
Pertanto la portata di progetto è verificata.

Prova di permeabilità in pozzetto superficiale eseguita a carico variabile (A.G.I. 1977)

Committente COMUNE DI FRAGAGNANO
Data dic.2017

Località RECAPITO ACQUE METEORICHE

$$K = \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot 1 + \frac{(2h_m/b)}{27} \cdot (h_m/b) + 3$$



	Prova n° 1	Prova n° 2	Prova n° 2	Media
h_1 (altezza iniziale del livello dell'acqua: m)	200			
h_2 (altezza finale del livello dell'acqua: cm)	10			
$t_2 - t_1$ (tempo trascorso per il raggiungimento di h_2 : min.)	6			
h_m (altezza media tra h_1 e h_2 : cm)	105			
b (lato della base del pozzetto: cm)	100			
K (coefficiente di permeabilità: cm/sec)	0,05219			0,05219
K (coefficiente di permeabilità: m/sec)				0,000522

10. CONCLUSIONI

Lo studio geologico è stato svolto in ottemperanza alle prescrizioni DECRETO 17 gennaio 2018 del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI.

Il rilevamento geologico e l'indagine geognostica indiretta, hanno evidenziato le caratteristiche di tipo qualitativo dell'area d'intervento che in rapporto all'assetto strutturale dei litotipi presenti e alle caratteristiche geomorfologiche ed alla forte antropizzazione del sito, viene classificata come mediamente stabile e pertanto non presenta problematiche geologico-tecniche rilevanti. L'area d'intervento è caratterizzata da litotipi calcarenitico-sabbiosi senza falda acquifera per uno spessore di circa 20-25mt., sovrapposti ai calcari.

L'esecuzione dell'opera non modificherà sostanzialmente l'aspetto e la conformazione dell'area e non ne altererà l'equilibrio idrogeologico, trattandosi di area già fortemente antropizzata (Centro Urbano).

I carichi ipotizzabili per la struttura in progetto sul terreno di fondazione hanno valori compatibili con le caratteristiche meccaniche delle rocce, tali da non comportare alcun prevedibile problema di cedimenti indotti.

Le indagini eseguite dallo scrivente hanno consentito di giungere alle seguenti conclusioni:

- I terreni che ospiteranno le strutture fondali sono rappresentati da calcareniti passanti a calcari;
- La falda superficiale non è presente;
- Le caratteristiche fisiche dei terreni di fondazione, da utilizzarsi come suggerimento, nella elaborazione dei calcoli statici sono le seguenti:

Litologia	γ	ϕ'	C
	KN/m^3	(°)	(Kpa)
Calcareniti mediamente cementate	16	25-30	12
Calcari integri e poco fratturati	26	45	35
Calcere fessurato e fratturato	24	35	20

- L'indagine REMI eseguita con Tromografo digitale "Tromino", nel sito interessato, ha permesso di classificare il sottosuolo di fondazione in esame nella categoria "B", poiché il valore della Vs30 calcolato è pari a **792 m/s** (tab. 3.2.II delle NTC 2008).
- La verifica della capacità di assorbimento delle rocce costituenti il recapito finale in base alle portate idrauliche di progetto, hanno dato un riscontro positivo.

Dott.Geol.Giuseppe MASILLO

