



REGIONE  
PUGLIA



## Comune di ROCCAForzata - Provincia di Taranto

PO FESR 2014-2020 – Asse VI - Linea di Azione 6.1 – Determina Dirigenziale n°181 del 26 agosto 2019



### PROGETTO ESECUTIVO

*P.O.R. PUGLIA 2014-2020 ASSE VI - Azione 6.1 – “Interventi per l’ottimizzazione della gestione dei rifiuti urbani”. – “AVVISO PER LA SELEZIONE DI INTERVENTI FINALIZZATI ALLA REALIZZAZIONE O ALL’AMPLIAMENTO E/O ALL’ADEGUAMENTO DI CENTRI COMUNALI RACCOLTA DIFFERENZIATI DI RIFIUTI” – B.U.R.P. 98 DEL 29/08/2019.*

### RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTISTA: ALPHA ENGINEERING S.r.l.s.

DOTT. GEOL.: Vittorio FORTUNATO

R.U.P.: Geom. Nicola SALAMINO

STAZIONE APPALTANTE:  
Comune di Roccaforzata  
Via Giovanni XXIII n.8  
74020 Roccaforzata (TA)

Rev.	Data: Luglio 2020	Elaborato: 13
------	----------------------	---------------

## **PREMESSA**

Nell'ambito delle risorse P.O.R. Puglia FERSA 2014-2020 – Asse VI - Azione 6.1 "Interventi per l'ottimizzazione della gestione dei rifiuti urbani", il Comune di Roccaforzata(Ta) ha stabilito di procedere alla realizzazione di un "Centro di Raccolta". Pertanto, con Determina del Responsabile dell'Ufficio Lavori Pubblici, n. 324 dello 04/12/2018 e n. 82 in pari data, rispettivamente del Registro Generale e del Registro di Settore, il sottoscritto è stato incarico della redazione dello studio di qualificazione geologica e sismica dei terreni costituenti in sottosuolo l'area interessata.

Quanto sopra per effetto delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, di cui al D.M. Infrastrutture 17.01.2018, e delle prescrizioni inerenti la sismicità del territorio comunale, classificato in Zona 4 dall'OPCM n. 3274 del 2003.

Detto studio è stato condotto utilizzando i dati rilevati nel corso di sopralluoghi e quanto emerso da una specifica indagine sismica effettuata, le cui risultanze sono compendiate nel relativo elaborato, allegato alla presente relazione.

Con lo stesso studio, inoltre, sono state approfondite le peculiarità ambientali locali, al fine di individuare la metodologia ottimale di smaltimento delle acque meteoriche incidenti sul sito, previo idoneo trattamento di quelle di prima pioggia e di quelle di dilavamento successive.

Infatti, essendo il territorio interessato privo di rete fognaria bianca pubblica entro cui convogliare le richiamate acque piovane, come ammesso dal D.lgs n. 152/2006, le cui modalità attuative sono ora disciplinate con Regolamento Regione Puglia n. 26 del 9/12/2013, ne è stato previsto il recapito negli strati superficiali del sottosuolo, mediante trincea disperdente.

Pertanto, la verifica della fattibilità tecnica di tale soluzione, ha reso necessario caratterizzare anche dal punto di vista idrologico ed idraulico il sito ricettore.

A tale scopo sono state utilizzate le informazioni acquisite nel corso di specifiche prove di permeabilità eseguite in n. 2 pozzetti.

I risultati ottenuti sono di seguito descritti e rapportati alle inerenti tematiche progettuali.

## **1. STATO DEI LUOGHI**

Il sito oggetto d'indagine è ubicato nel settore orientale dell'ambito amministrativo del Comune di Roccaforzata (Ta), dal cui centro abitato dista circa km 0,9 (FIGG.1-2). Topograficamente, è riportato nella Tav. 202 II N.E. "San Giorgio Ionico", ove è individuato dalle coordinate geografiche del suo punto baricentrico di 40°26'13,90" N e 17°24'07,26" E.

Posto a quote medie di m 125 slm, ricade in un contesto territoriale caratterizzato da rade edificazioni.

Catastralmente censito al F° 2 di Roccaforzata Sez.B, P.IIIa 35, sarà impegnato per complessivi m<sup>2</sup> 1830 circa dall'isola ecologica da realizzare, articolata come segue:

1. Box Ufficio-Wc: m<sup>2</sup> 32;

**DOTT. GEOL. VITTORIO FORTUNATO**

Geologia – Geotecnica – Idrogeologia  
Via Salina Grande, 2 – 74121 TARANTO  
Cell. 3480623880  
E.mail [vittorio.fortunato@alice.it](mailto:vittorio.fortunato@alice.it)

2. Superficie impermeabilizzata per rifiuti non pericolosi: m<sup>2</sup> 200;
3. Tettoia per ricovero rifiuti non pericolosi: m<sup>2</sup> 100;
4. Tettoia per ricoveri rifiuti pericolosi: m<sup>2</sup> 30;
5. Area a verde: m<sup>2</sup> 286;
6. Parcheggio esterno: m<sup>2</sup> 350;
7. Area di pertinenza: m<sup>2</sup> 320;
8. superficie pavimentata interna: m<sup>2</sup> 512.

Ai fini del calcolo delle portate idriche da smaltire, previo trattamento di quelle di prima pioggia e di dilavamento, la superficie considerata è pari a m<sup>2</sup> 1224 (voci 1, 2, 3, 4, 6 e 8).

## **2. QUADRO DI RIFERIMENTO GEOLOGICO**

### **3. 2.a Generalità**

Il luogo investigato ricade in un territorio che, pur appartenendo integralmente al dominio geologico dell'avampaese apulo, è stato investito dalle azioni sedimentarie e modellatrici connesse con le estreme propaggini orientali dell'avanfossa bradanica.

In detta zona, al substrato mesozoico carbonatico si sovrappongono sedimenti clastici plio-pleistocenici, generati in concomitanza di un vistoso ciclo trasgressivo-regressivo marino. Simile ciclo, coevo alle ultime vicende tettoniche dell'adiacente catena appenninica, ha conservato evidenti tracce morfologiche degli eventi subiti, che hanno originato una superficie topografica tipicamente modellata, solo in parte modificata da fattori esogeni che hanno agito in tempi recenti.

Le peculiarità litostratigrafiche si riflettono anche sugli aspetti idrografici e idrogeologici, che assumono i lineamenti caratteristici delle regioni carsiche, prive di risorse acquifere superficiali significative, ma ricche di riserve profonde.

### **2.b Litostratigrafia**

La sequenza stratigrafica locale è composta, dal basso verso l'alto, da termini riferibili alle seguenti unità geologiche:

- "Calcare di Altamura";
- "Calcareniti di Gravina";
- "Argille subappennine";
- "Calcareniti postcalabrianne".

La prima è litologicamente costituita da calcilutiti e calcareniti biancastre, con occasionali intercalazioni di calcari dolomitici grigiastri. I litotipi sono ben stratificati, in strati e banchi che, di spessore di norma decimetrico, a luoghi superano la potenza di m 1,5.

L'intera unità è intensamente fratturata, con fratture subverticali che si associano in tre famiglie di giunti principali. Le discontinuità strutturali presentano aperture tra i labbri variabili da pochi millimetri ad alcuni decimetri, con netta prevalenza delle

ampiezze di ordine millimetrico. I giunti di fratturazione sono a luoghi ricementati da calcite spatica, altrove intasati da prodotti residuali limoso-argillosi ("Terre rosse").

Tuttavia, in netta maggioranza, sono liberi e costituiscono vie preferenziali di scorrimento delle acque vadose percolanti. La loro intersezione con i giunti di stratificazione determina la scomposizione dell'ammasso roccioso in blocchi, di dimensioni estremamente variabili.

A ciò si associa la dissoluzione più spinta di alcuni orizzonti del "Calcare di Altamura", entro i quali è anche possibile rinvenire significative manifestazioni carsiche.

Nell'area di indagine è posta a profondità prossima a m 40 dal piano topografico e giace al disotto di un corpo sedimentario formato da arenarie calcareo-bioclastiche grossolane, mal stratificate, a luoghi organogene, di colore generale marroncino-giallastro e grigio-biancastro, a grado di cementazione variabile da medio a basso, porose, con accidentali vuoti di piccole volumetrie ("Calcarenite di Gravina").

Tali litotipi, di spessore di poco superiore a m 8, rappresentano il prodotto basale, in facies litorale, della trasgressione marina pleistocenica.

Transitano, in alto, a sedimenti di ambiente epineritico, dati da limi sabbiosi e limi argillosi grigio-giallastri e grigio-verdastri, sottilmente laminati, fratturati nelle componenti più spiccatamente pelitiche, con patine manganesifere sulle superfici delle discontinuità fisiche e variegature ocracee e cinerine nei livelli sommitali, che ospitano anche abbondanti apporti secondari di  $\text{CaCO}_3$  ("Argille subappennine").

Di potenza di poco superiore a m 30, sono sovrastati dalle "Calcareniti postcalabrianne", rappresentate localmente da sabbie limose e argillose marroncine con inclusioni di nuclei carbonatici e da banchi di arenarie calcaree clastiche e bioclastiche, a grana compresa tra fine e grossolana e colorazione generale grigio-rosata.

In gran parte fortemente degradate, con relitti lapidei di esigue dimensioni, hanno spessore complessivo prossimo a m 4. Pedogenizzate al tetto, sono nei luoghi esaminati ricoperte da materiali di riporto aventi spessori medi dell'ordine di m 0,80.

## **2.b Geomorfologia**

Il sito di progetto, posto a quote di m 125 slm, ricade in un ambito territoriale dominato da una superficie topografica caratterizzata, in linea generale, da pendenze dell'ordine del 4%, nelle direzioni S e SE (FIG. 5).

Lo stesso è privo di particolarità geomorfologiche significative, eccezion fatta per la presenza in prossimità del suo confine orientale di una modesta scarpata, di altezza media di circa m 1.

Questa, connessa principalmente ad interventi di regolarizzazione plano-altimetrica eseguiti in passato, che ne hanno in larga parte obliterato il naturale profilo, non costituisce in alcun modo elemento di precarietà statica dell'area interessata dall'intervento.



Le uniche problematiche riscontrate sono riconducibili, a luoghi, al basso grado di addensamento dei materiali usati per le suddette regolarizzazioni, che nei settori più esterni raggiungono spessori anche superiori a m 1.

Simile particolarità è stata palesemente rilevata nel corso delle prove di permeabilità eseguite, in corrispondenza delle quali si sono avuti valori estremamente discordanti: con massimi nella fascia orientale e minimi in quella centrale del sito.

Si ribadisce, in ogni caso, che non sono stati accertati altri indizi di fenomenologie d'instabilità globale o fattori predisponenti, in atto o potenziali, che possano pregiudicare, nel tempo, la funzionalità delle strutture da realizzare.

A tal fine, si riferisce che il P.A.I. dell'AdB della Puglia non qualifica a rischio geomorfologico ed idraulico il territorio entro cui ricade l'area di progetto (FIG. 6).

## **2.c Idrogeologia**

L'area d'indagine è idrogeologicamente caratterizzata dalla presenza di una potente falda acquifera, di tipo carsico, che ha il proprio serbatoio entro l'unità litologica del "Calcare di Altamura" (permeabile per fratturazione e carsismo) e profondità della sua superficie piezometrica prossima a m 120 dal piano campagna.

Pertanto, la stessa, peraltro sovrastata da una potente bancata pelitica che la protegge dagli inquinanti esterni, non potrà in alcun modo interferire con quanto oggetto d'intervento.

Le "Calcareni postcalabrianne", permeabili per porosità, ove presenti con maggiori spessori, sono anch'esse sede di una modesta falda idrica, ma di tipo freatico, che ha la superficie di fondo coincidente con il tetto delle "Argille subappennine", impermeabili a tutti gli effetti pratici, e superficie piezometrica posizionata a profondità variabili da m 2 a m 2,50, in funzione delle quote topografiche.

A tal proposito, si riferisce che il sito di progetto, nella sua definitiva configurazione, sarà ulteriormente regolarizzato e uniformato alle quote della limitrofa viabilità, attualmente più elevate.

Ciò comporterà una omogenea distribuzione del livello dell'acquifero che nell'area d'intervento si posizionerà a profondità non inferiori di m 2,50.

Simile acquifero, nel territorio esaminato, per le sue limitate potenzialità connesse alle dimensioni del suo bacino di alimentazione, ha scarsi utilizzi irrigui e, pertanto, sono pochi i pozzi nello stesso attestati. Uno di questi, peraltro indicato sulla Tav 202 II NE, è posto a una distanza prossima a m 220 dal sito di progetto, e quindi non sarebbe conforme a quella prescritta dal Regolamento Regione Puglia n. 26/2013 – art. 13, comma 5 (m 250), pur se di poche decine di metri.

In ogni caso, le sue quote topografiche più elevate consentono di ritenerlo idraulicamente a monte dei deflussi locali dell'acquifero freatico e, pertanto, esente da interferenze con l'opera di dispersione delle APP che sarà realizzata nel "Centro di raccolta dei rifiuti urbani".

Quanto sopra anche per la disomogenea diffusione territoriale della falda superficiale locale, condizionata nella sua costituzione e percorrenza dalle variabilità tessiturali e strutturali delle rocce-serbatoio che la ospitano e, in particolare, dallo stato di decompressione che le stesse assumono, lungo i bordi delle scarpate morfologiche, come nel caso in specie.

## **2.d. Climatologia**

Gli aspetti climatici locali sono dati da una temperatura media mensile generalmente elevata, i cui valori specifici (riferiti ad un arco di tempo di oltre 15 anni) variano da un minimo di 8,8° C, a Gennaio, ed un massimo di 26,3° C, ad Agosto.

La piovosità totale media annua è di circa mm 560, mentre l'evapotraspirazione potenziale complessiva è prossima a 850 mm/anno, con deficit di mm/anno 500, nel periodo estivo.

## **3. ASPETTI TECNICI E VALUTAZIONI INERENTI**

### **3.a Generalità**

Come innanzi accennato, il progetto attiene alla realizzazione di un centro di raccolta rifiuti, con la previsione di tutte le opere necessarie ad un suo efficiente utilizzo.

In particolare, sono previste: pavimentazioni; la edificazione di un box destinato ad ufficio e servizi igienici; la realizzazione di una piastra per l'allocazione di cassoni; n. 2 tettoie di protezione dei contenitori di altre tipologia di rifiuto; opere accessorie e di completamento (reti idrico-fognarie ed elettriche, recinzione); la costruzione di una trincea disperdente delle acque meteoriche dilavanti, incidenti sull'area.

Pertanto, le tematiche tecnico-progettuali analizzate hanno riguardato essenzialmente i seguenti ASPETTI:

- A) GEOLOGIA TECNICA - qualificazione stratigrafica e fisico-meccanica dei terreni coinvolti dai lavori;
- B) MODELLAZIONE SISMICA;
- C) GEOLOGIA AMBIENTALE - permeabilità dei terreni in posto e dispersione acque meteoriche.

## **4. ASPETTO "A" - GEOLOGIA TECNICA**

### **3. CARATTERI TECNICI**

#### **3.a.Generalità**

Al fine di acquisire i necessari dati tecnici, sui quali basare la progettazione delle strutture di fondazione dei manufatti da realizzare nel "Centro raccolta rifiuti urbani", sono stati consultati i dati di indagini analoghe condotte in siti vicini a quello d'intervento e le informazioni dedotte da sopralluoghi e da una specifica indagine sismica eseguita nell'area.

### 3.b. Schema stratigrafico

Dalle informazioni esaminate, è stata ricostruita la seguente organizzazione verticale, a partire dall'alto, dei corpi litologici ivi presenti.

ORIZZONTE "A"	Terreno vegetale e pezzami lapidei in matrice sabbioso-limoso-argillosa di spessore medio prossimo a m 0,80;
ORIZZONTE "B"	Calcareniti, a grado di cementazione variabile da medio a basso, con intercalazioni di sabbie limose e argillose, aventi potenza complessiva di circa m 4.
ORIZZONTE "C"	Limi argillosi ed argilloso-sabbiosi, grigio-verde-giallastri e azzurrastrati in profondità, da consistenti a molto consistenti e moderatamente plastici, con frequenti intercalazioni di strati più spiccatamente sabbiosi, di potenza superiore a m 30.

### 3.c. Parametri geomeccanici

In funzione di quanto acquisito dall'analisi dei dati in possesso, è stata eseguita una qualificazione geomeccanica "media" dei terreni interessati dai manufatti di progetto. Quanto sopra per l'elevata diversità strutturale e tessiturale dei litotipi coinvolti, con evidenti riflessi sui relativi parametri geotecnici.

Detta qualificazione è, pertanto, così delineata.

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Peso di Volume: <math>\gamma_k = 1,7 \text{ g/cm}^3</math></li><li>- Angolo di Attrito Interno effettivo: <math>\phi_{k'} = 32^\circ</math></li><li>- Modulo di Deformazione: <math>E_{seq} = 765 \text{ kg/cm}^2</math> (pari al 50% del Modulo Elastico rilevato dall'indagine sismica per lo strato più superficiale)</li></ul> |
|--|

Le peculiarità più rilevanti di simile livello "globale" sono definite dalla presenza in alcuni settori dell'area di riporti poco addensati, che indicano un'elevata sensibilità a subire variazioni di volume a seguito di tensioni statiche e dinamiche, deleteri per i manufatti poggiati direttamente su di loro, ancor più svantaggiosi in situazioni di imbibizione idrica.

Pertanto, i negativi effetti fisico-meccanici allo stesso imputabili, con appositi accorgimenti potranno essere in buona parte annullati.

Ciò potrà essere conseguito mutando artificialmente la composizione del profilo litologico più superficiale che dovrà essere sostituito, per uno spessore complessivo reso non inferiore a m 0,20, da misto granulare stabilizzato, costipato a rifiuto tramite rullo vibrante.

Alla sua base, sarà presente un pacco di pietrame, d'altezza finita  $h = 30$  cm, ad elementi di diametro non maggiore di  $h/2$ , con il ruolo di ossatura grossolana, per la dispersione di accidentali pressioni di rigonfiamento e idrauliche.

Quanto sopra riferito, trova schematica illustrazione nel modello geotecnico di FIG. 7, che mostra le peculiarità geometriche della fondazione cui trasferire i carichi indotti dalle opere da realizzare, con particolare riferimento alla piastra di sostegno della tettoia rifiuti pericolosi.

Sono, inoltre, rappresentati i termini litologici interagenti con le opere ed i relativi parametri geotecnici.

#### 4.TEMI PROGETTUALI

L'insieme delle risultanze emerse dalle indagini svolte consente di ritenere adeguata l'adozione di fondazioni dirette per le opere da inserire nel "Centro di raccolta" (Tettoie, fabbricato uffici, area cassoni ed altro).

A tal fine, nella scheda che segue, è mostrato, a puro titolo esemplificativo, il calcolo della capacità portante ammissibile di una platea avente base  $B = m\ 3,00$ ,  $L = 10,00$  e altezza del cassonetto di alloggio di m 0,30.

Per la stima della capacità portante ammissibile di detto elemento strutturale, è stata applicata la combinazione ( $A_1 + M_1 + R_3$ ) dell'Approccio 2, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nella Tab. 6.2.II e nella Tab. 6.4.1 delle nuove NTC di cui al Decreto 17 gennaio 2018 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

**Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0



Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

La relazione impiegata è quella di Meyerhof, valida per qualunque tipo di terreno e per profondità di posa fino a  $D = 4 \times B$ .

Simile alla relazione di Terzaghi, introduce un fattore di forma  $s_q$  legato al fattore di capacità portante  $N_q$ , tre fattori legati all'approfondimento del piano di posa della fondazione e tre fattori correttivi per carichi inclinati.

Ha la seguente espressione:

$$Q_{lim} = c_p \times N_c \times s_c \times d_c \times i_c + s_q \times \gamma_1 \times D \times N_q \times d_q \times i_q + 0,5 \times \gamma_2 \times B \times N_\gamma \times s_\gamma \times d_\gamma \times i_\gamma$$

con:

- $c_p$  = Coesione (non drenata o efficace, in rapporto alle condizioni d'esercizio);
- $N_c, N_q, N_\gamma$  = Fattori di capacità portante;
- $s_c, s_q, s_\gamma$  = " " forma;
- $d_c, d_q, d_\gamma$  = " " correttivi per l'approfondimento;
- $i_c, i_q, i_\gamma$  = " " d'inclinazione;
- $\gamma_1, \gamma_2$  = Peso di Volume, rispettivamente, dei terreni sovrastanti e sotto-stanti al piano di posa;
- $D$  = Profondità d'interramento;
- $B$  = Larghezza d'impronta.

I fattori adimensionali di capacità portante sono dati da:

- $N_q = \exp^{[\pi \times \tan \varphi]} \times \tan^2 (45^\circ + \varphi/2)$ ;
- $N_c = (N_q - 1) \times \cotg \varphi$ ;
- $N_\gamma = (N_q - 1) \times \tan (1,4 \times \varphi)$ .

## CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE

### Secondo Meyerhof

Geometria della fondazione	Valore	Unità
Base	3,00	[m]
Profondità	0,00	[m]
Lunghezza	10,00	[m]
Eccentricità (Base)	0,00	[m]
Eccentricità (Lunghezza)	0,00	[m]
Inclinazione del carico	0°	[° gradi]

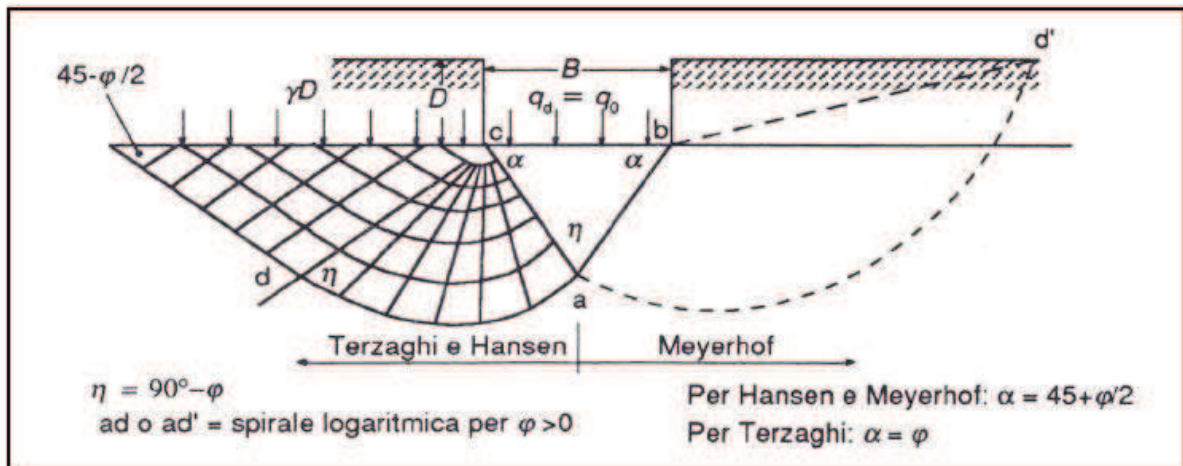
Dati Terreno	Valore	Unità
Peso Specifico	1,70	[t/m <sup>3</sup> ]
Angolo di attrito	32°	[° gradi]
Coesione	0,00	[t/m <sup>2</sup> ]

FS (fattore di sicurezza)	2,3
---------------------------	-----

Fondazioni superficiali

**DOTT. GEOL. VITTORIO FORTUNATO**

Geologia – Geotecnica – Idrogeologia  
Via Salina Grande, 2 – 74121 TARANTO  
Cell. 3480623880  
E.mail [vittorio.fortunato@alice.it](mailto:vittorio.fortunato@alice.it)



Fattori di forma	sc = 1,195275	sq = sg = 1,0976376
Fattori di profondità	dc = 1	dq = dg = 1
Fattori d'inclinazione	ic = iq = 1	ig = 1

Nq =	23,177
Nc =	35,49
Ng =	22,022

Q =	1849,213	[ t ]
q <sub>ult</sub> =	61,640	[ t/m <sup>2</sup> ]
Q <sub>amm</sub> =	26,800	[ t/m <sup>2</sup> ]

Q = Capacità portante.

Si precisa che a ulteriore vantaggio della sicurezza, nel calcolo non si è tenuto conto del contributo dell'approfondimento della fondazione.

Il Modulo di Sottotondo verticale viene, inoltre, così stimato:

$$k_s = E_{s\text{eq}} / [B \cdot (1 - \mu_{\text{keq}}^2) \cdot I_w],$$

con:

- $E_{\text{eq}}$  = Modulo di deformazione;
- $B$  = base della platea;
- $\mu$  = coefficiente di Poisson;
- $I_w$  = coefficiente d'influenza dato da:  $(0,82 + 0,5592 \times \ln L/B)$ .

Numericamente:

**DOTT. GEOL. VITTORIO FORTUNATO**

Geologia – Geotecnica – Idrogeologia  
 Via Salina Grande, 2 – 74121 TARANTO  
 Cell. 3480623880  
 E.mail vittorio.fortunato@alice.it

$$K_s = 765 / [300 \times (1 - 0,35^2) \times 1,5] = 1,93 \text{ kg/cm}^3$$

Il corrispettivo orizzontale è pari a:

$$k_h = k_s / 1,1 = 1,81 / 1,1 = 1,76 \text{ Kg/cm}^3$$

## 5. ASPETTO "B" - MODELLAZIONE SISMICA

Il Comune di Roccaforzata (Ta) è stato qualificato sismico dall'OPCM 20/3/2003, che lo ha inserito nella "zona 4" della "Nuova Classifica" nazionale, recepita dalla Regione Puglia con Delibera n° 153 del 2/3/2004.

Detta "zona 4", per il territorio esaminato, non ne implica comunque un'attribuzione epicentrale, bensì il riconoscimento del ruolo di bersaglio per scosse telluriche del "far-field", che in ogni modo vi giungono di molto attenuate.

In effetti, il risaputo "terremoto di Francavilla Fontana" è da ritenere un evento straordinario, fortemente caratterizzato da effetti d'amplificazione locale.

Ai sensi del D.M. 17.1.2018, la "pericolosità sismica di base" della fascia di territorio che comprende l'area oggetto d'intervento, è definita dai parametri medi dei 4 nodi del "reticolo di riferimento" che dovranno essere fattorializzati in ragione della "Categoria di sottosuolo" e di quella "Topografica".

Come accertato dalla indagine sismica svolta, che ha evidenziato velocità delle  $V_{s \text{ eq.}}$  pari a m/s 408, la prima è da ricondurre al tipo "B" della Tab. 3.2.II del Decreto menzionato (*"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"*).

Invece, per la configurazione d'insieme del territorio, il "Coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$ " farà riferimento alla "categoria"  $T_1$  della Tav.3.2.VI.

Per il sito oggetto di intervento, i parametri per la definizione dell'azione sismica sono di seguito mostrati.

### Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 40,438154

longitudine: 17,402945

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

• Sito 1 ID: 34802	Lat: 40,4182	Lon: 17,3645	Distanza: 3940,311
• Sito 2 ID: 34803	Lat: 40,4159	Lon: 17,4301	Distanza: 3380,626
• Sito 3 ID: 34581	Lat: 40,4658	Lon: 17,4331	Distanza: 3998,059
• Sito 4 ID: 34580	Lat: 40,4681	Lon: 17,3675	Distanza: 4479,636

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

**DOTT. GEOL. VITTORIO FORTUNATO**

Geologia – Geotecnica – Idrogeologia

Via Salina Grande, 2 – 74121 TARANTO

Cell. 3480623880

E.mail [vittorio.fortunato@alice.it](mailto:vittorio.fortunato@alice.it)

Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50 anni  
Coefficiente cu: 1

**Operatività (SLO):**

Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 30 [anni]  
ag: 0,022 g  
Fo: 2,401  
Tc\*: 0,227 [s]

**Danno (SLD):**

Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 50 [anni]  
ag: 0,029 g  
Fo: 2,392  
Tc\*: 0,284 [s]

**Salvaguardia della vita (SLV):**

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,059 g  
Fo: 2,811  
Tc\*: 0,413 [s]

**Prevenzione dal collasso (SLC):**

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 975 [anni]  
ag: 0,069 g  
Fo: 2,966  
Tc\*: 0,431 [s]

**Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii**

**SLO:**

Ss: 1,200  
Cc: 1,480  
St: 1,000  
Kh: 0,005  
Kv: 0,003  
Amax: 0,262  
Beta: 0,200

**SLD:**

Ss: 1,200  
Cc: 1,420  
St: 1,000  
Kh: 0,007

Kv: 0,004  
Amax: 0,344  
Beta: 0,200  
SLV:  
Ss: 1,200  
Cc: 1,310  
St: 1,000  
Kh: 0,014  
Kv: 0,007  
Amax: 0,693  
Beta: 0,200  
SLC:  
Ss: 1,200  
Cc: 1,300  
St: 1,000  
Kh: 0,017  
Kv: 0,008  
Amax: 0,816  
Beta: 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50  
Coordinate WGS84

- latitudine: 40.437169
- longitudine: 17.402150

## **6. ASPETTO "C" – GEOLOGIA AMBIENTALE**

### **6.a Parametri idrogeologici**

Per la verifica della capacità di dispersione delle acque piovane incidenti sull'area d'indagine, sono state preliminarmente eseguite n. 2 prove in situ per la stima del coefficiente di permeabilità "medio" dei terreni interessati.

Simili prove sono state condotte a carico variabile, immettendo in n. 2 pozzetti a base circolare, rispettivamente con diametri (d) del  $\phi$  m 0,55 e m 0,50 e altezze (h) di m 0,60 ( $h > d/4$ ) e m 0,55, lt 100 di acqua (Vedasi FIG. 8 per la loro ubicazione e la documentazione fotografica allegata).

I rispettivi Coefficienti di permeabilità, sono stati stimati mediante la nota relazione:

$$K = d/32 \times (h_1 - h_2 / t_2 - t_1) \times 1/h_m$$

Dove:

- d = diametro del pozzetto cilindrico;
- $h_1$  = altezza iniziale del livello d'acqua (m);

**DOTT. GEOL. VITTORIO FORTUNATO**

Geologia – Geotecnica – Idrogeologia  
Via Salina Grande, 2 – 74121 TARANTO  
Cell. 3480623880  
E.mail [vittorio.fortunato@alice.it](mailto:vittorio.fortunato@alice.it)



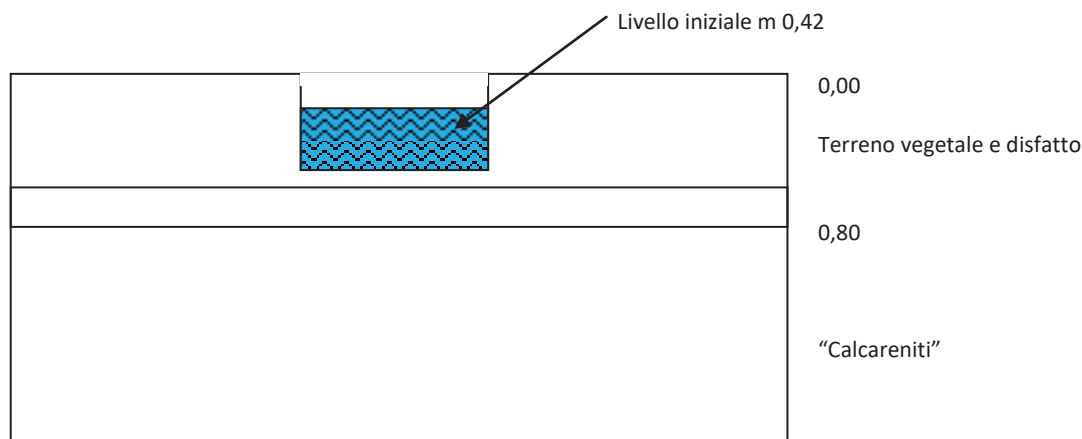
- $h_2$  = altezza finale del livello dell'acqua (m);
- $t_2 - t_1$  = tempo trascorso per il raggiungimento di  $h_2$  (s);
- $h_m$  = altezza media dell'acqua riferita al fondo foro.

Di seguito sono riportate le relative schede, riepilogative delle loro dimensioni, dei quantitativi di acqua immessa, dei tempi di assorbimento ed il corrispondente valore della permeabilità.

**POZZETTO A**

Tempo (s)	Dislivello $h_1-h_2$ (m)	K (m/s)
380	0,42	$3,5 \times 10^{-5}$
<b>K<sub>A</sub></b>		<b><math>4,5 \times 10^{-5}</math></b>

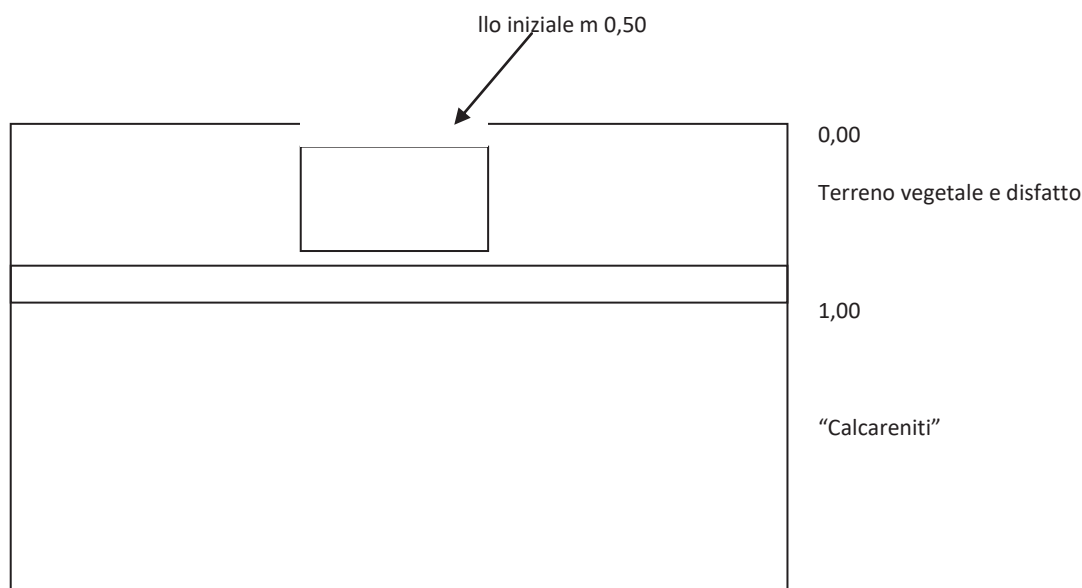
- Diametro (d): m 0,55; Altezza (h) : m 0,60; Altezza media ( $h_m$ ): m 0,42



**POZZETTO B**

Tempo (s)	Dislivello $h_1-h_2$ (m)	K (m/s)
110	0,03	$8,5 \times 10^{-6}$
290	0,08	$8,6 \times 10^{-6}$
420	0,13	$9,6 \times 10^{-6}$
510	0,19	$1,16 \times 10^{-5}$
1010	0,33	$1,02 \times 10^{-5}$
1560	0,43	$8,6 \times 10^{-6}$
1780	0,50	$8,8 \times 10^{-6}$
<b>K<sub>B</sub></b>		<b><math>9,86 \times 10^{-6}</math></b>

- Diametro: m 0,50; Altezza (h) : m 0,55; Altezza media ( $h_m$ ): m 0,50



La permeabilità media, utilizzata nelle successive calcolazioni, è risultata essere pari a:

$$K_m = (K_A + K_B) / 2 = 2,7 \times 10^{-5}$$

## 6. b Trincea Disperdente - Conclusioni

Lo studio geologico-ambientale espletato ha permesso di accertare quanto segue.

- I volumi di terreno in posto interessati dalla dispersione delle acque meteoriche dilavanti, incidenti sull'area di progetto, sono caratterizzati da un grado di permeabilità medio pari a  $m/sec 2,7 \times 10^{-5}$ .
- Nell'area è presente una modesta falda freatica, il cui livello piezometrico è collocato a non meno di m 2,50 dal piano campagna;
- Le particolarità climatiche locali danno luogo ad un'evapotraspirazione potenziale media prossima a mm/anno 850;
- La falda carsica, protetta localmente da inquinanti esterni da una spessa coltre argillosa impermeabile, è localmente posta ad una profondità prossima a m 120 dal piano topografico; la stessa, pertanto, non potrà subire in alcun modo decrementi delle sue qualità connesse al recapito delle acque piovane trattate proposto;
- Non è nota la presenza di pozzi irrigui o potabili autorizzati dall'Ente competente (Provincia), posti a distanze inferiori a quelle di legge dalla trincea disperdente in

progetto, eccezion fatta per un'opera di captazione, verosimilmente priva di "concessione" all'utilizzo di acque sotterranee, ubicata al limite dell'area buffer di m 250 (m 220 circa);

- La stessa opera di captazione, posta a quote topografiche più elevate, è in posizione di sovrafflusso rispetto al punto d'immissione delle acque meteoriche trattate, con le quali, pertanto, non potrà in alcun modo interferire;
- La metodologia di immissione prescelta garantisce un sufficiente "franco di sicurezza" nei confronti del sottostante acquifero freatico che, come innanzi riferito, è posto localmente a m 2,5 dal piano topografico;
- Le acque disperse non arrecheranno pregiudizio al mantenimento degli obiettivi di qualità ambientale ed alla sicurezza geomorfologica del sito.

Quanto detto, rapportato al dettato della vigente normativa e alla disponibilità di una sufficiente superficie libera, consente di ritenere ottimale il previsto recapito delle acque piovane, previo loro idoneo trattamento, negli strati superficiali del sottosuolo, mediante trincea disperdente.

Questa è prevista con base (b) di m 1,00 e altezza (h) pari a m 0,80 (FIG. 9).

Per la verifica della sua funzionalità, è stata utilizzata la **formula inversa per la determinazione del coefficiente di permeabilità a carico costante – Raccomandazioni AGI giugno 1977 - Estrapolata dall'Organo di stampa dell'A.N.I.P.A. "Acque Sotterranee", N. 3 – III Trimestre - settembre 1986:**

$$q = [(K \cdot b^2) / S],$$

con:

- q = quantità assorbita;
- K = Coefficiente di permeabilità
- L = lunghezza complessiva delle trincee

**S** è dato da:  **$1/(27 \cdot h/b + 3)$** .

Numericamente si ha:

$$q = [0,000027 \times 1,0^2 / 0,0406] = 0,00066 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{0,66 \text{ l/s}}$$

Moltiplicando il valore unitario ottenuto per una lunghezza di m 50 di condotta disperdente si ottiene una portata pari a:

$$\mathbf{Q = 0,66 \times 50 = 33 \text{ l/s} > 29 \text{ l/s}}$$

Tale valore verifica positivamente la funzionalità del sistema di dispersione prescelto.

E da precisare che nelle determinazioni sopra effettuate sono state incluse anche le portate competenti alle **Acque di Prima Pioggia**, i cui volumi ( $\text{mm } 5 \times \text{Area impermeabile} = \text{m } 0,005 \times \text{m}^2 1.224 = \mathbf{\text{m}^3 6,12}$ ), previo trattamento appropriato, saranno stoccati in apposita vasca stagna interrata di idonea dimensione.

Pertanto, il sistema di dispersione delle acque prescelto sarà in grado di smaltire le portate di pioggia critica attinenti ad eventi brevi ed intensi della durata di 15 minuti.

Infatti, i quantitativi idrici da disperdere sono pari a  **$\text{m}^3/\text{s } 0,029$** , come risulta dalle determinazioni di seguito eseguite.

Questi provengono da un'area variamente impegnata, della superficie impermeabile complessiva di m<sup>2</sup> 1.224 (ha 0,1224).

Per la loro stima volumetrica, è stata preventivamente determinata **la curva di probabilità climatica** (operando secondo la metodologia VAPI) utilizzando la seguente formula, pertinente alla Sottozona omogenea 6 della Puglia meridionale:

$$h_{tc} = 33,7 \cdot t^{(0,0022 z + 0,488)/3,178} \cdot K_t$$

con:

- z = quota topografica del punto considerato;
- $K_t$  = Fattore probabilistico di crescita (**= a + b ln T**).

Detto ultimo dato, per la Puglia Centro-Meridionale e per un tempo di ritorno dell'evento di anni 5, assume un valore pari a 1,26.

Numericamente:

$$h_{tc} = 33,7 \times t^{0,24} \times 1,26.$$

Nello specifico, posto t = 15 minuti, valore corrispondente alla durata di una pioggia massima e costante, si ha un'Intensità di evento pari a:

$$I = 0,0337 \times 0,25^{0,24-1} \times 1,26 = 0,122 \text{ m}$$

Assegnato al bacino tributario, che per ulteriore sicurezza nello specifico trova coincidenza con l'intera superficie impermeabilizzata (Ha 0.1224), un valore del coefficiente di afflusso-deflusso ( $\phi$ ) pari a 0,7 e utilizzando il metodo di De Martino (applicabile a bacini inferiori a 30 ha), si ottiene la suddetta portata:

$$Q = \phi \times I \times S : 0,36 = 0,7 \times 0,122 \times 0,1224 : 0,36 = 0,029 \text{ m}^3/\text{s} = 29 \text{ l/s}$$

REDATTA DA:

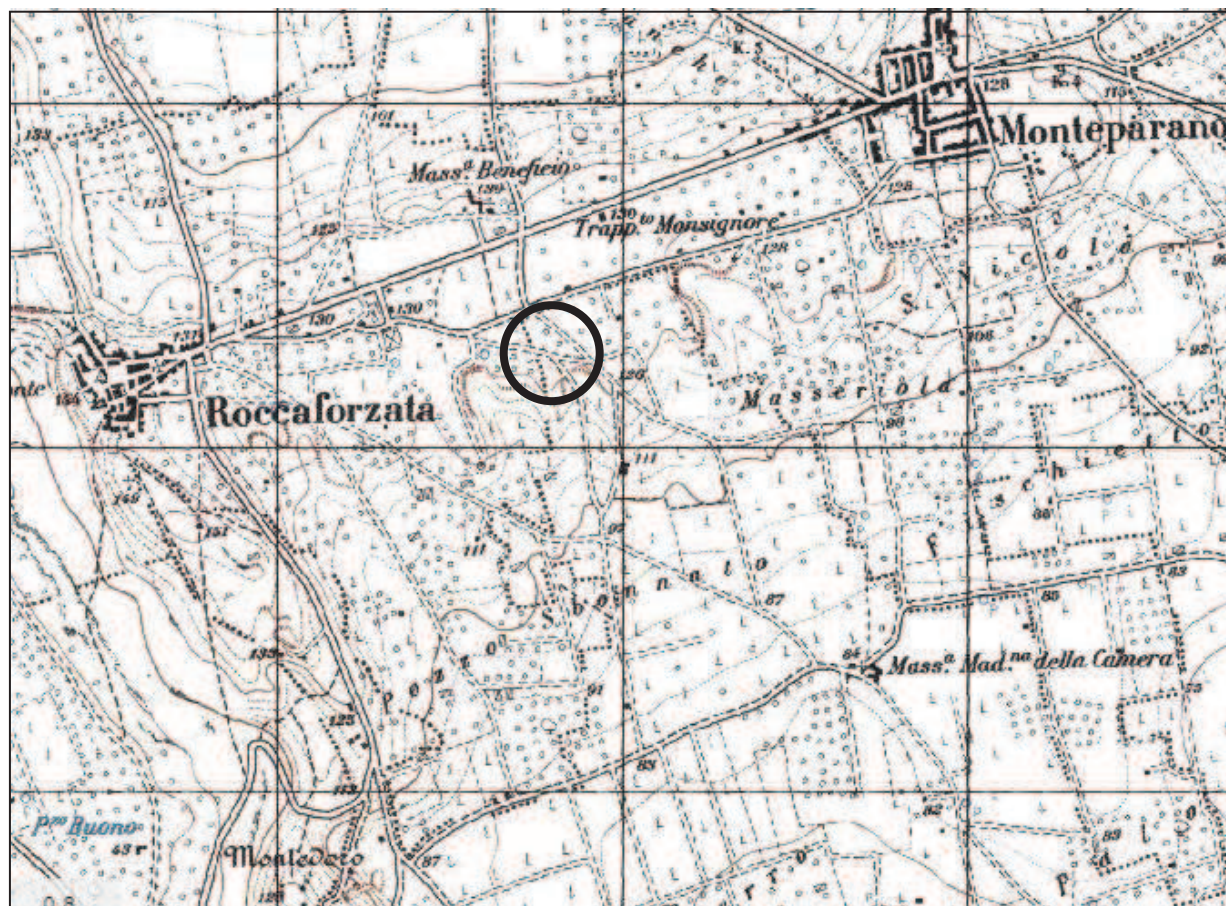


FIG. 1  
Ubicazione del sito d'indagine



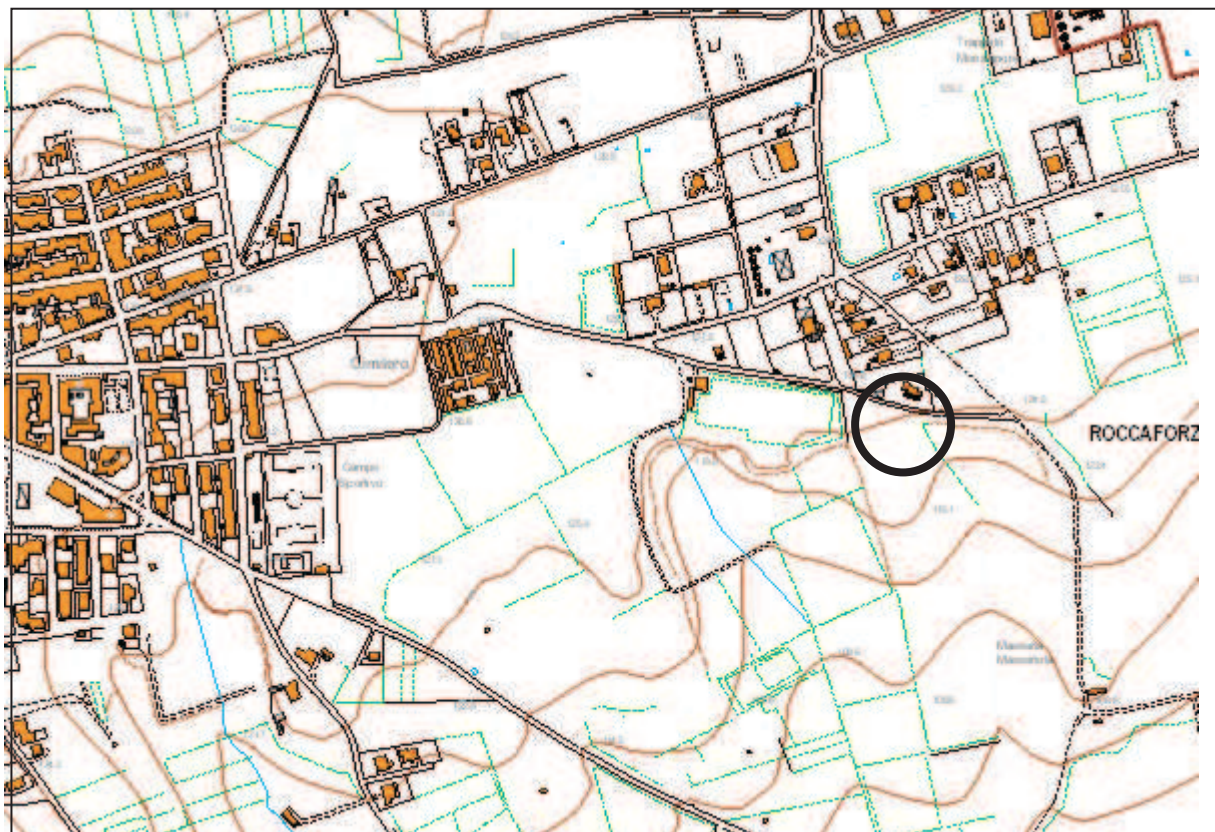


FIG. 2 –  
Aerofotogrammetria, con l'indicazione del sito di progetto



**FIG. 3 – Carta geologica**


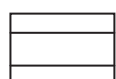
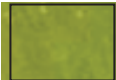

-  Limite area di progetto
-  Riporti e sacche di terreno vegetale
-  **CALCARENITI POSTCALABRIANE.** Calcareniti per lo più grossolane, compatte, calcareniti farinose e calcari tipo “panchina” di colore grigio-giallastro più o meno chiaro e stratificazione in genere evidente e lenti di limi sabbioso-argillosi (Tirreniano-Calabriano)
-  **ARGILLE SUBAPPENNINE.** Marne argillose e siltose, grigio-verde-giallastre e grigio-azzurrastre in basso, con talora intercalazioni sabbiose. (Calabriano)

FIG. 4 – Stratigrafia media

COMUNE: Roccaforzata (Ta)	COORDINATE	Lat. : 40°26'13,90" N Long.: 17°24'07,26" E
F° 2 Roccaforzata Sez. B (ex F° 2 TA/B) P.IIa 35	QUOTA (p.c.): 125 m slm	

Profondità dal piano campagna	Colonnina stratigrafica	Descrizione	Falda	
0,00		Terreno vegetale e pezzami lapidei eterometrici immersi in matrice limoso-argillosa e sabbiosa, a basso grado di addensamento	<b><u>2,50</u></b>	
0,80				
4,80		Banchi di calcareniti bioclastiche marroncine e avano-rosate, da poco a mediamente cementate, a grana medio-grossolana, porose, intercalati da limi sabbioso-argillosi.		
>30,00		Limi argilloso-sabbiosi giallo verdastri e grigio-azzurrastrì, da mediamente a molto		

**DOTT. GEOL. VITTORIO FORTUNATO**

Geologia – Geotecnica – Idrogeologia

Via Salina Grande, 2 – 74121 TARANTO

Cell. 3480623880

**E.mail** [vittorio.fortunato@alice.it](mailto:vittorio.fortunato@alice.it)





**FIG. 5**  
**Carta idrogeomorfologica**  
(I toni scuri indicano aree a maggiore pendenza)



-  Corso d'acqua episodico
-  Potenziali deflussi idrici in evenienze piovose



FIG. 6  
Stralcio P.A.I. dell'AdB Puglia

## LEGENDA

### Peric. Geomorf.

- media e moderata (PG1) elevata (PG2)
- elevata (PG3)

### Peric. Idraulica

- bassa (BP) media (MP)
- alta (AP)

### Rischio

- R1 R2
- R3 R4

**DOTT. GEOL. VITTORIO FORTUNATO**

Geologia – Geotecnica – Idrogeologia

Via Salina Grande, 2 – 74121 TARANTO

Cell. 3480623880

E.mail [vittorio.fortunato@alice.it](mailto:vittorio.fortunato@alice.it)



FIG. 7  
Modellazione geotecnica

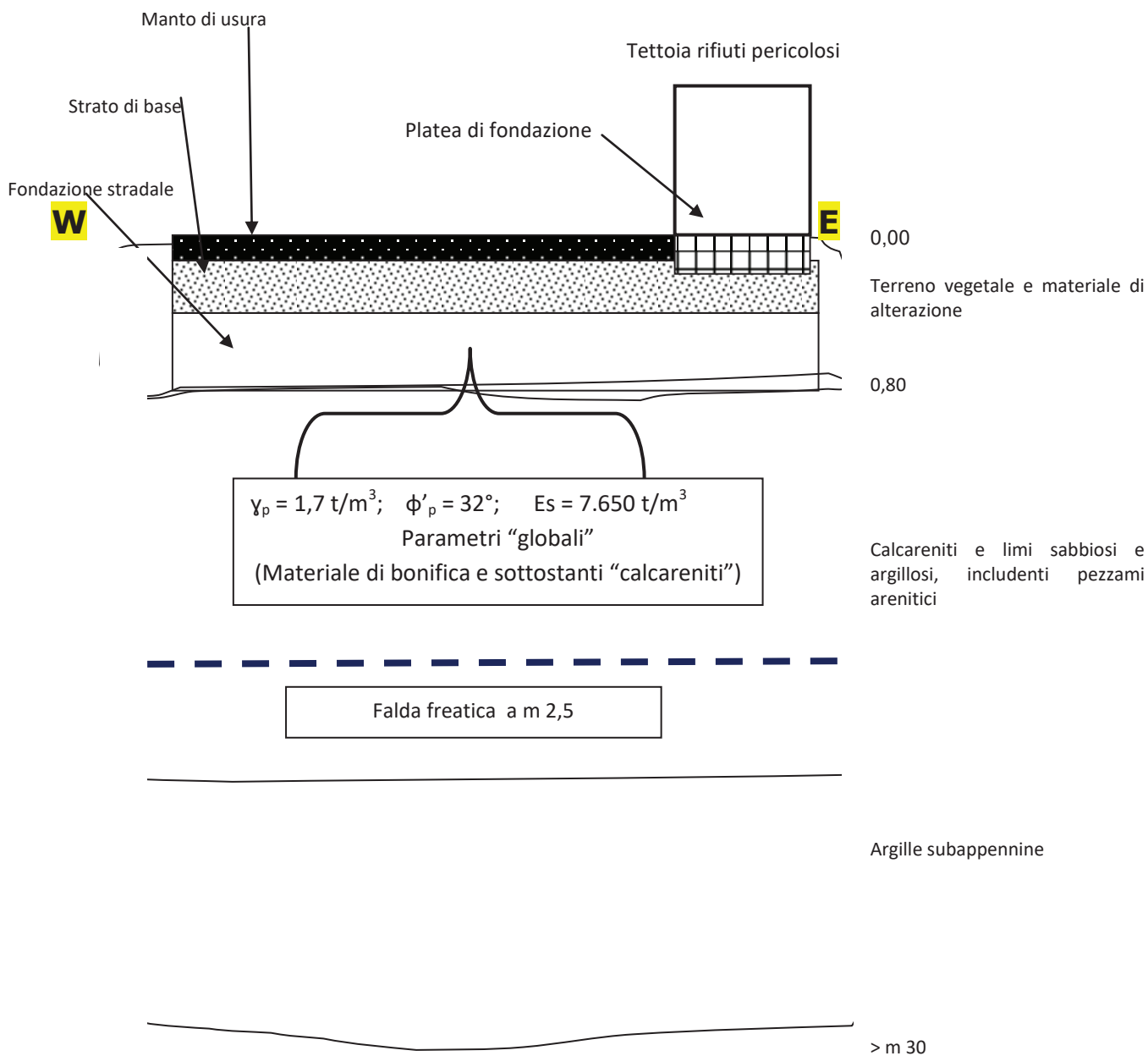



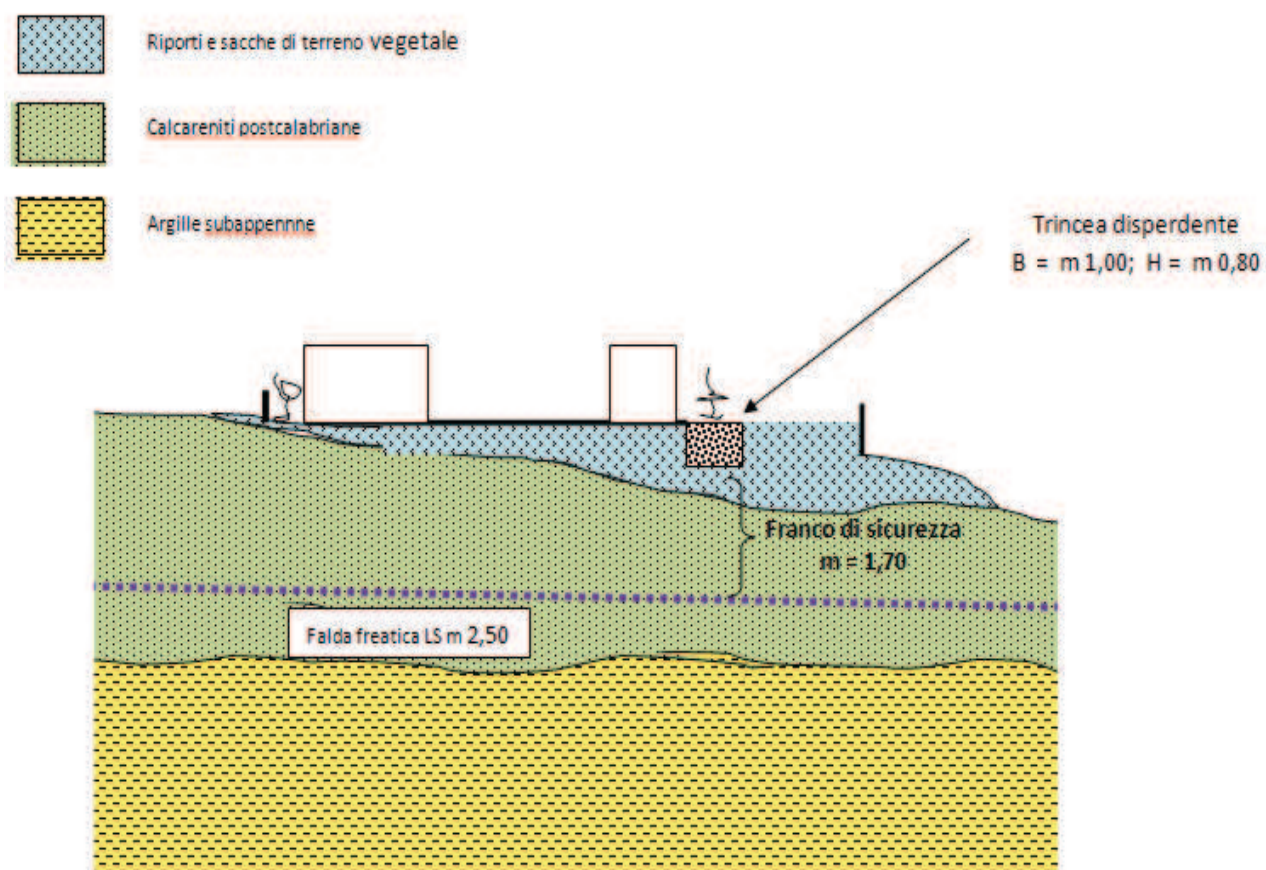


FIG. 8 - Ubicazione indagini

  
**P2** Prove di permeabilità

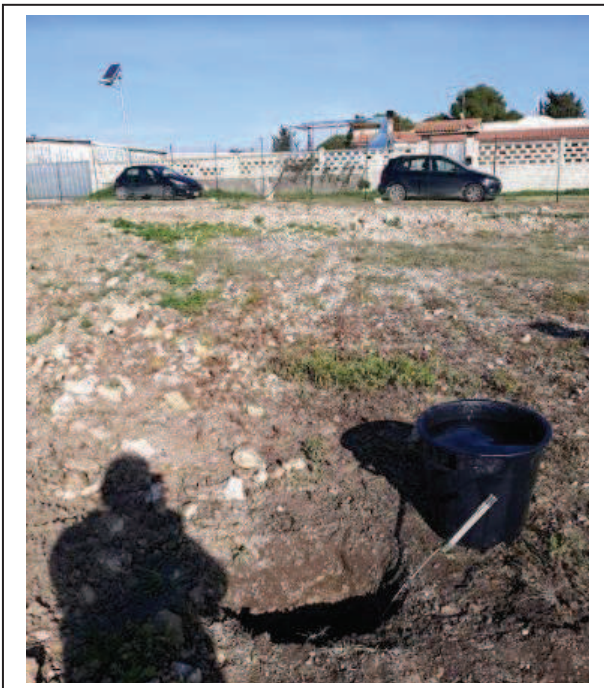
 Sezione sismica

FIG. 9 – Schema idrogeologico





PARZIALE DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLE PROVE DI  
PERMEABILITA'



# RAPPORTO INDAGINE SISMICA



## PREMESSA

A completamento dell'incarico conferitomi dall'Amministrazione Comunale di Roccaforzata (Ta), in data 22/12/2018, è stata svolta un'indagine sismica (metodo MASW), finalizzata alla definizione delle peculiarità litostratigrafiche dell'area interessata dal progetto di costruzione del "Centro di raccolta dei rifiuti Urbani" e alla acquisizione dei dati utili alla modellazione sismica del sottosuolo locale.

Quanto sopra per le specifiche prescrizioni di cui al D.M. Infrastrutture e Trasporti 17 gennaio 2018.

Pertanto, con il presente rapporto viene di seguito descritta la procedura operativa seguita e la descrizione e determinazione dei parametri che la stessa indagine ha consentito di conseguire.



**FIGURA N.1 - FASI DI ACQUISIZIONE STESA SISMICA**

## 1. ANALISI MASW

Il metodo **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves) risulta essere una tecnica di indagine ottimale, non invasiva, utile a definire la risposta sismica di un determinato sito, che consente di classificare il sottosuolo nelle 5 categorie differenti, previste dalle nuove NTC di cui al DM innanzi citato. Tale analisi individua il profilo delle velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , misurando le stesse in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo più importante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

**DOTT. GEOL. VITTORIO FORTUNATO**

Geologia – Geotecnica – Idrogeologia

Via Salina Grande, 2 – 74121 TARANTO

Cell. 3480623880

E.mail vittorio.fortunato@alice.it

In un mezzo stratificato, come possono essere i terreni oggetto di interesse, le onde di Rayleigh sono dispersive.

Ciò risulta facilmente riscontrabile attraverso l'osservazione e lo studio delle onde stesse; infatti, onde ad alta frequenza e piccola lunghezza si propagano negli strati più superficiali del sottosuolo, mentre onde a bassa frequenza e lunghezza maggiore, si estendono a profondità più rilevanti.

In altre parole, nell'indagine MASW, le onde superficiali generate in un punto del terreno sono misurate da uno stendimento lineare di sensori (geofoni) che permettono di ottenere una velocità di fase o curva di dispersione, sperimentale e apparente, in un range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz. Ciò, fornisce informazioni sulla parte di terreno generalmente compresa entro i primi metri di profondità.

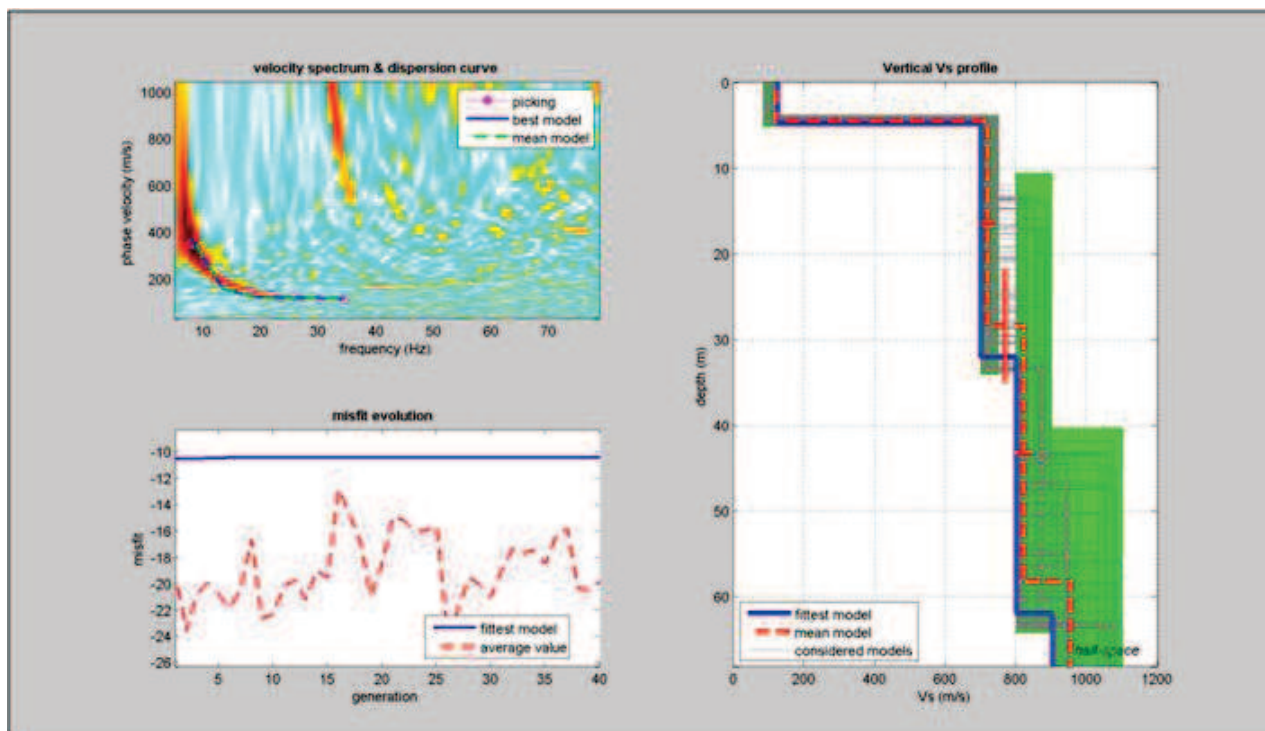
In accordo a quanto detto, quindi, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, così come anche specificato dalla nuova normativa sismica, viene valutato lo spessore di terreno che interagisce in maniera significativa con le strutture da realizzare. La classificazione del suolo di fondazione, pertanto, la si identifica sulla base dei valori di velocità delle onde di taglio entro i primi metri di profondità.

Ciò premesso, sulla base delle risultanze dell'indagine MASW condotta nell'area oggetto di studio (**stendimento sismico di 33 metri lineari; 12 geofoni da 4.5 Hz; sismografo SARA 24 CH; energizzazione con martello da 5kg sull'allineamento di n 3 punti**), si riferisce che il valore di  $V_{s\ eq}$ , misurato sperimentalmente, è risultato essere pari a **408 m/s**. (Fig.2).

Poiché tale valore risulta compreso tra 360 m/s e 800 m/s, è possibile attribuire il suolo di fondazione alla CATEGORIA "B" (depositi di terreni a grana grossa fortemente addensati o a grana fina fortemente consistenti).

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

**Tabella – categorie di suolo**



**FIGURA N.2** Curva di dispersione con profilo verticale della velocità Vs al variare della profondità

## 2. INDAGINE SISMICA

Il metodo di esplorazione sismica utilizza la propagazione delle onde meccaniche per caratterizzare le proprietà elastiche del sottosuolo e quindi la geometria dei mezzi attraversati. La tecnica di base consiste nel generare delle onde meccaniche, mediante sorgenti poste in punti opportunamente scelti sulla superficie topografica, e nel misurare i tempi impiegati dalle perturbazioni elastiche per raggiungere i geofoni, anch'essi opportunamente posizionati sulla superficie topografica. In particolare, l'esplorazione eseguita con il metodo della rifrazione si basa sull'analisi del tempo di arrivo dell'onda diretta e delle onde di testa; queste ultime sono onde rifratte che si determinano nel caso in cui la velocità di propagazione delle onde è crescente con la profondità, quando l'angolo di incidenza è critico.

L'obiettivo principale del metodo sismico tomografico a rifrazione è quello di determinare la velocità e le sue variazioni nel mezzo indagato, utilizzando i tempi di viaggio ottenuti da un rilievo di sismica a rifrazione. La relazione tra velocità dell'onda sismica e tempi di viaggio del raggio sismico è, per un set di M raggi:

$$\delta \mathbf{t} = \mathbf{A} \delta \mathbf{v} \quad (1)$$

dove  $\delta \mathbf{t}$  è il vettore dei tempi di viaggio residui ( $t_{\text{osservati}} - t_{\text{calcolati}}$ ),  $\mathbf{A}$  è la matrice Jacobiana  $\partial t_i / \partial v_j$ , e  $\delta \mathbf{v}$  è il vettore velocità di perturbazione.

Un approccio alternativo è quello che introduce il concetto di lentezza dell'onda.

Se si definisce la lentezza dell'onda come  $u(\mathbf{x}) = v^{-1}(\mathbf{x})$ , allora la (1) diventa:

**DOTT. GEOL. VITTORIO FORTUNATO**

Geologia – Geotecnica – Idrogeologia

Via Salina Grande, 2 – 74121 TARANTO

Cell. 3480623880

E.mail vittorio.fortunato@alice.it



$$\mathbf{t} = \mathbf{A} \mathbf{u} \quad (2)$$

dove  $\mathbf{t}$  è il vettore dei tempi di viaggio osservati,  $\mathbf{A} = dl_{ij}$  = matrice delle lunghezze dei percorsi parziali e  $\mathbf{u}$  = vettore dei valori della lentezza.

Gli elementi  $A_{ij}$  rappresentano la lunghezza del percorso dell'i-esimo raggio nella j-esima cella.

La individuazione dei valori della velocità di propagazione delle onde elastiche nel mezzo attraversato consentono una caratterizzazione del mezzo.

Esistono delle relazioni empiriche che legano i parametri di frattura di una formazione rocciosa alle velocità di propagazione delle onde P ed S.

Pertanto note le velocità di propagazione delle onde elastiche nel sottosuolo è possibile stabilire la qualità di una formazione.

E' anche possibile, attraverso l'utilizzo delle velocità di propagazione delle onde P ed S, stimare i valori di densità di massa ( $\rho$ ) delle formazioni indagate.

La relazione empirica utilizzata per la stima di  $\rho$  è:

$$\rho = 0.23 V_p^{0.25}$$

E' possibile il calcolo del coefficiente di Poisson ( $\sigma$ ), del modulo di Young (E) e del modulo di taglio (G).

$$\sigma = \frac{0.5 \left( \frac{V_P}{V_S} \right)^2 - 1}{\left( \frac{V_P}{V_S} \right)^2 - 1}$$

$$E = 2\rho V_P^2 (1 + \sigma)$$

$$G = \rho V_S^2$$

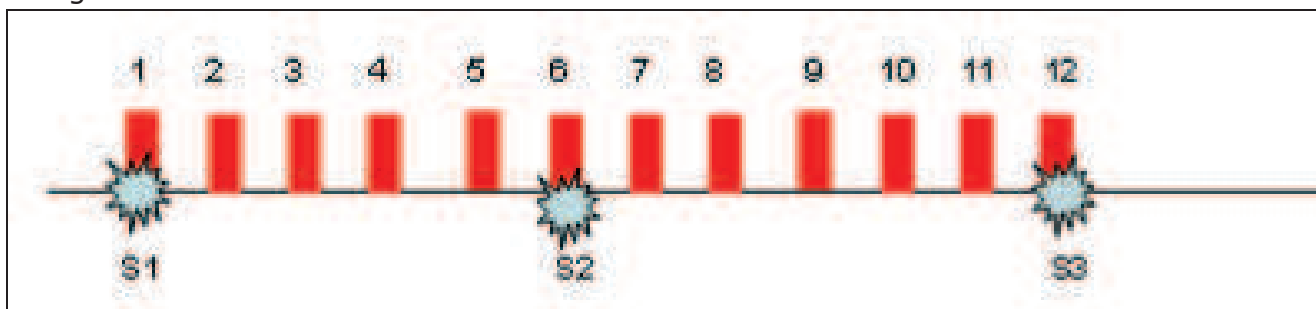
### 3. PROFILO SISMICO

Come innanzi riferito, l'indagine è stata eseguita con un sismografo SARA a 12 canali e geofoni verticali con frequenza propria di 4.5Hz; la energizzazione è stata eseguita con un martello da 5kg.

Scopo dell'indagine è mettere in evidenza possibili variazioni del campo di velocità dell'onda P eventualmente correlabili ai parametri caratterizzanti una formazione rocciosa. Per stimare la distribuzione di  $V_p$  è stata utilizzata una tecnica di acquisizione tomografica che fa uso di una opportuna disposizione in superficie di n geofoni ed m sorgenti.

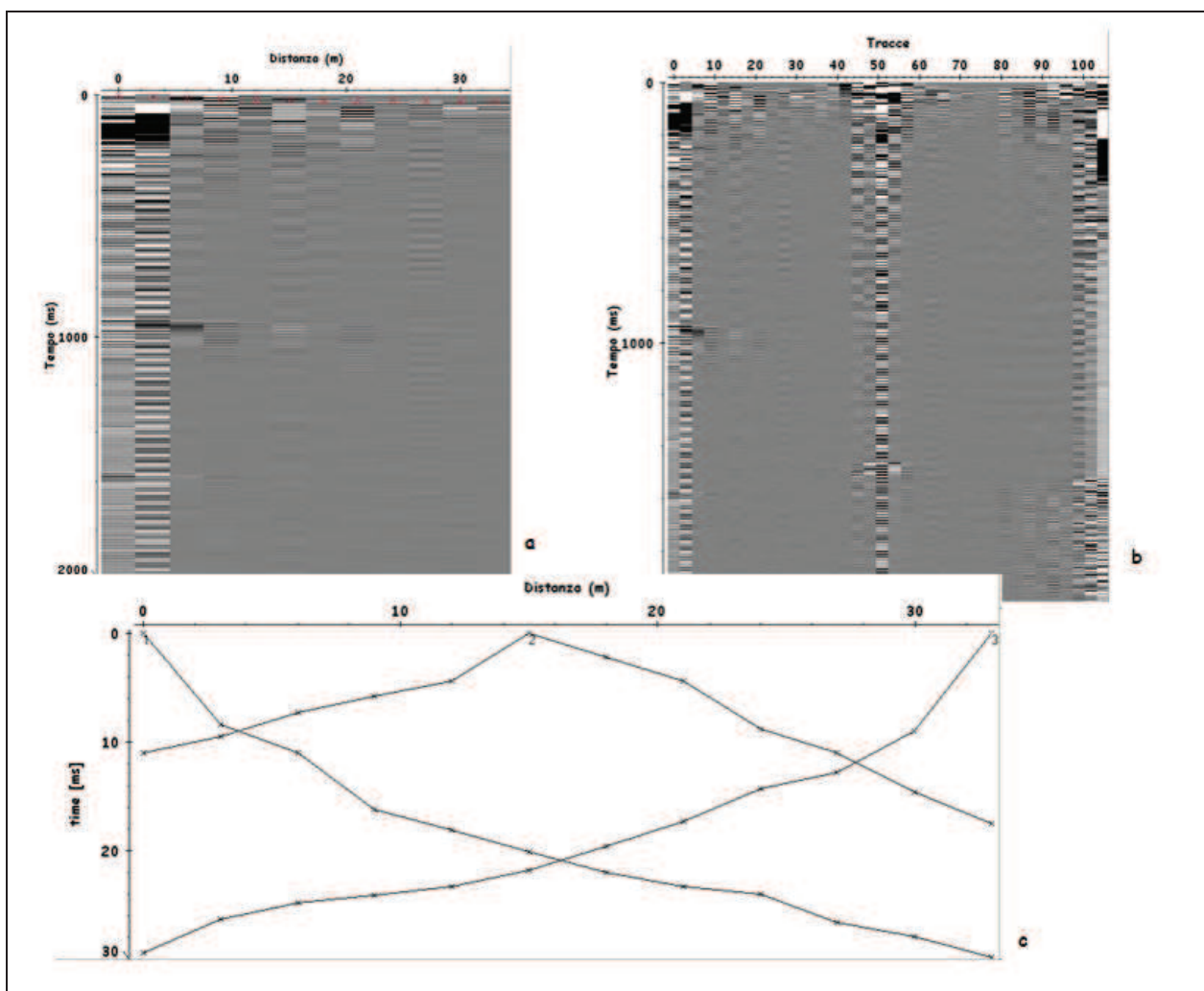
La geometria scelta per l'acquisizione è costituita da un allineamento di 12 geofoni distanti tra di loro 3 m: sull'allineamento sono posizionati n 3 punti di energizzazione (Fig. 3). La tecnica di acquisizione consente di determinare la velocità media di propagazione in ognuna delle N ( $N \leq nxm$ ) celle elementari che ricoprono la superficie

indagata.



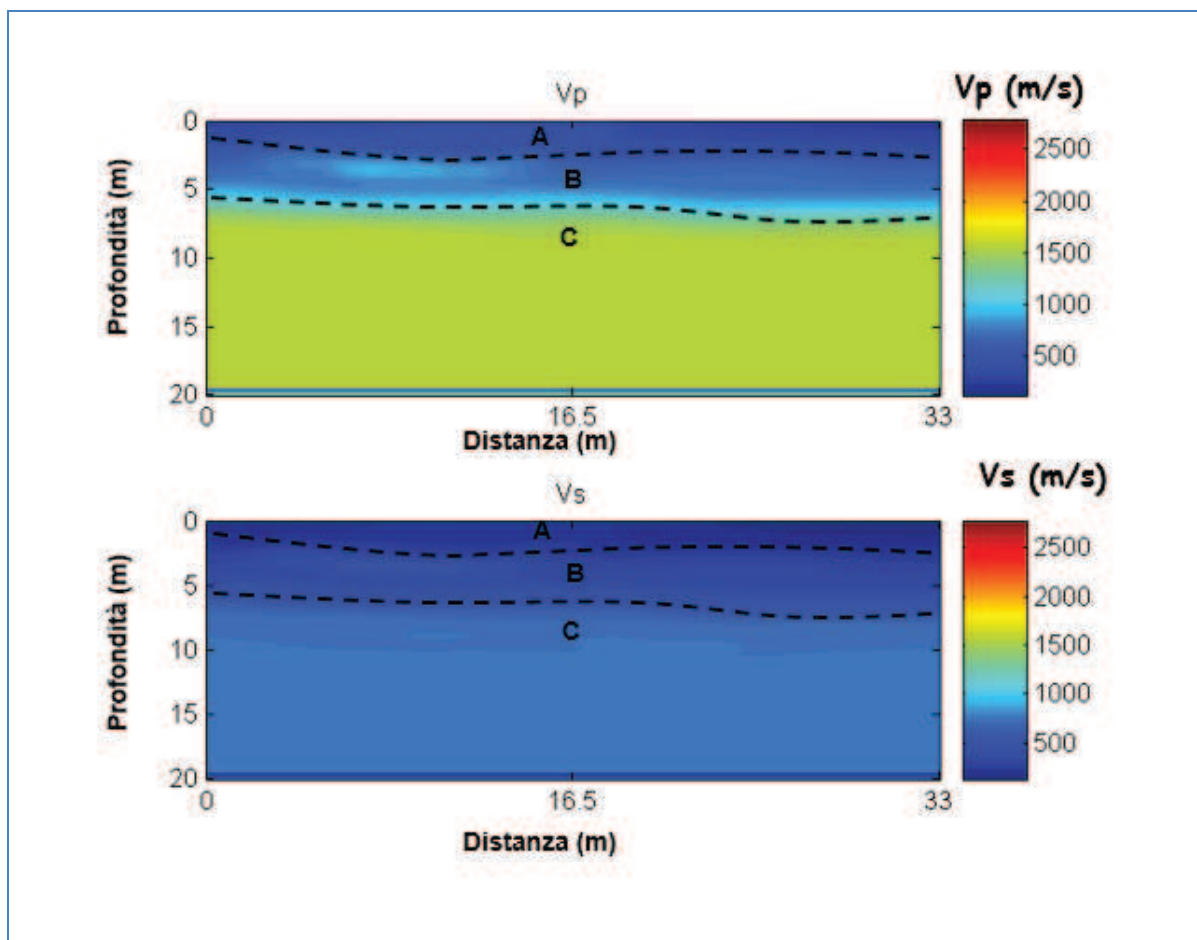
**Fig. 3 - Geometria di acquisizione del rilievo sismico tomografico a rifrazione: geofoni: 1, 2,....., 12; punti di energizzazione S1, S2, S3.**

La lettura dei tempi di primo arrivo (picking) (Fig. 4b), per ogni traccia, su ciascun sismogramma (Fig.4a), consente di ottenere le dromocrone riportate in Fig.4c.



**Fig. 4 - a) sismogrammi delle 3 energizzazioni; b) esempio di picking dei primi arrivi; c) Dromocrone relative al profilo sismico.**

La elaborazione delle stesse mediante algoritmi sofisticati permette di ottenere il modello di distribuzione delle velocità  $V_p$  e  $V_s$  (Fig. 5).



**Fig. 5 - Modello di distribuzione delle velocità  $V_p$  e  $V_s$  a varie profondità.**

Dalla Fig. 5 si evince che i valori di  $V_p$  sono generalmente compresi tra 400m/s e 1600m/s mentre valori di  $V_s$  sono generalmente compresi tra 200m/s e 800m/s.

In particolare è possibile distinguere

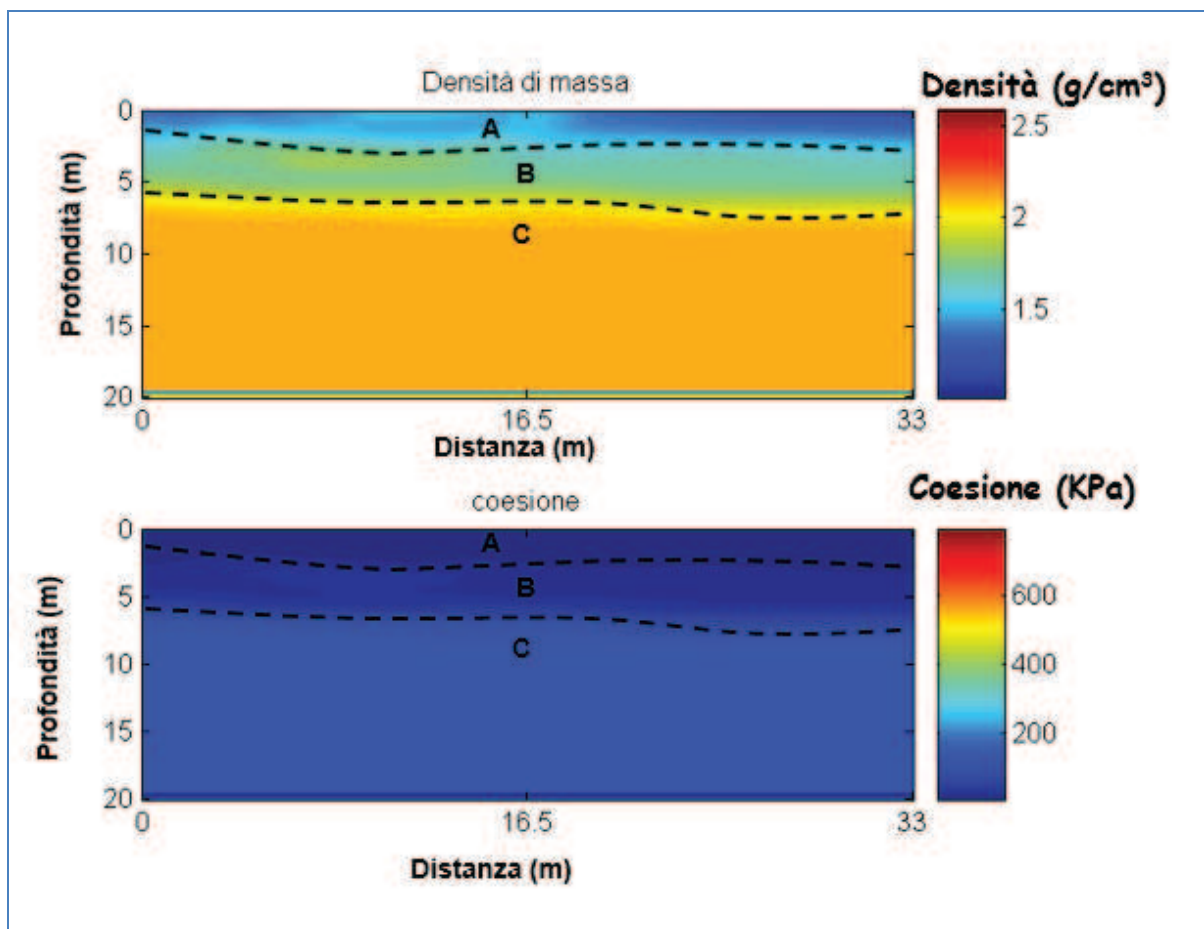
A:  $V_p=400\text{m/s}$  ( $V_s=200\text{m/s}$ ); strato superficiale da 0.5m a 1.8m circa di profondità;

B:  $800 < V_p < 1000\text{m/s}$  ( $400 < V_s < 600\text{m/s}$ ); probabile presenza di materiale degradato fino a profondità che raggiungono quote comprese tra 5.0 e 6.0m circa;

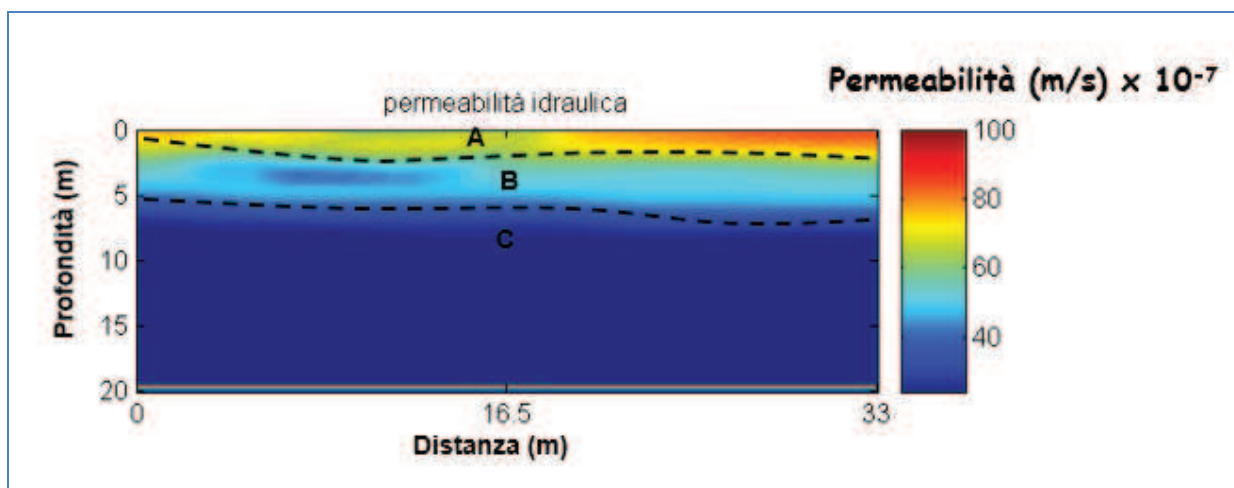
C:  $1200 < V_p < 1600\text{m/s}$  ( $600 < V_s < 800\text{m/s}$ ); probabile presenza di materiali più compatti.

Attraverso l'utilizzo delle relazioni empiriche sopra descritte è possibile ottenere i modelli di distribuzione dei parametri densità di massa, coesione (Fig.6) e permeabilità (Fig.7).





**Fig. 6: Modello di distribuzione della densità di massa e coesione a varie profondità**



**Fig. 7: Modello di distribuzione della coesione a varie profondità.**

Analizzando le Figg.6 e 7 si ottengono i parametri trascritti nella successiva Tab. 2.

**Tab. 2: Riassunto dei risultati**

strato	Densità (g/cm <sup>3</sup> )	Coesione (KPa)	Permeabilità (m/s)x10 <sup>-7</sup>
A	1.6	50	70
B	1.8	100	45
C	2.0	200	<5

E' inoltre possibile calcolare i valori del coefficiente di Poisson, del modulo di Young e del modulo di taglio (tab. 3).

**Tab. 3: Riassunto dei risultati**

strato	$\sigma$	E (MPa)	G (MPa)	Lamè (MPa)	Bulk (MPa)
A	0.35	157	58	136	175
B	0.35	214	79	185	238
C	0.35	4536	1680	3917	5037

REDATTA DA: