



# COMUNE DI SAVA

PROVINCIA DI TARANTO



**RICHIESTA AMPLIAMENTO CENTRO DI RACCOLTA  
E ROTTAMAZIONE DI VEICOLI A MOTORE E RECUPERO  
DI METALLI FERROSI E NON FERROSI IN C.DA TIMA – S.P. SAVA-S.MARZANO  
(ai sensi dell'art.208 del D.L.vo 152/2006 e s.m.i.)**

**SE.BI. s.n.c.** di Bisci Cosimo & C.  
S.P. Sava - S.Marzano, c.da Tima - Sava (TA)

Elaborato:

**Relazione geologica, idrogeologica,  
geotecnica e sismica**

N.

**R6**

data:

FEBBRAIO  
2012

Consulenza specialistica:

**Dott. Giuseppe MASILLO**  
Geologo e consulente ambientale



## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>LOCALIZZAZIONE DELL’IMPIANTO</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>LINEAMENTI GEOLOGICI</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL’AREA</b> .....	<b>8</b>
4.1	CARATTERI DI PERMEABILITÀ .....	9
4.2	CARATTERISTICHE DI PERMEABILITA’ DEI TERRENI INTERESSATI DALLO SCARICO .....	10
<b>5</b>	<b>METODI DI SMALTIMENTO DA ADOTTARE PER LE ACQUE METEORICHE DI PRIMA PIOGGIA</b> .....	<b>12</b>
5.1	PREMESSA .....	12
5.2	DISPERSIONE NEGLI STRATI SUPERFICIALI DEL SOTTOSUOLO .....	13
<b>6</b>	<b>ANALISI DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO E AMBIENTALE</b> .....	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA</b> .....	<b>15</b>
7.1	INDAGINE RE.MI. (REFRACTION MICROTREMOR) .....	16
7.2	MODELLO SISMICO LOCALE .....	23
<b>8</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b> .....	<b>26</b>
8.1	PARAMETRI FISICO-MECCANICI DEI TERRENI DI FONDAZIONE .....	26
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>27</b>

## ***RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA***

## **1      PREMESSA**

La Ditta SE.BI. s.n.c., con sede in Sava alla via per San Marzano di S.G., km. 2,00, p. IVA 00962940730 intende ampliare l'impianto esistente ed autorizzato. I provvedimenti che hanno permesso lo svolgimento delle attività di autorottamazione e recupero rifiuti sono le seguenti:

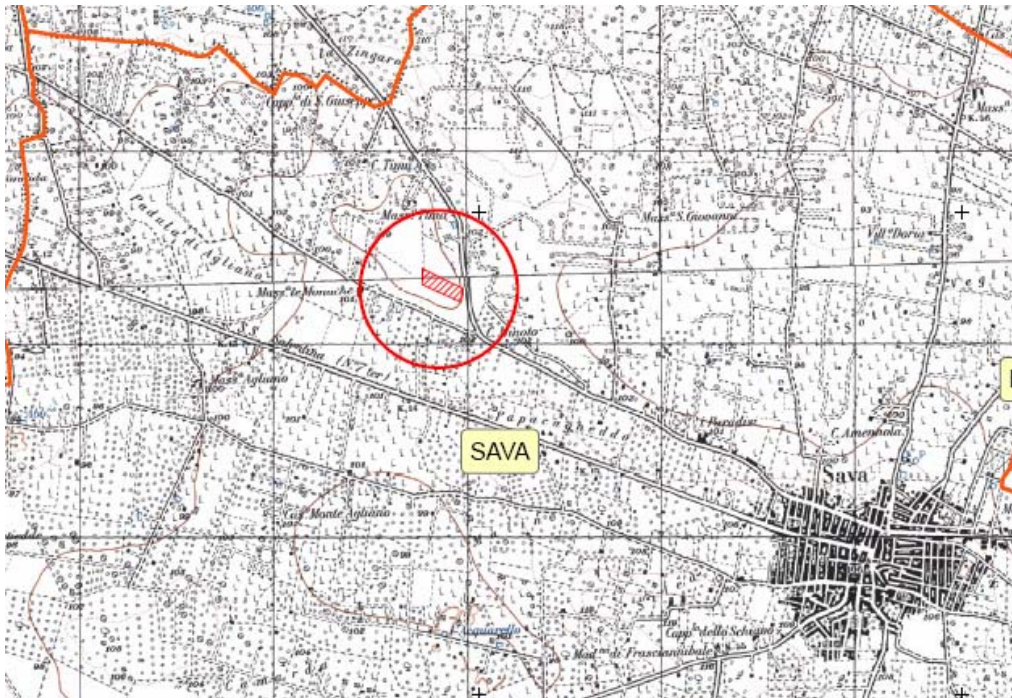
- 1) AUTODEMOLIZIONE ED AUTOROTTAMAZIONE: D.D.PROVINCIA DI TARANTO n.265 del 23.11.2009 ex art.208 del D.L.vo 152/2006 e s.m.i.;**
- 2) RECUPERO RIFIUTI NON PERICOLOSI FERROSI E NON FERROSI PER L'ATTIVITA' R13: D.D. PROVINCIA DI TARANTO n.46 del 12.04.2010 ex art.216 del D.L.vo 152/2006 e s.m.i.**

Il presente studio, redatto dallo scrivente è finalizzato alla conoscenza delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche del sottosuolo dell'area di competenza della SE.BI.,

Allo scopo è stata effettuata una indagine preliminare bibliografica per il reperimento di dati sulle caratteristiche della falda freatica e profonda locali.

## 2 LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO

L'area dell'impianto è ubicata in agro del comune di Sava, alla C/da "Tima" – Zona PIP, prospiciente la strada provinciale Sava - San Marzano di S.G., km. 2,00, distante circa 1km dal centro abitato. Il terreno su cui insiste l'impianto esistente ove si svolge l'attività, confina a sud con stessa proprietà, ad ovest con strada vicinale a nord con stessa proprietà e ad est con strada provinciale Grottaglie – Mare.



Ubicazione impianto su base IGM

## 3 LINEAMENTI GEOLOGICI

La bibliografia geologica, integrata da osservazioni di campagna hanno permesso di individuare il seguente modello geologico, dai terreni piu' recenti a quelli piu' antichi:

- **Depositi marini terrazzati:** costituiti da sabbie fini giallastre in affioramento intercalate a vari livelli da strati tipo panchina e passanti verso il basso a banchi piu' cospicui di calcarenite. Con questo termine nella letteratura geologica si indicano depositi sedimentari alquanto eterogenei che si sono formati nel Pleistocene medio-superiore mentre il mare, se

pur con parziali e temporanee fasi trasgressive, si andava lentamente ritirando verso l'attuale linea di costa.

Per tale motivo su vaste aree della Penisola Salentina essi si rinvennero su terrazzi di origine marina e a quote sempre più basse andando verso la costa. Questa unità affiora in buona parte del territorio di Sava e, in particolare, nell'area in esame.

Si tratta di un "complesso di spiaggia e di piana costiera" che localmente è rappresentato da due distinte litofacies: sabbie fini mediamente addensate e calcareniti grossolane laminari.

Quest'ultime sono in genere sovrapposte alle sabbie, ma non si esclude la possibilità che siano anche in eteropia di facies. In ogni caso non sono state riscontrate nell'area degli scavi.

- **Calcarenite di Gravina:** Rappresenta l'unità di apertura del ciclo sedimentario.

Nella nostra area affiora in lembi residui occupanti zone originariamente depresse dei sottostanti depositi carbonatici.

Poggia in trasgressione sul basamento calcareo. Il contatto stratigrafico tra le due formazioni è marcato da un livello di conglomerato monogenico, prodotto dal disfacimento dei calcari sottostanti. Le Calcareniti sono composte 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.

La formazione è largamente rappresentata nell'area in esame ed il litotipo, rappresenta un ottimo materiale da costruzione, al punto che è intensamente estratto in cave a cielo aperto.

- **Calcare di Altamura:** Si tratta di una successione carbonatica di piattaforma interna caratterizzata da ripetute sequenze cicliche di mare sottile con sedimentazione compensata da subsidenza.

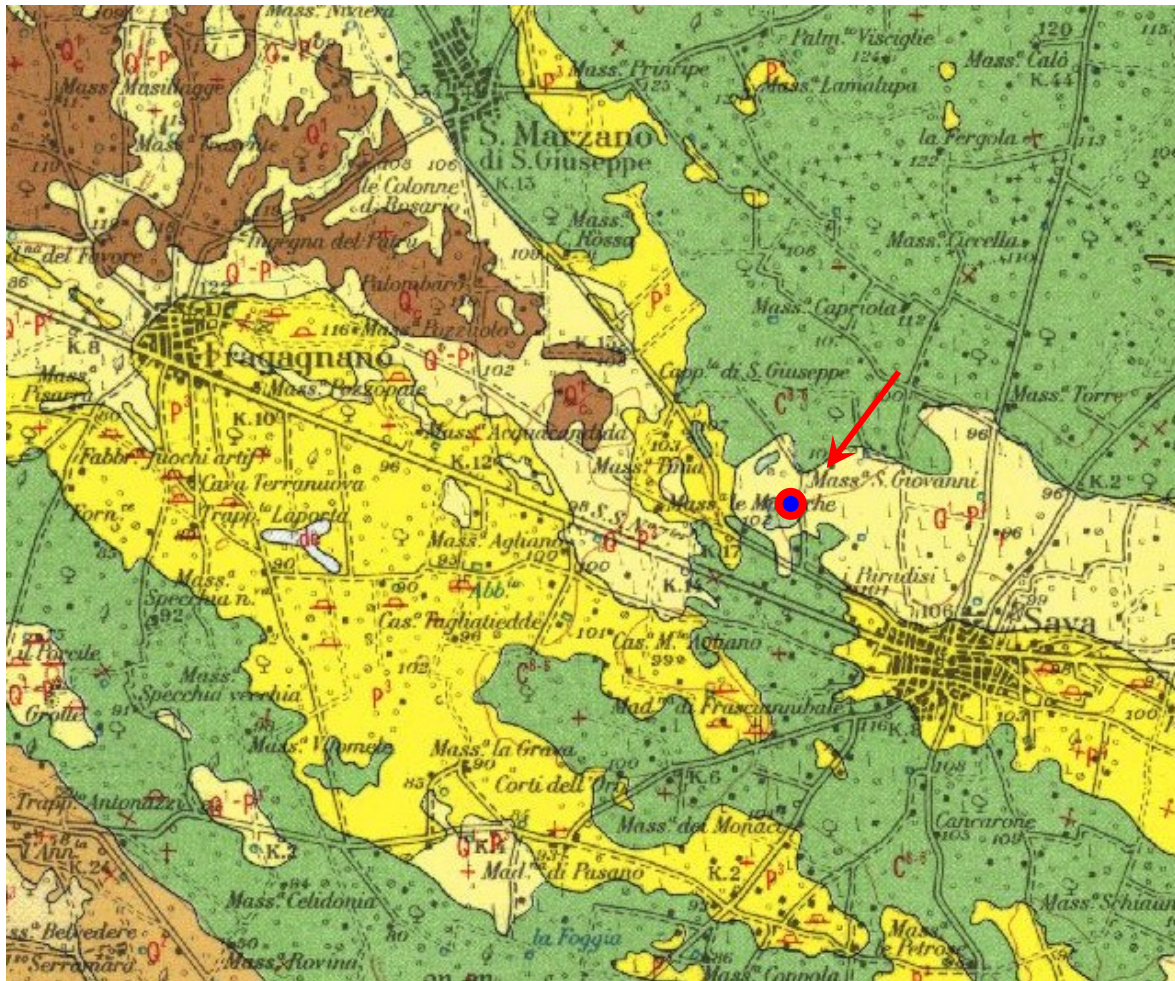
Risulta compatta e di colore biancastro in profondità; alterata, fratturata e carsificata in superficie.

Petrograficamente è costituita da calcari e dolomie calcaree di colore grigio-nocciola in strati di potenza variabile e talora con giacitura massiccia. Si tratta di intraspariti pelmicriti con plaghe di calcite spatica e plaghe di ricristallizzazione. Tale formazione è costituita da rocce molto compatte ma nello stesso tempo è interessata da numerose fratture a piano subverticali e da processi di dissoluzione. Per queste peculiari caratteristiche, la formazione calcareo-dolomitica



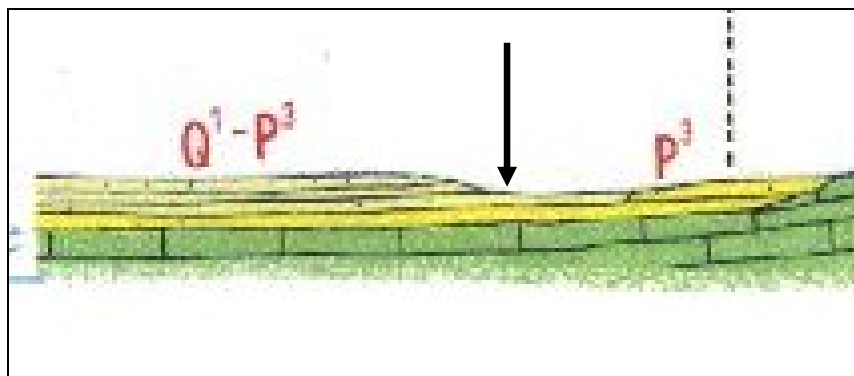
forma l'acquifero piu' importante con la ben nota falda profonda. Per quanto riguarda la potenza, questa dovrebbe aggirarsi su qualche migliaio di metri.

Per l'eta' il calcare di Altamura e' ascrivibile al Senoniano.

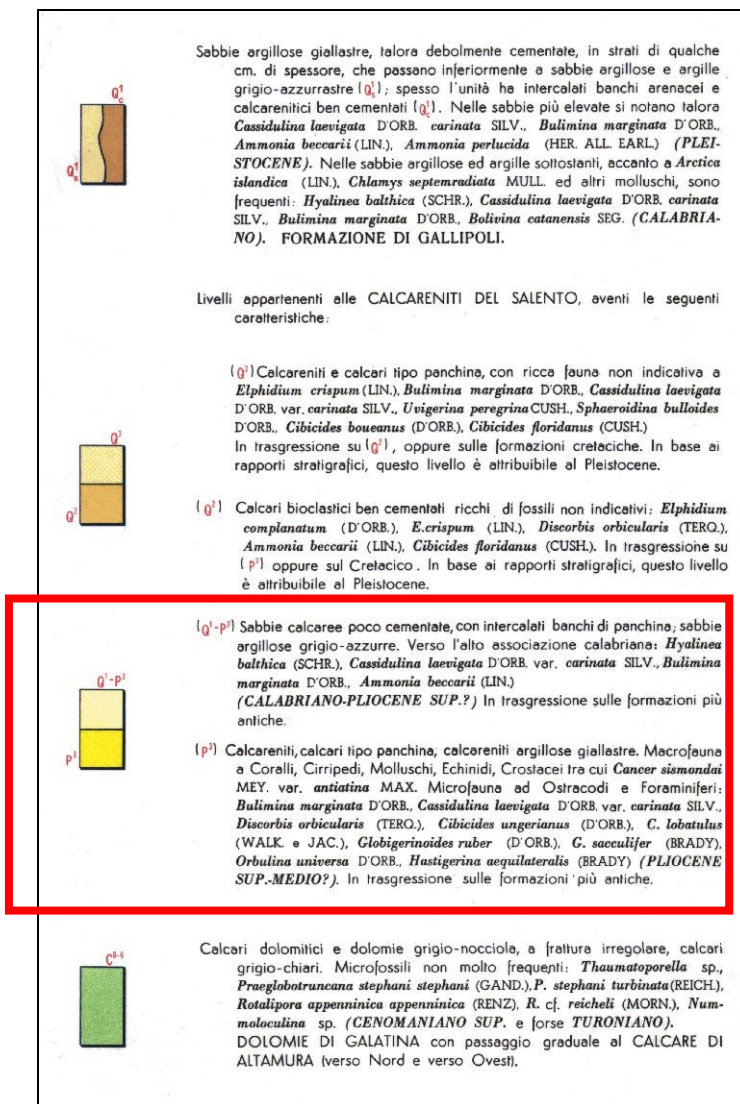


Ubicazione dell'area sulla Carta Geologica d'Italia stracchio del foglio 203

### SEZIONE GEOLOGICA DELL'AREA



## LEGENDA



## 4 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'AREA

In quest'area del territorio del Comune di Sava si rileva una sola falda: quella profonda carsica. Essa si rinviene a circa 100 metri dal p.c. (Cfr. Carta dell'andamento della superficie piezometrica della falda -P.R.A. Regione Puglia). La superficie piezometrica della falda carsica ricalca, attenuandolo, il profilo topografico, con cadente mediamente pari all'1%.

Nel territorio di intervento, le quote piezometriche, risalgono, procedendo verso l'interno, sino a raggiungere circa m 3 s.l.m. in prossimità del sito in esame.



Per quanto attiene agli aspetti qualitativi connessi con le finalità d'uso previste, le acque della falda carsica hanno contenuto salino di circa 0.5 g/l e si riferisce agli strati più superficiali dell'acquifero.

#### **4.1 CARATTERI DI PERMEABILITÀ**

Le rocce affioranti nell'area in esame sono in prevalenza permeabili per porosità, per fessurazione o per entrambe.

La permeabilità del primo tipo è tipica delle Calcareniti calabriane.

Il grado di permeabilità risulta variabile localmente, in relazione ai fattori più disparati quali: assortimento granulometrico, incisività di fenomenologie paracarsiche, struttura e diagenesi del deposito.

In particolare le facies calcarenitiche sono da ritenersi dotate di permeabilità scarsa in corrispondenza di granulometria fine e significativo contenuto argilloso, ovvero media ove prevalgono clasti grossolani, bancate riccamente fossilifere e strutture porose e concrezionate.

I calcari sono invece dotati di permeabilità secondaria per fratturazione e fessurazione.

In base ai criteri litologici descritti ed alle osservazioni di campagna, i terreni affioranti possono essere così classificati in base al tipo di permeabilità:

- terreni permeabili per fessurazione, fratturazione e per carsismo (elevata).
- terreni permeabili per porosità (da media a scarsa);

#### **Terreni permeabili per porosità**

A questa categoria sono correlabili le calcareniti di Gravina e quelle post-calabriane che per i caratteri granulometrici e tessiturali, rivelano una permeabilità per porosità generalmente scarsa. Solo in corrispondenza dei livelli a macrofossili o fratturati, la permeabilità aumenta sensibilmente per le vie preferenziali di deflusso dovute ai vuoti intergranulari o alle fratture.

Qualora invece al contatto tra le calcareniti ed i sottostanti calcari, vi è presenza di paleosuolo (il caso non è stato riscontrato nell'area in esame), allora nonostante la permeabilità delle rocce al tetto ed al letto del paleosuolo s'instaura una falda superficiale detta freatica.

### **Terreni permeabili per fessurazione e per carsismo**

Sono rappresentati dai calcari del cretaceo. La presenza di fratture, piani di stratificazione, e condotti carsici dovuti all'allargamento di fratture e giunti di strato, costituiscono una rete fessurativa che conferisce all'ammasso roccioso una elevata permeabilità che varia sia verticalmente che lateralmente al variare del grado di fratturazione e della natura litologica della roccia cretacea (Calcarea e calcareo-dolomitica).

**TAB.1**

<b>FORMAZIONE</b>	<b>PERMEABILITA'</b>	<b>LITOLOGIA</b>	<b>FALDA</b>
Calcareni calabriane	per porosità	lapidea	profonda
Calcarea di Altamura	Permeabile per fratturazione e fessurazione	lapidea	falda profonda

#### **4.2 CARATTERISTICHE DI PERMEABILITA' DEI TERRENI INTERESSATI DALLO SCARICO**

E' stata eseguita una prova di permeabilità in pozzetto superficiale a carico variabile secondo le prescrizioni AGI-Roma 1977 (Raccomandazioni e prescrizioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche).

Per valutare la permeabilità dei terreni superficiali, è stata eseguita una prova di permeabilità in un pozzetto cubico 1m x 1,30m x 1m appositamente scavato mediante un escavatore leggero.

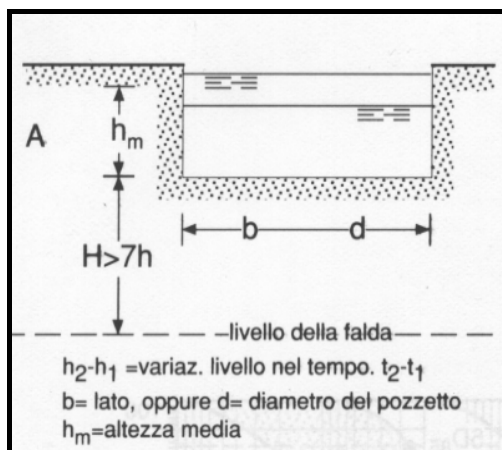
Dopo aver saturato il pozzetto mediante l'immissione continua di acqua, e non appena lo stesso e' stato colmo, è stata bloccata l'immissione e si sono misurati gli abbassamenti nel tempo.

##### **4.2.1 PROVA DI PERMEABILITÀ IN SITO**

La presenza di uno strato superficiale di alterazione di natura calcarea, poggiato sul banco calcareo integro e compatto ha permesso di realizzare una PROVA DI ASSORBIMENTO A CARICO VARIABILE secondo le prescrizioni AGI-Roma 1977 (Raccomandazioni e prescrizioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche ).

La prova idraulica di assorbimento e' stata eseguita realizzando un pozzetto cubico di 1 metro di lato. La formula utilizzata per il calcolo della Permeabilita' K (cm/s) ed il significato dei simboli sono:

$$K = \frac{H_2 - H_1}{t_2 - t_1} \times \frac{[1 + (2 H_m / b)]}{[(27 H_m / b) + 3]}$$



#### SCHEMA DELLA PROVA DI PERMEABILITA' IN POZZETTO SUPERFICIALE

Nella tabella sono riportati gli abbassamenti registrati, gli intervalli di tempo relativi alle letture e i corrispondenti valori del coefficiente di permeabilità risultati dal calcolo.

Tempi(s)	$\Delta h$ (m)	K (m/s)
180	0,1	6,82899E-06
240	0,22	1,12678E-05
300	0,3	1,22922E-05
420	0,37	1,08288E-05
600	0,44	9,01427E-06
900	0,51	6,96557E-06
1200	0,55	5,63392E-06

Per la valutazione del coefficiente di permeabilità si è utilizzata la seguente formula empirica:

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

$h_m$  = altezza media dell'acqua nel pozzetto (0.65 m);

$b$  = lato della base quadrata del pozzetto (1.20 m);

$t_2 - t_1$  = intervallo di tempo (s);

$h_2 - h_1$  = variazione di livello dell'acqua nell'intervallo  $t_2 - t_1$  (m);

I coefficienti di permeabilità risultanti corrispondono a rocce aventi una permeabilità da discreta.

#### 4.2.2 CALCOLO DELLA CAPACITÀ DI ASSORBIMENTO

Considerando il volume iniziale ( $V1 = 1300$  l) e finale ( $V2 = 585$  l) di acqua contenuto nel foro e quello assorbito ( $V1 - V2 = 455$  l) dal terreno, attraverso la superficie bagnata ( $S_b$ ), nel corso della prova, utilizziamo per il calcolo della capacità di assorbimento ( $C$ ), espressa in litri/ora/metroquadrato, la seguente formula:

$$C = [(V1 - V2) / (t2 - t1)] / S_b,$$

e dove:

$$S_b = 2.94 \quad [m^2] \quad (\text{superficie bagnata});$$

$$V1 - V2 = 715 [l] \quad (\text{volume di acqua assorbito nel corso della prova});$$

$$t2 - t1 = 1200 \quad [s] \quad (\text{tempo di durata della prova});$$

da cui, trasformando il tempo in ore, ricaviamo:

$$C = [(780) / (0.33)] / 2.94 = 736.96 \text{ l/h/m}^2.$$

Il Manuale di Ingegneria civile (Cremonese 1981-Roma) nella sezione idraulica, riguardo alla Capacità di assorbimento di un terreno dice che esso è idoneo se la portata percolante è di 40-80 l/mq/h, pertanto i terreni qui esaminati appaiono pienamente idonei.

### 5 METODI DI SMALTIMENTO DA ADOTTARE PER LE ACQUE METEORICHE DI PRIMA PIOGGIA

#### 5.1 PREMESSA

E' stato previsto di realizzare una rete di subirrigazione per lo smaltimento delle acque meteoriche previa depurazione. L'acqua piovana raccolta dalle grate delle grate, verrà convogliata in una vasca in cui a mezzo di pozzetto ripartitore, saranno diversificate le acque di prima pioggia (che saranno trattate come rifiuti e quindi smaltite separatamente, da quelle di dilavamento secondario, che previa di sabbiatura, e disoleazione, saranno immerse in trincea drenante. Il sistema progettato è dettagliato nelle seguenti Tavole di progetto:

TAV_02	PLANIMETRIA GENERALE
TAV_05	PLANIMETRIA GENERALE GESTIONE ACQUE METEORICHE
TAV_06	SISTEMA DI TRATTAMENTO_ Vasca trattamento primario acque di dilavamento (seconda pioggia)
TAV_07	SISTEMA DI TRATTAMENTO_ (Particolari della griglia di raccolta e della trincea drenante)

## **5.2 DISPERSIONE NEGLI STRATI SUPERFICIALI DEL SOTTOSUOLO**

Questo sistema è quello da adottare nell'impianto della Ditta SE.BI. s.n.c. sita nella zona industriale di Sava. Essa verrà espletata con i criteri dettagliati nelle seguenti Tavole di Progetto di cui sopra.

Tale soluzione è stata presa in considerazione per due fattori importanti:

- 1) impossibilità di smaltire acque meteoriche in un sistema di fognatura pubblica;
- 2) necessità di reperire acque di qualità per l'irrigazione delle aree a verde (attività di recupero di acque che diversamente andrebbero perse).

## **6 ANALISI DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO E AMBIENTALE**

Le acque meteoriche di prima pioggia, una volta depurate, saranno avviate alla rete di dispersione, così come descritto nella

<i>R2</i>	RELAZIONE SULLA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE E DI PRIMA PIOGGIA
-----------	---

La subirrigazione, come ampiamente descritto, è un particolare sistema di dispersione forzata delle acque depurate, che sarà realizzata a mezzo di speciali tubi forati (tubi drenanti), disposti entro trincee di subirrigazione aventi una profondità massima di 1 metro dal p.c.;

Alla luce di quanto suddetto si evince che tra la superficie di smaltimento delle acque meteoriche disabbiate e sgrigliate e depurate ed il livello piezometrico della falda idrica profonda, vi sono circa 90-100 m di roccia insatura che corrisponde ad un "franco di sicurezza" più che idoneo, considerando poi che il sistema di smaltimento previsto permetterà più facilmente un'infiltrazione di tipo orizzontale più che verticale. Pertanto si può concludere che non vi sono particolari preoccupazioni di rischio idrogeologico e ambientale, intesi come rischi per eventuali inquinamenti della falda e del suolo. L'affermazione è rafforzata anche dal fatto che sui piazzali della SE.BI. s.c.n. di Sebi e Bisci, non c'è la benché minima possibilità di dar luogo al rilascio di sostanze di cui alle tabelle 3/A e 5 del D. Lgs. n.152/1999 e s.m. e i.



**RELAZIONE SISMICA**  
**Relazione sulla modellazione sismica**  
**concernente la “pericolosità sismica di base”**  
**del sito di costruzione**

*(§ 3.2 delle NTC D.M. 14/01/2008e § C 3.2 della Circolare C.S.LL.PP. n° 617/09)*

## 7 RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA

Il territorio comunale di Sava in base all'O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 che riclassifica l'intero territorio nazionale, ricade in zona sismica 4.

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)", Per quanto riguarda l'area provinciale di Taranto , la nuova situazione è la seguente:

Codice Istat 2001	Denominazione	Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Categoria ai sensi del OPCM del 23.03.03
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
<b>16073026</b>	<b>Sava</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
16073027	Taranto	4	3	3
16073028	Torricella	4	4	4
16073029	Statte (1)			3

Dalla quale si evince che al Comune di Sava è attribuita la Categoria 4 .

Nella seguente Tabella è individuata ciascuna zona secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Per Manduria il valore oscilla tra 0,05 e 0,15.

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**

### **7.1 INDAGINE RE.MI. (REFRACTION MICROTREMOR)**

Lo scopo di questa indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo e, in particolare, l'individuazione delle discontinuità sismiche nonché la profondità della formazione rocciosa compatta (bedrock geofisico). Con tale metodo viene stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_{s30}$ ) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008.

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;

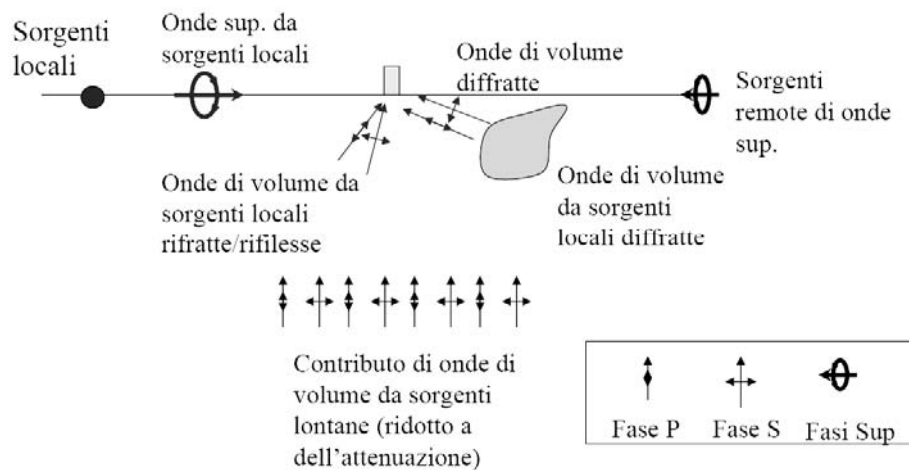
Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori. La forma di un'onda registrata in un sito  $x$  da uno strumento dipende:

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:

$$\text{segnale registrazione al sito } x = \text{sorgente} * \text{effetti di percorso} * \text{funzione trasferimento strumento}$$

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.

### 7.1.1 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA

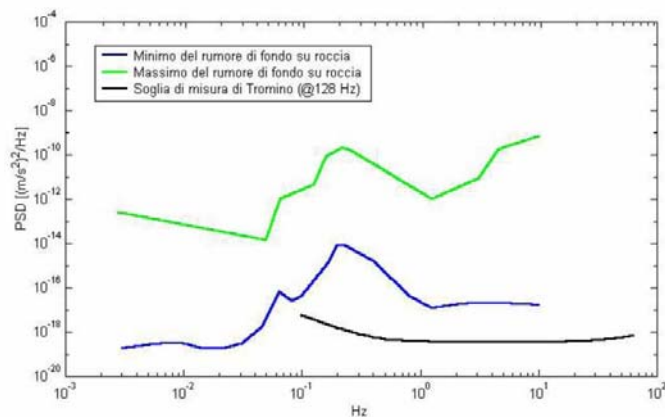
Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale modello "Tromino" che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra-leggeri e ultra-compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni.





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 si sono seguite le seguenti operazioni:

1. il rumore sismico è stato registrato nelle sue 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.

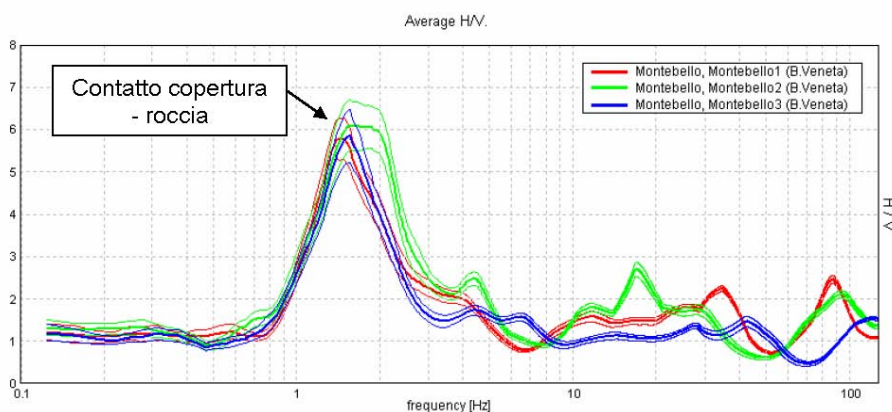
TIPO DI SUOLO	Vs min [m/s]	Vs media [m/s]	Vs max [m/s]
<b>ROCCE MOLTO DURE</b> (es. rocce metamorfiche molto - poco fratturate)	1400	1620	-
<b>ROCCE DURE</b> (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturate).	700	1050	1400
<b>SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE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

### 7.1.2 INTERPRETAZIONE DELLE MISURE ESEGUITE

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 > di 2.

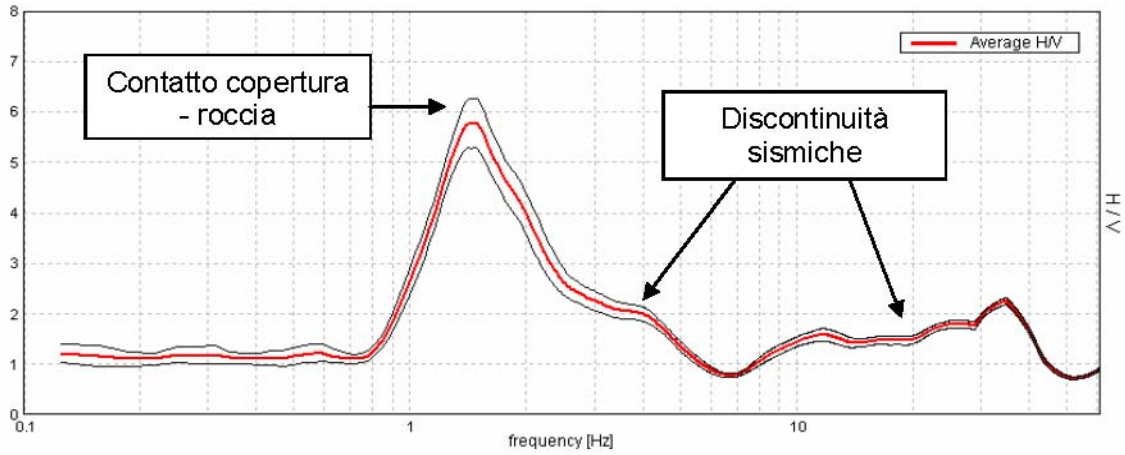
La crescita di velocità di propagazione delle onde sismiche è correlabile ad un aumento della rigidità del sottosuolo.

Il bedrock geofisico si localizza ad una profondità di circa 2 – 15 m dal p.c. ed è caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde Vs = 800 -1600 m/s.

— **Acquisizione sismica HVSr n°1**

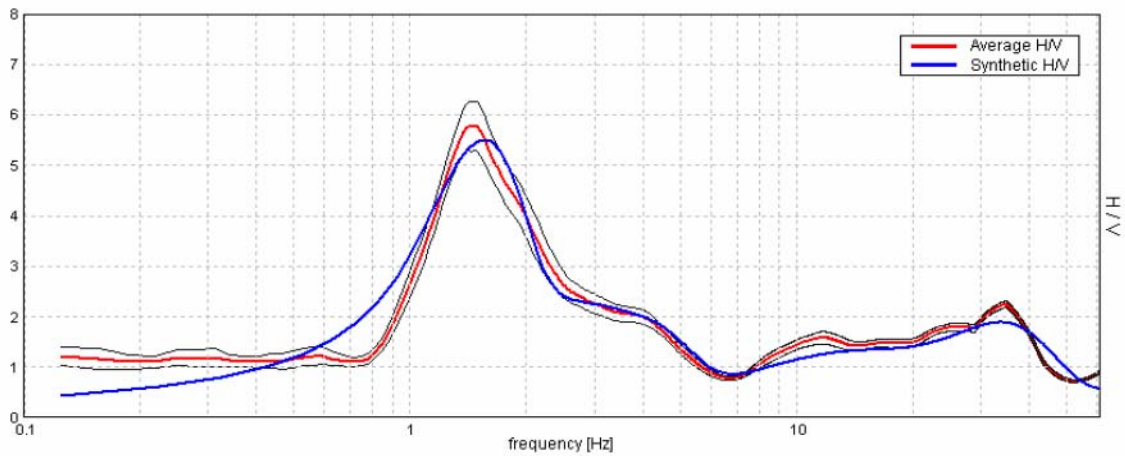
Frequenza fondamentale di risonanza di sito
1,47 ± 0,03 Hz

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
3,5	0,0 – 3,5	500	Terreni di riporto, sabbie calcaree e calcareniti
26,5	3,5 – ≈30	1200	Strato rigido (calcare)
<i>Tabella 1</i>			

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

3,5	500	0,007
26,5	1200	0,022
		0,029
<b>Vs30</b>	<b>1031,52</b>	

**$Vs_{30} \approx 1031,52$  m/s.**

## **7.2 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  $Vs_{30}$  è stata calcolata con la seguente espressione:  $Vs_{30} = 30 / \sum h_i / V_i$

Da tale relazione è emerso un valore di  **$Vs_{30}$  pari a 1031,52 m/s.**

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

*“A- Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $Vs_{30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.”*



Il terreno oggetto dell'indagine rientra perciò nella **categoria di suolo A** valori di  $V_{s,30}$ , superiori a 800 m/s " mentre la litologia di fondazione risulta costituita da calcare compatto.

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

## ***RELAZIONE GEOTECNICA***

## **8 RELAZIONE GEOTECNICA**

### **8.1 PARAMETRI FISICO-MECCANICI DEI TERRENI DI FONDAZIONE**

I principali dati geotecnici, raccolti sia dalla bibliografia che da lavori già eseguiti nelle immediate vicinanze di questa area, sono riassunti nelle tabelle che seguono.

I valori riportati della velocità delle onde sismiche, indirettamente danno indicazioni sulle caratteristiche meccaniche delle rocce attraversate, pertanto indicativamente si ricavano Moduli di Incompressibilità (K) di 8600 Kg/cm<sup>2</sup> (calcarenite) circa (per il primo sismostrato). Per il secondo invece di 48.300 Kg/cm<sup>2</sup> (calcarea).

Ciò indica che la pressione applicata a tali materiali per ottenere una variazione di volume dovrà essere molto alta e che si tratta di materiale con ottime caratteristiche di compressione.

Il Modulo di Poisson (P) , adimensionale, assume i seguenti valori : 0,320 e 0,275 rispettivamente per il primo ed il secondo strato ed indica che trattasi di rocce a comportamento litoide. Trattasi come era ovvio aspettarsi, di rocce a consistenza lapidea, con delle ottime caratteristiche di portanza. La calcarenite affiorante nella zona in studio presenta caratteri fisici variabili in funzione soprattutto del differente grado di diagenesi ed ha consistenza lapidea.

I parametri geotecnici dei terreni, in relazione alla progettazione delle opere previste, sono stati desunti indagini eseguite in zone limitrofe.

Nello specifico è stato possibile stimare i seguenti parametri geotecnici attraverso le correlazioni dirette con i valori di Vs e Vp:

C Coesione - kN/m<sup>2</sup>

$\gamma$  Peso unità di unità di volume - KN/m<sup>3</sup>

$\phi$  (°) Angolo di attrito interno

L'insieme dei dati ottenuti è sufficiente a delineare le linee guida progettuali, connesse con le peculiarità geotecniche dei litotipi, ed indirizzare quindi le scelte progettuali.

Da premettere che il carico limite rappresenta quel carico che, applicato alla fondazione, produce la rottura del complesso terreno-opera di fondazione e che è dipendente dalle caratteristiche fisiche e di resistenza (c,  $\phi$ ) del terreno nonché dalla geometria della fondazione (D, B).

Litologia	Profondità (m da p.c.)	$\gamma$ $KN/m^3$	$\phi'$ (°)	C (Kpa)
<b>Calcari compatti</b>	<b>3,5</b>	<b>20</b>	<b>32</b>	<b>15</b>

Tabella 2: Valori dei parametri geomeccanici e fisici

Per il calcolo del carico limite si consiglia l'uso dei seguenti parametri fisici e di resistenza:

- peso di volume 20 KN/m<sup>3</sup>
- angolo d'attrito interno 32°
- coesione 15 kN/m<sup>2</sup>

## 9 CONCLUSIONI

Lo studio geologico è stato redatto al fine di caratterizzare geologicamente, idrogeologicamente e geotecnicamente il sito della SE.BI. di Sava ubicato comune di Sava, alla C/da "Tima" – Zona PIP, prospiciente la strada provinciale Sava - San Marzano di S.G., km. 2,00 . Esso è stato svolto per verificare, con riferimento alle opere di ampliamento:

- 1) La stratigrafia geologica;
- 2) Le condizioni idrogeologiche del suolo e sottosuolo, finalizzate alla possibilità di disperdere le acque meteoriche depurate;
- 3) Le condizioni stratigrafiche in ottemperanza alle prescrizioni del nuovo Testo Unico "Norme Tecniche per le costruzioni" D.M. 14/01/2008, il quale definisce le procedure per eseguire una modellazione geologica del sito interessato da opere interagenti con i terreni e rocce.

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

- L'ammasso roccioso che ospiterà le strutture fondali è rappresentato da calcarenito e calcari compatti e con ottima capacità portante;
- La falda superficiale è assente e quella profonda presente ad oltre 80-90m dal p.c. è più che sufficiente a costituire un "franco di sicurezza" tra lo scarico e la "piezometrica";
- I parametri geotecnici caratteristici dell'ammasso roccioso investigato, da utilizzare nei calcoli statici sono i seguenti:

peso di volume 20 KN/m<sup>3</sup>

angolo d'attrito interno	32°
coesione	15 kN/m <sup>2</sup>

L' indagine REMI eseguita con Tromografo digitale "Tromino" , nel sito interessato, ha permesso di classificare il sottosuolo di fondazione in esame nella categoria "A", poiché il valore della Vs30 calcolato è pari a 1031,52 m/s (tab. 3.2.II delle NTC 2008).

### **IL GEOLOGO**

**Dott.Giuseppe MASILLO**

