



Provincia di Barletta - Andria - Trani

***PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015
PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003
DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT)***

PROGETTO DEFINITIVO

Chiusura e post gestione ex art.12 DLgs 36/2003

Oggetto:

***Relazione geologica e
idrogeologica***

Tav.

Rel.F

RUP: Ing. Francesco LOMORO

I Progettisti

Dott. Ing. Angela RICCARDI


Dott. Ing. Giuseppe MARSELLI

Data: Dicembre 2019

Scala:

File:

Aggiornamento:

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 1 di 51
---	---	---	-------------------

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE	4
3	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	8
4	VINCOLISTICA.....	9
4.1	VINCOLI PREVISTI DAL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)	9
4.2	VINCOLI PREVISTI DAL PIANO PAESAGGISTICO TERRITORIALE REGIONALE.....	13
4.3	DIRETTIVE IMPOSTE DAL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE PUGLIA 20	
4.4	AREE SIC E ZPS (REGIONE PUGLIA).....	22
5	CARATTERI GEOLOGICI DI RIFERIMENTO	24
5.1	CARATTERI GENERALI.....	24
5.2	CARATTERI TETTONICI E GEOMORFOLOGICI.....	30
5.3	CARATTERI IDROGEOLOGICI E IDROGRAFICI	35
5.4	CARATTERI SPECIFICI DELL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO	38
6	SISMICITA' DELL'AREA	44
7	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI LITOTIPI PRESENTI.....	51

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1:	Stralcio della Carta Tecnica della Regione Puglia con indicazione dell'area di intervento	5
Figura 2:	Stralcio della Carta IGM in scala 1:25.000 con indicazione dell'area di intervento.....	6
Figura 3:	Stralcio Ortofoto con indicazione dell'area di intervento	7
Figura 4:	Pericolosità idraulica PAI Puglia (perimetri aggiornati il 27/02/2017).....	11
Figura 5:	Pericolosità geomorfologica PAI Puglia (perimetri aggiornati il 27/02/2017)	12
Figura 6:	Stralcio PPTR con indicazione dell'area di intervento riferita alle componenti geomorfologiche.....	14
Figura 7:	Stralcio PPTR con indicazione dell'area di intervento riferita alle componenti idrologiche.....	15
Figura 8:	Stralcio PPTR con indicazione dell'area di intervento riferita alle componenti botanico-vegetazionali	16



Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 2 di 51
---	---	---	-------------------

Figura 9: Stralcio PPTR con indicazione dell'area di intervento riferita alle componenti delle aree protette e siti naturalistici.....	17
Figura 10: Stralcio PPTR con indicazione dell'area di intervento riferita alle componenti culturali e insediative.....	18
Figura 11: Stralcio PPTR con indicazione dell'area di intervento riferita alle componenti dei valori percettivi.....	19
Figura 12: Stralcio PTA con indicazione dell'area di intervento.....	21
Figura 13: Sic e ZPS da Regione Puglia – Servizio assetto del territorio.	23
Figura 14: Stralcio della Carta Geologica d'Italia 1:100.000 (Servizio Geologico d'Italia) con relativa legenda e indicazione dell'area di indagine	30
Figura 15: Stralcio della Carta Idrogeomorfologica della Puglia (agg. il 15/03/2016)	35
Figura 16: Carta delle Unità Idrogeologiche della Puglia (da PTA Puglia)	37
Figura 17: Caratteristiche del sottosuolo in corrispondenza della Discarica Bleu S.r.l.	40
Figura 18: Mappa della pericolosità sismica dell'Italia espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (http://zonesismiche.mi.ingv.it).....	48
Figura 19: Mappa interattiva della pericolosità sismica di Canosa di Puglia (http://esse1-gis.mi.ingv.it)	49

INDICE DELLE TABELLE


Tabella 1: Valori dei parametri per la definizione del periodo di ritorno	50
Tabella 2: Categorie di sottosuolo (cap. 3.2.2 NTC 2018).....	50

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 3 di 51
---	---	---	-------------------

1 PREMESSA

La presente Relazione Geologica è stata redatta nell'ambito della Convenzione tra la Tecnologia e Ambiente Srl e la Provincia di Barletta-Andria-Trani del 12/02/2018 per l'incarico di effettuazione delle indagini preliminari sullo stato di fatto dell'impianto e sulle matrici ambientali, di redazione del progetto di fattibilità tecnico-economica, di documentazione per lo screening di V.I.A. necessari alla chiusura definitiva della discarica per rifiuti speciali non pericolosi CO.BE.MA. S.r.l. e alla sua gestione post operativa trentennale, ai sensi del d.lgs. 36/03.

Per la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dei terreni, oltre alle informazioni di carattere morfologico e idrogeologico, si è fatto riferimento alle risultanze di indagini geognostiche precedentemente eseguite in aree adiacenti alla discarica oggetto di intervento. Inoltre si è proceduto alla consultazione di cartografie ad orientamento tematico reperibili sul web, dati e notizie bibliografiche e specialistiche che hanno consentito una preliminare definizione delle caratteristiche geologiche del sito d'interesse.

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 4 di 51
---	---	---	-------------------

2 UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE

L'area di intervento è ubicata al confine tra i territori comunali di Canosa di Puglia (BAT) e Minervino Murge (BAT), a circa 10 Km a SW del primo centro abitato e a 10 Km a NW del secondo, ad una quota altimetrica compresa tra 100 e 150 m s.l.m..

L'area di sedime della discarica è censita in catasto terreni del comune censuario di Canosa di Puglia al foglio mappale n. 77 p.lle n.533 e 400 che sviluppano complessivamente una superficie pari a mq 23.955.

Allo stato attuale, la discarica è in Procedura di infrazione Comunitaria 2011/2215, in quanto il capping realizzato non risponde ai criteri del D.Lgs. 36/2003.

L'area in esame può essere individuata all'interno delle seguenti cartografie ufficiali:

- Tavoletta I.G.M. 176 III NO "Lamalunga" in scala 1:25.000;
- Carta Tecnica Regione Puglia (C.T.R.) in scala 1:5.000 (Fig.1);
- Carta IGM in scala 1:25.000 (Fig.2);
- Ortofoto Regione Puglia (Fig.3).



LEGENDA

- Discarica di Rifiuti non Pericolosi
(già 2° Cat. Tipo "B" per i Rifiuti Speciali non Tossici e Nocivi)
- Cava spenta

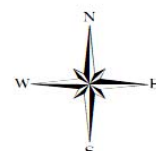
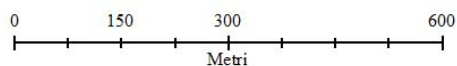
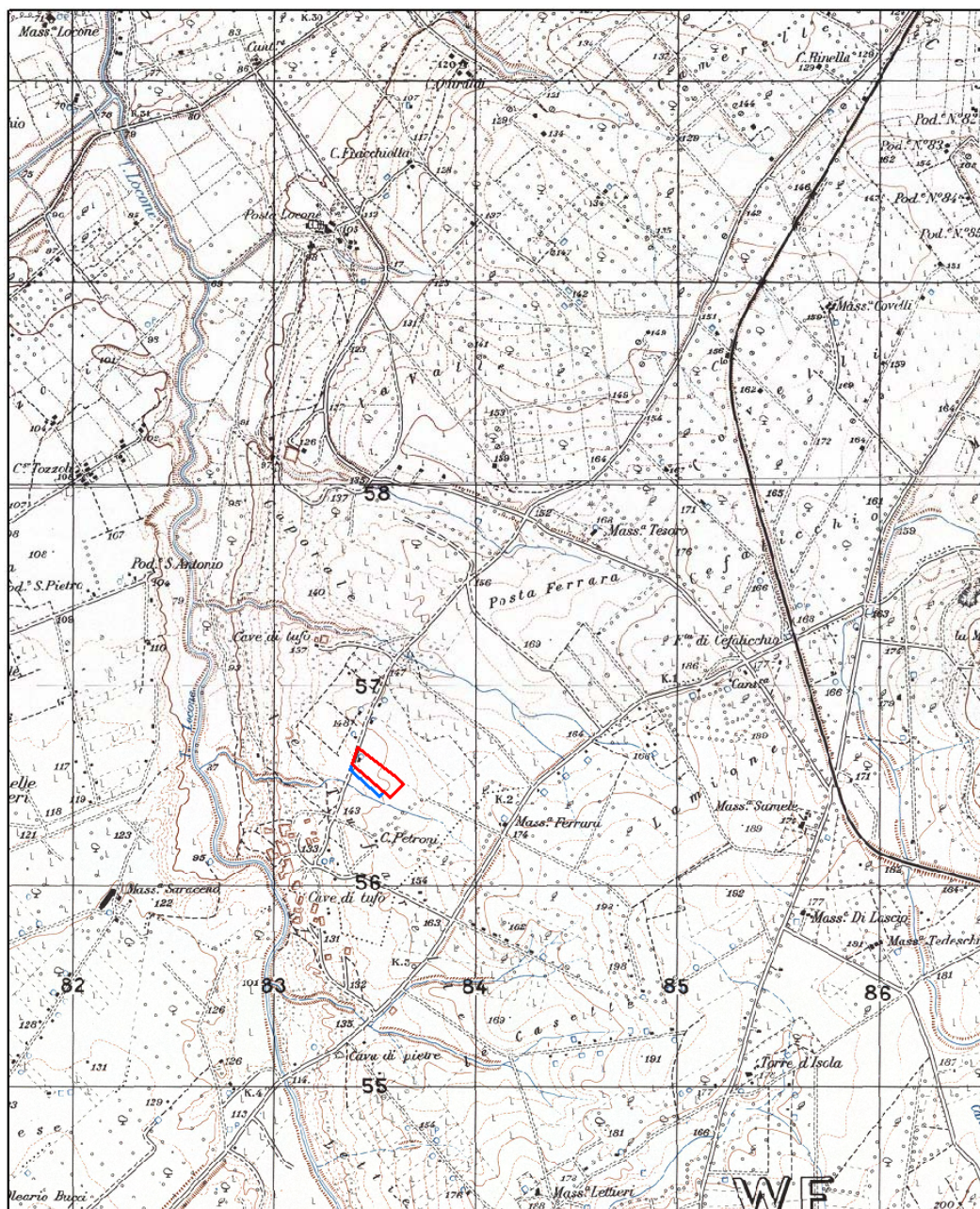


Figura 1: Stralcio della Carta Tecnica della Regione Puglia con indicazione dell'area di intervento



LEGENDA

- Discarica di Rifiuti non Pericolosi
(già 2° Cat. Tipo "B" per i Rifiuti Speciali non Tossici e Nocivi)
- Cava spenta

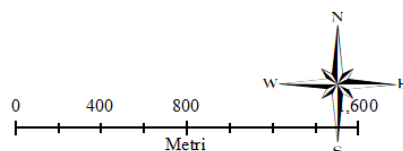
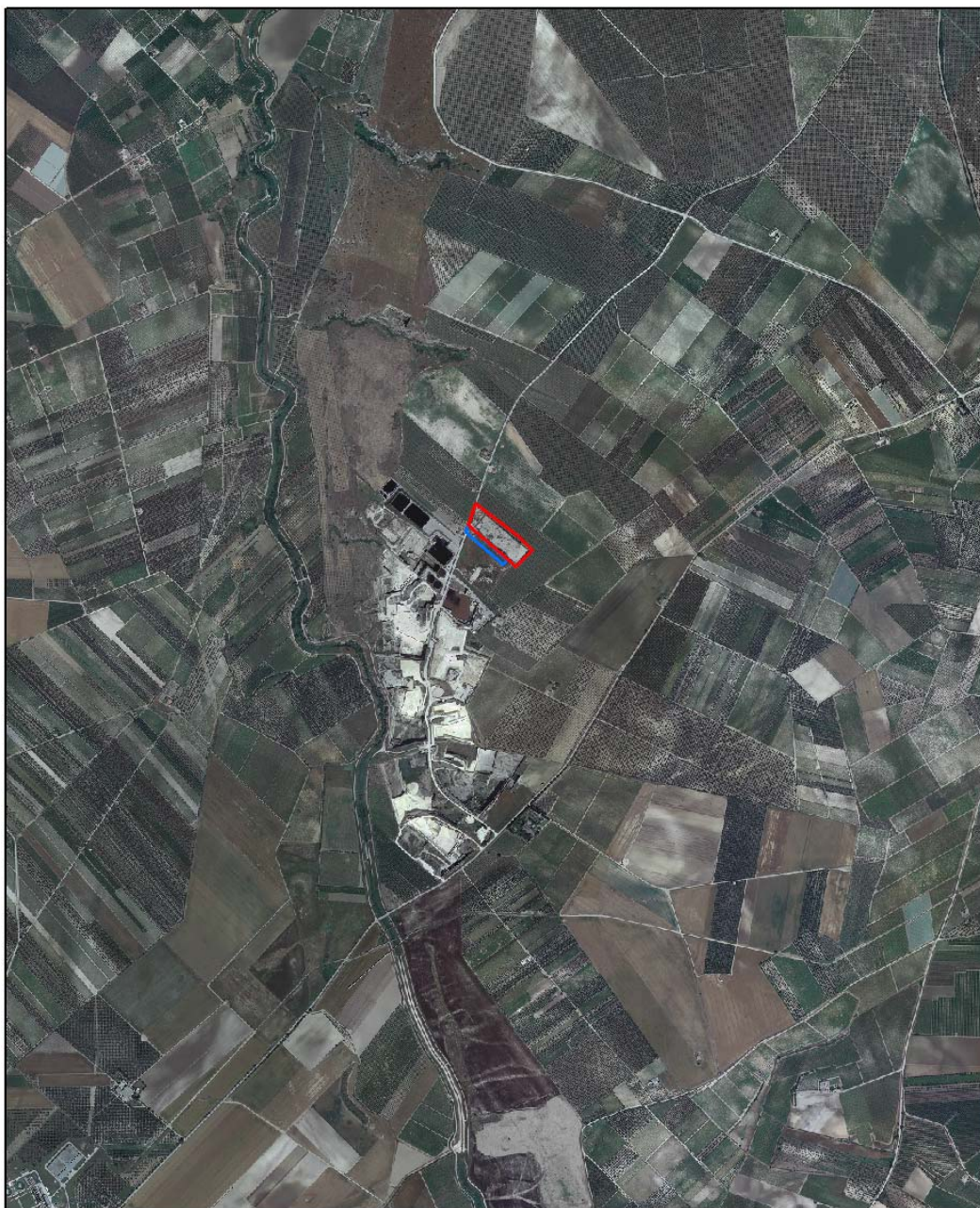




Figura 2: Stralcio della Carta IGM in scala 1:25.000 con indicazione dell'area di intervento



LEGENDA

-  Discarica di Rifiuti non Pericolosi
(già 2° Cat. Tipo "B" per i Rifiuti Speciali non Tossici e Nocivi)
-  Cava spenta

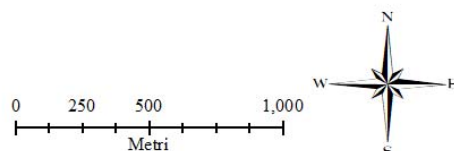




Figura 3: Stralcio Ortofoto con indicazione dell'area di intervento

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 8 di 51
---	---	---	-------------------

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il presente studio è stato redatto in ottemperanza a quanto disposto dalle norme di seguito riportate:

- Autorità di Bacino della Puglia – Piano di Bacino Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI);
- Regione Puglia – Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR);
- “Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture e dei trasporti” del 17 gennaio 2018 (Suppl Ord. G. U. 20.2.2018, n. 42);
- Ordinanza PCM 3274 (20/03/2003) “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche” (G.U. n.105 del 08/05/2003)
- Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006) “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).
- Regione Puglia - Piano di Tutela delle Acque (PTA), adottato con DGR n° 883 del 19/06/2007 e approvato dal Consiglio Regionale n.230 del 20/10/2009.
- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988 (g.u. 1-6-1988, n. 127 suppl.). “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152. “Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall’inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole”.
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152. “Norme in materia ambientale”.

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 9 di 51
---	---	---	-------------------

4 VINCOLISTICA

Nel rispetto del regolamento in materia ambientale, è stata eseguita una ricerca di tipo normativo sulla potenziale presenza di vincoli nell'area di interesse. Tale analisi è stata realizzata sia mediante una valutazione di tipo legislativo in senso stretto, sia attraverso la consultazione di mappe tematiche tramite web-gis pubblicate da parte degli organi competenti in materia di tutela del territorio.


4.1 VINCOLI PREVISTI DAL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Con riferimento agli aspetti vincolistici legati alla pericolosità idraulica, si è fatto riferimento a quanto stabilito dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Puglia. Tale piano è stato adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino il 15 dicembre 2004 ed approvato dallo stesso Comitato Istituzionale in data 31 novembre 2005. Il Piano definisce le aree caratterizzate da un significativo livello di pericolosità idraulica, in funzione della frequenza di accadimento di eventi di piena o di eventi meteorici particolarmente intensi e delle caratteristiche morfologiche del territorio, distinguendo tra:

- Aree ad alta pericolosità idraulica (AP): porzioni di territorio soggette ad essere allagate con un tempo di ritorno inferiore a 30 anni;
- Aree a media pericolosità idraulica (MP): porzioni di territorio soggette ad essere allagate con un tempo di ritorno compreso fra 30 anni e 200 anni;
- Aree a bassa pericolosità idraulica (BP): porzioni di territorio soggette ad essere allagate con un tempo di ritorno compreso fra 200 anni e 500 anni.

Vengono altresì individuate le aree a pericolosità geomorfologica crescente:

- Aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1): porzioni di territorio caratterizzate da bassa suscettività geomorfologica all'instabilità;
- Aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2): porzioni di territorio caratterizzate dalla presenza di due o più fattori geomorfologici predisponenti l'occorrenza di instabilità di versante e/o sede di frana stabilizzata;
- Aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.G.3): porzioni di territorio interessate da fenomeni franosi attivi o quiescenti.

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 10 di 51
---	---	---	--------------------

Il PAI definisce, inoltre, il Rischio Idraulico (R) inteso come il valore atteso delle perdite umane, dei feriti, dei danni alla proprietà e delle perturbazioni alle attività economiche dovuti ad un particolare fenomeno naturale. Il valore di R è esprimibile mediante la formula, nota come *equazione del rischio*:

$$R = E \times V \times P_t$$

in cui:

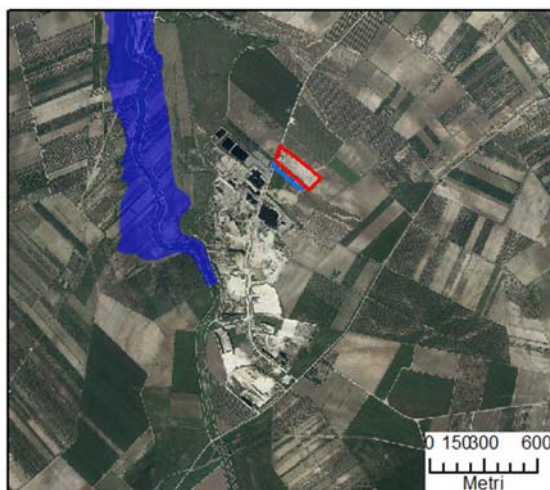
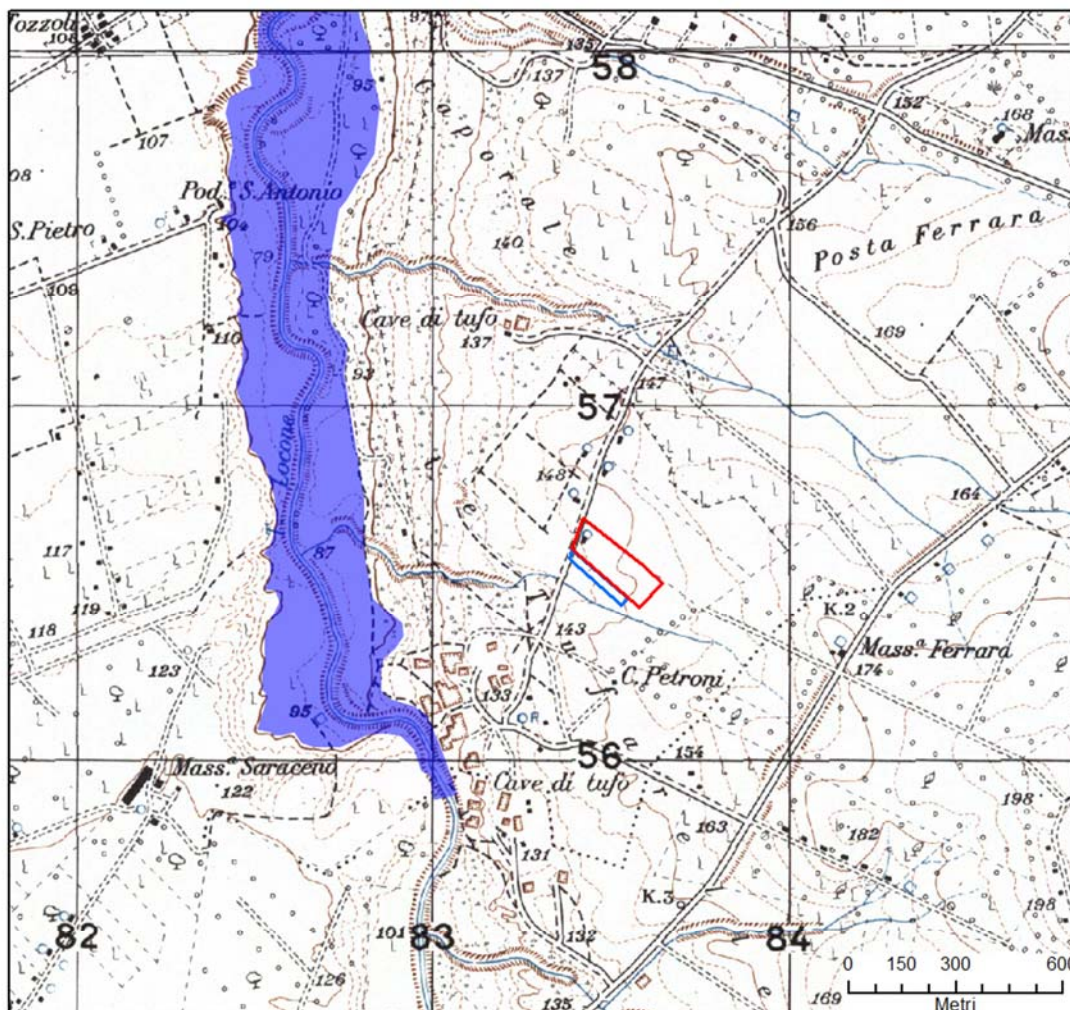
- Entità E: valore economico del bene;
- Vulnerabilità V: attitudine di un elemento a rischio a subire danni per effetto di un evento calamitoso. La vulnerabilità si esprime mediante un coefficiente compreso tra 0 (assenza di danno) e 1 (perdita totale). È funzione dell'intensità del fenomeno e della tipologia di elemento a rischio;
- Pericolosità P_t : probabilità di accadimento di un predefinito evento nell'intervallo temporale t.

La valutazione di R permette di distinguere tra tre diverse categorie di aree:

- Aree a rischio molto elevato – R4;
- Aree a rischio elevato – R3;
- Aree a rischio medio/moderato – R2.

Sono state valutate, attraverso consultazione della cartografia PAI mediante web-gis, le eventuali interferenze con vincoli legati alla pericolosità geomorfologica e idraulica.

Dalla sovrapposizione dell'area di interesse con il Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico della Puglia si evidenzia l'assenza di aree soggette a vincolo. Di seguito si riportano stralci estratti dalla cartografia redatta dall'Adb Puglia (Fig. 4) (Fig. 5).



LEGENDA

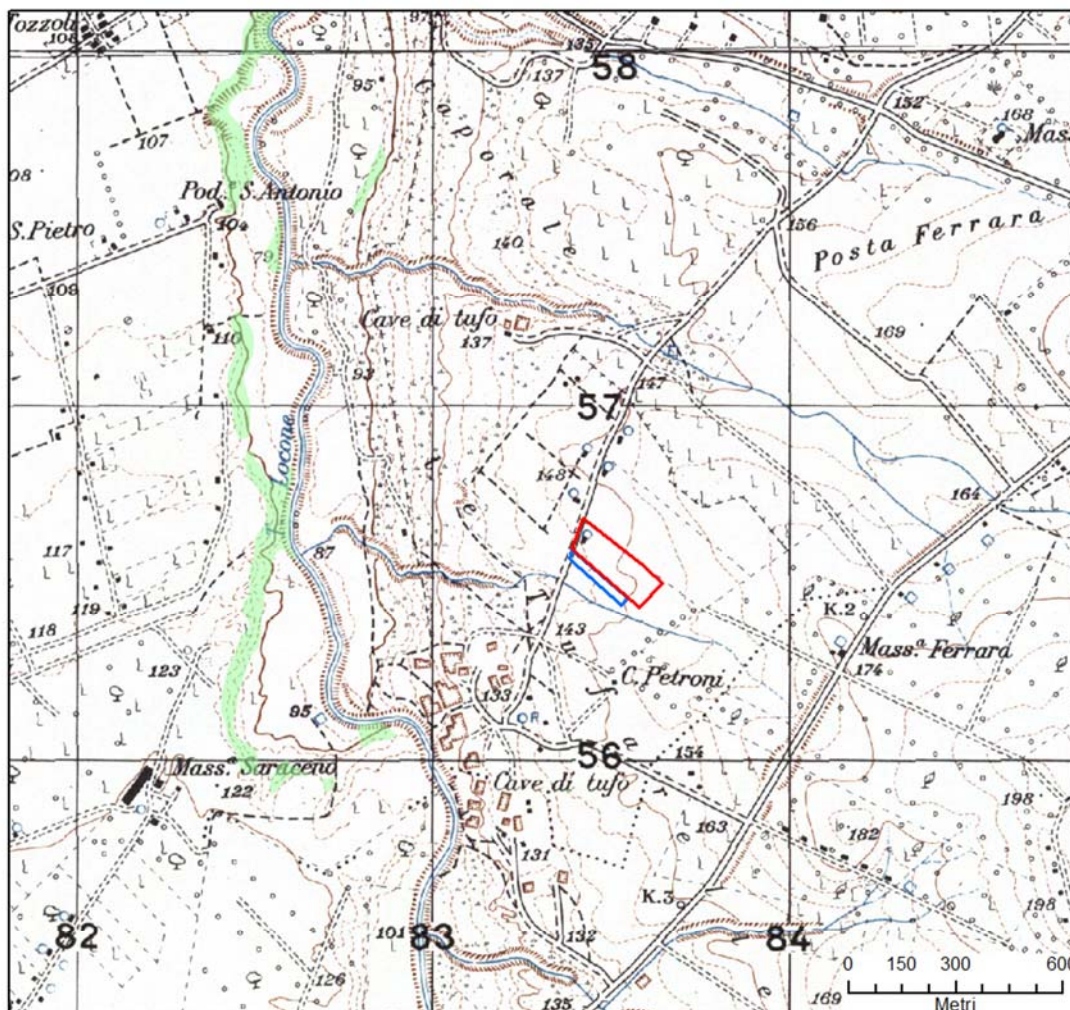
- Discarica di Rifiuti non Pericolosi
(già 2° Cat. Tipo "B"
per i Rifiuti Speciali non Tossici e Nocivi)
- Cava spenta

Peric. Idraulica

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



Figura 4: Pericolosità idraulica PAI Puglia (perimetri aggiornati il 27/02/2017)



LEGENDA


- Discarica di Rifiuti non Pericolosi
(già 2° Cat. Tipo "B"
per i Rifiuti Speciali non Tossici e Nocivi)
- Cava spenta

Peric. Geomorf.

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



Figura 5: Pericolosità geomorfologica PAI Puglia (perimetri aggiornati il 27/02/2017)

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 13 di 51
---	---	---	--------------------

4.2 VINCOLI PREVISTI DAL PIANO PAESAGGISTICO TERRITORIALE REGIONALE

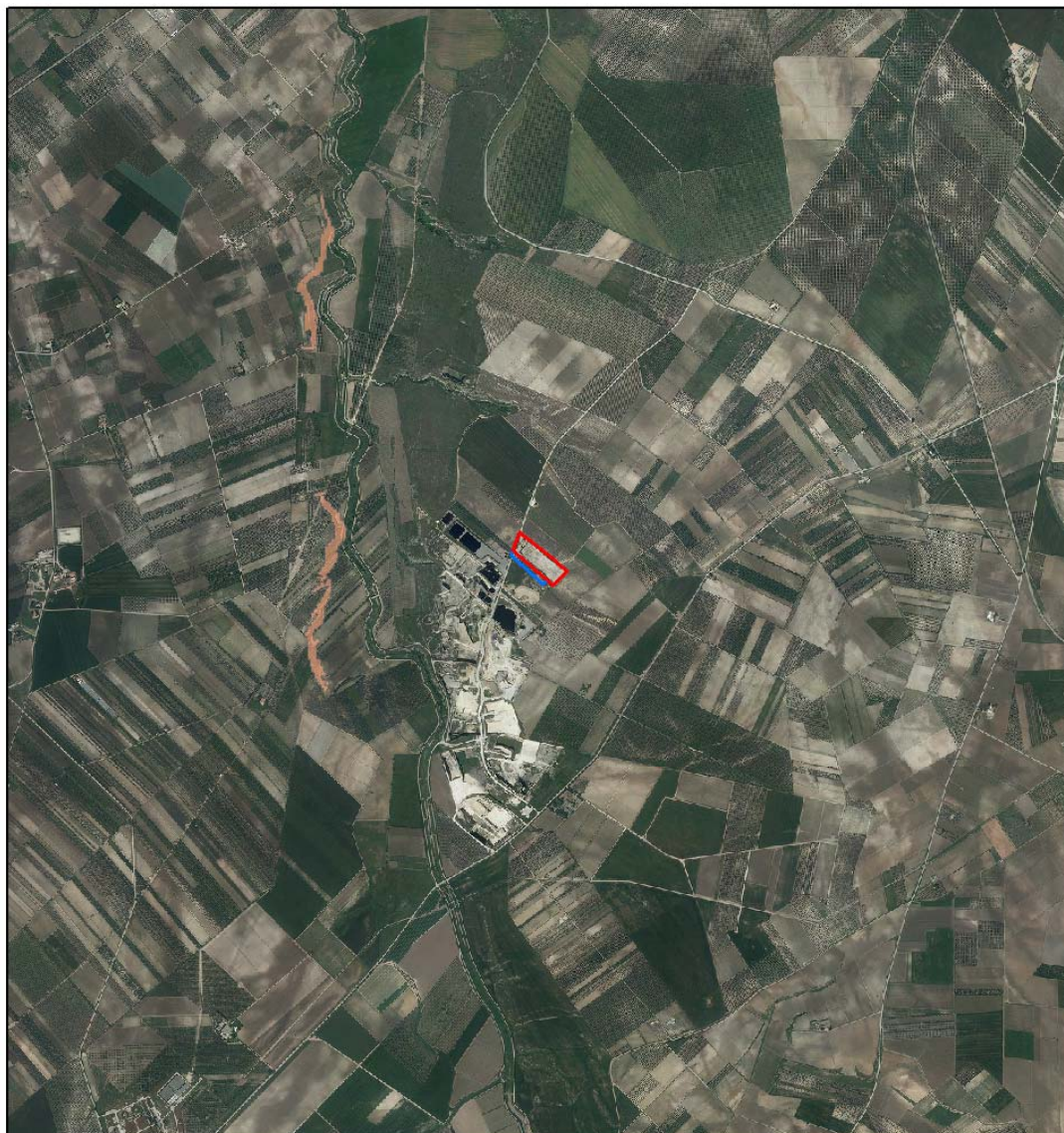
Il Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR) è piano paesaggistico ai sensi degli artt. 135 e 143 del Codice, con specifiche funzioni di piano territoriale ai sensi dell'art. 1 della L.R. 7 ottobre 2009, n. 20 "Norme per la pianificazione paesaggistica". Esso è rivolto a tutti i soggetti, pubblici e privati, e, in particolare, agli enti competenti in materia di programmazione, pianificazione e gestione del territorio e del paesaggio.

Finalità di detto Piano è quella di perseguire la promozione e la realizzazione di uno sviluppo socioeconomico autosostenibile e durevole e di un uso consapevole del territorio regionale, anche attraverso la conservazione ed il recupero degli aspetti e dei caratteri peculiari dell'identità sociale, culturale e ambientale, la tutela della biodiversità, la realizzazione di nuovi valori paesaggistici integrati, coerenti e rispondenti a criteri di qualità e sostenibilità.



All'art. 39 delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano Paesaggistico Territoriale Regionale, si individuano le tre strutture caratterizzanti il paesaggio, a loro volta articolate in componenti, ciascuna delle quali soggette a specifiche discipline:

- a) *Struttura idrogeomorfologica:*
 - *Componenti geomorfologiche*
 - *Componenti idrologiche*
- b) *Struttura ecosistemica e ambientale:*
 - *Componenti botanico-vegetazionali*
 - *Componenti delle aree protette e dei siti naturalistici*
- c) *Struttura antropica e storico-culturale:*
 - *Componenti culturali e insediative*
 - *Componenti dei valori percettivi*








Dalla consultazione della cartografica PPTR si è evinto che l'area d'indagine non risulta assoggettata a vincoli, come evidenziato nelle tavole di seguito riportate (Fig. 6)(Fig. 7)(Fig. 8)(Fig. 9)(Fig. 10)(Fig. 11).



LEGENDA

-  Discarica di Rifiuti non Pericolosi
(già 2° Cat. Tipo "B" per i Rifiuti Speciali non Tossici e Nocivi)
-  Cava spenta

6.1.1 - COMPONENTI GEOMORFOLOGICHE

-  UCP_versanti_pendenza20%
-  UCP_Lame_gravine
-  UCP_Inghiottoi_50m
-  UCP_Grotte_100m
-  UCP_geositi_100m
-  UCP_Doline
-  UCP_Cordoni Dunari

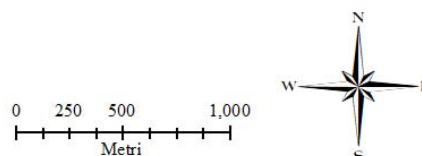
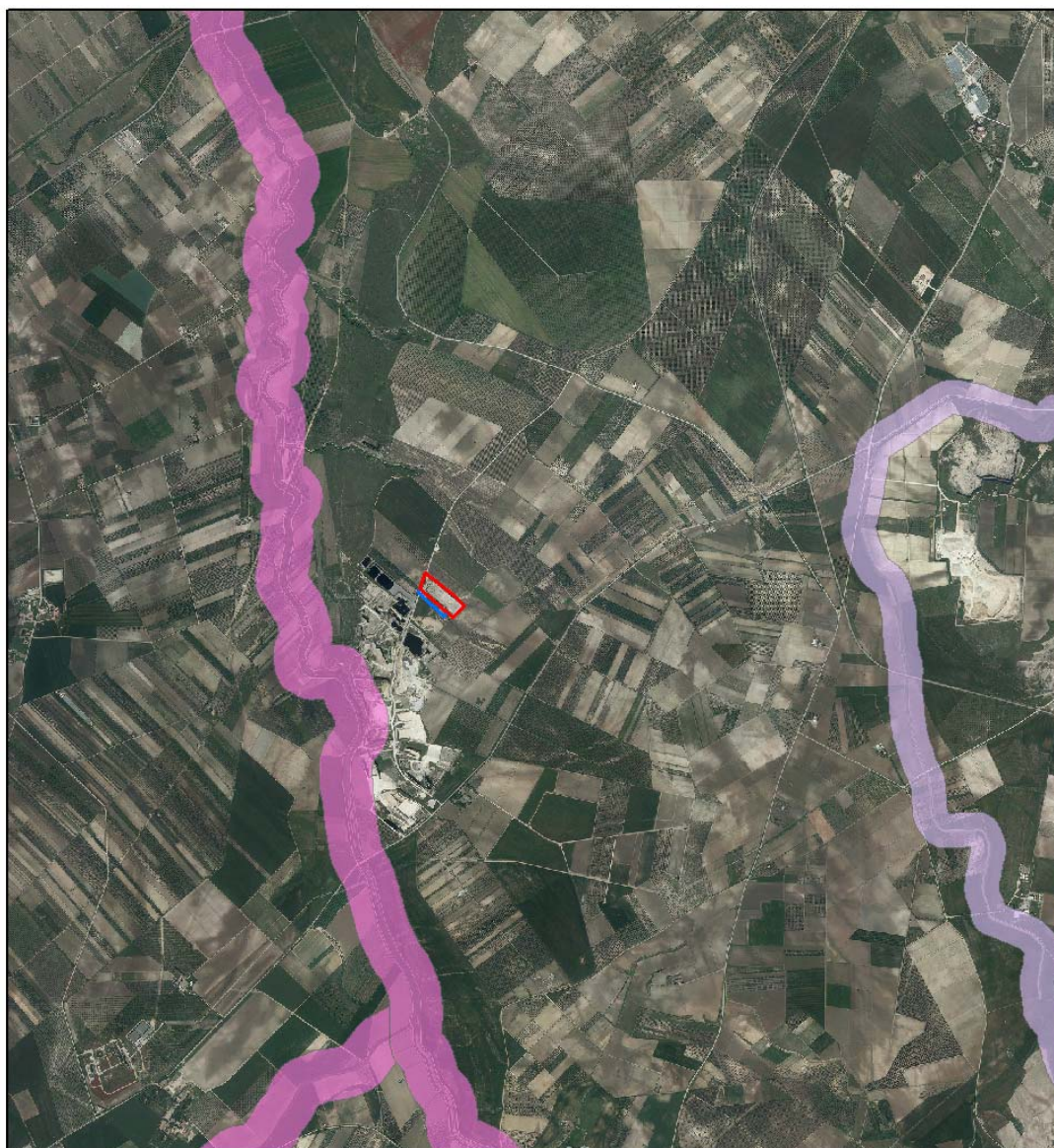










Figura 6: Stralcio PPTR con indicazione dell'area di intervento riferita alle componenti geomorfologiche



LEGENDA

-  Discarica di Rifiuti non Pericolosi
(già 2° Cat. Tipo "B" per i Rifiuti Speciali nonTossici e Nocivi)
-  Cava spenta

6.1.2 - COMPONENTI IDROLOGICHE

-  UCP_Vincolo idrogeologico
-  UCP_Sorgenti_25m
-  UCP_connesioneRER_100m
-  BP_142_C_150m
-  BP_142_B_300m
-  BP_142_A_300m

0 250 500 1,000
Metri

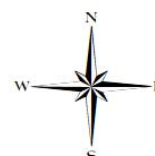
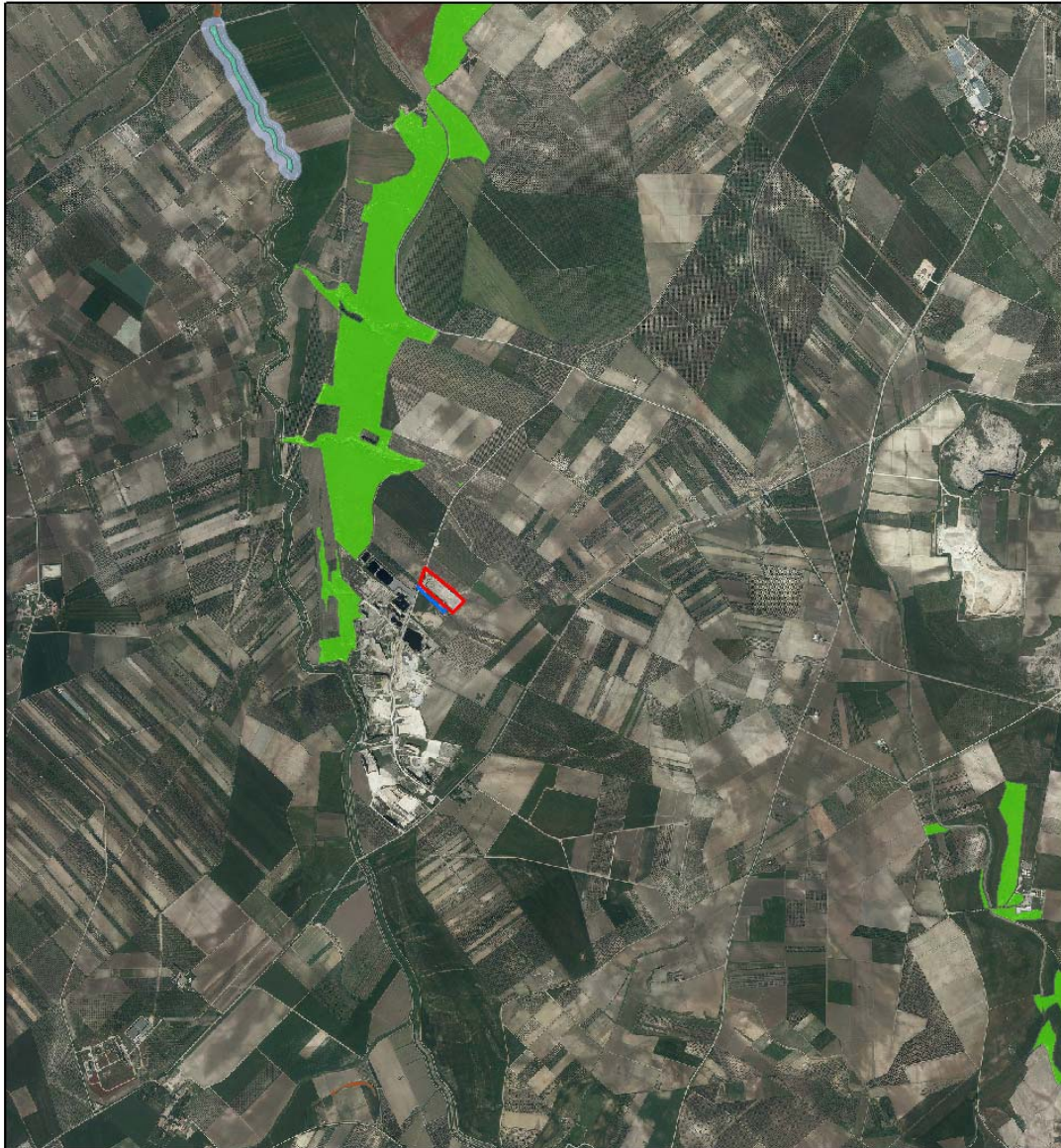




Figura 7: Stralcio PPTR con indicazione dell'area di intervento riferita alle componenti idrologiche



LEGENDA

-  Discarica di Rifiuti non Pericolosi
(già 2° Cat. Tipo "B" per i Rifiuti Speciali non Tossici e Nocivi)
-  Cava spenta

6.2.1 - COMPONENTI BOTANICO VEGETAZIONALI

-  UCP_rispetto boschi
-  UCP_Pascoli naturali
-  UCP_Formazioni arbustive
-  UCP_Aree Umide
-  BP_142_I
-  BP_142_G

0 250 500 1,000
Metri

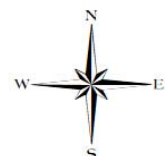
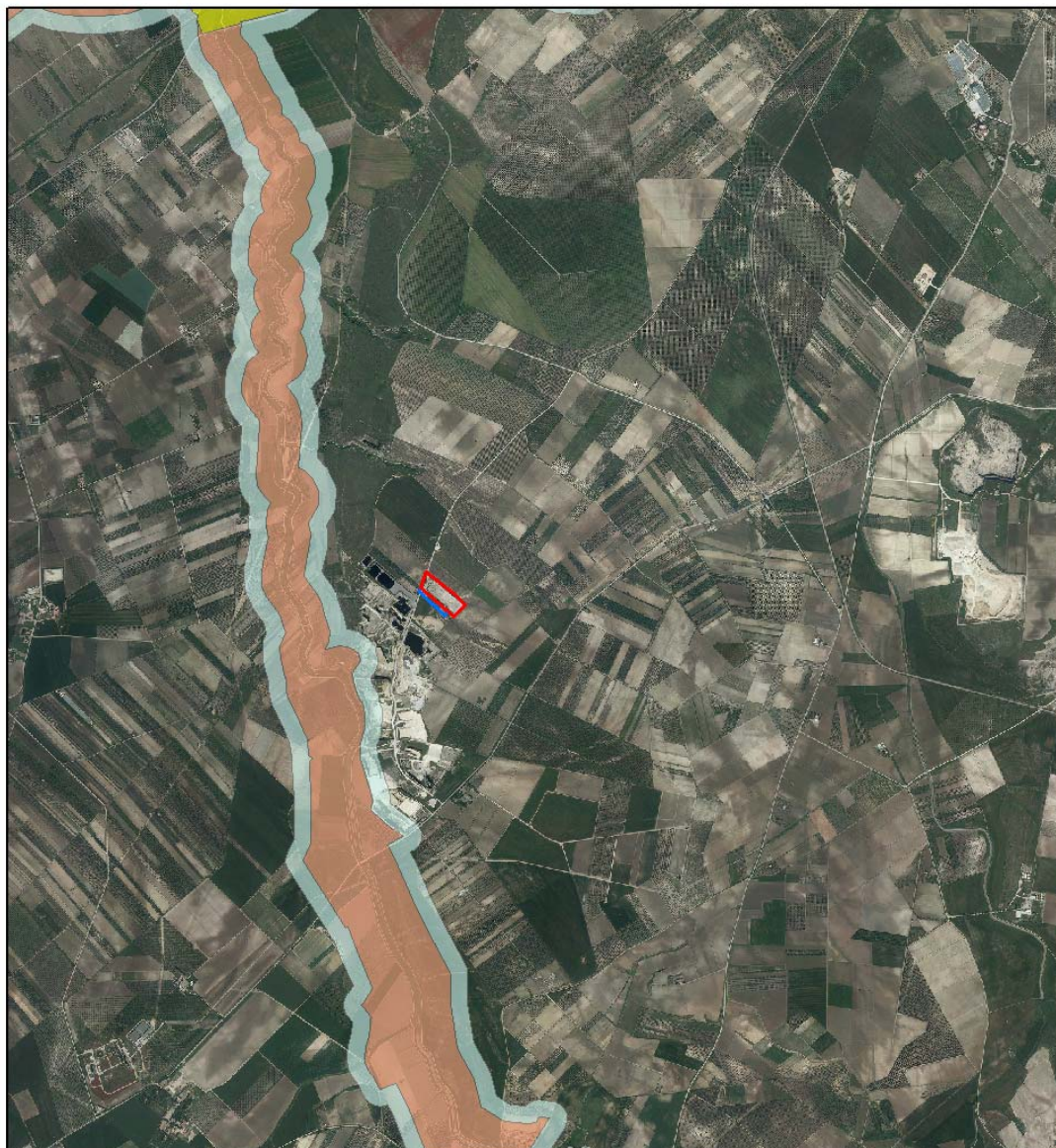








Figura 8: Stralcio PPTR con indicazione dell'area di intervento riferita alle componenti botanico-vegetazionali



LEGENDA

-  Discarica di Rifiuti non Pericolosi
(già 2° Cat. Tipo "B" per i Rifiuti Speciali nonTossici e Nocivi)
-  Cava spenta

6.2.2 - COMPONENTI DELLE AREE PROTETTE E SITI NATURALISTICI

-  cava_spenta_Canosa
-  UCP_rispetto parchi_100m
-  UCP_rilevanza naturalistica
-  BP_142_F

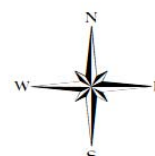
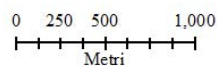
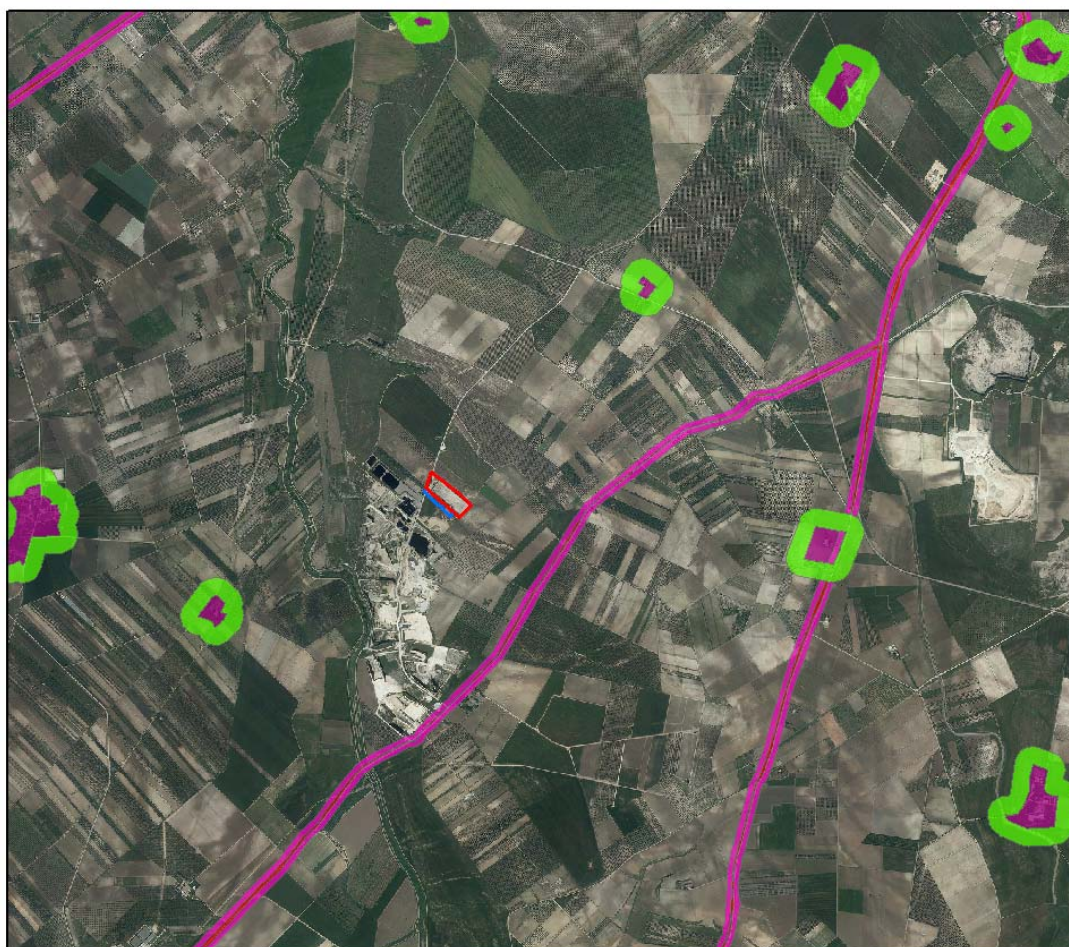






Figura 9: Stralcio PPTR con indicazione dell'area di intervento riferita alle componenti delle aree protette e siti naturalistici



LEGENDA

-  Discarica di Rifiuti non Pericolosi
(già 2° Cat. Tipo "B" per i Rifiuti Speciali nonTossici e Nocivi)
-  Cava spenta

6.3.1 - COMPONENTI CULTURALI E INSEDIATIVE

-  UCP_citta consolidata
-  UCP_aree_a_rischio_archeologico
-  UCP_area_rispetto_zone interesse archeologico
-  UCP_area_rispetto_siti storico culturali
-  UCP_area_rispetto_rete tratturi
-  BP_142_M
-  BP_142_H_VALIDATE
-  UCP_stratificazione insediativa_siti storico culturali
-  BP_142_H
-  UCP_stratificazione insediativa_rete tratturi
-  BP_136
-  UCP_paesaggi rurali

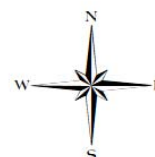
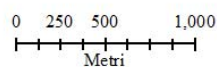
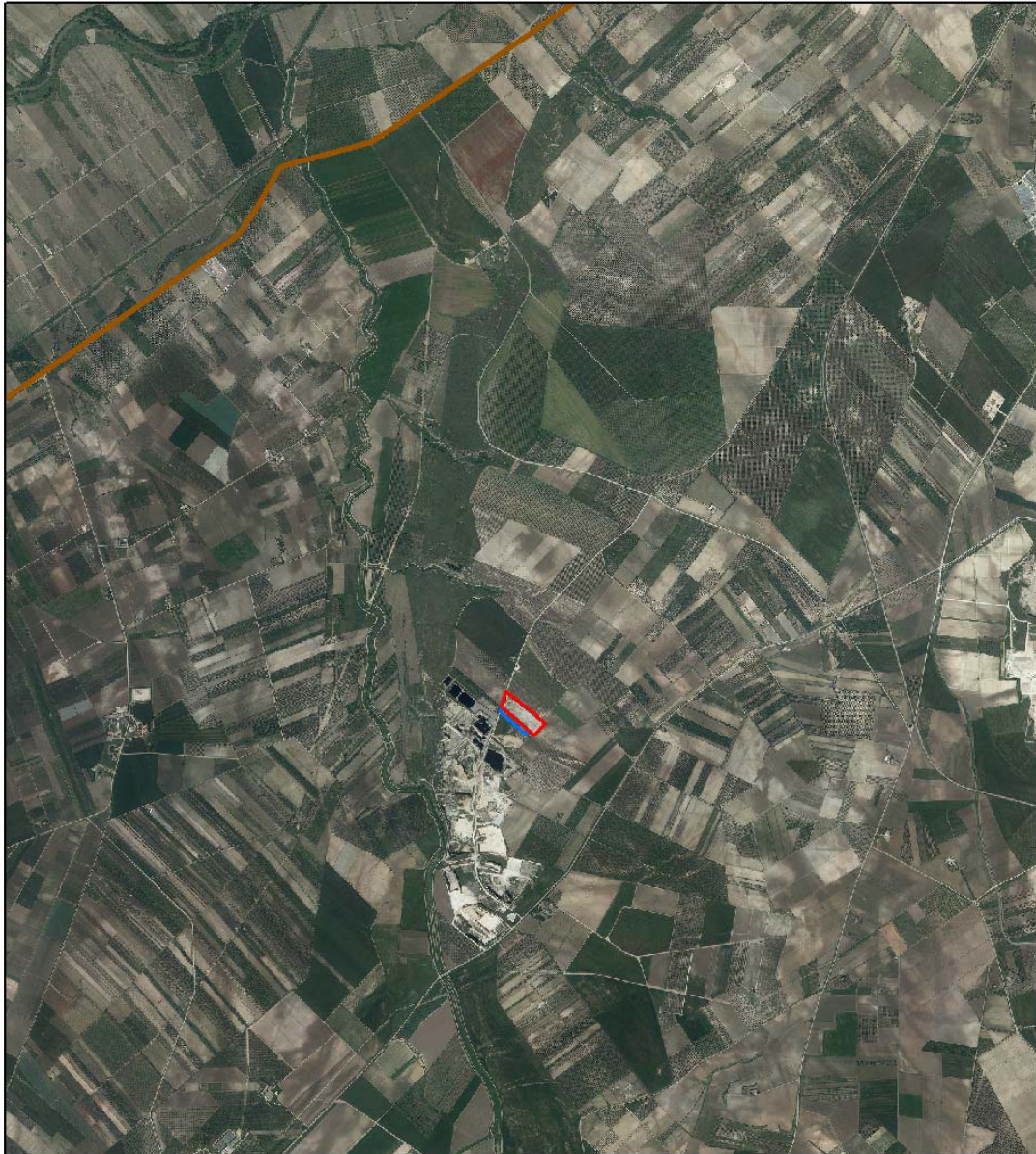








Figura 10: Stralcio PPTR con indicazione dell'area di intervento riferita alle componenti culturali e insediative



LEGENDA

-  Discarica di Rifiuti non Pericolosi
(già 2° Cat. Tipo "B" per i Rifiuti Speciali nonTossici e Nocivi)
-  Cava spenta

6.3.2 - COMPONENTI DEI VALORI PERCETTIVI

-  UCP_luoghi panoramici
-  UCP_strade valenza paesaggistica
-  UCP_strade panoramiche
-  UCP_coni visuali

0 250 500 1,000
Metri

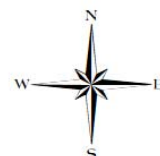



Figura 11: Stralcio PPTR con indicazione dell'area di intervento riferita alle componenti dei valori percettivi

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 20 di 51
---	---	---	--------------------

4.3 DIRETTIVE IMPOSTE DAL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE PUGLIA

Dalla consultazione della cartografia del PTA Puglia (Fig. 12) si evince che la zona di interesse ricade, con riferimento alle aree di vincolo d'uso degli acquiferi, nelle *aree di tutela qualitativa*.


Questa fascia trova giustificazione nella necessità di limitare la progressione del fenomeno di contaminazione entroterra, attraverso un uso della risorsa che minimizzi l'alterazione degli equilibri tra le acque dolci di falda e le sottostanti acque di mare di invasione continentale.


In tale fascia è necessario un riordino delle utilizzazioni, previo censimento in sito delle opere esistenti, utile al conseguimento di una migliore distribuzione areale degli emungimenti. Nel programmare le azioni di riordino bisognerebbe dare priorità alle zone finitime a quelle in cui il fenomeno di contaminazione si estende maggiormente entroterra, ovvero si rileva un maggiore stress (zona Andria-Barletta, sud-est barese, arco jonico tarantino occidentale). Nella porzione a monte della zona di sospensione dell'emungimento, si ritiene opportuno limitare la realizzazione di nuove opere di captazione. In sede di rilascio di nuove autorizzazione alla ricerca, andranno verificate le quote previste di attestazione dei pozzi al di sotto del livello mare, con il vincolo che le stesse non risultino superiori a 25 volte il valore del carico piezometrico espresso in quota assoluta (riferita al l.m.m.). A tale vincolo si potrà derogare nelle aree in cui la circolazione idrica si esplica in condizioni confinate al di sotto del livello mare. Di tale circostanza dovrà essere data testimonianza nella relazione idrogeologica a corredo della richiesta di autorizzazione.


In sede di rilascio o di rinnovo della concessione, nel determinare la portata massima emungibile si ritiene prudentiale considerare che la stessa non determini una depressione dinamica del carico piezometrico assoluto superiore al 60% del valore dello stesso carico e che i valori del contenuto salino (Residuo fisso a 180°C) e la concentrazione dello ione cloro (espresso in mg/l di Cl⁻), delle acque emunte, non superino rispettivamente 1 g/l o 500 mg/l.





LEGENDA

 Discarica di Rifiuti non Pericolosi (già 2° Cat. Tipo "B" per i Rifiuti Speciali non Tossici e Nocivi)


 Cava spenta


 Aree di tutela quali-quantitativa


 Aree vulnerabili da contaminazione salina

 Aree di tutela quantitativa

Zone di Protezione Speciale Idrogeologica

 Zona A

 Zona B

 Zona C

 Zona D

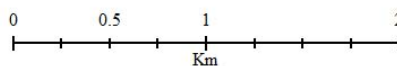



Figura 12: Stralcio PTA con indicazione dell'area di intervento

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 22 di 51
---	---	---	--------------------

4.4 AREE SIC E ZPS (REGIONE PUGLIA)

La prima Direttiva comunitaria in materia di conservazione della natura è stata la 79/409/CEE nota come "Direttiva Uccelli Selvatici", volta alla conservazione degli uccelli selvatici. Essa stabilisce che gli Stati membri, compatibilmente con le loro esigenze economiche, mantengano un adeguato livello di conservazione per le popolazioni delle specie ornitiche. L'art. 4, nello specifico, disciplina la designazione di Zone di Protezione Speciale (ZPS) da parte degli Stati Membri, ovvero dei territori più idonei, in numero e in superficie, alla conservazione delle suddette specie. A tale Direttiva si affianca la 92/43/CEE nota come "Direttiva Habitat" riguardante la conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e fauna.

La Direttiva disciplina le procedure per la realizzazione del progetto di rete Natura 2000, il cui obiettivo è di definire e realizzare strategie comuni per la tutela dei Siti costituenti la rete (pSIC e ZPS). Gli artt. 6 e 7 stabiliscono che qualsiasi piano o progetto, che possa avere incidenze sui Siti Natura 2000, sia sottoposto ad opportuna valutazione delle possibili incidenze rispetto agli obiettivi di conservazione del sito.

Successivamente abrogata, la Direttiva Uccelli è stata sostituita integralmente dalla Direttiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 novembre 2009.

Il recepimento in Italia della Direttiva Uccelli è avvenuto mediante la legge n. 157 dell'11 febbraio 1992. Il Regolamento D.P.R. n. 357 del 08.09.1997 e le sue successive modifiche e integrazioni, integra il recepimento della Direttiva Uccelli, e con esso le Regioni hanno designato le Zone di Protezione Speciale e proposto come Siti di Importanza Comunitaria le zone individuate nel loro territorio, in base a quanto riportato negli Allegati A e B dello stesso D.P.R..

La Rete Natura 2000 in Puglia è costituita dai proposti Siti di Importanza Comunitaria (pSIC) e dalle Zone di Protezione Speciale (ZPS), individuati dalla Regione con D.G.R. del 23 luglio 1996, n. 3310. Successivamente con la D.G.R. del 8 agosto 2002, n. 1157 la Regione Puglia ha preso atto della revisione tecnica delle delimitazioni dei pSIC e ZPS designate, eseguita sulla base di supporti cartografici e numerici più aggiornati.

Dalla consultazione del database cartografico dell'Ufficio Parchi e Riserve Naturali della Regione Puglia è emersa che l'area di indagine non è soggetta a vincoli (Fig. 13).




Parchi e Aree Protette

Sistema Informativo Territoriale - Regione Puglia - 10/07/2018



- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Riserva Statale | <input type="checkbox"/> SIC |
| <input type="checkbox"/> Parco Nazionale | <input type="checkbox"/> SIC MARE |
| <input type="checkbox"/> Parco Naturale Regionale | <input type="checkbox"/> ZPS |
| <input type="checkbox"/> Riserva Naturale Regionale Orientata | <input type="checkbox"/> Zone Ramsar |
| <input type="checkbox"/> Area Naturale Marina Protetta | <input type="checkbox"/> <all other values> |
| <input type="checkbox"/> Riserva Naturale Marina | |

Figura 13: Sic e ZPS da Regione Puglia – Servizio assetto del territorio.

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 24 di 51
---	---	---	--------------------

5 CARATTERI GEOLOGICI DI RIFERIMENTO

5.1 CARATTERI GENERALI


L'area di indagine si colloca, da un punto di vista geologico, nella zona compresa tra le formazioni del rilievo delle Murge (piattaforma carbonatica apula) e la successione delle argille subappennine del Tavoliere di Puglia. La Valle del fiume Ofanto segna approssimativamente il confine tra queste due unità.

Le Murge rappresentano la porzione centrale dell'Avampese Apulo; si sviluppano dalla linea Ofanto-Sele, una trascorrente sinistra orientata in direzione NE-SW, fino alla linea Taranto-Brindisi, in direzione NW-SE. A SW confinano con il dominio della Fossa Bradanica, al di sotto della quale scendono grazie ad una serie di faglie dirette. Verso NE, procedendo verso l'Adriatico, le Murge digradano sino al livello del mare attraverso una sequenza di ripiani collegati da scarpate poco acclivi.

La struttura delle Murge è il risultato di un susseguirsi di eventi tettonici che si sono imposti a partire dal Cretaceo superiore, e sono proseguiti fino al Miocene con l'instaurarsi della tettonogenesi appenninica. Tutta l'area dell'Avampese, caratterizzata da rocce calcaree mesozoiche spesse diversi chilometri, si articola in tre distinti settori: Gargano, Murge e Salento, limitati da importanti strutture tettoniche orientate EW.

I terreni che costituiscono le Murge, sono costituiti da una potente successione di rocce calcareo-dolomitiche di età cretacea, spesso oltre 3000 m. L'ambiente di sedimentazione di tale successione è di piattaforma carbonatica, caratterizzata da una subsidenza lenta e continua compensata da una sedimentazione carbonatica di mare basso. La Formazione del Gruppo dei Calcari delle Murge, localmente coperto dai termini pleistocenici trasgressivi, comprende le seguenti unità: Calcarea di Bari (Turoniano-Cenomaniano), Calcarea di Mola (Cenomaniano superiore), Calcarea di Altamura (Senoniano) e Calcarea di Murgia della Crocetta (Daniano o Maastrichtiano). Tale formazione mesozoica è stata soggetta ad una intensa fase erosiva durante il corso del Terziario, cui ha fatto seguito, nel Quaternario, una ingressione marina che ha determinato la deposizione dei termini appartenenti al "Complesso calcareo detritico trasgressivo" comprendenti le Calcareniti di Gravina (Calabrian-Pliocene sup.), le Calcareniti di Monte Castiglione (Calabrian) e i Tufi delle Murge (Pleistocene). All'Olocene si riferiscono i più recenti terreni di copertura.

Il Foglio Geologico n. 176 "Barletta" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 in cui si colloca l'area di indagine (Fig. 14), comprende l'estremità nord occidentale delle Murge,

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 25 di 51
---	---	---	--------------------

degradanti ad W verso la Fossa Bradanica, a NW verso la Valle dell'Ofanto e a NE verso il Mare Adriatico.

Il Calcarea di Bari, che affiora nella parte murgiana, costituisce l'unità litostratigrafica più antica. Si presenta costituito da strati di calcari detritici, in parte dolomitizzati, con macrofaune a Rudiste e gasteropodi e microfaune a foraminiferi bentonici ed alghe. Il Calcarea di Bari mostra un assetto monoclinale, con prevalenti immersioni di strati a SSW, complicato da blande pieghe e da faglie variamente orientate.

Sul Calcarea di Bari, lungo i margini del rilievo murgiano, dal versante a SW della valle dell'Ofanto e, parallelamente alla costa adriatica, fino a S di Trani, poggia in trasgressione una serie marina riferibile al Pliocene superiore (?) e al Calabriano. Lungo tutta la fascia di affioramento mostra però lacune, a vari livelli. Tale serie affiora lungo l'intero margine murgiano della Fossa Bradanica. I suoi termini più antichi, rilevanti per spessore ed estensione sono le Calcarenite di Gravina e le Argille subappennine.


Lembi di depositi litorali di età post-calabriana tra cui spiccano sabbie fini e calcareniti grossolane, poggiano direttamente sul Calcarea di Bari (dintorni di Andria e di Corato) o su termini della serie plio-pleistocenica (valle dell'Ofanto, zona costiera di Barletta e di Trani); a luoghi disposti in terrazzi, di età via via più recente verso l'esterno del rilievo murgiano.

La valle dell'Ofanto, così come si rileva lungo il perimetro a NW di Canosa, è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali in più ordini di terrazzi dei quali quelli appartenenti ai depositi più recenti costituiscono un'estesa fascia pianeggiante lungo il corso del fiume.

La topografia del terreno, priva di grandi sbalzi, e la diffusa copertura pleistocenica o recente, non consente di individuare con sicurezza le dislocazioni/deformazioni che hanno determinato il sollevamento del rilievo murgiano. Un'importante serie di faglie a gradinata si sviluppa lungo il margine Murge-Fossa bradanica, coperta dai sedimenti marini pleistocenici. Per un esteso tratto a S di Canosa la serie di faglie che separa le Murge dalla Fossa bradanica ha forse direzione NS. Durante la fase di emersione delle Murge, iniziata con ogni probabilità dalle zone più interne verso le aree più esterne, si è assistito alla deposizione dei depositi marini postcalabriani lungo una serie di piattaforme, degradanti verso l'attuale valle dell'Ofanto e verso la costa adriatica.

Lo schema geologico generale dell'area di interesse presenta un assetto stratigrafico che può essere così descritto, dal basso verso l'alto:

- Calcarea di Bari. TURONIANO-BARREMIANO
- Calcareniti di Gravina. CALABRIANO – PLIOCENE SUPERIORE
- Argille Subappennine. CALABRIANO – PLIOCENE SUPERIORE

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 26 di 51
---	---	---	--------------------

- Sabbie di Monte Marano. CALABRIANO
- Sabbie quarzose fini e calcareniti. PLEISTOCENE
- Depositi alluvionali antichi. PLEISTOCENE
- Depositi alluvionali recenti. OLOCENE - PLEISTOCENE

Calcarea di Bari

La formazione del Calcarea di Bari è costituita da calcari microfossiliferi bianchi e grigio chiari in strati di spessore decimetrico e metrico costituiti da litofacies a tessitura prevalentemente fango-sostenuta (mudstone/wachestone biopeloidali e bindstone stromatolitici) e subordinatamente granulo-sostenuta (packstone/grainstone bioclastici e biopeloidali) a luoghi interessati da diagenesi meteorica e/o da pedogenesi (floatstone/rudstone intraclastici in matrice argillosa residuale) con frequenti intercalazioni di calcari dolomitici e dolomie grigie.


Nella parte inferiore ed intermedia della successione si intercalano bancate massive di calcari dolomitici grigi e di dolomie grigio scuro con tessitura dolomicritica e dolosparitica. Inoltre, nella parte inferiore e superiore del Calcarea di Bari, sono stati riconosciuti calcari macrofossiliferi a molluschi (prevalentemente rudiste); si tratta di gruppi di strati costituiti da accumuli conchigliari autoctoni o para-autoctoni con tessitura prevalentemente di tipo floatstone/rudstone, corrispondenti, dal più antico al più recente, al "livello Palese", al "livello Sannicandro" e al "livello Toritto". Tali livelli rappresentano alcuni dei noti "livelli guida" dell'intera successione del Calcarea di Bari affioranti nel territorio delle Murge e sono da intendersi come gruppi di strati in cui la medesima litofacies (floatstone/rudstone a rudiste) si ripete, mostrando continuamente gli stessi caratteri e la stessa associazione di specie, per spessori variabili da pochi metri a poche decine di metri intercalandosi, anche ciclicamente, ad altre litofacies carbonatiche di piattaforma.

L'unità calcarea si caratterizza per uno spessore medio stimato dell'ordine di 1300 metri.

Nel complesso, la formazione mostra di essere stata generalmente deposta in ambiente di sedimentazione carbonatica (intrabacinale), in tempi lunghissimi, tra il Triassico e il Miocene, con ripetute fasi di sedimentazione intervallate da lacune stratigrafiche.

Calcarenite di Gravina

La Calcarenite di Gravina affiora lungo il perimetro delle Murge, con spessori prossimi a qualche decina di metri. Si tratta di depositi trasgressivi, arenitici, scarsamente coerenti, indicati col nome di «Tufi», che costituiscono la base della serie di riempimento della Fossa Bradanica.

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 27 di 51
---	---	---	--------------------

L'unità è formata da rocce calcaree a grana da fine a grossa, porose, con grado di cementazione variabile e poco resistenti alle azioni meccaniche; di ambiente litorale, generalmente risultano prive di stratificazione e poco fratturate; solo in alcuni affioramenti (ad es. negli immediati dintorni di Canosa di Puglia) la parte superiore della formazione appare clinostratificata.

La superficie di contatto con il Calcarea di Bari è caratterizzata in genere da un livello di conglomerato con elementi provenienti dallo stesso Calcarea. Tale conglomerato, che a luoghi può anche mancare, è scarsamente cementato da una matrice calcarenitica.

La formazione della Calcarenite di Gravina in più punti manifesta una grande abbondanza di fossili, si riconoscono due livelli a macrofossili, uno in prossimità della base (in prevalenza Ostreidi) e uno al contatto con le soprastanti Argille subappennine (a Pectinidi, Coralli, ecc.); in generale sono presenti 'nidi' di macrofossili (a Ostreidi, Pettinidi, Echinidi, ecc.) distribuiti nel corpo della formazione stessa.


La formazione è presumibilmente prodotta dall'abrasione del substrato calcareo preesistente e dalla sedimentazione in ambiente costiero (spiaggia sommersa) di materiale bioclastico, costituito da frammenti di gusci di organismi bivalvi, gasteropodi, brachiopodi, echinidi.

Argille Subappennine

Nelle parti più basse dei fianchi vallivi dei maggiori corsi d'acqua, specie del Torrente Locone e dei suoi affluenti, affiorano largamente argille e argille marnose, a vari livelli anche siltose, di color grigio-azzurro. Si tratta di un deposito probabilmente di ambiente neritico privo di stratificazione, tranne che nella parte alta, dove si ha una fitta alternanza di straterelli argillosi e sabbiosi.

All'interno dell'unità che raggiunge spessori considerevoli, di migliaia di metri, nella parte interna del Tavoliere, si rilevano livelli di sabbie argillose a grana fine e talvolta ghiaie, questi ultimi legati presumibilmente a episodi di sedimentazione torbiditica, avvenuta a seguito della sedimentazione in mare aperto dei materiali fini provenienti dall'erosione del fronte della catena appenninica in accrescimento, nel corso del Plio-Pleistocene.

Tali argille poggiano in continuità stratigrafica sulla Calcarenite di Gravina, ma forse a luoghi sono anche in eteropia con la stessa e rappresentano il riempimento della fossa tettonica (avanfossa), individuatosi tra il fronte della catena appenninica e la piattaforma apula (avampaese).

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 28 di 51
---	---	---	--------------------

Il passaggio alle sabbie sovrastanti si verifica invece per alternanze. L'approssimarsi della transizione è posto in evidenza dalla presenza nelle Argille di straterelli di sabbie.

Nella formazione argillosa e più marcatamente nella parte alta, sono presenti nidi di Macrofossili, in gran prevalenza Pettinidi e Ostreidi.

Le Argille subappennine poggiano in alcuni casi direttamente sul Calcarea di Bari (fra Canosa e Barletta). La locale mancanza della calcarenite di Gravina fra i Calcari e le Argille è dovuta al fatto che la stessa Calcarenite si depositava solo in prossimità della costa, mentre più al largo il bacino di sedimentazione veniva riempito dalle argille, a conferma di ciò sembra essere il fatto che i punti dove le Argille poggiano direttamente sul Calcarea di Bari, sono distanti dalla costa plio-calabrianiana.

Sabbie quarzose fini e calcareniti, a luoghi in terrazzi

In trasgressione sui terreni sopra descritti poggia una serie di depositi marini, essenzialmente sabbiosi, a luoghi terrazzati. Tali depositi, difficili a rilevarsi quando poggiano su termini litologicamente simili della Fossa bradanica (Sabbie di M. Marano), sono costituiti da sabbie, sabbie calcaree e da calcareniti con frequente stratificazione incrociata.

I depositi stessi sono posti a quote via via decrescenti verso il mare e, a luoghi, formano una serie di ripiani, limitati in basso da scarpate.

Depositi alluvionali antichi

I depositi alluvionali terrazzati affiorano a quote diverse e sembrano riconducibili a due differenti cicli.

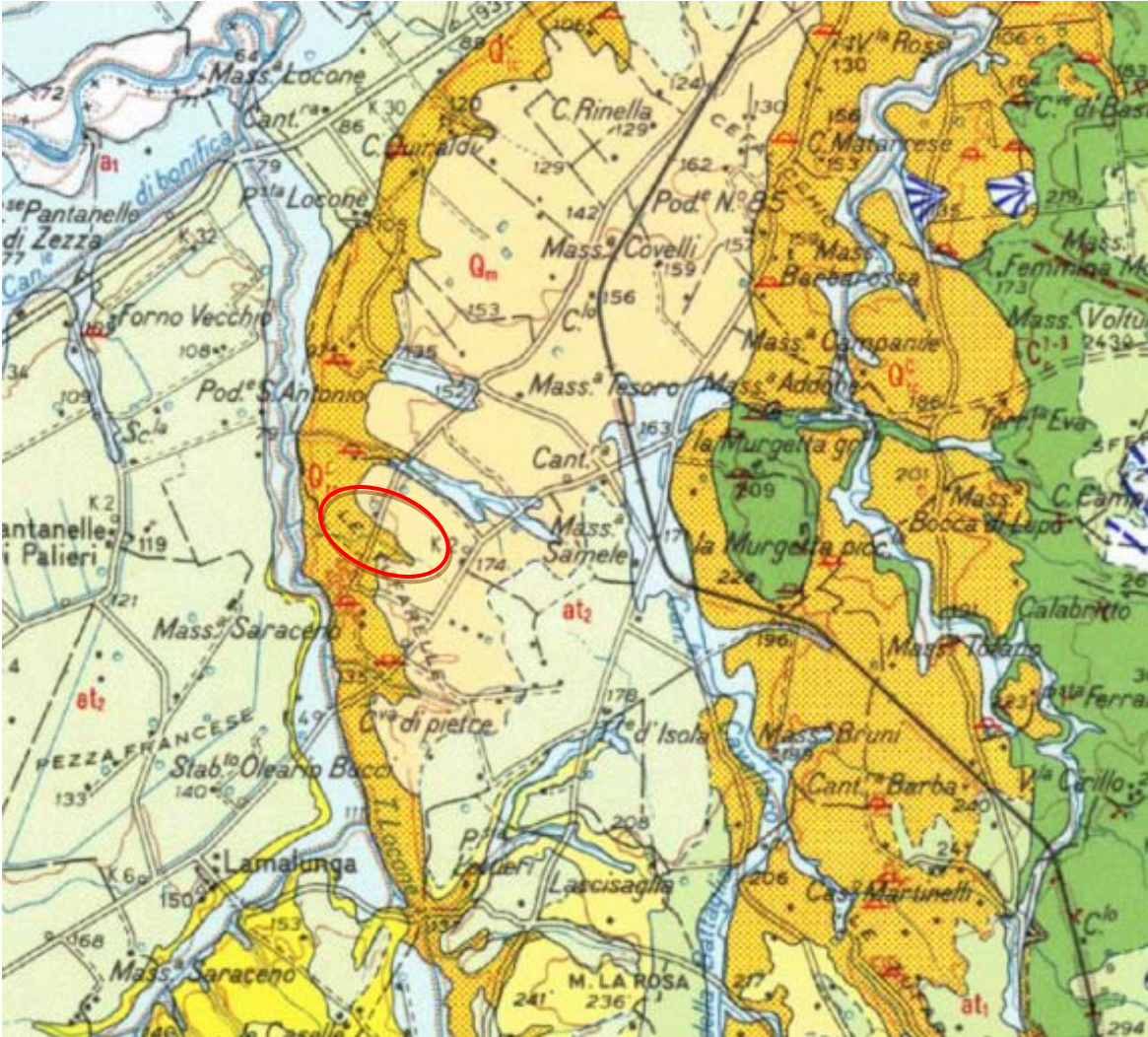
II deposito più elevato (terrazzo alto del Fiume Ofanto e dei suoi affluenti) è posto a quota superiore ai 250 m s.l.m. ed è in gran prevalenza piroclastico (proviene dall'attività del Vulture) ma a luoghi contiene detriti calcarei provenienti dalle Murge.

Il deposito terrazzato più recente (terrazzo medio del Fiume Ofanto e dei suoi affluenti) si riconosce in lembi lungo i fianchi della valle del Torrente Locone e del Fiume Ofanto. E' costituito da sedimenti ciottolosi o ciottoloso-sabbiosi; ha uno spessore anche superiore a qualche decina di metri.

Depositi alluvionali recenti

(a1) - Gli alvei di gran parte dei corsi d'acqua mostrano sottili spessori di depositi alluvionali terrazzati prevalentemente ciottolosi; nei solchi erosivi («lame») incisi nei calcari cretacei, questi depositi si presentano ciottoloso-terrosi.

(a2) - Nell'alveo dell'Ofanto tali depositi, risultano incisi più o meno profondamente dal corso d'acqua, in vicinanza del quale si riconosce un ultimo deposito, anch'esso quasi esclusivamente ciottoloso.



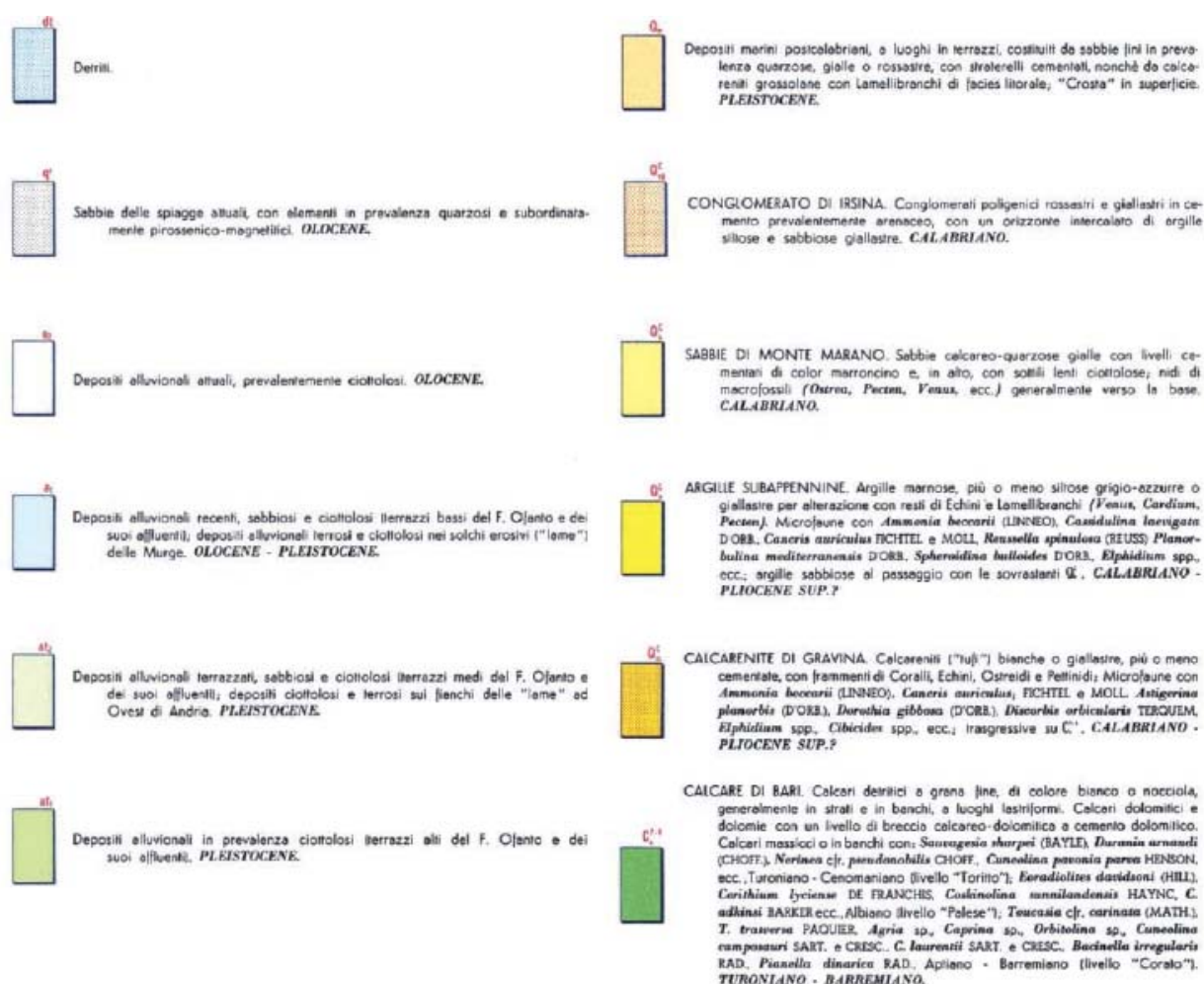



Figura 14: Stralcio della Carta Geologica d'Italia 1:100.000 (Servizio Geologico d'Italia) con relativa legenda e indicazione dell'area di indagine

5.2 CARATTERI TETTONICI E GEOMORFOLOGICI

Il principale motivo strutturale dell'intera area murgiana è rappresentato da un assetto monoclinale dei calcari del Cretaceo, sui quali poggiano in netta discordanza, in assetto orizzontale o con deboli inclinazioni, i sottili depositi quaternari.

Lo stile tettonico, sostanzialmente tabulare, è caratterizzato da pieghe modeste ad ampio raggio e fianchi pochissimo inclinati, tali da determinare difficoltà nel riconoscimento degli assi strutturali principali; tale situazione è complicata ulteriormente dalla presenza di blande ondulazioni trasversali che contribuiscono a confondere i lineamenti strutturali della regione. I piegamenti, piuttosto blandi, mostrano direzioni assiali prevalentemente disposte da NW a SE con giaciture degli strati debolissime, raramente superiori ai 15°.

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 31 di 51
---	---	---	--------------------


Alle strutture plicative si associa la presenza di faglie a debolissimo rigetto assimilabili a fratture. Il sistema più evidente di fratturazione è rappresentato da quello a direttrice NW-SE, che, associato alla fratturazione trasversale NE-SW, ha prodotto lo sblocchettamento dei calcari ribassati dalle aree interne del settore murgiano verso la costa, determinando complesse strutture a gradoni (faglie transtensive).

L'area murgiana si caratterizza per la presenza di una serie di ripiani allungati parallelamente alla costa e posti a quote via via più bassi procedendo dall'interno verso il mare, delimitati da modeste scarpate. I ripiani e le scarpate, rivolte verso l'Adriatico, rappresentano una serie di terrazzamenti marini, interpretati come antiche linee di costa formatesi durante il sollevamento dell'intera area murgiana durante il Pleistocene medio-superiore. Su diversi ripiani di queste zone, si rinvengono numerose doline a contorno sub-circolare o ovale, aventi profondità fino a 10-15 m e larghezza di 200-300 m. Il paesaggio, sostanzialmente monotono, è movimentato da leggere ondulazioni della superficie topografica, da sporgenze calcaree e brevi corsi torrentizi. Il carsismo, evidenziato dalla presenza delle doline, è altresì testimoniato da inghiottitoi, anche di notevole estensione e importanza, reticoli di condotti e cavità ipogee. I calcari hanno subito intensi processi di alterazione chimico-fisica sia in superficie che nel sottosuolo.

Le aree calcaree sono incise da numerosi corsi d'acqua, detti "lame", non perenni, a fondo piatto e svasato, aventi pareti verticali, che si sono verosimilmente incassati fino ad intercettare il substrato calcareo per processi di sovrainposizione. Generalmente questi impluvi sono privi di acqua a causa della elevata permeabilità delle rocce del substrato carbonatico, dovuta alla presenza dei diffusi sistemi di fratturazione e dei condotti carsici. Per le suddette caratteristiche, i bacini delle lame sono poco gerarchizzati, discontinui e solitamente a regime torrentizio poiché si attivano solo in occasione di forti piogge particolarmente abbondanti. Il loro corso è stato notevolmente influenzato dalla tettonica, come evidenziato da tratti ad andamento rettilineo in corrispondenza di zone di faglia o di intensa fratturazione.

Nelle zone prossime alla linea di costa, la morfologia risulta sostanzialmente pianeggiante date le quote notevolmente ridotte. Si rilevano incisioni vallive a fondo quasi piatto, in genere asciutte e coperte da limitati spessori di lembi alluvionali e a fianchi poco inclinati. Questi solchi erosivi, paralleli fra loro, e diretti da SW a NE, perpendicolare alla costa adriatica, raggiungono profondità non superiori ai 10-15 m.

La fascia costiera adriatica si caratterizza per una catena discontinua e irregolare di cordoni dunari allungati parallelamente alla riva con altezze fino a 13 m sul livello del mare. Le coste,

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 32 di 51
---	---	---	--------------------

per certi tratti rocciose, risultano ben articolate, basse e frastagliate, e terminano verso mare con scarpate verticali, a tratti intervallate da piccole insenature basse e sabbiose.

I principali elementi morfologici caratterizzanti il territorio comunale di Canosa di Puglia sono: punti sommitali, argini fluviali, assi di displuvio, cigli di sponda fluviale, ripe di erosione fluviale e orli di terrazzo morfologico.

I punti sommitali sono posti tra NE e SE rispetto al centro abitato, laddove affiorano le propaggini più settentrionali del dominio murgiano; gli argini fluviali sono prevalentemente dislocati lungo tutto il margine a NW del territorio comunale, in corrispondenza del corso del Fiume Ofanto, laddove si nota la presenza di cigli di sponda fluviale, i quali bordano e seguono esattamente l'attuale corso del fiume. Tali elementi morfologici caratterizzano il deflusso attuale del Torrente Locone e del Canale di bonifica che in esso confluisce e il Canale della Piena delle Murge a W del centro abitato.

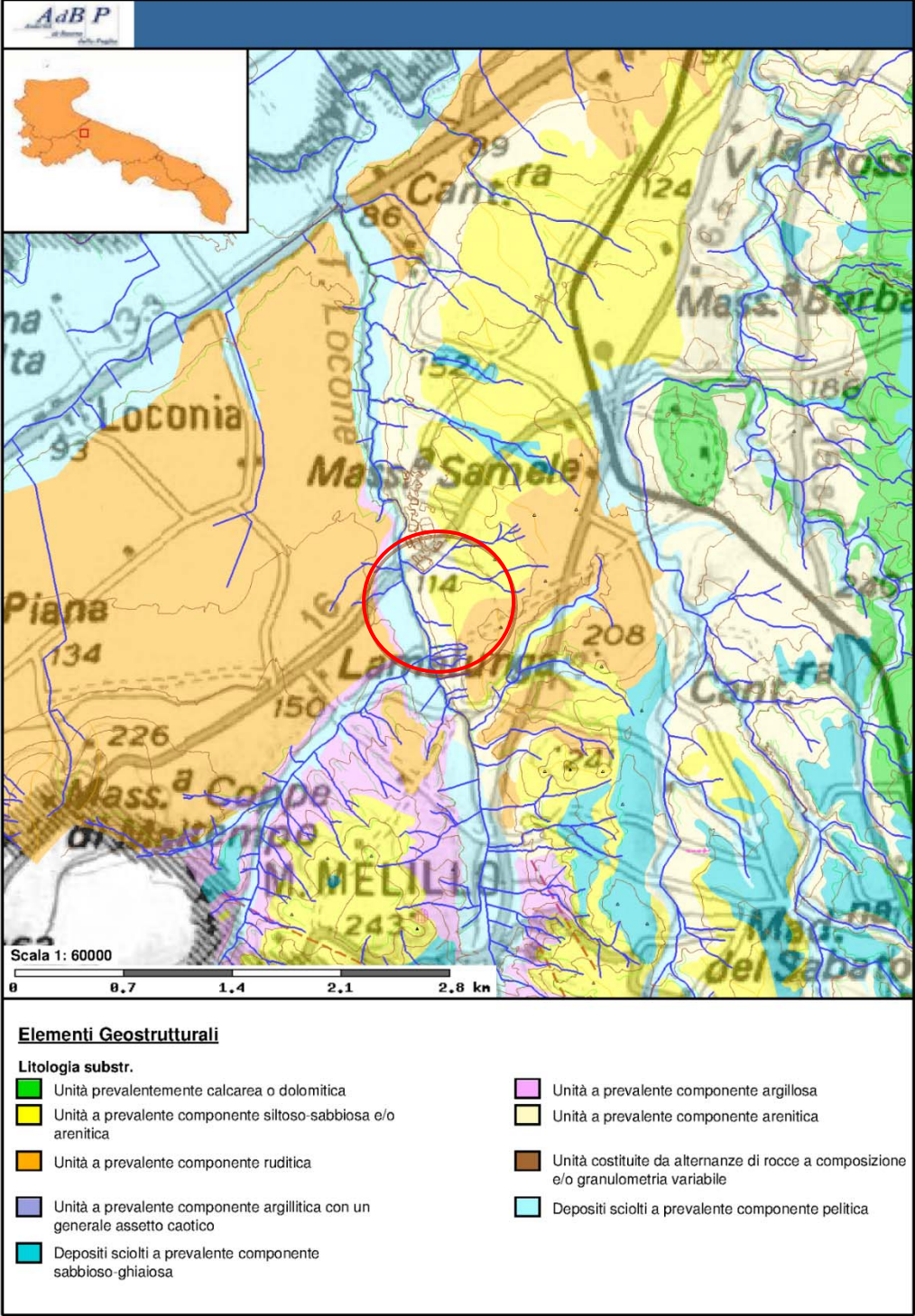
Le ripe di erosione sono presenti nel settore NE-SW dell'abitato di Canosa che, poste a quote topografiche elevate con alti gradienti topografici, hanno favorito un processo di deflusso superficiale tale da generare le lame. L'andamento delle ripe fluviali cinge il perimetro e le parti sommitali delle aree incise dal deflusso superficiale in corrispondenza delle quali si registra un infittimento delle curve di livello a testimonianza di un aumento del gradiente topografico.

Nella carta morfologica sono anche presenti assi di displuvio significativi posti nel settore immediatamente ad E e SE di Canosa e nella porzione di territorio compresa tra il Torrente Locone e il Canale della Piena delle Murge, strettamente connessi con i punti sommitali che seguono l'allineamento topografico delle principali vette.

Gli orli di terrazzo morfologico sono legati alle variazioni eustatiche del livello del mare che hanno determinato una forte attività di modellamento morfologico. I terrazzi morfologici sono la testimonianza di fenomeni di erosione o deposizione sedimentaria sia dei corsi d'acqua che del mare; in particolare nell'ambito del territorio di Canosa di Puglia, sembra che i terrazzi sono il risultato di fasi di deposizione ed erosione fluviale, orientati parallelamente al Fiume Ofanto, in direzione NE-SW. Tutto ciò spiega come essi possano essere il risultato dell'evoluzione morfologica dettata dall'attività di deposizione ed erosione dell'Ofanto stesso. Orli di terrazzo morfologico sono presenti ad E e SW dell'abitato di Canosa, questi ultimi legati all'attività deposizionale ed erosiva del Canale della Piena delle Murge.


Di seguito si riporta uno stralcio della Carta Idrogeomorfologica ottenuta mediante consultazione tramite web-gis, utile per la fruibilità diretta delle conoscenze di base dell'area di

interesse, che evidenzia gli aspetti peculiari dei caratteri geomorfologici e litostrutturali dell'area di interesse (Fig. 15).





Tettonica	
Faglia	Faglia presunta
Asse di anticlinale certo	Asse di anticlinale presunto
Asse di sinclinale certo	Asse di sinclinale presunto
Tettonica	
Strati suborizzontali (<10°)	Strati poco inclinati (10°-45°)
Strati molto inclinati (45°-80°)	Strati subverticali (>80°)
Strati rovesciati	Strati contorti
Orografia	
Punti sommitali	
Rilievo e relativa quota al suolo s.l.m.	
0 - 100 m	100 - 300 m
300 - 700 m	700 - 1200 m
Curve di livello	
Forme di versante	
Linee	
Orlo di scarpata delimitante forme semispianate	Cresta affilata
Cresta smussata	Asse di displuvio
Nicchia di distacco	
Polligoni	
Corpo di frana	Cono di detrito
Area interessata da dissesto diffuso	Area a calanchi e forme similari
Forme di modellamento di corso d'acqua	
Cigli e ripe	
Ciglio di sponda	Ripa di erosione
Forme ed elementi legati all'idrografia superficiale	
Corsi di acqua	
Corso d'acqua	Corso d'acqua episodico
Corso d'acqua obliterato	Corso d'acqua tombato
Recapito finale di bacino endoreico	
Sorgenti	
Canali lagunari	
Bacini Idrici	
Bacini	
Lago naturale	Lago artificiale
Laguna costiera	Salina
Stagno, acquitrino, zona palustre	
Forme Carsiche	
Doline	
Grotte naturali	

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 35 di 51
---	---	---	--------------------

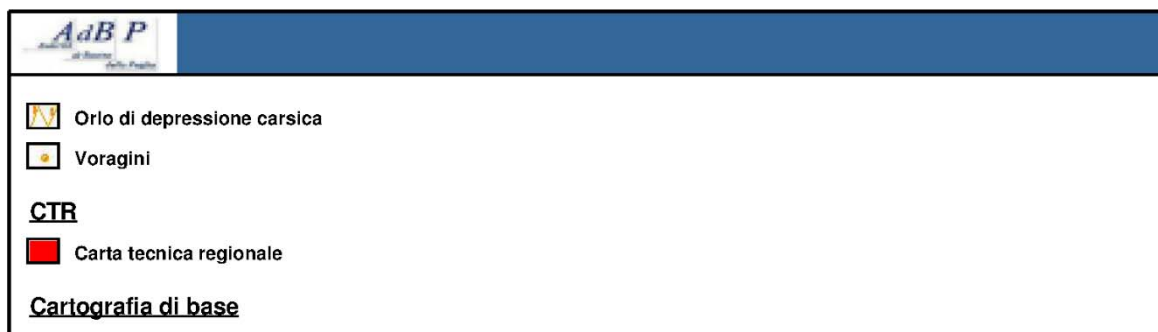


Figura 15: Stralcio della Carta Idrogeomorfologica della Puglia (agg. il 15/03/2016)


5.3 CARATTERI IDROGEOLOGICI E IDROGRAFICI

L'area oggetto di indagine ricade in quella che viene definita "Unità Idrogeologica delle Murge", come ben evidenziato dalla Carta delle Unità Idrogeologiche della Puglia (Fig. 16), le cui delimitazioni fisiche sono definite superiormente dal corso del fiume Ofanto e inferiormente dall'allineamento ideale Brindisi - Taranto.

La falda carsica murgiana ha sede nelle rocce calcareo-dolomitiche di età mesozoica della Piattaforma apula, raramente ricoperte per trasgressione da sedimenti calcarenitici quaternari. Tali rocce, permeabili per fratturazione e carsismo, sono in connessione idraulica rispetto alla circolazione di fondo che è a sua volta influenzata da fattori stratigrafici e strutturali, oltre che dalla distribuzione del fenomeno carsico. Tale fenomeno non ha ovunque le stesse caratteristiche. Ad aree interessate da un macrocarsismo, molto spesso si affiancano aree manifestanti un microcarsismo, come non mancano zone dove, indipendentemente dalle quote, detto fenomeno è quasi assente.

L'alimentazione idrica della falda si realizza nelle zone più interne e topograficamente più elevate, fino a 40 Km dalla costa, laddove i calcari affiorano con continuità e la presenza di forme carsiche superficiali, come inghiottitoi e doline, favorisce una rapida infiltrazione dell'acqua di pioggia. Le precipitazioni che alimentano le risorse idriche sotterranee, sono irregolarmente distribuite sul territorio sicché la relativa scarsità di apporti meteorici, determina fenomeni di progressiva salinizzazione degli acquiferi, soprattutto in prossimità della costa.

La falda defluisce direttamente in mare, in maniera diffusa, e la zona di emergenza risulta essere pressoché coincidente con la linea di costa che rappresenta il livello di base della circolazione idrica sotterranea. L'acqua dolce di falda è in contatto con l'acqua marina di intrusione continentale su cui poggia per la minore densità. All'interfaccia acqua dolce - acqua

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 36 di 51
---	---	---	--------------------

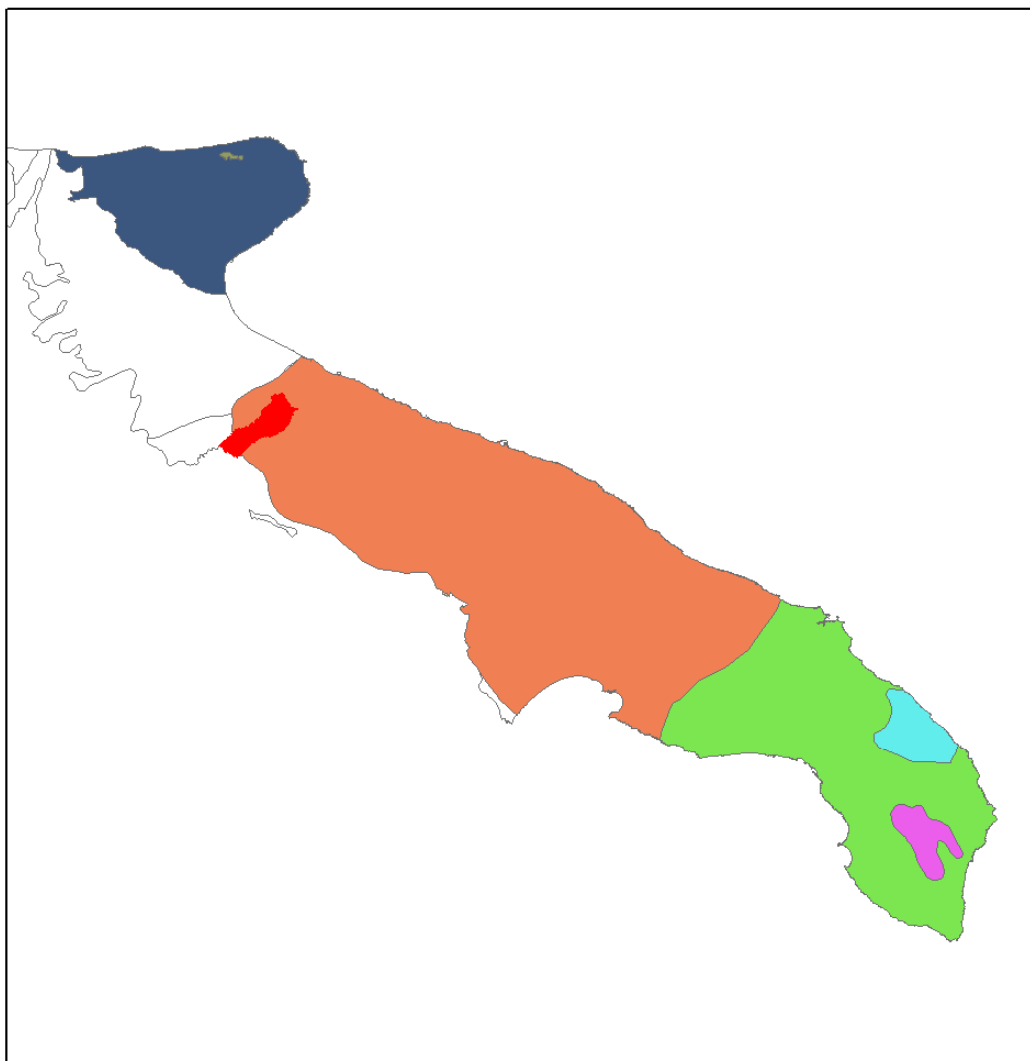
salata, si realizzano fenomeni di miscelamento che generano una zona di diffusione di spessore e di salinità progressivamente crescente sia dall'alto verso il basso che verso l'entroterra. La falda circola generalmente in pressione e su più livelli, di norma al di sotto del livello del mare, e fluisce verso mare in direzione perpendicolare alla linea di costa. In prossimità del litorale, l'acqua si rinviene spesso in condizioni di falda libera o confinata poco al di sotto del livello del mare.

Da un punto di vista idrogeologico assume notevole importanza anche la copertura di terra rossa. Essendo l'acquifero murgiano talora limitato al tetto da rocce praticamente impermeabili e dotato di una permeabilità d'insieme spesso relativamente bassa, le acque di falda sono generalmente costrette a muoversi in pressione, spesso a notevole profondità al di sotto del livello mare, con carichi idraulici ovunque alti (spesso dell'ordine dei $30 \div 50$ m s.l.m.) e variabili lungo la verticale dell'acquifero. Anche le cadenti piezometriche, con le quali la falda defluisce verso il mare, sono alte ($2 \div 8$ per mille). I massimi carichi piezometrici si riscontrano nelle aree più interne dell'altopiano murgiano, in cui si raggiungono valori di circa 200 m s.l.m.; carichi idraulici di $10 \div 15$ m s.l.m. si osservano anche in aree situate ad appena pochi chilometri dalla linea di costa. L'irregolare distribuzione della permeabilità in senso verticale fa sì che la parte più alta della falda risulti talora frazionata in più livelli idrici sovrapposti, spesso modesti e separati da orizzonti rocciosi praticamente impermeabili e solo a luoghi permeabili, non di rado dotati di carichi idraulici e di mobilità sensibilmente diversi.


Data la natura carsica del territorio, l'idrografia superficiale è praticamente assente e limitata a una serie di solchi d'incisione torrentizia che si impostano nelle aree topograficamente più articolate, nelle terrazze quaternarie e nelle scarpate calcaree. Questi solchi, le "lame", generalmente asciutti, sono percorsi dalle acque meteoriche solo in occasione di copiose precipitazioni e, seguendo le linee di massima pendenza, sono in grado di convogliare a mare notevoli quantità d'acqua ("mene").

In base alle diverse caratteristiche di permeabilità, le rocce localmente affioranti si distinguono in due principali categorie: rocce permeabili per fratturazione e carsismo e rocce permeabili per porosità.







La permeabilità per fratturazione e carsismo, o permeabilità in grande, caratterizza le rocce calcaree mesozoiche ed è propria di rocce praticamente impermeabili alla scala del campione, data la loro elevata compattezza, tanto da poter essere considerate vere e proprie rocce serbatoio. La circolazione idrica è legata essenzialmente alla presenza di giunti di stratificazione e fratture, spesso beanti e allargate da fenomeni legati alla dissoluzione chimica (carsismo).



LEGENDA

 Territorio comunale di Canosa di Puglia

Unità Idrogeologiche della Puglia

-  Acquifero del Gargano
-  Acquifero del Salento
-  Acquifero della Murgia
-  Acquifero sup. Miocenico del Salento centro-meridionale
-  Acquifero sup. Miocenico del Salento centro-orientale
-  Acquifero superficiale Vico Ischitella

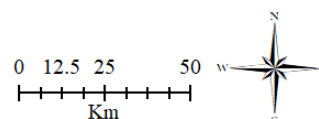



Figura 16: Carta delle Unità Idrogeologiche della Puglia (da PTA Puglia)

Le rocce permeabili per fratturazione e carsismo si caratterizzano per valori di permeabilità compresi tra: $K = 1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$.

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 38 di 51
---	---	---	--------------------

I terreni permeabili per porosità sono poco potenti e alimentati da falde acquifere superficiali con modeste portate. A questa categoria appartengono le calcareniti e le "terre rosse".

Le calcareniti generalmente presentano un valore della conducibilità idraulica K compresa tra 1×10^{-3} – 1×10^{-4} cm/s. Le "terre rosse" si caratterizzano per una permeabilità variabile legata al loro contenuto sabbioso-limoso. In generale assumono valori di K compresi tra 1×10^{-4} – 1×10^{-5} cm/s.

5.4 CARATTERI SPECIFICI DELL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO


L'area oggetto di intervento si colloca in contrada Tufarelle, a metà strada tra il comune di Canosa di Puglia e quello di Minervino Murge, a circa 10 Km di distanza dai due.

Il comprensorio di cava di località Tufarelle è costeggiato dal Torrente Locone, affluente in destra idraulica del Fiume Ofanto.

La località Tufarelle si caratterizza per la presenza di tufo calcareo ascrivibile alla formazione delle Calcareniti di Gravina, con spessori prossimi a 80-85 m. Il litotipo affiorante nell'area di interesse, in esposizione sul fondo e sui fronti della cava ormai dismessa, si presenta a grana da fine a grossa in matrice calcitica, con grado di cementazione medio basso, di colore bianco e giallastro, privo di stratificazione e alterato per la presenza di materiale ossidato. Si rilevano fratture sub parallele di origine tettonica che interrompono la continuità della formazione, con spaziature di circa 5 m, direzione NE-SW, immersione NW, inclinazione circa 85°. Le fratture, aperte da 1 mm a 10 mm, sono generalmente poco intasate.

Le caratteristiche geologiche e idrogeologiche di dettaglio dell'area di interesse sono state desunte mediante riferimento a terebrazioni eseguite nel corso di campagne di indagini geognostiche realizzate nel 2004 per la costruzione di pozzi di monitoraggio della falda idrica. Queste ultime hanno evidenziato la presenza nel sottosuolo di un tufo calcareo riferibile alla formazione della Calcarenite di Gravina, di colore bianco-giallastro, a bassa resistenza meccanica alla scala del campione, a grana medio-fine, poroso, priva di stratificazione, poco o nulla fratturata. Al di sotto della calcarenite sono state rilevate rocce riferibili al Calcarea di Bari, del Cretaceo inferiore, costituite da un'alternanza di rocce calcaree e dolomitiche, a grana fine, ben cementate e compatte. All'interno di tale successione sono state rilevate cavità carsiche decimetriche e livelli di terra rossa. Il passaggio da una formazione all'altra è evidenziato da uno strato di breccia ad elementi calcarei, in matrice tufacea, spessa alcuni metri.

Il grado di fessurazione delle rocce calcareo-dolomitiche appare elevato e a partire dalle profondità di 100-120 m dalla superficie, si incontra la falda idrica sotterranea, ad una quota di

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 39 di 51
---	---	---	--------------------

circa 30 m s.l.m.. In corrispondenza della profondità di rinvenimento dei livelli idrici non si è manifestata alcuna risalita di acqua nelle perforazioni, a testimoniare che la falda risulta libera ed è localmente non confinata da strati impermeabili.

La falda è contenuta su più livelli all'interno della successione calcareo-dolomitica, permeabile per fessurazione e carsismo. La conducibilità nel complesso risulta molto elevata.

Le terebrazioni eseguite hanno consentito la ricostruzione dei caratteri peculiari presenti nell'area di indagine (Fig. 17). A partire dalla superficie originaria del piano campagna, la zona insatura del sottosuolo presenta uno spessore di 80-85 m di Calcarenite di Gravina, permeabile per porosità e da alcune decine di metri di roccia calcareo-dolomitica, permeabile per fessurazione e carsismo. Lo spessore minimo della zona insatura al di sotto del fondo della discarica è di 50 m.

Le oscillazioni verticali della superficie piezometrica della falda risultano modeste, inferiori a 2 m.

Il movimento della falda avviene in direzione SE, con variazioni del carico idraulico molto basse. Per la determinazione della conducibilità idraulica del tufo presente al fondo e alle pareti della cava spenta adiacente alla discarica da bonificare, è stata effettuata nel corso di campagne geognostiche precedenti, una prova di assorbimento a carico costante, in pozzetto a base quadrata, sul fondo della cava dismessa, che ha permesso la stima del coefficiente di permeabilità, pari a $K = 1.05 * 10^{-3}$ cm/s, valore compatibile con i dati di letteratura.

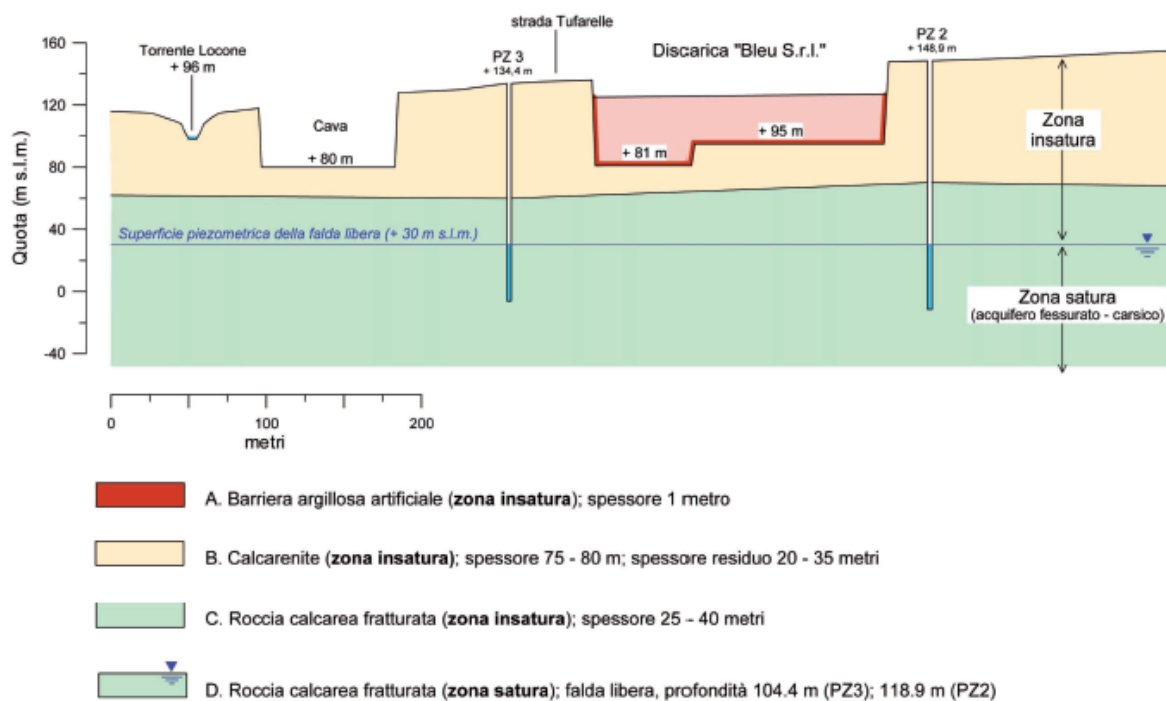


Figura 17: Caratteristiche del sottosuolo in corrispondenza della Discarica Bleu S.r.l.

Dall'analisi dei dati disponibili non risultano censite falde superficiali nell'area (vedi figura seguente).

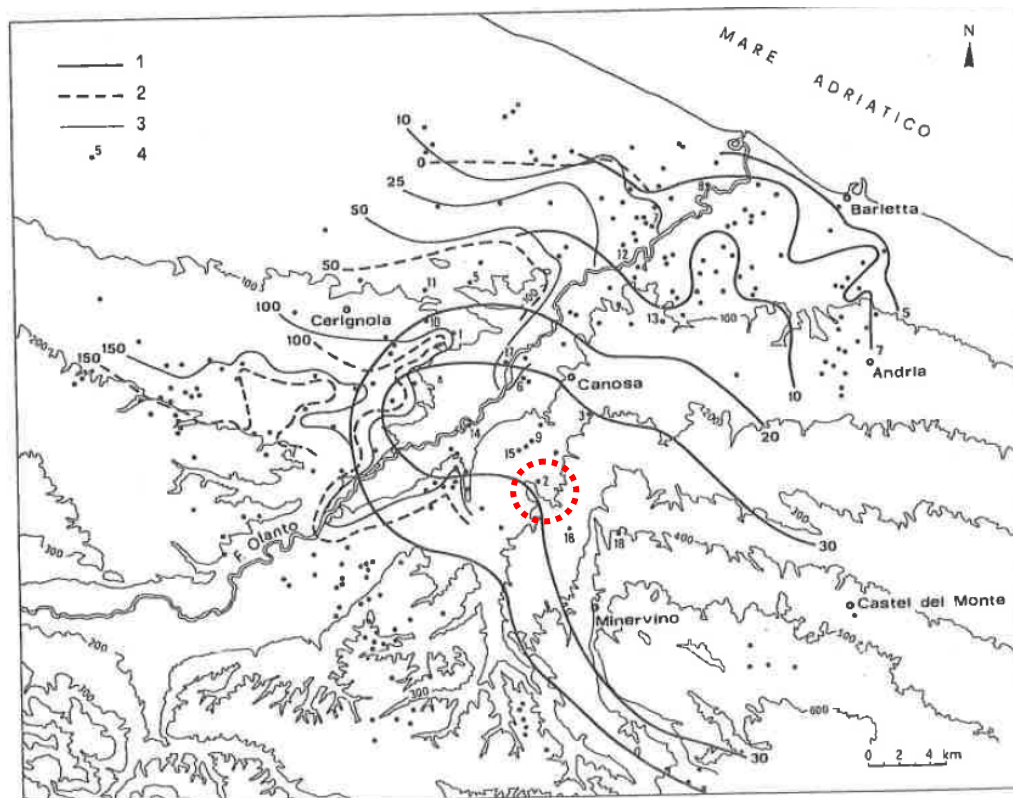


Fig. 3 - Andamento della superficie piezometrica della falda profonda e della falda superficiale. 1. Superficie piezometrica della falda profonda. 2. Superficie piezometrica della falda superficiale. 3. Isobate del tetto delle Argille Grigio-Azzurre. 4. Pozzi.
Trend of the shallow and deep aquifer piezometric surfaces. 1. Deep aquifer contour lines. 2. Shallow aquifer contour lines. 3. Depth contour of the blues clays top. 4. Wells.

Figura 17b: andamento della falda superficiale e profonda. In rosso l'area della discarica COBEMA

Per quanto riguarda la falda profonda si riporta l'estratto dal PTA.

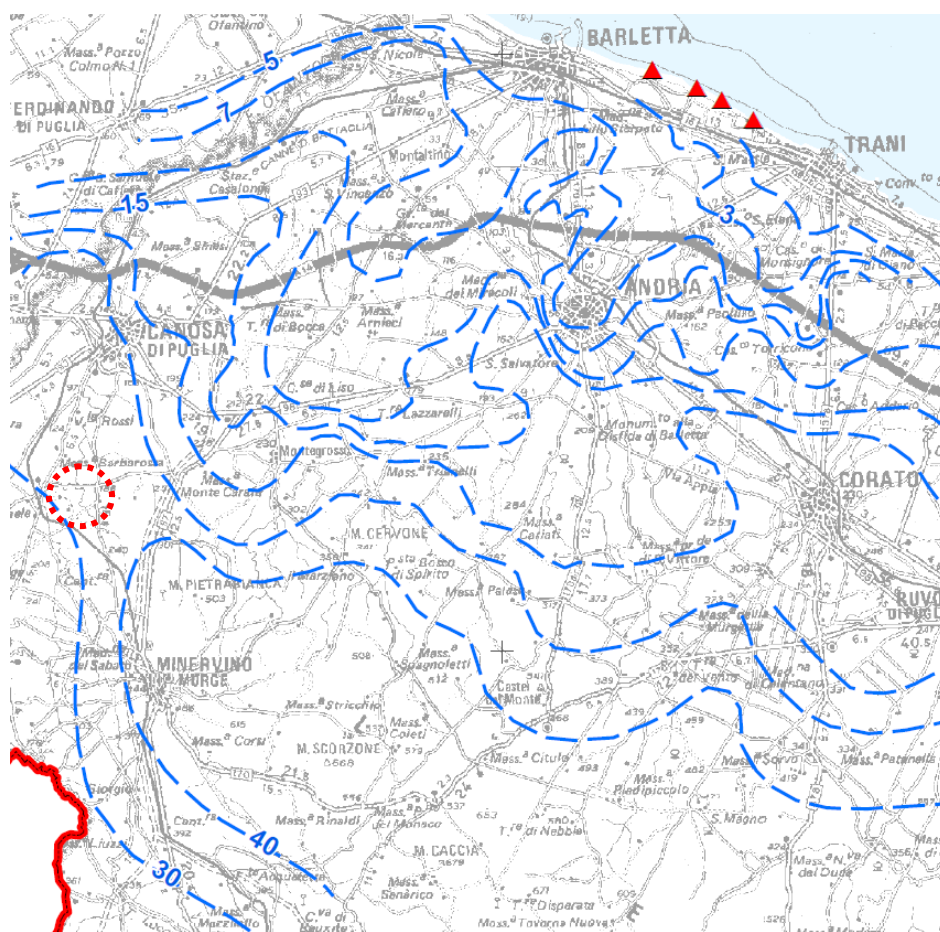


Figura 17c: andamento della falda profonda (estrapolata dal PTA Puglia). In rosso l'area della discarica COBEMA

Risulta che nel sito oggetto di intervento la falda si trova ad una quota di circa 30 m s.l.m., rispetto ad una quota del piano campagna, che a seguito dell'intervento di realizzazione del capping, sarà ad una quota di circa 150 m s.l.m..

Nel marzo 2007 è stato condotto nell'area di interesse un rilievo dal prof. Pagliarulo¹: la quota dei punti di riferimento è stata ricavata dalla carta topografica in scala 1:5000 (Carta Tecnica Regionale). L'accuratezza nella determinazione delle quote di riferimento è stata di 0,1 metri. Le determinazioni hanno confermato l'esistenza di una componente in direzione sud del vettore gradiente idraulico.

¹ Pagliarulo P, Studio idrogeologico della contrada Tufarelle (Canosa di Puglia – Minervino Murge), Università degli Studi di Bari, 2010




Nel maggio 2009 sono state eseguite le misure su un numero più elevato di pozzi distribuiti in modo più ampio sul territorio. Le linee di uguale carico idraulico (isopieze, m s.l.m.), mostrano che il carico idraulico della falda diminuisce con regolarità in direzione SE, con un gradiente medio pari a 0,7 per mille (0,7 m/km). Le misure indicano quindi l'esistenza, nel settore dell'acquifero considerato, di una direzione di movimento delle acque sotterranee verso SE. La direzione di flusso ottenuta è compatibile con la collocazione idrogeologica dell'area, che si situa sul versante "bradanico" delle Murge.



Figura 17c: andamento della falda (Pagliarulo, 2010). In rosso l'area della discarica COBEMA

Nei pressi della discarica COBEMA, quindi, la falda profonda si muove verso SE ad una quota di circa 34 m s.l.m..

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 44 di 51
---	---	---	--------------------

6 SISMICITA' DELL'AREA

L'area di studio si colloca in una zona in cui i dati di sismicità storica sono piuttosto poveri. Un solo evento significativo si è verificato nella zona della Puglia centrale che ha causato un numero imprecisato di vittime: il terremoto che colpì Barletta e Bisceglie l'11 maggio 1560 con effetti stimati dell'VIII grado MCS (Mercalli- Cancani – Sieberg).

Studi recenti ritengono che il potenziale sismogenetico dell'area Murgiana sia stato in realtà sottostimato. Si è infatti ipotizzato che strutture sismogenetiche minori, presenti all'interno dell'area murgiana, possono essere occasionalmente riattivate, a seguito di sforzi generati da eventi sismici verificatesi nelle regioni attigue.

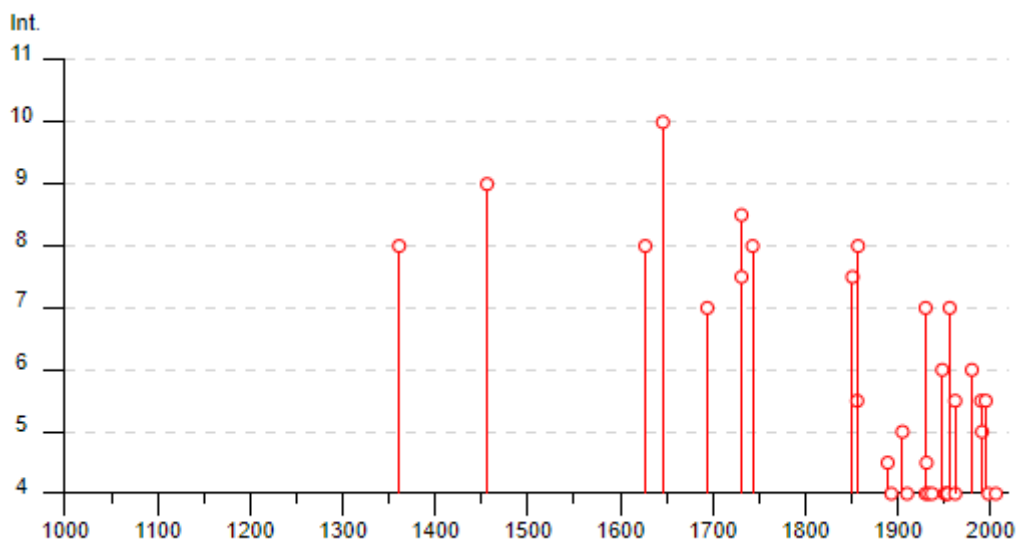
Per ricostruire la storia dell'attività sismica dell'area di indagine, si è proceduto alla consultazione del Catalogo Parametrico dei terremoti Italiani CPTI15 che copre l'intero territorio italiano considerando una finestra temporale 1000-2014. L'analisi dei dati ha confermato che l'area di interesse si caratterizza per una pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.



Effetti		In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
8	1361	07	17	17	15		Subappennino dauno	2	9	6.03	
9	1456	12	05				Appennino centro-meridionale	199	11	7.19	
8	1627	07	30	10	50		Capitanata	64	10	6.66	
10	1646	05	31				Gargano	35	10	6.72	
7	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	251	10	6.73	
8-9	1731	03	20	03			Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33	
7-8	1731	10	17	11			Tavoliere delle Puglie	6	6-7	4.86	
8	1743	02	20				Ionio settentrionale	84	9	6.68	
7-8	1851	08	14	13	20		Vulture	103	10	6.52	
5-6	1856	05	12	01	45		Barese	5	5-6	4.40	
8	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12	
4-5	1889	12	08				Gargano	122	7	5.47	
3	1892	04	20				Gargano	15	6-7	5.02	
3-4	1892	06	06				Isole Tremiti	68	6	4.88	
4	1893	01	25				Vallo di Diano	134	7	5.15	
NF	1899	08	16	00	05		Subappennino dauno	32	6	4.57	
5	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95	
2-3	1905	11	26				Irpinia	122	7-8	5.18	
4	1910	06	07	02	04		Irpinia-Basilicata	376	8	5.76	
3	1925	07	28	03	33		Tavoliere delle Puglie	6	5	4.20	
7	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67	
4	1930	11	06	21	56		Alta Murgia	16	5	4.41	
4-5	1931	12	03	09	32		Tavoliere delle Puglie	12	6	4.59	
4	1933	03	07	14	39		Irpinia	42	6	4.96	
4	1937	07	17	17	11		Tavoliere delle Puglie	40	6	4.96	
6	1948	08	18	21	12	2	Gargano	58	7-8	5.55	
4	1951	01	16	01	11		Gargano	73	7	5.22	
4	1953	07	19	18	46		Gargano	5	4-5	4.55	
4	1954	08	06	19	21	1	Potentino	13	5-6	5.18	
3	1956	01	09	00	44		Materano	45	6	4.72	
7	1956	09	22	03	19	3	Gargano	57	6	4.64	
4	1962	01	19	05	01	2	Gargano	31	5	4.42	
5-6	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15	



Effetti		In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
3	1963	02	13	12	45		Potentino	31	7	5.19	
3	1967	12	09	03	09	5	Adriatico centrale	22		4.36	
2	1978	09	24	08	07	4	Materano	121	6	4.75	
6	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81	
NF	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62	
NF	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	912	8	5.86	
NF	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47	
5-6	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77	
5	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08	
5-6	1995	09	30	10	14	3	Gargano	145	6	5.15	
2-3	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90	
4	1998	04	07	21	36	5	Valle dell'Ofanto	45	5	4.31	
3-4	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72	
2	2004	09	03	00	04	1	Potentino	156	5	4.41	
4	2006	05	29	02	20	0	Gargano	384		4.64	
NF	2006	12	10	11	03	4	Adriatico centrale	54		4.48	



Nella classificazione sismica del territorio nazionale, secondo quanto decretato dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, il Comune di Canosa di Puglia ricade in zona sismica 2, a cui corrisponde una accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra 0.15 e 0.25, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastica (ag max) corrispondente a 0.25 g.

Zona	Intervallo di pertinenza della PGA (10% in 50 anni)	Ag max
1	$0,25 < a_g \leq 0,35 g$	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25 g$	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15 g$	0,15 g
4	$\leq 0,05 g$	0,05 g

Le più recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018) e l'O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006, superano il concetto di classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti. L'approccio ritenuto ufficiale dalle NTC 2018 consiste nella valutazione della risposta sismica locale.

In assenza di questo tipo di analisi, la valutazione preliminare dell'azione sismica può essere realizzata attraverso la determinazione delle categorie di sottosuolo (definite nel cap. 3.2.2 delle NTC 2018) e di una pericolosità di base fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale (Fig. 18).

Ai punti del reticolo vengono associati, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima al suolo) e dei principali parametri spettrali riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_{C^*}). La procedura necessaria per giungere alla definizione della risposta sismica locale, basata su parametri progettuali e geologico-tecnici, si compone di molteplici operazioni che prevedono la definizione dell'input sismico, l'analisi di risposta sismica locale e la rappresentazione dei risultati. Il tutto eseguito mediante il supporto di software specifici.

Per la stima dell'input sismico è necessario definire l'accelerazione di base del sito di progetto (a_g) per la valutazione del quale si determinano pochi parametri inerenti il progetto da realizzare e la sua localizzazione spaziale. Sono infatti richieste:

- le coordinate del sito;
- il periodo di riferimento V_R ottenuto dalla relazione $V_R = V_N \cdot C_U$ dove V_N è la vita nominale dell'opera e C_U rappresenta il coefficiente d'uso, definito in base alla classe d'uso (D.M. 17/01/2018),
- stato limite o stati limite del progetto. Esistono quattro stati limite: due di esercizio (stato limite di Operatività SLO e stato limite di Danno SLD) e due stati limite ultimi (stato limite di salvaguardia della Vita SLV e stato limite di prevenzione del



Collasso SLC). Per ognuno si definisce una probabilità di superamento (PVR), che rappresenta la probabilità di accadimento, nel periodo di riferimento (V_R), di almeno un sisma con periodo di ritorno T_R .

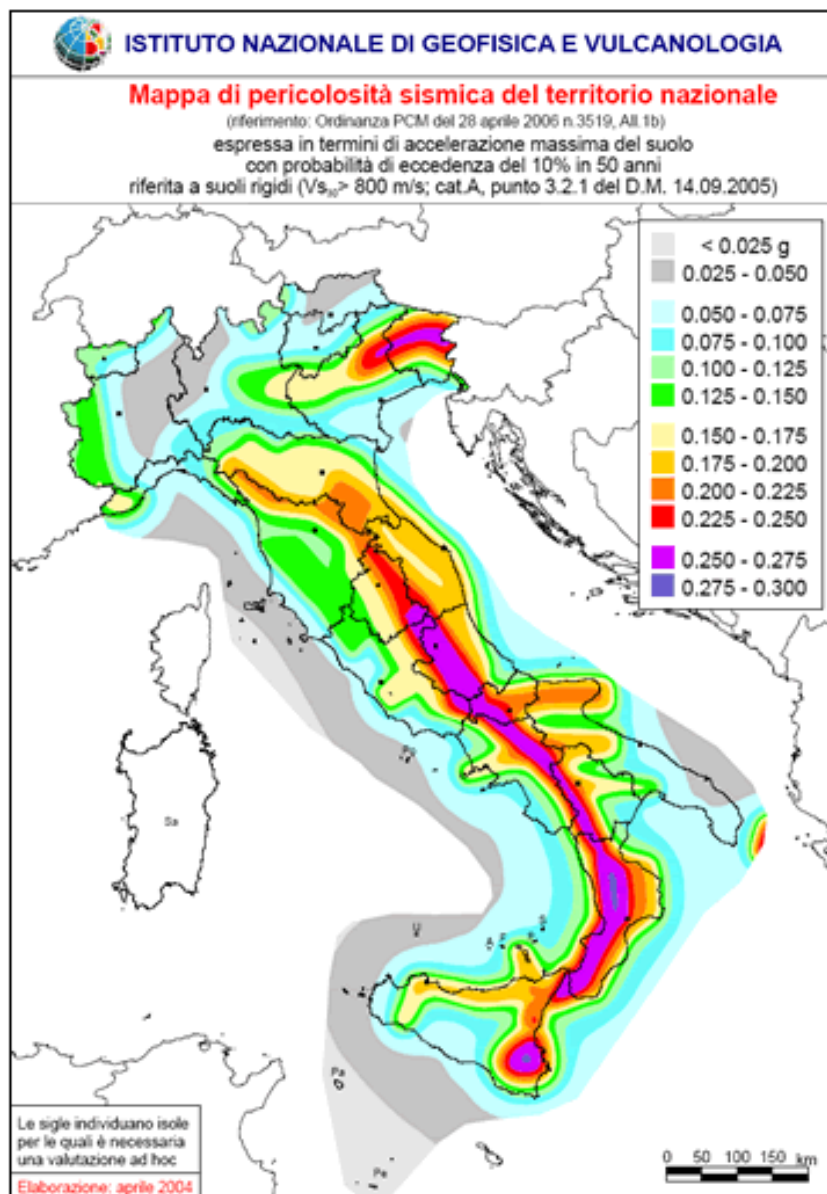


Figura 18: Mappa della pericolosità sismica dell'Italia espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (http://zonesismiche.mi.ingv.it)

Oltre al valore di a_g , è necessario conoscere, per il sito in esame, i dati di disaggregazione (variabilità in termini di magnitudo e distanza). La disaggregazione della pericolosità sismica è

un'operazione che permette di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito.

I dati di disaggregazione vengono forniti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e pubblicati sul sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.

L'area di Canosa di Puglia è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0.150 - 0.200 g, come indicato nella mappa di pericolosità sismica con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, $V_{s,eq} > 800$ m/s) (Fig. 19).

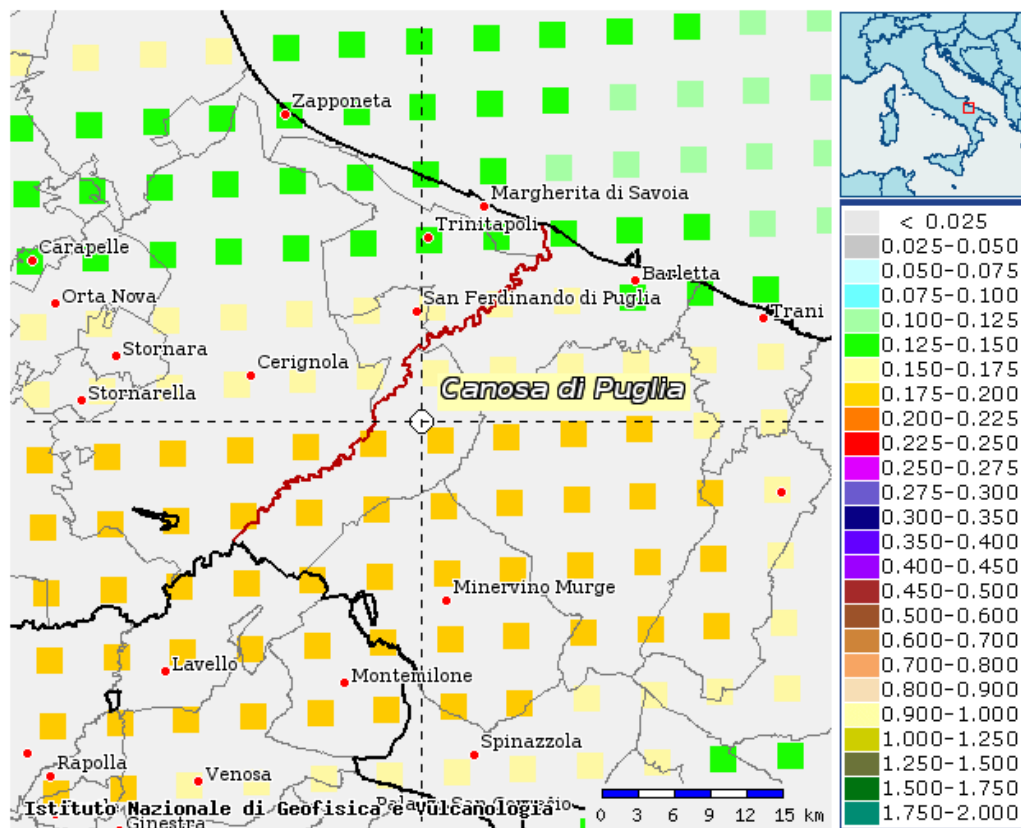


Figura 19: Mappa interattiva della pericolosità sismica di Canosa di Puglia (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>)

Tale mappa di pericolosità sismica è riferita ad un periodo di ritorno $T_R=475$, corrispondente ad una vita nominale dell'opera $V_N = 50$ anni e ad un coefficiente d'uso $C_U = 1$ (struttura ordinaria), parametri legati tra loro dalla seguente formula $T_R = -V_N / \log(1-PVR)$ (Tab.1).

Tabella 1: Valori dei parametri per la definizione del periodo di ritorno

P_{V_k} (Stato Limite)	C_u	V_N [anni]
81% Operatività (SLO)	0.7 (I. Strutture secondarie)	≤ 10 (Opere provvisorie)
63% Danno (SLD)	1.0 (II. Strutture ordinarie)	≥ 50 (Opere ordinarie)
10% Salvaguardia della vita (SLV)	1.5 (III. Strutture importanti)	≥ 100 (Grandi opere)
5% Prevenzione del Collasso (SLC)	2.0 (IV. Strutture strategiche)	


Come già accennato, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è necessaria la valutazione dell'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi (cap. 7.11.3 NTC 2018). In alternativa, si può fare riferimento a un approccio semplificato, basato sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (cap. 3.2.2 NTC 2018) (Tab. 2). La classificazione viene effettuata in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$, definita dall'espressione:

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

dove h_i indica lo spessore in metri dell' i -esimo strato, $V_{s,i}$ corrisponde alla velocità delle onde S nell' i -esimo strato infine H che corrisponde alla profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s .

Tabella 2: Categorie di sottosuolo (cap. 3.2.2 NTC 2018)

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>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati 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>

Rel. F Relazione geologica ed idrogeologica		PROCEDURA INFRAZIONE COMUNITARIA 2011/2015 PIANO DI ADEGUAMENTO D.LGS. 36/2003 DISCARICA CO.BE.MA. - CANOSA DI PUGLIA (BT) PROGETTO DEFINITIVO	Pagina 51 di 51
---	---	---	--------------------

7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI LITOTIPI PRESENTI

In ottemperanza alle normative vigenti, con riferimento alle prescrizioni del D.M. 17.01.2018 "Approvazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni" - Circolare del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n° 617 del 02.02.2009, si è proceduto alla ricostruzione del modello geologico del sito d'interesse.

I caratteri geotecnici peculiari delle Calcareniti di Gravina affioranti nell'area di interesse sono note da dati bibliografici e professionali. Di seguito si riportano le caratteristiche fisiche e meccaniche di tali litotipi.

Caratteristiche fisiche

- Peso specifico dei granuli G: 2.68 g/cm³ - 2.73 g/cm³
- Peso di volume al naturale: 1.31 g/cm³ – 1.82 g/cm³
- Peso di volume secco: 1.26 g/cm³ – 1.50 g/cm³
- Contenuto naturale d'acqua: 3.32% - 24.5%
- Porosità totale (n%): 44.4 – 53.7
- Coefficiente di imbibizione riferito al peso: 19.80 % – 21.76 %
- Conducibilità idraulica: 10⁻⁴ – 10⁻¹¹ m/s

Caratteristiche meccaniche

- Resistenza a compressione uniassiale: 10 Kg/cm² - 25 Kg/cm²;
- Modulo di elasticità: 300 Kg/cm² – 500 Kg/cm²
- Coefficiente di sottofondo: 5 Kg/cm³ – 10 Kg/cm³
- Angolo di attrito: 28°- 35°
- Coesione non drenata: 1 Kg/cm²

Allegato 1

ISPRA
Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia
Servizio GEO-APP
Via Vitaliano Brancati, 48
00144 ROMA

Oggetto: **Legge 4 agosto 1984 n. 464. Comunicazione fine indagine**

In riferimento alla precedente comunicazione con data documento 11/10/18 spedita con PEC/Racc. n. bleu@pec.it del 11/10/18 Vi comunico la fine dell'indagine.

Titolare (Committente) Bleu Srl C.F. 02233320692

Indirizzo via L. De Crecchio n. 61 Comune Lanciano

Prov. (CH) Telefono 0872/72251 E-mail bleuminervino@gmail.com

Impresa di perforazione Trivellazioni Del Vecchio Michele di Del Vecchio Michele C.F. DLVMHL70P24A662V

Indirizzo via Macchioni n. 104 Comune M. San Biagio

Prov. (LT) Telefono 3483574061 E-mail m.delvecchio70@tiscali.it

DATI TECNICI DELLA PERFORAZIONE

Comune Minervino Murge Prov. (BT) Località Tufarelle

Ubicazione catastale (N.C.T.) Scala 1: 4000 Foglio n. 14 Particella n. 500

Coordinate (sistema di riferimento) UTM-WGS84 Longitudine/X 583364,44

Uso/Scopo Monitoraggio Latitudine/Y 4555244,75

Data inizio perforazione 25/10/18 Data fine perforazione 31/10/18 Quota s.l.m. 133,61 (m)

Perforazione diametro: \varnothing_1 350 (mm) da 3 (m) a 80 (m) dal p.c.

\varnothing_2 251 (mm) da 80 (m) a 150 (m) dal p.c.

Profondità max 150 (m) dal p.c. Portata max 12 (l/s) Portata esercizio --- (l/s)

Misura piezometrica in data 05/03/19 Livello statico 103,50 (m) dal p.c.

Livello dinamico₁ 103,50 (m) dal p.c. Abbassamento 0,00 (m) Con portata 12 (l/s)

Livello dinamico₂ --- (m) dal p.c. Abbassamento --- (m) Con portata --- (l/s)

Livello dinamico₃ --- (m) dal p.c. Abbassamento --- (m) Con portata --- (l/s)

Colonna di rivestimento: Diametro 200 (mm) Lunghezza 150 (m) dal p.c.

Colonna emungimento: Diametro 90 (mm) Lunghezza 126 (m) dal p.c.

Filtro diametro: \varnothing_1 200 (mm) da 96 (m) a 138 (m) dal p.c.

\varnothing_2 --- (mm) da --- (m) a --- (m) dal p.c.

Pompa tipo F.B. Srl Potenza 30 (CV) Prevalenza 58-141 (m)

Falde rinvenute: I (da m 103,50 a 150 m) dal p.c. II (da m --- a --- m) dal p.c.

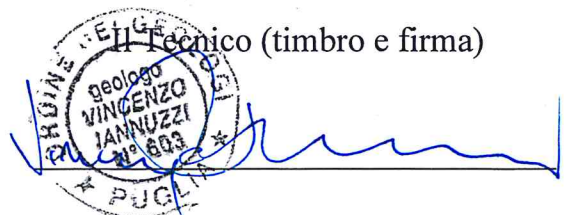
III (da m --- a --- m) dal p.c. IV (da m --- a --- m) dal p.c.

Allegati: Colonna stratigrafica con descrizione litologica (in caso di necessità utilizzare il Mod. 4 bis);

Ubicazione puntuale della perforazione su carta di dettaglio (es. mappa catastale o foto aerea).

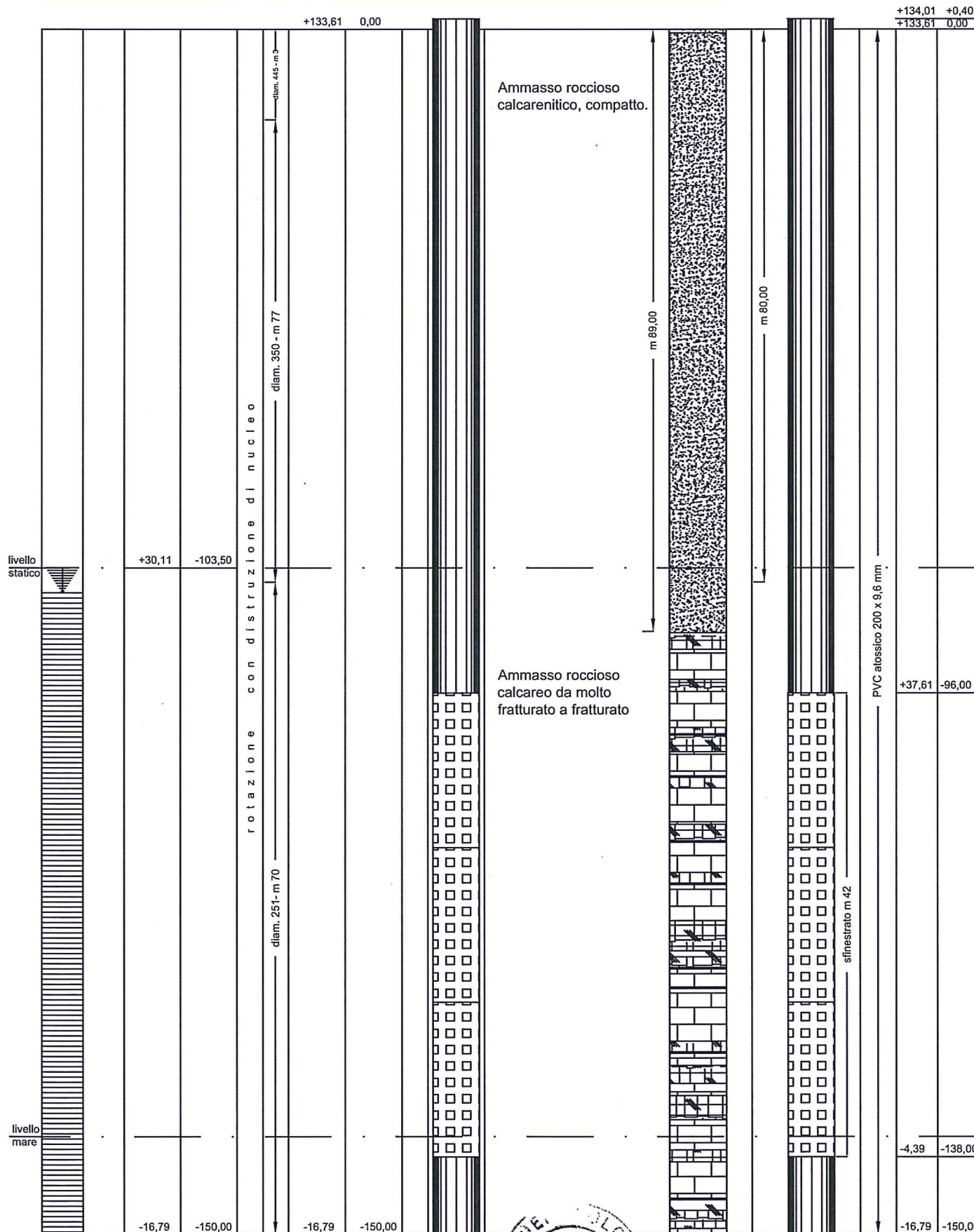
Note (eventuali): FINE INDAGINE PERFORAZIONE pz9

Data 30/03/2019

Il Tecnico (timbro e firma)


PERFORAZIONE pz9

Livelli d'Acqua				Caratteristiche della Trivellazione					Rivestimento							
falda di fondo	acque superficiali	Riferimento		sistema	calibro	Quote riferite		parziali	Sezione	Stratigrafia	campioni	zona cementata	descrizione elementi	diametri	Quote rif.	
		livello mare	piano campagna			livello mare	piano campagna								livello mare	piano campagna



geologo
VINCENZO IANNUZZI
 N° 603
 PUGLIA

[Handwritten signature]

ISPRA
Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia
Servizio GEO-APP
Via Vitaliano Brancati, 48
00144 ROMA

Oggetto: **Legge 4 agosto 1984 n. 464. Comunicazione fine indagine**

In riferimento alla precedente comunicazione con data documento 11/10/18 spedita con PEC/Racc. n. bleu@pec.it del 11/10/18 Vi comunico la fine dell'indagine.

Titolare (Committente) Bleu Srl C.F. 02233320692

Indirizzo via L. De Crechio n. 61 Comune Lanciano

Prov. (CH) Telefono 0872/72251 E-mail bleuminervino@gmail.com

Impresa di perforazione Trivellazioni Del Vecchio Michele di Del Vecchio Michele C.F. DLVMHL70P24A662V

Indirizzo via Macchioni n. 104 Comune M. San Biagio

Prov. (LT) Telefono 3483574061 E-mail m.delvecchio70@tiscali.it

DATI TECNICI DELLA PERFORAZIONE

Comune Minervino Murge Prov. (BT) Località Tufarelle

Ubicazione catastale (N.C.T.) Scala 1: 4000 Foglio n. 14 Particella n. 292

Coordinate (sistema di riferimento) UTM-WGS84 Longitudine/X 583367,90

Uso/Scopo Monitoraggio Latitudine/Y 4555348,51

Data inizio perforazione 12/11/18 Data fine perforazione 16/11/18 Quota s.l.m. 139,52 (m)

Perforazione diametro: \varnothing_1 350 (mm) da 3 (m) a 80 (m) dal p.c.

\varnothing_2 251 (mm) da 80 (m) a 150 (m) dal p.c.

Profondità max 150 (m) dal p.c. Portata max 11 (l/s) Portata esercizio --- (l/s)

Misura piezometrica in data 06/03/19 Livello statico 109,30 (m) dal p.c.

Livello dinamico₁ 109,30 (m) dal p.c. Abbassamento 0,00 (m) Con portata 11 (l/s)

Livello dinamico₂ --- (m) dal p.c. Abbassamento --- (m) Con portata --- (l/s)

Livello dinamico₃ --- (m) dal p.c. Abbassamento --- (m) Con portata --- (l/s)

Colonna di rivestimento: Diametro 200 (mm) Lunghezza 150 (m) dal p.c.

Colonna emungimento: Diametro 90 (mm) Lunghezza 126 (m) dal p.c.

Filtro diametro: \varnothing_1 200 (mm) da 96 (m) a 138 (m) dal p.c.

\varnothing_2 --- (mm) da --- (m) a --- (m) dal p.c.

Pompa tipo F.B. Srl Potenza 30 (CV) Prevalenza 58-141 (m)

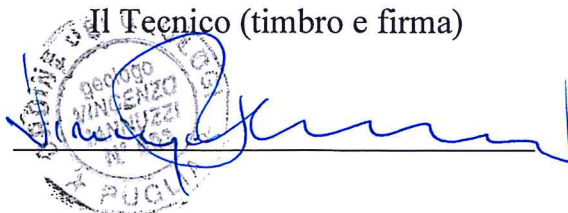
Falde rinvenute: I (da m 109,30 a 150 m) dal p.c. II (da m --- a --- m) dal p.c.

III (da m --- a --- m) dal p.c. IV (da m --- a --- m) dal p.c.

Allegati: Colonna stratigrafica con descrizione litologica (in caso di necessità utilizzare il Mod. 4 bis);
Ubicazione puntuale della perforazione su carta di dettaglio (es. mappa catastale o foto aerea).

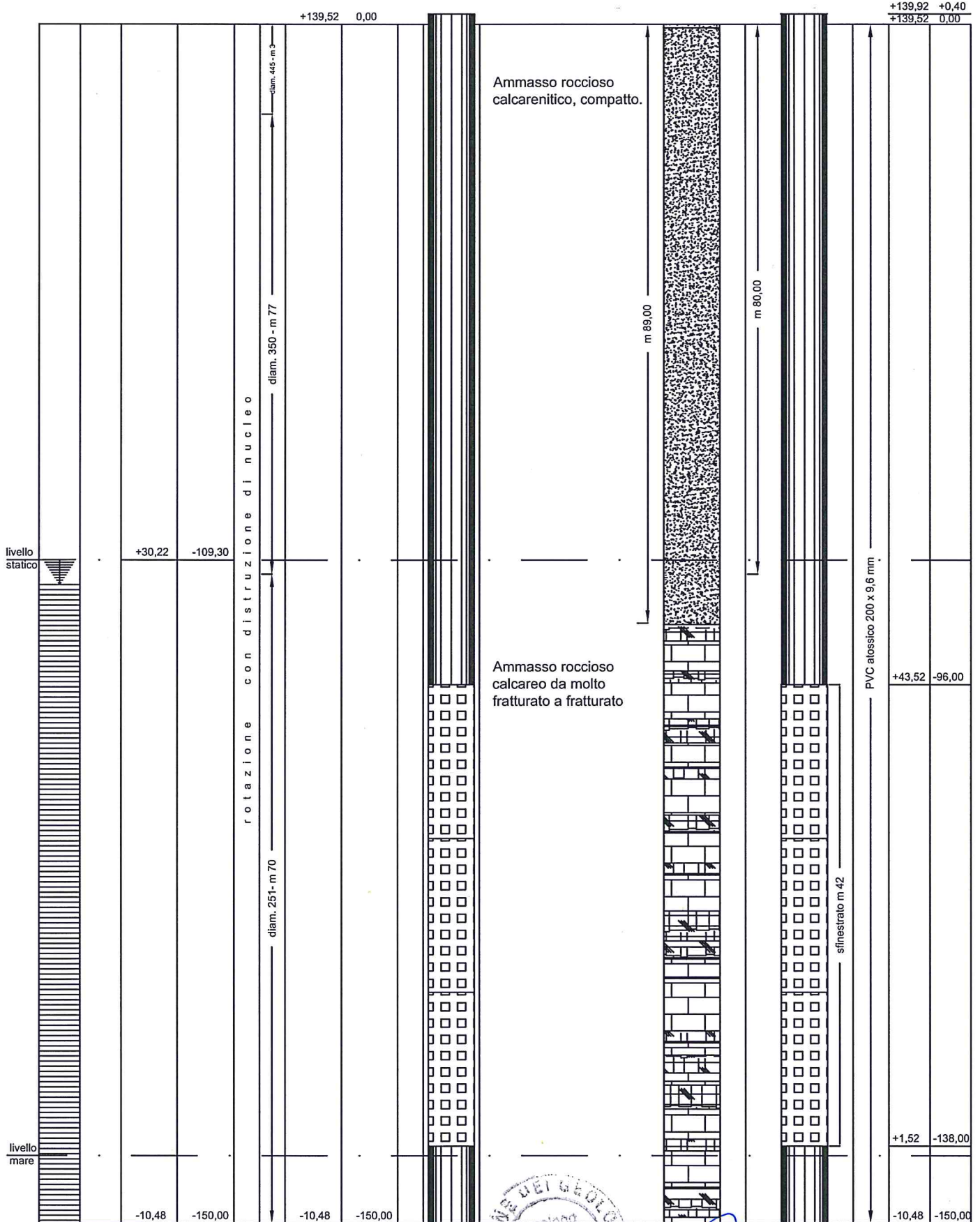
Note (eventuali): FINE INDAGINE PERFORAZIONE pz7

Data 30/03/2019

Il Tecnico (timbro e firma)


PERFORAZIONE pz7

Livelli d'Acqua				Caratteristiche della Trivellazione						Rivestimento						
falda di fondo	acque superficiali	Riferimento		sistema	calibro	Quote riferite		parziali	Sezione	Stratigrafia	campioni	zona cementata	descrizione elementi	diametri	Quote rif.	
		livello mare	piano campagna			livello mare	piano campagna								livello mare	piano campagna



[Handwritten signature]

ISPRA
Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia
Servizio GEO-APP
Via Vitaliano Brancati, 48
00144 ROMA

Oggetto: **Legge 4 agosto 1984 n. 464. Comunicazione fine indagine**

In riferimento alla precedente comunicazione con data documento 11/10/18 spedita con PEC/Racc. n. bleu@pec.it del 11/10/18 Vi comunico la fine dell'indagine.

Titolare (Committente) Bleu Srl C.F. 02233320692

Indirizzo via L. De Crechio n. 61 Comune Lanciano

Prov. (CH) Telefono 0872/72251 E-mail bleuminervino@gmail.com

Impresa di perforazione Trivellazioni Del Vecchio Michele di Del Vecchio Michele C.F. DLVMHL70P24A662V

Indirizzo via Macchioni n. 104 Comune M. San Biagio

Prov. (LT) Telefono 3483574061 E-mail m.delvecchio70@tiscali.it

DATI TECNICI DELLA PERFORAZIONE

Comune Minervino Murge Prov. (BT) Località Tufarelle

Ubicazione catastale (N.C.T.) Scala 1: 4000 Foglio n. 14 Particella n. 295

Coordinate (sistema di riferimento) UTM-WGS84 Longitudine/X 583365,28

Uso/Scopo Monitoraggio Latitudine/Y 4555480,33

Data inizio perforazione 20/11/18 Data fine perforazione 25/11/18 Quota s.l.m. 145,43 (m)

Perforazione diametro: \varnothing_1 350 (mm) da 3 (m) a 80 (m) dal p.c.

\varnothing_2 251 (mm) da 80 (m) a 150 (m) dal p.c.

Profondità max 150 (m) dal p.c. Portata max 10 (l/s) Portata esercizio --- (l/s)

Misura piezometrica in data 07/03/19 Livello statico 115,10 (m) dal p.c.

Livello dinamico₁ 115,10 (m) dal p.c. Abbassamento 0,00 (m) Con portata 10 (l/s)

Livello dinamico₂ --- (m) dal p.c. Abbassamento --- (m) Con portata --- (l/s)

Livello dinamico₃ --- (m) dal p.c. Abbassamento --- (m) Con portata --- (l/s)

Colonna di rivestimento: Diametro 200 (mm) Lunghezza 150 (m) dal p.c.

Colonna emungimento: Diametro 90 (mm) Lunghezza 126 (m) dal p.c.

Filtro diametro: \varnothing_1 200 (mm) da 96 (m) a 138 (m) dal p.c.

\varnothing_2 --- (mm) da --- (m) a --- (m) dal p.c.

Pompa tipo F.B. Srl Potenza 30 (CV) Prevalenza 58-141 (m)

Falde rinvenute: I (da m 115,10 a 150 m) dal p.c. II (da m --- a --- m) dal p.c.

III (da m --- a --- m) dal p.c. IV (da m --- a --- m) dal p.c.

Allegati: Colonna stratigrafica con descrizione litologica (in caso di necessità utilizzare il Mod. 4 bis);

Ubicazione puntuale della perforazione su carta di dettaglio (es. mappa catastale o foto aerea).

Note (eventuali): FINE INDAGINE PERFORAZIONE pz6

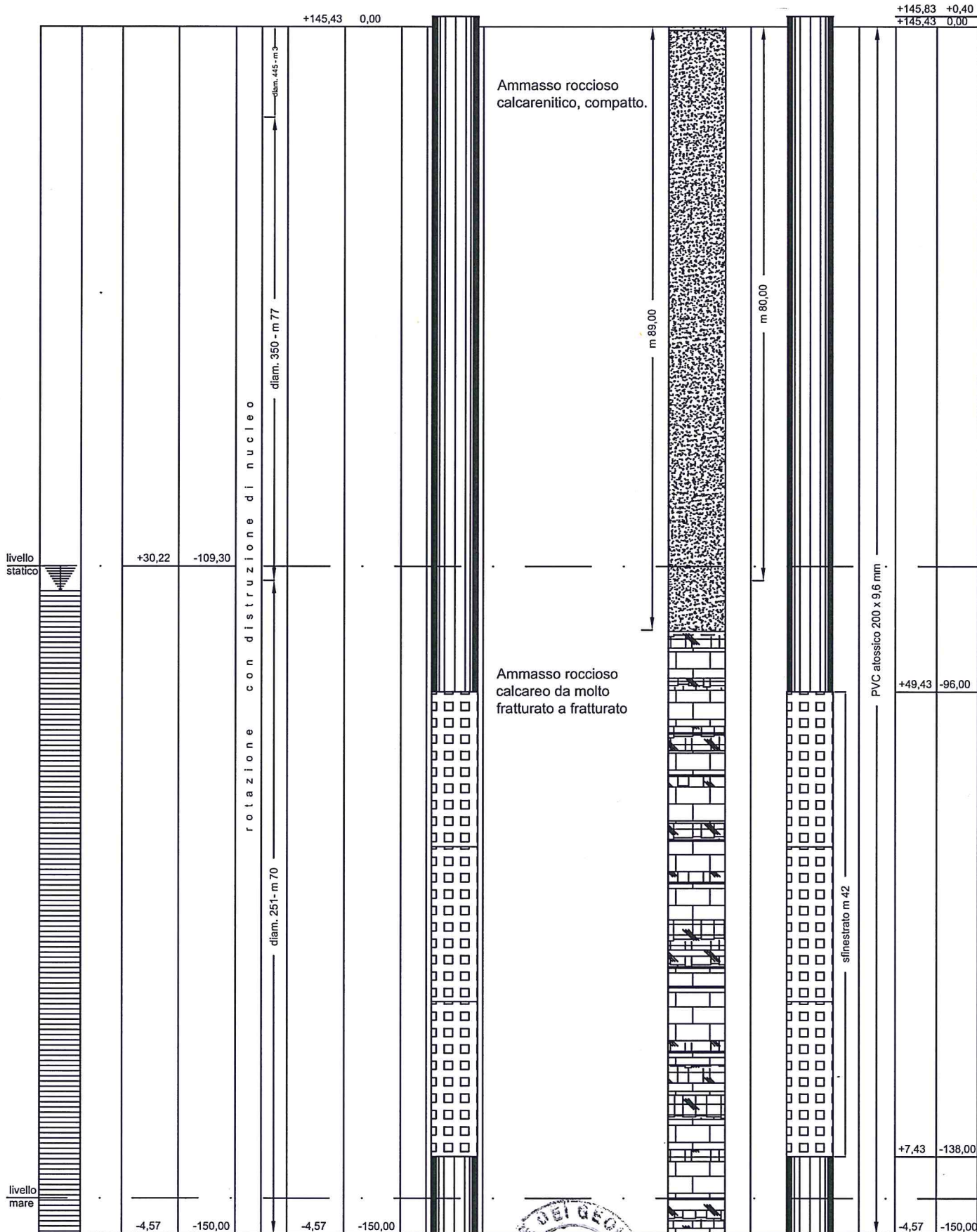
Data 30/03/2019

Il Tecnico (timbro e firma)



PERFORAZIONE pz6

Livelli d'Acqua				Caratteristiche della Trivellazione						Rivestimento						
falda di fondo	acque superficiali	Riferimento		sistema	calibro	Quote riferite		parziali	Sezione	Stratigrafia	campioni	zona cementata	descrizione elementi	diametri	Quote rif.	
		livello mare	piano campagna			livello mare	piano campagna								livello mare	piano campagna



[Handwritten signature]

ISPRA
Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia
Servizio GEO-APP
Via Vitaliano Brancati, 48
00144 ROMA

Oggetto: **Legge 4 agosto 1984 n. 464. Comunicazione fine indagine**

In riferimento alla precedente comunicazione con data documento 11/10/18 spedita con PEC/Racc. n. bleu@pec.it del 11/10/18 Vi comunico la fine dell'indagine.

Titolare (Committente) Bleu Srl C.F. 02233320692

Indirizzo via L. De Crecchio n. 61 Comune Lanciano

Prov. (CH) Telefono 0872/72251 E-mail bleuminervino@gmail.com

Impresa di perforazione Trivellazioni Del Vecchio Michele di Del Vecchio Michele C.F. DLVMHL70P24A662V

Indirizzo via Macchioni n. 104 Comune M. San Biagio

Prov. (LT) Telefono 3483574061 E-mail m.delvecchio70@tiscali.it

DATI TECNICI DELLA PERFORAZIONE

Comune Minervino Murge Prov. (BT) Località Tufarelle

Ubicazione catastale (N.C.T.) Scala 1: 4000 Foglio n. 14 Particella n. 292

Coordinate (sistema di riferimento) UTM-WGS84 Longitudine/X 583431,81

Uso/Scopo Monitoraggio Latitudine/Y 4555297,12

Data inizio perforazione 29/11/18 Data fine perforazione 207/12/18 Quota s.l.m. 136,52 (m)

Perforazione diametro: \varnothing_1 375 (mm) da 3 (m) a 80 (m) dal p.c.

\varnothing_2 312 (mm) da 80 (m) a 150 (m) dal p.c.

Profondità max 150 (m) dal p.c. Portata max 18 (l/s) Portata esercizio --- (l/s)

Misura piezometrica in data 13/03/2019 Livello statico 106,40 (m) dal p.c.

Livello dinamico₁ 106,40 (m) dal p.c. Abbassamento 0,00 (m) Con portata 18 (l/s)

Livello dinamico₂ --- (m) dal p.c. Abbassamento --- (m) Con portata --- (l/s)

Livello dinamico₃ --- (m) dal p.c. Abbassamento --- (m) Con portata --- (l/s)

Colonna di rivestimento: Diametro 225 (mm) Lunghezza 150 (m) dal p.c.

Colonna emungimento: Diametro 90 (mm) Lunghezza 126 (m) dal p.c.

Filtro diametro: \varnothing_1 225 (mm) da 96 (m) a 138 (m) dal p.c.

\varnothing_2 --- (mm) da --- (m) a --- (m) dal p.c.

Pompa tipo F.B. Srl Potenza 50 (CV) Prevalenza 90-207 (m)

Falde rinvenute: I (da m 106,40 a 150 m) dal p.c. II (da m --- a --- m) dal p.c.

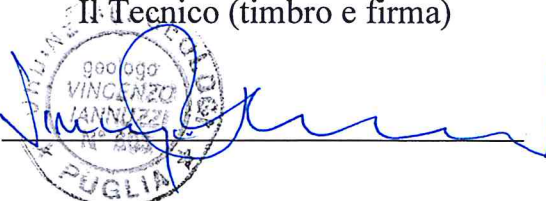
III (da m --- a --- m) dal p.c. IV (da m --- a --- m) dal p.c.

Allegati: Colonna stratigrafica con descrizione litologica (in caso di necessità utilizzare il Mod. 4 bis);

Ubicazione puntuale della perforazione su carta di dettaglio (es. mappa catastale o foto aerea).

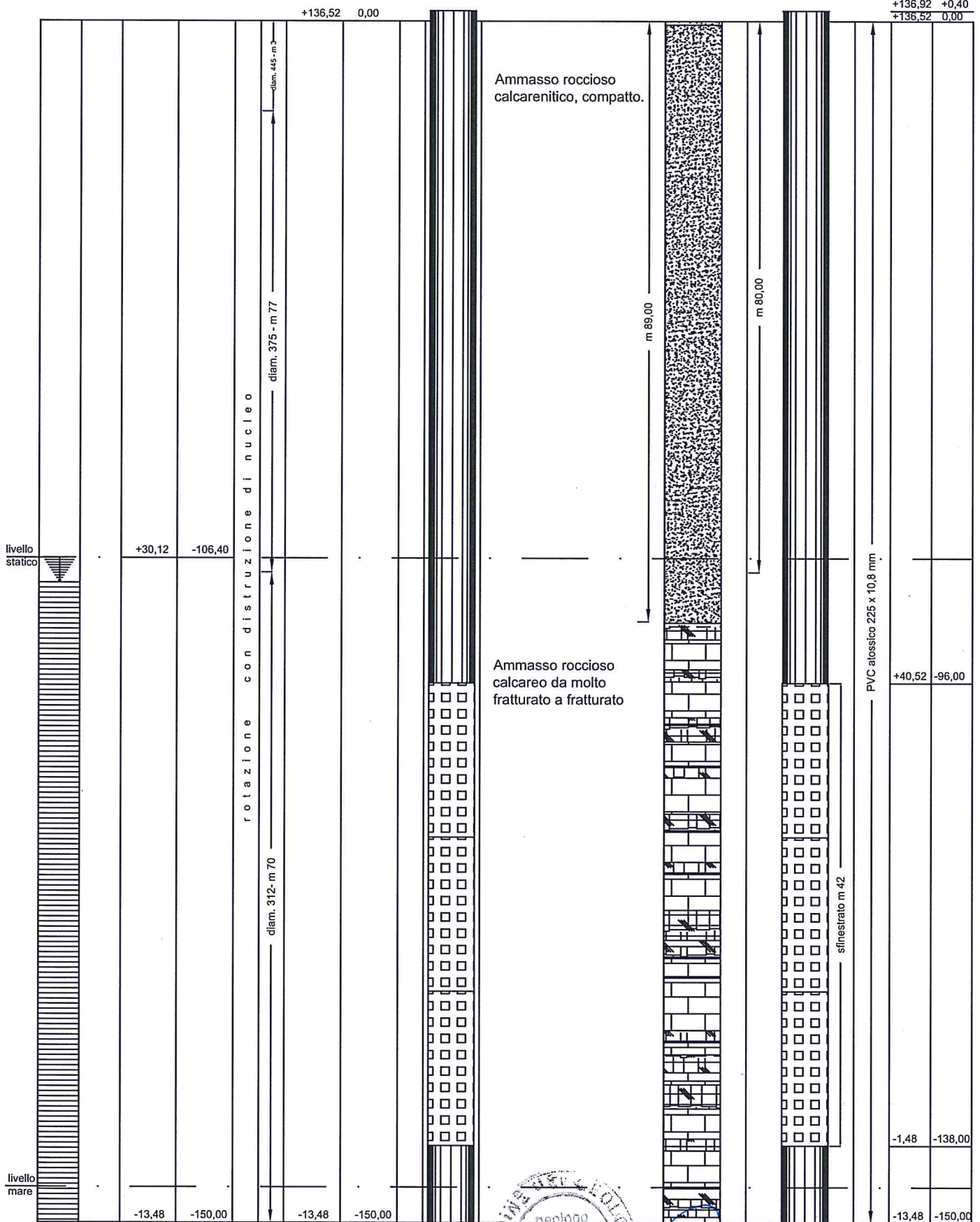
Note (eventuali): FINE INDAGINE PERFORAZIONE pz8

Data 30/03/2019

Il Tecnico (timbro e firma)


PERFORAZIONE pz8

Livelli d'Acqua				Caratteristiche della Trivellazione					Rivestimento						
falda di fondo	acque superficiali	Riferimento		sistema	calibro	Quote riferite		parziali	Sezione	Stratigrafia	campioni	zona cementata	descrizione elementi	Quote rif.	
		livello mare	piano campagna			livello mare	piano campagna							livello mare	piano campagna



[Handwritten signature]

ISPRA
Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia
Servizio GEO-APP
Via Vitaliano Brancati, 48
00144 ROMA

Oggetto: **Legge 4 agosto 1984 n. 464. Comunicazione fine indagine**

In riferimento alla precedente comunicazione con data documento 11/10/18 spedita con PEC/Racc. n. bleu@pec.it del 11/10/18 Vi comunico la fine dell'indagine.

Titolare (Committente) Bleu Srl C.F. 02233320692

Indirizzo via L. De Crecchio n. 61 Comune Lanciano

Prov. (CH) Telefono 0872/72251 E-mail bleuminervino@gmail.com

Impresa di perforazione Trivellazioni Del Vecchio Michele di Del Vecchio Michele C.F. DLVMHL70P24A662V

Indirizzo via Macchioni n. 104 Comune M. San Biagio

Prov. (LT) Telefono 3483574061 E-mail m.delvecchio70@tiscali.it

DATI TECNICI DELLA PERFORAZIONE

Comune Minervino Murge Prov. (BT) Località Tufarelle

Ubicazione catastale (N.C.T.) Scala 1: 4000 Foglio n. 14 Particella n. 516

Coordinate (sistema di riferimento) UTM-WGS84 Longitudine/X 583184,57

Uso/Scopo Monitoraggio Latitudine/Y 45555487,41

Data inizio perforazione 16/03/19 Data fine perforazione 20/03/19 Quota s.l.m. 126,71 (m)

Perforazione diametro: \varnothing_1 350 (mm) da 3 (m) a 80 (m) dal p.c.

\varnothing_2 251 (mm) da 80 (m) a 150 (m) dal p.c.

Profondità max 150 (m) dal p.c. Portata max 17 (l/s) Portata esercizio --- (l/s)

Misura piezometrica in data 21/03/2019 Livello statico 96,30 (m) dal p.c.

Livello dinamico₁ 96,30 (m) dal p.c. Abbassamento 0,00 (m) Con portata 17 (l/s)

Livello dinamico₂ --- (m) dal p.c. Abbassamento --- (m) Con portata --- (l/s)

Livello dinamico₃ --- (m) dal p.c. Abbassamento --- (m) Con portata --- (l/s)

Colonna di rivestimento: Diametro 200 (mm) Lunghezza 150 (m) dal p.c.

Colonna emungimento: Diametro 90 (mm) Lunghezza 126 (m) dal p.c.

Filtro diametro: \varnothing_1 200 (mm) da 96 (m) a 138 (m) dal p.c.

\varnothing_2 --- (mm) da --- (m) a --- (m) dal p.c.

Pompa tipo F.B. Srl Potenza 50 (CV) Prevalenza 90-207 (m)

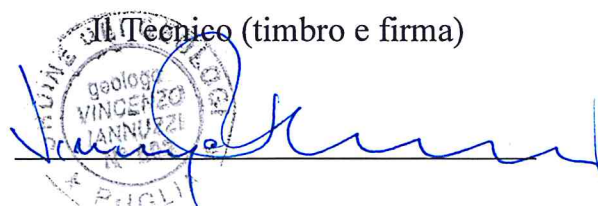
Falde rinvenute: I (da m 96,30 a 150 m) dal p.c. II (da m --- a --- m) dal p.c.

III (da m --- a --- m) dal p.c. IV (da m --- a --- m) dal p.c.

Allegati: Colonna stratigrafica con descrizione litologica (in caso di necessità utilizzare il Mod. 4 bis);
Ubicazione puntuale della perforazione su carta di dettaglio (es. mappa catastale o foto aerea).

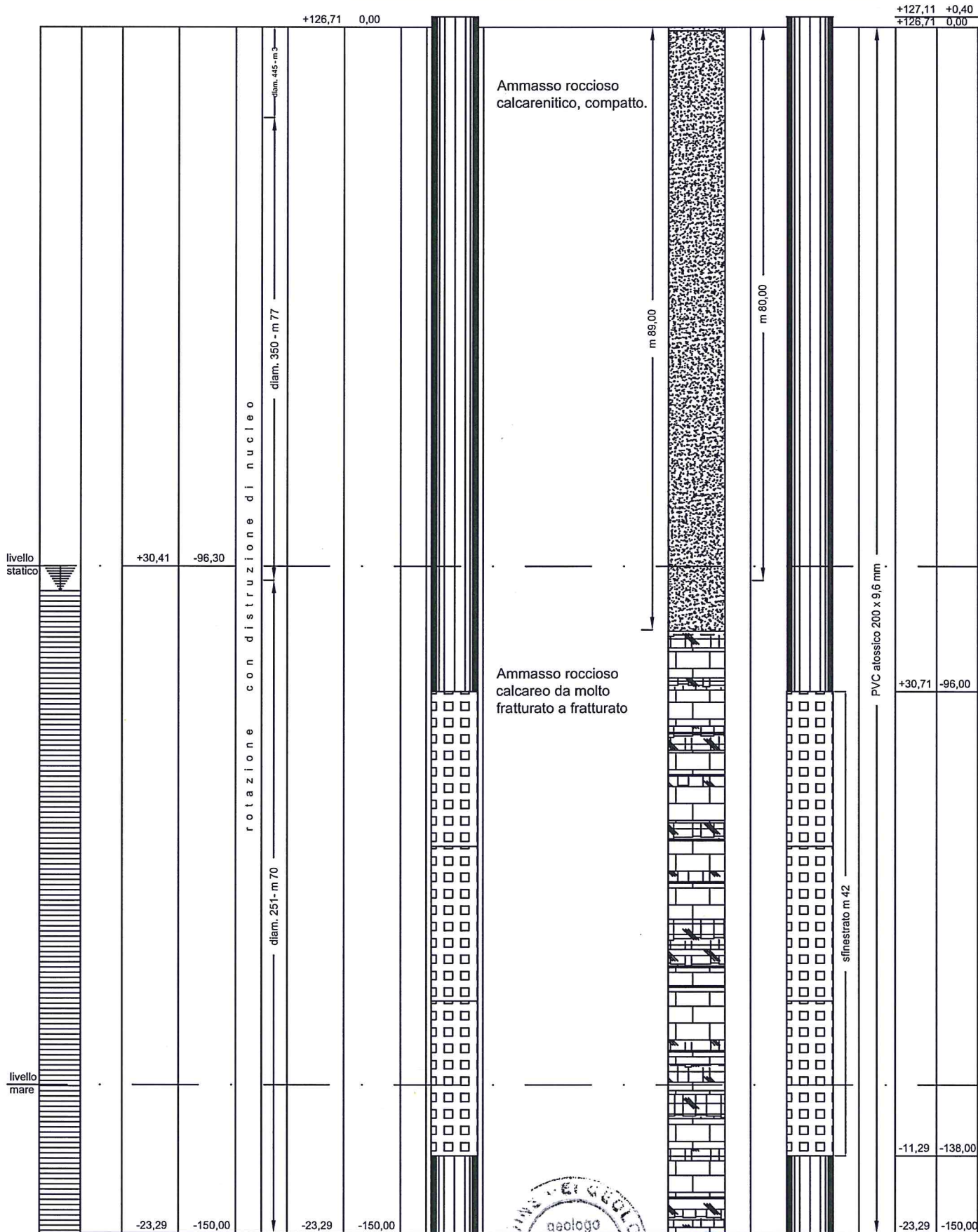
Note (eventuali): FINE INDAGINE PERFORAZIONE pz5

Data 30/03/2019

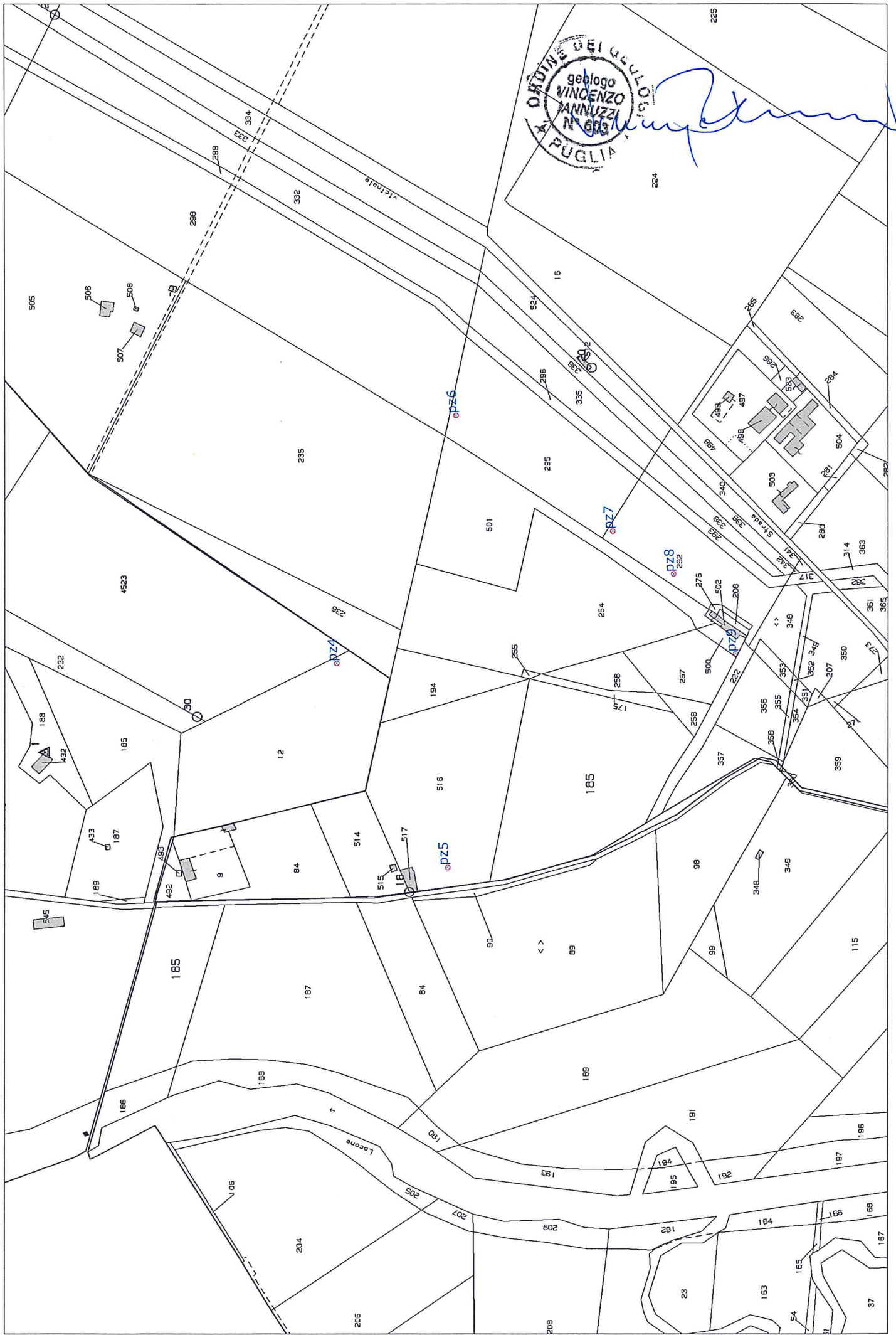
Il Tecnico (timbro e firma)


PERFORAZIONE pz5

Livelli d'Acqua				Caratteristiche della Trivellazione					Rivestimento							
falda di fondo	acque superficiali	Riferimento		sistema	calibro	Quote riferite		parziali	Sezione	Stratigrafia	campioni	zona cementata	descrizione elementi	diametri	Quote rif.	
		livello mare	piano campagna			livello mare	piano campagna								livello mare	piano campagna



Ubicazione della perforazione (pzi) su mosaico fogli catastali n. 14 Minervino Murge e n. 77 Canosa di Puglia (scala 1:4000)



Allegato 2

COMUNE DI CANOSA DI PUGLIA

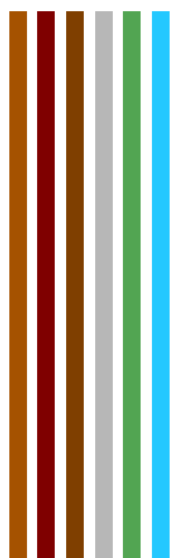
PROVINCIA DI BARLETTA-ANDRIA-TRANI

OGGETTO

**PIANO DI APPROFONDIMENTO GEOGNOSTICO AD
ORIENTAMENTO GEOTECNICO PER LA VALUTAZIONE DELLA
STABILITÀ DELLE PARETI DI CONTENIMENTO DELL'ATTUALE
STRUTTURA DI CONTERMINAZIONE DISCARICA CO.BE.MA.**

ELABORATO

**RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE
INDIRETTE E ANALISI DI STABILITÀ FRONTE CAVA**



COMMITTENTE

Tecnologia e Ambiente
Spin Off del Politecnico di Bari
S.P 237 per Noci, 8
70017 Putignano (BA)

INDAGINI E RILIEVI

APOGEO s.r.l.

Via Caduti di Nassiriya, 170 - 70022 Altamura (BA)
Cod. Fisc. e P. IVA 01037210778 REA: 472212 - Cap. Soc. € 94.628,00 i.v.
Tel. e Fax: 080/3143324 Email: apogeo.altamura@libero.it
PEC: apogeo.altamura@pec.it - w w w . a p o g e o . b i z

Il Direttore Tecnico

Geol. Pietro PEPE



OS20A Class. I
OS20B Class. IIIBis

ALLEGATO

SCALA

ALL_01 – PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI

ALL_2A – INDAGINI SISMICHE IN ONDE P

ALL_2B – INDAGINI SISMICHE IN ONDE S (INDAGINE RE.MI.)

ALL_03 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

DATA

OTTOBRE 2019

RIF. COMM. 137/2019

SOMMARIO

1	PREMESSA	4
2	PROSPEZIONI SISMICHE	6
2.1	Prospezioni sismiche a rifrazione di superficie in onde P	6
2.1.1	Descrizione del metodo e della strumentazione	6
2.1.2	Acquisizione dei dati	6
2.1.3	Elaborazione dei dati	6
2.1.4	Rappresentazione dei dati	6
2.1.5	Interpretazione dei risultati	7
2.2	Prospezione sismica per la stima del $V_{s,eq}$	9
2.2.1	4.1.1 Masw (Multichannel Analysis of Surface Waves) – RE.MI. (Refraction Microtremors) - Descrizione del metodo e della strumentazione	9
2.2.2	MASW e RE.MI. - Acquisizione dei dati	10
2.2.3	MASW e RE.MI. - Rappresentazione dei risultati	10
2.2.4	MASW e RE.MI. – Interpretazione dei risultati	11
3	STIMA DEI MODULI DINAMICI	13
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	16
4.1	Prove geotecniche di laboratorio	16
4.2	Classificazione gomeccanica GSI dell'ammasso roccioso	16

ALLEGATI

ALLEGATO 1: PLANIMETRIA CON L'UBICAZIONE DELLE INDAGINI SISMICHE

ALLEGATO 2A: ELABORAZIONE DELLE PROSPEZIONI SISMICHE IN ONDE P

ALLEGATO 2B: ELABORAZIONE DELLE PROSPEZIONI SISMICHE PER LA STIMA DEL $V_{s,eq}$

ALLEGATO 3: REPORT FOTOGRAFICO DELLE INDAGINI

1 PREMESSA

Nell'ambito della procedura di Infrazione Comunitaria 2011/2015 Piano di adeguamento D.LGS. 36/2003 discarica CO.BE.MA. progetto di fattibilità tecnico-economica, è stato commissionato un piano di approfondimento geognostico ad orientamento geotecnico per la valutazione della stabilità delle pareti di contenimento dell'attuale struttura di conterminazione discarica CO.BE.MA., in agro di Canosa di Puglia (BAT).

Ubicazione dell'area di interesse su base ortofoto



Vista da drone direzione NNE-SSW

Vista da drone direzione SSE- NNW



In seguito ai sopralluoghi effettuati presso il sito di interesse, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche indirette consistente in:

- ❖ rilievo topografico dell'area mediante GPS
- ❖ rilievo di dettaglio mediante DRONE

- ❖ n. 3 prospezioni sismiche a rifrazione in onde P, BS01, BS02, BS03, di lunghezze rispettivamente pari a 25 m, 75 m e 75m;
- ❖ n. 3 prospezioni di sismica passiva, eseguite con tecnica RE.MI. e MASW (RE.MI.01 e MASW01), ubicate rispettivamente in corrispondenza delle basi sismiche BS01 e BS02, al fine di stimare il valore delle $V_{s,eq}$.

Le indagini sono state finalizzate ad accertare le condizioni del sottosuolo in esame, in particolare alla verifica:

- ✓ della locale sismo stratigrafia del sottosuolo;
- ✓ dello spessore e caratteristiche geomeccaniche dei sismostrati, anche in corrispondenza della discarica;
- ✓ del valore del $V_{s,eq}$ per l'attribuzione della categoria del sottosuolo secondo quanto è richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17/01/2018).

Da tali indagini è stato possibile ricostruire il modello geotecnico semplificato dell'attuale conformazione della discarica e delle pareti di contenimento tra le due cave, per le quali sono state eseguite le verifiche di stabilità in condizione di progetto, cioè nella configurazione ultima della discarica a completo riempimento.

2 PROSPEZIONI SISMICHE

2.1 Prospezioni sismiche a rifrazione di superficie in onde P

2.1.1 Descrizione del metodo e della strumentazione

L'indagine geosismica del tipo a rifrazione di superficie, come tutti i metodi d'indagine indiretta del sottosuolo, permette di investigare un certo volume di sottosuolo variabile a seconda sia della lunghezza dei profili eseguiti ma anche della natura litologica del sito.

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un'opportuna sorgente a impatto o esplosiva e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un'onda elastica diretta e da una rifratta. L'onda rifratta, emergente in superficie, è generata da interfacce rifrangenti che separano mezzi a differente velocità sismica (sismostrati), generalmente, crescente con la profondità.

I primi arrivi, individuati su sismogrammi rilevati dai geofoni e registrati tramite un sismografo, sono riportati su grafici tempo-distanza (dromocrone), in seguito interpretati per ottenere informazioni sismostratigrafiche.

Per il caso in esame, la strumentazione utilizzata è consistita in un sismografo a 24 canali, della "MAE" modello A6000/S con acquisizione computerizzata dei dati e in una sorgente del tipo ad impatto verticale per la generazione di onde rilevate da 24 geofoni rispettivamente di frequenza pari a 14Hz per le onde P.

2.1.2 Acquisizione dei dati

Nell'ambito del presente studio, sono state eseguite n. 3 prospezioni sismiche a rifrazione, in onde P (**BS01**, **BS02**, **BS03**), per ognuna delle quali sono stati effettuati cinque scoppi e utilizzati 24 geofoni.

Infatti, per quanto riguarda la geometria adottata in riferimento alla base sismica **BS01**, i 24 geofoni sono stati disposti sul terreno con una spaziatura di 1.0 m, i punti di scoppio A e B sono a 1.0 m rispettivamente dal **1°** e dal **24°** geofono, in posizione esterna allo stendimento geofonico, lo scoppio C è posto al centro dello stendimento stesso (fra il **12°** e il **13°** geofono), mentre gli altri due scoppi intermedi D ed E rispettivamente tra **6°** e **7°** geofono e tra il **18°** e il **19°** geofono, quindi l'intero stendimento risulta di **25 m**.

Per quanto riguarda le basi sismiche **BS02** e **BS03**, i 24 geofoni sono stati disposti sul terreno con una spaziatura di 3.0 m, quindi i due stendimenti hanno lunghezza complessiva di **75 m**.

L'ubicazione dei profili sismici è mostrata nell'**Allegato 01**.

2.1.3 Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati è stata eseguita secondo la procedura descritta schematicamente di seguito:

- ✓ Inserimento delle geometrie mediante il software Pickwin (distanze fra geofoni e posizioni dei punti di scoppio);
- ✓ Applicazione dei filtri "low-pass" e "high-pass" per la lettura ottimale dei primi arrivi eliminando le frequenze di disturbo;
- ✓ Picking dei primi arrivi;
- ✓ Export delle dromocrone;
- ✓ Inversione tomografica dei dati attraverso l'applicativo Plotrefa;
- ✓ Definizione del modello sismostratigrafico.

2.1.4 Rappresentazione dei dati

I dati elaborati sono stati esportati e restituiti nell'**Allegato 02A**, in cui sono riportati, per ciascuna base sismica, i sismogrammi relativi ai cinque punti di scoppio, le dromocrone, la sezione tomografica e il modello sismostratigrafico. In particolare l'elaborazione tomografica rappresenta l'andamento dei sismostrati, lungo la sezione corrispondente al profilo in superficie, ottenuta dalla elaborazione ed inversione dei dati sismici; il

modello sismostratigrafico rappresenta invece l'interpretazione degli stessi sismostrati in funzione della geologia del sito, ottenuto correlando le velocità medie di ciascun sismostrato con i dati geologici noti e le loro velocità sismiche caratteristiche.

2.1.5 Interpretazione dei risultati

Ai fini della corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante precisare che generalmente:

- i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0.25 * z$.
- nelle indagini superficiali, le onde di taglio, meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P e quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;
- i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

Riguardo al punto d) (vedi Zezza1-1976), possono essere distinti 5 differenti gradi di carsificazione ai quali corrispondono le seguenti caratteristiche dell'ammasso roccioso carsificato:

- grado V: $V_p = 0,7-1,0$ km/sec. Sono cancellati i caratteri tessiturali della roccia in posto i cui relitti si trovano inglobati in abbondanti terre rosse;
- grado IV: $V_p = 1,1-1,9$ km/sec. Sono conservati i caratteri tessiturali della roccia in posto attraversata in ogni senso da cavità carsiche attive e fossili;
- grado III: $V_p = 2,0-3,0$ km/sec. Diffusa presenza di cavità collegate ai processi di dissoluzione carsica;
- grado II: $V_p = 3,1- 4,5$ km/sec. Giunti di fessurazione interessati solo parzialmente da manifestazioni carsiche;
- grado I: $V_p > 4,5$ km/sec. Assenza completa di manifestazioni carsiche; giunti di fessurazione radi e bancate compatte.

Di seguito sono stati riportati, in tabella, i valori di velocità delle onde sismiche di compressione tipici di ogni litotipo.

Tabella 1.1 – Valori di velocità per le onde di compressione (da “Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo” di Carrara – Rapolla – Roberti, “Il manuale del geologo” di Cassadio – Elmi).

LITOTIPO	V_p (m/sec)
Areato superficiale	300-800
Argille	1100-2900
Sabbia asciutta	200-1000
Sabbie umida	600-1800
Terreni alluvionali sciolti	400-2100
Acqua	1400-1500
Calcere fratturato	700-4200
Calcere compatto	2800-6400

¹ Valutazione geologica-tecnica degli ammassi rocciosi carsificati con particolare riferimento alle aree carsiche pugliesi. Mem. Soc. Geol. It., 14,1976.

Calcere cristallino	5700-6400
Piroclastiti coerenti (tufo)	750-2450
Piroclastiti incoerenti (pozzolana)	350-1000
Arenaria	1400-4500
Granito, Monzonite, Granodiorite, Gabbro, Diabase, Basalto	4000-6000
Anidride	3500-5500
Gesso	1800-4000
Gneiss e scisti	3500-7500

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo in corrispondenza delle **Basi Sismiche**.

Il sottosuolo investigato è stato distinto, per questo profilo, in tre sismostrati ciascuno caratterizzato da un determinato valore di velocità delle onde di compressione.

Generalmente, data la lunghezza dello stendimento eseguito e la natura litologica dei terreni esaminati, è stato possibile investigare il sottosuolo fino ad una profondità pari a 15m a partire dalla superficie topografica.

Di seguito si riportano le risultanze delle basi sismiche eseguite:

✓ **BS01 in onde P ed S (mediante MASW.01):** si individuano tre sismostrati

	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	527	191	0,00÷1,00	Strato di riporto
2	1021	452	1,00÷4,00	Calcarenite da poco a mediamente cementata
3	1375	668	4,00÷7,00	Calcarenite mediamente cementata

✓ **BS02 in onde P ed S (mediante Re.Mi.01):** si individuano tre sismostrati

	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	430	190	0,00÷0,60	Strato di riporto
2	818	403	0,60÷2,20	"Tufina" molto addensata
3	2101	1100	2,20÷11,0	Calcarenite molto cementata

✓ **BS03 in onde P:** si individuano tre sismostrati

	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	820	---	0,00÷1,50	"Tufina" molto addensata
2	1540	---	1,50÷5,00	Calcarenite da mediamente a ben cementata
3	2150	---	5,00÷15,0	Calcarenite molto cementata

2.2 *Prospezione sismica per la stima del $V_{s,eq}$*

2.2.1 4.1.1 *Masw (Multichannel Analysis of Surface Waves) – RE.MI. (Refraction Microtremors) - Descrizione del metodo e della strumentazione*

La recente Normativa sismica nazionale NTC 2018 impone la classificazione sismica del sottosuolo in base al parametro $V_{s,eq}$ per la progettazione in zona sismica. Tale parametro, che rappresenta la velocità equivalente delle onde di taglio nel pacchetto di strati sovrastante il “bedrock sismico” ovvero suolo rigido o ammasso roccioso caratterizzato da valori delle velocità di taglio $>800\text{m/s}$.

Nel presente lavoro sono stati presi in esame i metodi di prospezione sismica MASW 1D (Multichannel Analysis of Surface Waves) e RE.MI. (Refraction Microtremor) due metodologie che consentono di ottenere un modello verticale delle V_s , a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie: le onde di Rayleigh. Si è proceduto inizialmente con uno studio dei presupposti teorici a cui si fanno riferimento i metodi citati, in seguito sono state effettuate n. 1 applicazione MASW e n. 1 applicazione RE.MI. in corrispondenza rispettivamente delle BS01 e BS02. (**All_01** e **All_03**).

È noto ormai che poiché il terreno in natura si presenta generalmente in strati e trasversalmente isotropo lo stesso sarà caratterizzato da diverse velocità e quindi da diverse frequenze legate alle varie lunghezze d’onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità.

Questo comportamento viene definito dispersione in frequenza ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie: lunghezze d’onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e interessano il terreno più in profondità mentre lunghezze d’onda più piccole poiché sono associate alle frequenze più alte rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie si basano su modelli fisico-matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati sovrapposti; dalla prospezione tale modello a strati si ricava partendo da una curva di dispersione rilevata.

La procedura utilizzata può essere suddivisa in tre fasi:

- **Acquisizione:** registrazione e osservazione dei dati sismici “grezzi” contenenti le onde di Rayleigh per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze;
- **Processing:** trattamento dei dati attraverso filtraggio e altre tecniche finalizzate all’estrazione delle caratteristiche di dispersione ossia espresse come velocità di fase in funzione delle frequenze;
- **Inversione:** uso di un modello del terreno che permette di ricavare un profilo monodimensionale della velocità delle onde S ed altri parametri in funzione della profondità.

I metodi impiegati presentano una sostanziale diversità di fondo rappresentata dal tipo di sorgente con la quale viene prodotta la perturbazione sismica: il metodo MASW impiega una sorgente artificiale appositamente creata, è stata utilizzata una sorgente del tipo ad impatto verticale (massa battente di 8Kg), mentre il metodo RE.MI. non utilizza una sorgente energizzante ma registra un segnale di maggiore durata generato da qualsiasi tipo di attività, antropica e non.

La strumentazione necessaria per entrambi i metodi è la stessa: un sismografo a 24 canali, della “MAE” modello A6000/S, con acquisizione computerizzata dei dati e geofoni a frequenza di 4.5Hz (ad asse verticale).

La fase di acquisizione viene effettuata con una serie di accorgimenti e precauzioni da prendere in sito e nella pianificazione della registrazione: infatti, tutto è finalizzato alla registrazione di dati contenenti la migliore informazione possibile riguardo la propagazione delle onde di Rayleigh con buon rapporto segnale-rumore.

Per quanto riguarda il MASW, la presenza di rumore di tipo casuale risulta di notevole disturbo, a questo scopo si procede sommando i segnali di successive energizzazioni rendendo in tal modo la potenza del segnale superiore a quella del rumore.

Il rumore incoerente, cioè di tipo casuale, nel caso del RE.MI. rappresenta la fonte del segnale utile che si vuole registrare, e al fine di distinguere le frequenze delle onde di Reyleigh da altre frequenze superiori, si allungano i tempi di registrazione del segnale e si considera che le sorgenti presenti nel sottosuolo soddisfino la condizione di omnidirezionalità.

2.2.2 MASW e RE.MI. - Acquisizione dei dati

Le fasi operative possono essere così schematizzate:

- predisposizione, per entrambe le metodologie, degli stendimenti, cioè una serie di 24 geofoni regolarmente spazati e in linea retta, di lunghezza pari a 23m con offset, nel caso del MASW rispettivamente a 2.0m dal primo e dall'ultimo geofono in modo da ottenere sufficientemente dati da correlare le informazioni in almeno due punti del sottosuolo, evidenziando eventuali eterogeneità dello stesso; nel caso del RE.MI. sono stati utilizzati 24 geofoni spazati ogni 3 metri;
- nel caso dello stendimento RE.MI., si esegue l'esecuzione di 20 registrazioni della durata di 30 sec del rumore ambientale mentre nel caso dello stendimento MASW si effettua l'osservazione del segnale che si propaga tramite onde S nel suolo per 2 secondi a seguito dell'energizzazione;
- controllo dei dati raccolti con prima elaborazione in situ del profilo, in modo da verificare la coerenza del segnale, l'effettivo raggiungimento della profondità d'investigazione richiesta ed eventualmente apportare le necessarie variazioni dei parametri d'acquisizione prima di ripetere la registrazione;
- i dati raccolti sono registrati nell'hd dell'A6000/S.

2.2.3 MASW e RE.MI. - Rappresentazione dei risultati

L'analisi prevede la formattazione dei files dati, l'analisi spettrale con l'individuazione della curva di dispersione e la modellazione del profilo. È importante rilevare che il profilo si sia ottenuto coinvolgendo nelle misurazioni un'estesa porzione del sito da investigare, esso quindi, pur non avendo la risoluzione di un profilo ottenuto ad esempio con la tecnica down-hole, risulta più rappresentativo a larga scala rispetto a quello ottenibile da un rilievo puntuale.

Ai fini dell'interpretazione dei risultati delle indagini geofisiche è di fondamentale importanza la conoscenza geologica dell'area e la taratura delle prospezioni geofisiche con indagini di tipo diretto, così come è stato possibile fare in questo caso. Infatti, è possibile che terreni diversi siano caratterizzati dalle stesse velocità sismiche. Inoltre i ranges delle velocità delle varie formazioni sono molto variabili, in funzione delle condizioni locali.

Nell'**Allegato 02B** sono riportati i risultati dell'elaborazione sia della tecnica MASW che della tecnica RE.MI. (n. 6 grafici per lo stendimento MASW, oltre al sismogramma medio, sommatoria di tutte le registrazioni, e n. 3 grafici per lo stendimento RE.MI., oltre al sismogramma medio, sommatoria di tutte le registrazioni).

Per entrambe le tecniche di indagine il primo grafico mette in relazione le frequenze contenute nel segnale registrato con il reciproco della velocità di fase e il rapporto spettrale: permette di riconoscere l'energia delle Onde di Rayleigh e fissare i punti che rappresentano l'andamento della curva di dispersione, funzione della distribuzione della velocità negli strati del sottosuolo.

Nel secondo grafico, invece, è riportata la curva calcolata tramite l'inversione di un modello di sottosuolo, ottenuto per "aggiustamenti" successivi da un modello iniziale, cercando ovviamente di trovare la migliore corrispondenza con i punti prima individuati.

Nell'ultimo grafico, come già detto, viene riportata il modello del sottosuolo in termini di strati con diversa velocità di propagazione delle Onde S da cui è così possibile calcolare il valore del $V_{s,eq}$ e di conseguenza caratterizzare il sito in una delle categorie di suolo di fondazione.

2.2.4 MASW e RE.MI. – Interpretazione dei risultati

Alla luce della recente normativa in materia di costruzione NTC 2018 è stato introdotto il calcolo di un nuovo parametro, il $V_{s,eq}$, in sostituzione del V_{s30} , ottenuto attraverso la seguente formula:

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

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

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

N = Numero di strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita

da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec

In tale formula appare evidente come il calcolo delle velocità sismiche di taglio non si riferisce più necessariamente alla profondità di 30m, ma alla reale profondità del bedrock, ovvero, alla profondità di quella formazione rocciosa o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800m/s, pertanto la profondità del bedrock varierà di volta in volta a seconda dell'assetto geologico del sottosuolo.

Basandosi sulle indagini sismiche svolte è stato calcolato il valore del $V_{s,eq}$, con entrambe le metodologie.

Nel caso della BS01, le indagini MASW hanno evidenziato la profondità del bedrock o suolo rigido a circa 8,10 m da p.c., con valori di $V_{s,eq}$ pari a 457÷460 m/s, pertanto è possibile attribuire la categoria di suolo "B":

Strati	Litotipo	Spessore strato (m)	Velocità onda S misurata in sito (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali in secondi (onda S misurata)
h_1	STRATO 1	0.37	168	h_1/V_1	0.002
h_2	STRATO 2	0.40	172	h_2/V_2	0.002
h_3	STRATO 3	1.25	453	h_2/V_3	0.003
h_4	STRATO 4	1.91	470	h_2/V_4	0.004
h_5	STRATO 5	4.12	669	h_2/V_5	0.006
H		8.05		$\Sigma h_i/V_i$	0.018
$V_{s,eq}$ (misurata) = m/s 460					
Calcolo del $V_{s,eq}$ per MASW 01 – Scoppio 01					
Strati	Litotipo	Spessore strato (m)	Velocità onda S misurata in sito (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali in secondi (onda S misurata)
h_1	STRATO 1	1.01	212	h_1/V_1	0.005
h_2	STRATO 2	3.16	442	h_2/V_2	0.007
h_3	STRATO 3	1.42	652	h_2/V_3	0.002
h_4	STRATO 4	2.60	680	h_2/V_4	0.004
H		8.19		$\Sigma h_i/V_i$	0.018
$V_{s,eq}$ (misurata) = m/s 457					
Calcolo del $V_{s,eq}$ per MASW 01 – Scoppio 02					

Mentre nel caso della BS02, l'indagine RE.MI. ha permesso di identificare il bedrock o suolo rigido ad una profondità di 2,0 m da p.c., con $V_s = 1100$ m/s. Pertanto a tale zona è opportuno attribuire la categoria "A".

Tabella 3.2. II - Categoria di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

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

3 STIMA DEI MODULI DINAMICI

Dalle velocità sismiche, ricavate dall'indagine a rifrazione superficiale classica in onde P e dalla metodologia Re.Mi., sono stati calcolati alcuni parametri geotecnici.

Assegnando, infatti, la densità in sito, ricavata empiricamente mediante l'equazione di Gardner, che lega la densità alla velocità delle onde longitudinali (V_p), sono stati calcolati il *coefficiente di Poisson* e alcuni moduli elastici dinamici. Le determinazioni dei moduli elastici, eseguite mediante tali metodologie sismiche, sono riferibili a volumi significativi di terreno in condizioni relativamente indisturbate a differenza delle prove geotecniche di laboratorio che, pur raggiungendo un elevato grado di sofisticazione ed affidabilità, soffrono della limitazione di essere puntuali cioè relative ad un modesto volume di roccia.

I moduli elastici sismici possono essere correlati ai normali moduli statici attraverso un fattore di riduzione (*Rzhevsky et alii, 1971*) semplicemente evidenziando che si riferiscono, in virtù delle energie movimentate dall'indagine e del conseguente basso livello di deformazione raggiunto, ad un modulo statico tangente iniziale.

$$E_{din} = 8.3E_{stat} + 0,97$$

Inoltre, con i dati ottenuti dall'indagine eseguita è possibile calcolare il coefficiente di reazione del terreno K_s (Kg/cm^3) attraverso la relazione di Vesic (1961):

$$K_s = E_s/B*(1 - \nu^2)$$

dove

- B = larghezza della fondazione;
- E = modulo di elasticità del terreno;
- ν = coefficiente di Poisson.

Infine per la classificazione geotecnica dell'ammasso, nell'ambito dello stesso foglio di calcolo, attraverso le letture sismiche, sono state determinate indirettamente, i valori di indice di qualità della roccia (RQD), nel caso degli ammassi rocciosi, la coesione dell'ammasso e l'angolo di attrito dello stesso.

Allo stesso tempo, per l'analisi dei pali sottoposti a forze orizzontali e nella verifica a svergolamento è stato determinato, indirettamente, il coefficiente di reazione orizzontale, K_h . Tale modulo viene determinato dalla formula di Chiarugi Maia secondo la quale è funzione di: modulo edometrico, modulo elastico del palo, diametro del palo, coefficiente di Poisson.

In ultimo per effettuare un'ulteriore verifica sui fattori di deformabilità delle terre, attraverso la relazione di Imai and Yoshimura, del 1977 sono stati determinati i valori di resistenza alla deformabilità del tipo SPT attraverso i valori delle velocità sismiche di taglio.

Di seguito sono riportati i principali moduli elastici dei terreni riguardanti lo stendimento sismico svolto; tali valori si riferiscono al deposito pertanto devono essere intesi come valori medi.

BASE SISMICA 01 - STIMA DEI MODULI DINAMICI

	STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3
Velocità onde P (m/s):	527	1021	1375
Velocità onde S (m/s):	191	452	668
V_{LAB} = Velocità onde P di laboratorio (m/s):	6000	6000	6000
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	1.00	3.50	2.80
Profondità Media Strato (m)	0.50	2.75	5.90
Modulo di Poisson (ν)	0.42	0.38	0.35
Densità naturale (γ_{nat} in gr/cm³)	1.48	1.75	1.88
Porosità % (\emptyset) (correlazione Rzheshvsky e Novik (1971))	45.82%	41.21%	37.90%

MOD. di YOUNG DINAMICO - (E_{din} in Mpa o Nmm²)	151	966	2220
MOD. di TAGLIO DINAMICO (G_{din} in Mpa o Nmm²) $G_{din} = E_{din} / (2 * (1 + \nu))$	53	351	825
MOD. di BULK (K) (Mpa o Nmm²): $K = E_{din} / (3 * (1 - 2 * \nu))$	333	1321	2395
MOD. di YOUNG STATICO (E_{stat} in Mpa o Nmm²) (Rzheshvsky et alii, 1971)	18	116	267
MOD. di TAGLIO STATICO (G_{stat} in Mpa o Nmm²)	6	42	99
MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm²) (da velocità onde P e densità) $\gamma * v_p^2$ (valido per le terre)	412	1824	3564
MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm²) $M = E * [(1 - \nu) / (1 - 2 * \nu^2)]$ (relazione di NAVIER)	493	2195	4291

Rigidità Sismica ($\gamma * V_p$) (Tonn/m²*sec)	283	791	1259
Frequenza dello Strato	48	32	60
Periodo dello Strato	0.02	0.03	0.02

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELLE TERRE (NON VALIDO PER LE ROCCE)			
SPT (N) VALUE (Imai and Yoshimura, 1977)	16	>50	>50
Cu (coesione non drenata in Kg/cm² = $(V_s/23)^{1/0.475} * 0,010197$ (Dickenson 1990))	0.88	5.39	12.26
Cu=(coesione non drenata=$(V_s-17,5)/2,63 * 0,010197$ (Oh et al. 2008))	0.67	1.68	2.52
Cu=(coesione non drenata=$(V_s/7,93)^{1/0.63} * 0,010197$ (Levesques et al. 2007))	1.59	6.25	11.61
Cu=(coesione non drenata=$(V_s/187)^{1/0.372} * 0,010197 * 100$ da prove DH - Likitlersuang e Kyaw (2010))	1.08	10.94	31.25
Cu=(coesione non drenata=$(V_s/228)^{1/0.510} * 0,010197 * 100$ da prove MASW - Likitlersuang e Kyaw (2010))	0.72	3.90	8.39

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE AMMASSO ROCCIOSO (NON VALIDO PER LE TERRE)			
RMR Bieniawsky (valido solo per le rocce da E statico)	NA	37	51
ϕ (angolo di attrito in °)	27	29	29
C (coesione in kg/cm²)	NA	1.9	2.6
Rapporto di velocità VR (utilizzando per il valore delle V_p in laboratorio 6000m/sec)	NA	0.170	0.229
Rapporto di velocità al quadrato (VR²)	NA	0.029	0.053
RQD (0,97x(V_p/V_{LAB})²*100)	NA	2.8%	5.1%
RQD (relazione empirica sui calcri - F. Zezza 1976)	NA	10.3%	15.6%

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO			
B (ipotesi dimensione fondazione superficiale in cm)	100	100	100
D (ipotesi diametro palo in m)	0.50	0.50	0.50
K = (Coeff. di Winkler in Kg/cm³ --> VESIC 1961) $k = E / [B(1 - \nu^2)]$	2.25	13.84	30.95
$k = 17,2 * V_s^{1,25}$ Kg/cm³ (Bowles 1997, Keceli, Imai e Yoshimura 2012)	1.25	3.66	5.96
K_v (Coeff. di Winkler verticale in Kg/cm³ --> $K_v = \alpha^2 * E_d / b$ dove $\alpha^2 = 2 / \log_e(b+2H) / b$)	4.70	39.65	70.34
K_h (Coeff. di Winkler orizzontale in Kg/cm³ - Chiarugi-Maia)	3.70	90.88	379.74

BASE SISMICA 02 - STIMA DEI MODULI DINAMICI

	STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3
Velocità onde P (m/s):	430	812	2101
Velocità onde S (m/s):	190	403	1100
V_{LAB} = Velocità onde P di laboratorio (m/s):	6000	6000	60001
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	0.50	1.80	8.00
Profondità Media Strato (m)	0.25	1.40	6.30
Modulo di Poisson (ν)	0.38	0.34	0.31
Densità naturale (γ_{nat} in gr/cm³)	1.41	1.65	2.10
Porosità % (\emptyset) (correlazione Rzheshvsky e Novik (1971))	46.73%	43.16%	31.11%

MOD. di YOUNG DINAMICO - (E_{din} in Mpa o Nmm²)	138	703	6521
MOD. di TAGLIO DINAMICO (G_{din} in Mpa o Nmm²) $G_{din} = E_{din} / (2 * (1 + \nu))$	50	263	2487
MOD. di BULK (K) (Mpa o Nmm²): $K = E_{din} / (3 * (1 - 2 * \nu))$	189	717	5756
MOD. di YOUNG STATICO (E_{stat} in Mpa o Nmm²) (Rzheshvsky et alii, 1971)	16	85	786
MOD. di TAGLIO STATICO (G_{stat} in Mpa o Nmm²)	6	32	300
MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm²) (da velocità onde P e densità) $\gamma * v_p^2$ (valido per le terre)	261	1089	9250
MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm²) $M = E * [(1 - \nu) / (1 - \nu - 2 * \nu^2)]$ (relazione di NAVIER)	312	1311	11143

Rigidità Sismica ($\gamma * V_p$) (Tonn/m²*sec)	268	666	2305
Frequenza dello Strato	95	56	34
Periodo dello Strato	0.01	0.02	0.03

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELLE TERRE (NON VALIDO PER LE ROCCE)			
SPT (N) VALUE (Imai and Yoshimura, 1977)	16	>50	>50
Cu (coesione non drenata in Kg/cm² = $(V_s/23)^{1/0.475} * 0,010197$ (Dickenson 1990))	0.87	4.23	35.04
Cu=(coesione non drenata=$(V_s-17,5)/2,63 * 0,010197$ (Oh et al. 2008))	0.67	1.49	4.20
Cu=(coesione non drenata=$(V_s/7,93)^{1/0.63} * 0,010197$ (Levesques et al. 2007))	1.58	5.21	25.62
Cu=(coesione non drenata=$(V_s/187)^{1/0.372} * 0,010197 * 100$ da prove DH - Likitlersuang e Kyaw (2010))	1.06	8.03	119.44
Cu=(coesione non drenata=$(V_s/228)^{1/0.510} * 0,010197 * 100$ da prove MASW - Likitlersuang e Kyaw (2010))	0.71	3.12	22.31

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE AMMASSO ROCCIOSO (NON VALIDO PER LE TERRE)			
RMR Bieniawsky (valido solo per le rocce da E statico)	NA	31	70
ϕ (angolo di attrito in °)	27	28	30
C (coesione in kg/cm²)	NA	1.6	3.6
Rapporto di velocità VR (utilizzando per il valore delle V_p in laboratorio 6000m/sec)	NA	0.135	0.035
Rapporto di velocità al quadrato (VR²)	NA	0.018	0.001
RQD (0,97x(V_p/V_{LAB})²*100)	NA	1.8%	11.9%
RQD (relazione empirica sui calcari - F. Zezza 1976)	NA	7.5%	1.2%

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO			
B (ipotesi dimensione fondazione superficiale in cm)	100	100	100
D (ipotesi diametro palo in m)	0.50	0.50	0.50
K = (Coeff. di Winkler in Kg/cm³ --> VESIC 1961) $k = E / [B(1 - \nu^2)]$	1.96	9.73	88.69
$k = 17,2 * V_s^{1,25}$ Kg/cm³ (Bowles 1997, Keceli, Imai e Yoshimura 2012)	1.24	3.17	11.11
K_v (Coeff. di Winkler verticale in Kg/cm³ --> $K_v = \alpha^2 * E_d / b$ dove $\alpha^2 = 2 / \log_e(b+2H) / b$)	1.88	17.37	274.22
K_h (Coeff. di Winkler orizzontale in Kg/cm³ - Chiarugi-Maia)	1.11	26.32	1108.15

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 Prove geotecniche di laboratorio

Nell'area di intervento sono stati prelevati n. 2 blocchi calcarenitici, da cui sono stati ricavati mediante carotaggio n.6 provini sottoposti alle prove di caratterizzazione fisico-meccanica presso il laboratorio Geo s.r.l. di Modugno. Nello specifico, i provini sono stati sottoposti alla prova di compressione per la restituzione del valore di rottura e densità apparente della roccia; e alla prova di permeabilità a carico costante in cella triassiale (confinamento laterale non rigido-parete flessibile), di cui si riportano i risultati sintetici.

Sintesi risultati della prova di permeabilità:

Blocco 1 - C1 – Conducibilità idraulica: $K_{media} = 8,78 \cdot 10^{-7} \text{ m/sec}$

Blocco 3 - C1 – Conducibilità idraulica: $K_{media} = 1,43 \cdot 10^{-6} \text{ m/sec}$

Sintesi risultati della prova di compressione uniassiale:

Blocco 1 - C1 – Peso unità di volume: $\gamma = 18,2 \text{ kN/m}^3$

Blocco 1 - C1 – Resistenza a compressione: $R_c = 5,66 \text{ N/mm}^2$

Blocco 3 - C1 – Peso unità di volume: $\gamma = 17,6 \text{ kN/m}^3$

Blocco 3 - C1 – Resistenza a compressione: $R_c = 5,79 \text{ N/mm}^2$

4.2 Classificazione geomeccanica GSI dell'ammasso roccioso

Dal rilevamento, misura e/o stima dei parametri geomeccanici si giunge alla caratterizzazione dell'ammasso roccioso che costituisce il caso in esame, calcolando gli "indici di qualità o di classificazione geomeccanica" definiti dalle diverse classificazioni geomeccaniche note in letteratura (RMR, GSI, Q, SMR, etc.).

Da tali indici di classificazione dell'ammasso roccioso, la cui affidabilità e precisione dipende anche dalle modalità adottate per la realizzazione della caratterizzazione geomeccanica di rocce e discontinuità del modello considerato, è possibile stimare i parametri di resistenza e deformabilità dell'ammasso roccioso e, inoltre, progettare alcune tipologie di interventi, appropriati alla fase progettuale considerata.

Per la caratterizzazione della resistenza al taglio degli ammassi rocciosi fratturati viene introdotto il criterio di rottura pubblicato da Hoek et al. (2002). Questo criterio di rottura estende quello tradizionalmente utilizzato per i terreni sciolti (Mohr-Coulomb) e permette di utilizzare il metodo di verifica della stabilità mediante l'equilibrio limite anche in presenza di ammassi rocciosi fratturati, dove è necessario una metodologia che permetta di definire la resistenza al taglio dell'ammasso in termini dei parametri φ' e c' .

Per l'applicazione del criterio di rottura di Hoek et al (2002), anche detto "sistema/metodo GSI", è necessario determinare o stimare per l'ammasso quattro parametri di base:

- 1) La resistenza a compressione uniassiale **σ_{ci} (Mpa)** degli elementi di roccia intatta, valutata solitamente mediante prove Point Load o assimilate.
- 2) L'indice geologico di resistenza **GSI** (adimensionale) lega l'assetto strutturale dell'ammasso con le caratteristiche di discontinuità che lo separano: in termini di grado di fratturazione e disturbo tettonico con le caratteristiche della superficie delle discontinuità in termini di rugosità, alterazione e riempimento della frattura.

- 3) La costante litologica *mi* (adimensionale) che dipende dalla litologia dell'ammasso e stimabile da appositi valori di letteratura.
- 4) Il fattore di disturbo *D* (adimensionale) che variando da 0 a 1 rappresenta il grado di disturbo indotto da operazioni di scavo meccanico o esplosivi.

Valore del coefficiente *GSI* dell'ammasso roccioso

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX per rocce fratturate (Hoek & Marinos, 2002)		condizioni delle discontinuità								
		MOLTO BUONE: giunti molto rugosi, non alterati	BUONE: giunti rugosi, leggermente alterati, ossidati	MEDIOCRIS: giunti lisci, superficie moderatamente alterata	SCADENTI: giunti levigati, superfici alterate con riempimento compatto o frammenti angolari	MOLTO SCADENTI: giunti levigati, superfici alterate con riempimento argilloso molle				
STRUTTURA ROCCIA		grado di interconnessione tra i frammenti di roccia								
INTATTA O MASSIVA: roccia sana con poche discontinuità ad ampia spaziatura	90								N/A	N/A
FRATTURATA: ammasso roccioso non disturbato, con tre sistemi di famiglie di giunto che isolano blocchi a forma prevalentemente cubica	80						70			
MOLTO FRATTURATA: ammasso parzialmente disturbato con quattro o più famiglie di giunto a formare blocchi angolari a più facce							60			
PIEGATA: ammasso disturbato tettonicamente, a pieghe, con diverse famiglie di giunti. Piani di stratificazione o di scistosità a grande persistenza								50		
DISINTEGRATA: ammasso molto fratturato con debole interconnessione fra i blocchi, frammenti di roccia angolari e arrotondati								40		
LAMINATA/FAGLIATA: ammasso non suddiviso in blocchi, piani di scistosità a fitta spaziatura, piani di taglio/faglie									30	
				20						
	N/A	N/A			10					

Valore di <i>D</i> suggerito (Hoek et al. 2002; Hoek, 2012) (con integrazioni dell'autore di questo manuale)	Condizioni di applicazione
D=0.0	Pendii naturali senza effetti di rilascio tensionale (tension cracks)
D=0.5	Pendii con fenomeni di rilascio tensionale visibili (tension cracks)**
D=0.7	Pendio oggetto di scavo meccanico e/o uso ottimale di esplosivi (con possibili rilasci tensionali)
D=1.0	Uso non ottimale di esplosivi e scavi a cielo aperto molto profondi, e con possibile rilascio tensionale.

Valore del coefficiente m_i della roccia intatta

Rocce sedimentarie			Rocce ignee			Rocce metamorfiche		
Roccia	media	scarto	Roccia	media	scarto	Roccia	media	scarto
	m_i	\pm		m_i	\pm		m_i	\pm
Conglomerato	21	3	Granito	32	3	Marmo	9	3
Arenaria	17	4	Granodiorite	29	3	Cornubianite	19	4
Siltite	7	2	Diorite	25	5	Metaquarzite	20	3
Argillite	4	2	Gabbro	27	3	Quarzite	20	3
Argilloscisto	6	2	Norite	20	5	Migmatite	29	3
Chalk	7	2	Dolerite	16	5	Anfibolite	26	6
Breccia	20	2	Riolite	25	5	Gneiss	28	5
Calcere cristallino	12	3	Dacite	25	3	Scisti argillosi	7	4
Calcere spiritico	10	5	Peridotite	25	5	Scisti	10	3
Calcere micritico	8	3	Porfirite	20	5	Filladi	7	3
Dolomia	9	3	Andesite	25	5			
Marna	7	2	Basalto	25	5			
Gesso	10	2	Diabase	15	5			
Anidride	12	2	Ossidiana	19	3			

Per l'ammasso calcarenitico dell'area progettuale, quindi, sono stati ottenuti i seguenti valori:

GSI = 80 (Indice della classificazione Hoek-Brown)

$\sigma_{ci} = 5,7 \text{ N/mm}^2$ (Resistenza a compressione monoassiale della roccia calcarea intatta)

$m_i = 13$ (Costante della roccia intatta: 17 ± 4)

D = 0,7 (Fattore di disturbo per il tipo di scavo del fronte di cava)

ALLEGATO 01 - PLANIMETRIA

-
- UBICAZIONE DELLE PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE DI SUPERFICIE IN ONDE P
 - UBICAZIONE DELLE PROSPEZIONI SISMICHE CON TECNICA MASW E RE.MI. IN ONDE S
-





Cat. OS20A Class. I
Cat. OS20B Class. IIIBis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

ALLEGATO 02A - PROSPEZIONI SISMICHE

-
- **SISMOGRAMMI ONDE P**
 - **DROMOCRONE ONDE P**
 - **SEZIONE TOMOGRAFICA E MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO**
-



Cat. OS20A Class. I
 Cat. OS20B Class. IIIBis

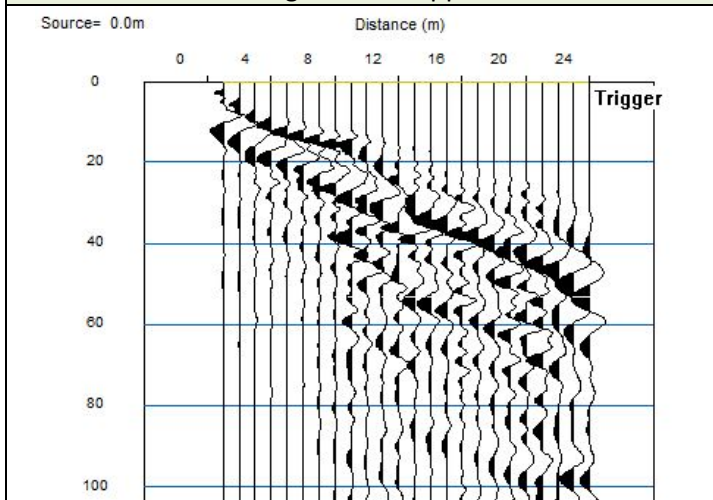


ISO 9001:2015

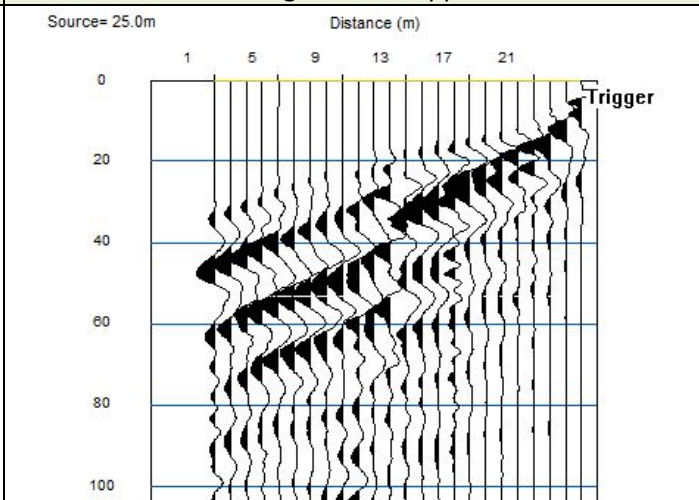
Certificate No: IT/0146Q/0283

Discarica CO.BE.MA – Canosa di Puglia - BASE SISMICA BS01 – ONDE P

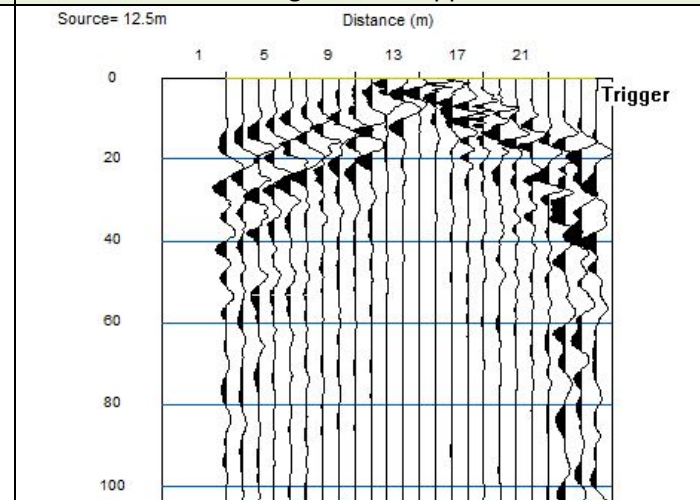
Sismogramma scoppio A



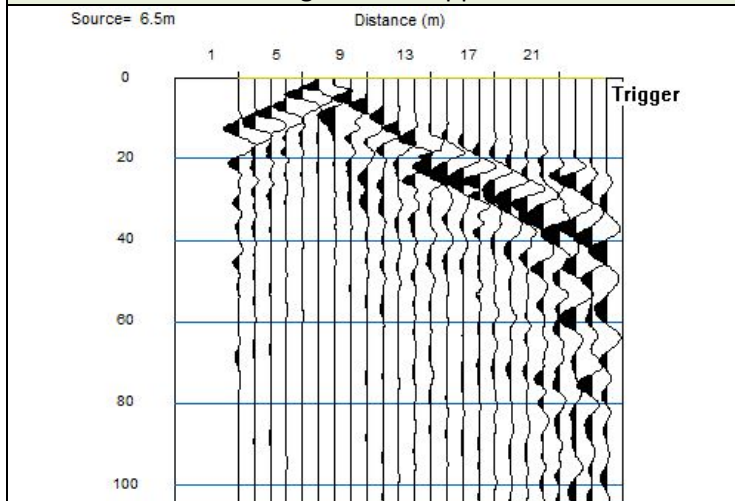
Sismogramma scoppio B



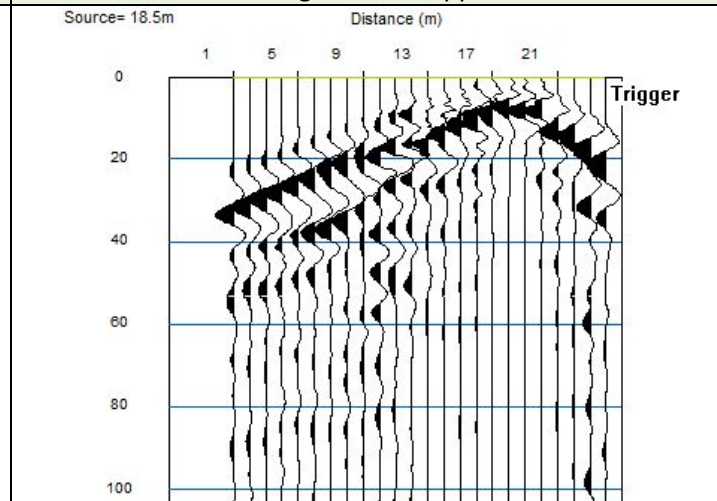
Sismogramma scoppio C

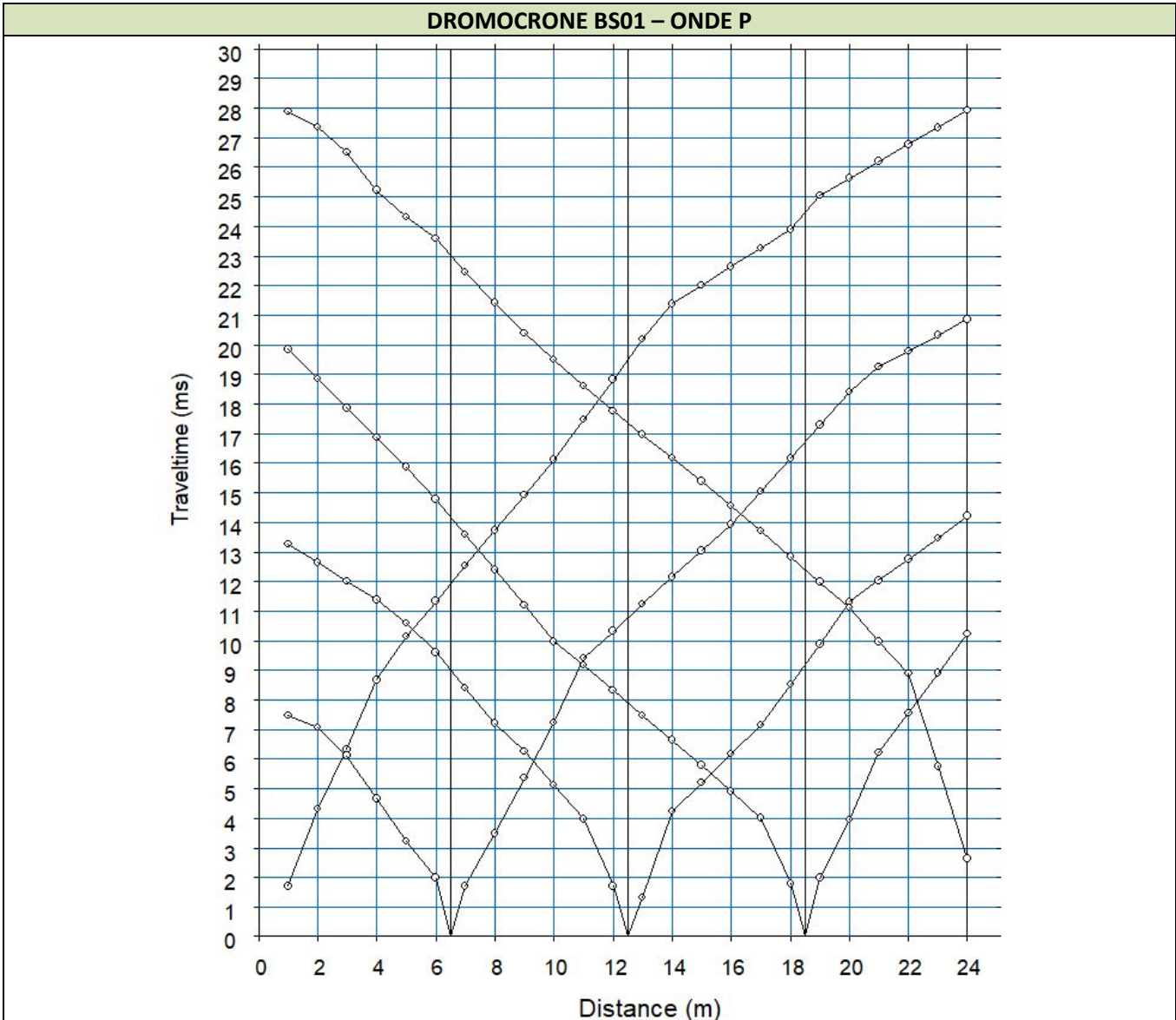


Sismogramma scoppio D

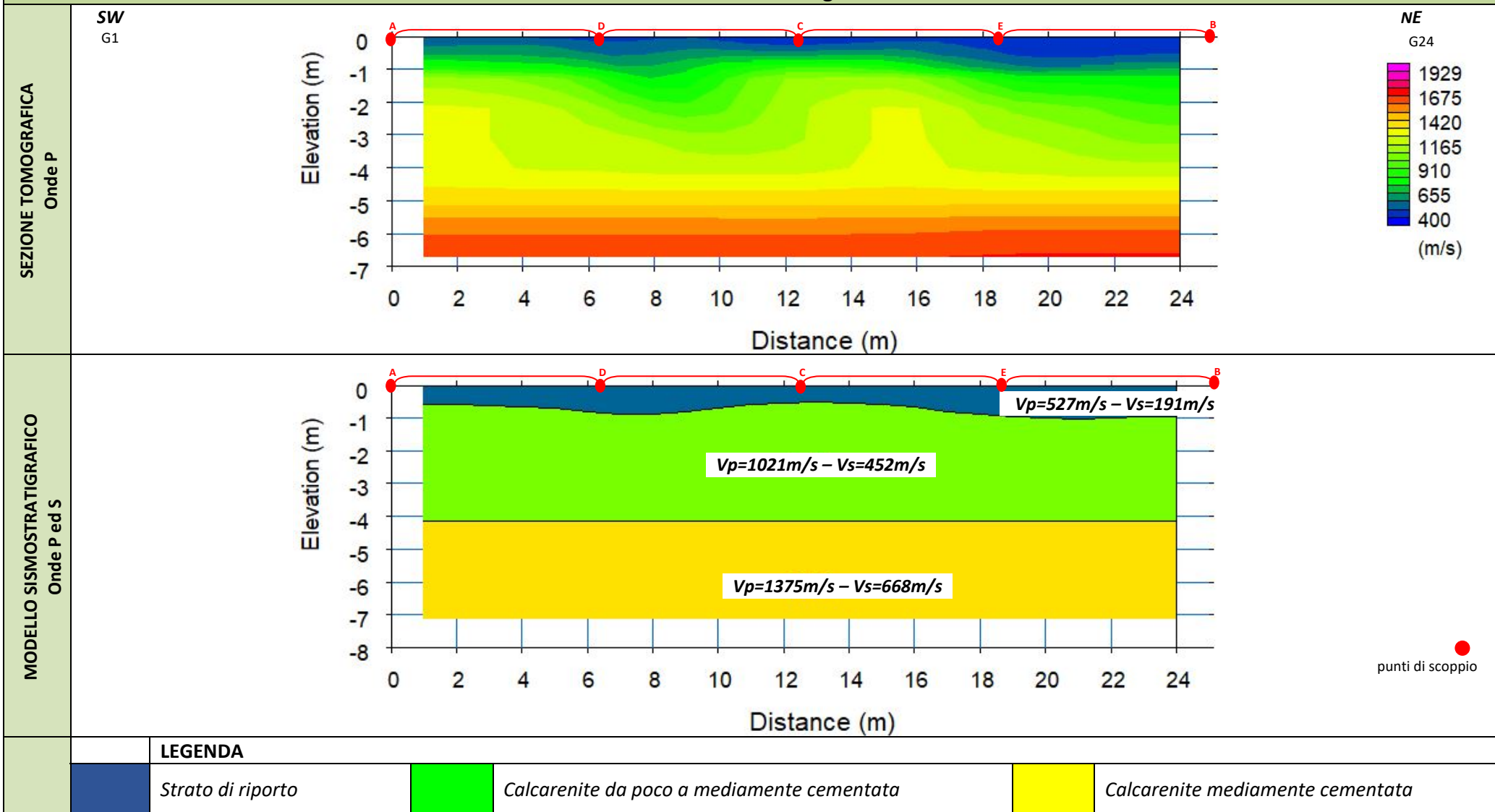


Sismogramma scoppio E





Discarica CO.BE.MA – Canosa di Puglia - BASE SISMICA 01





Cat. OS20A Class. I
Cat. OS20B Class. IIIBis

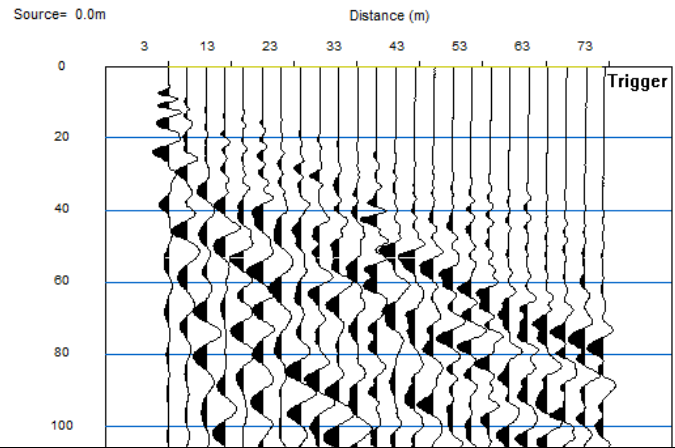


ISO 9001:2015

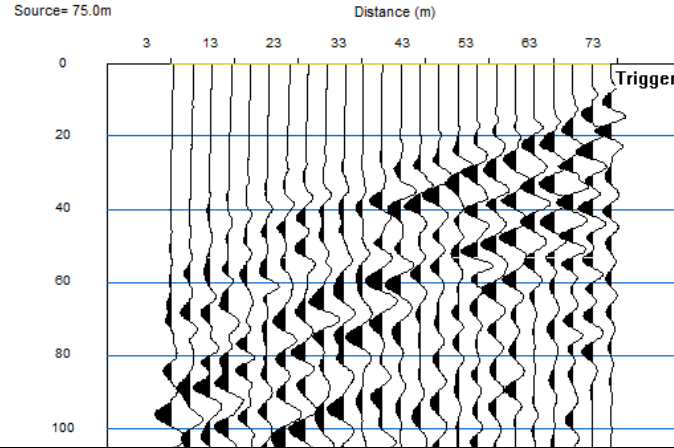
Certificate No: IT/0146Q/0283

Discarica CO.BE.MA – Canosa di Puglia - BASE SISMICA BS02 – ONDE P

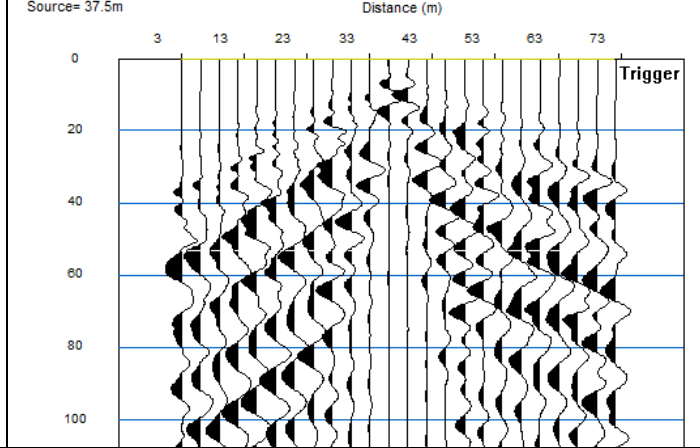
Sismogramma scoppio A



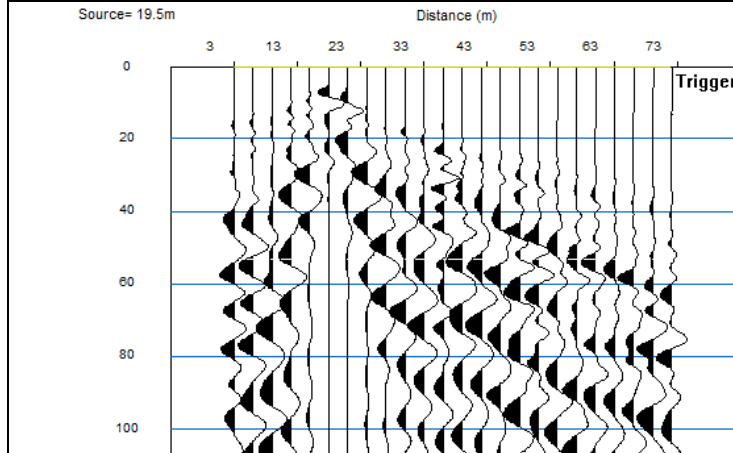
Sismogramma scoppio B



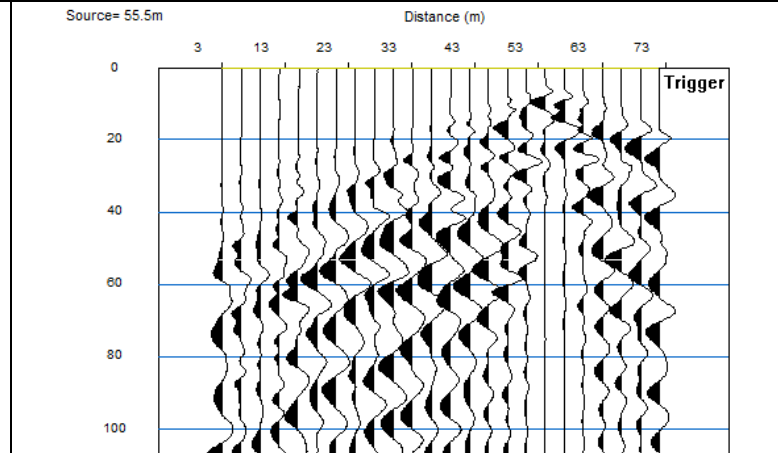
Sismogramma scoppio C

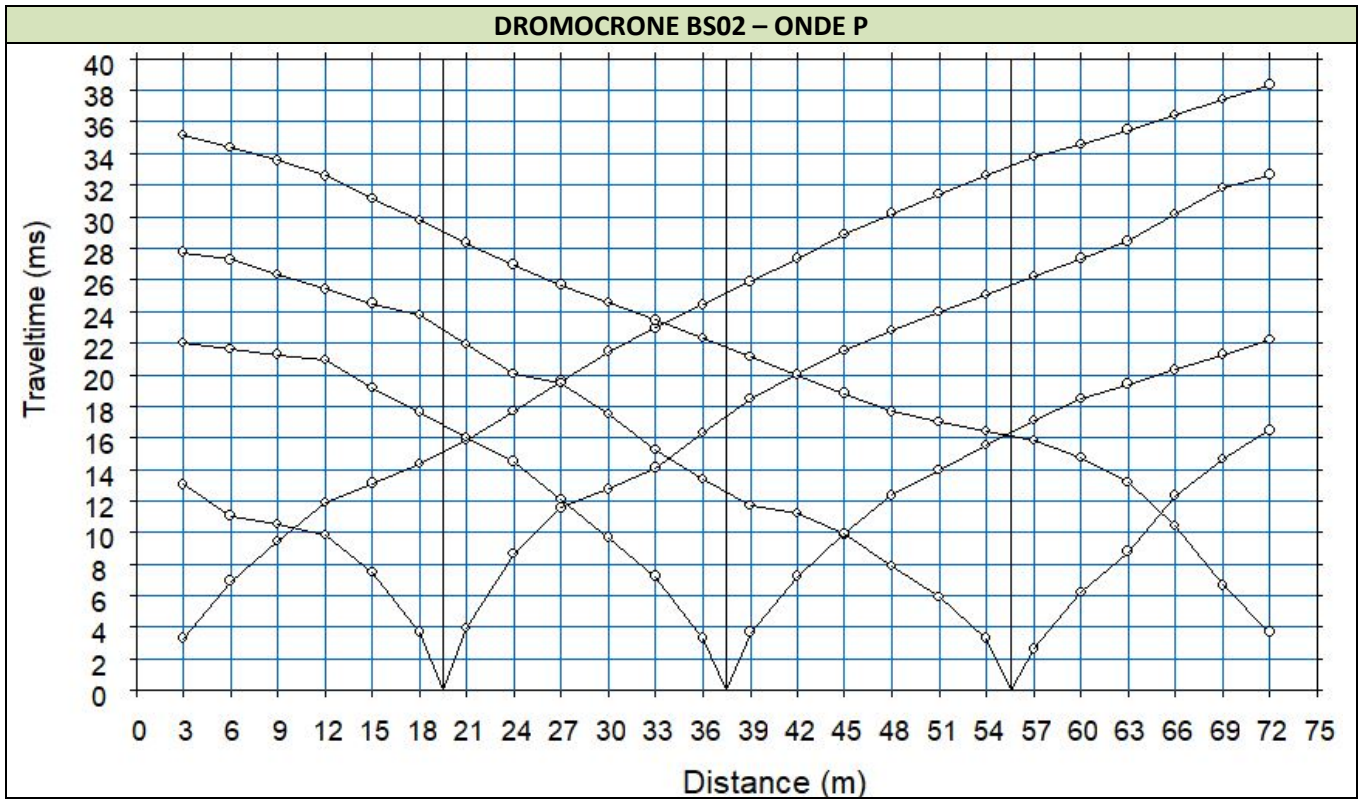


Sismogramma scoppio D

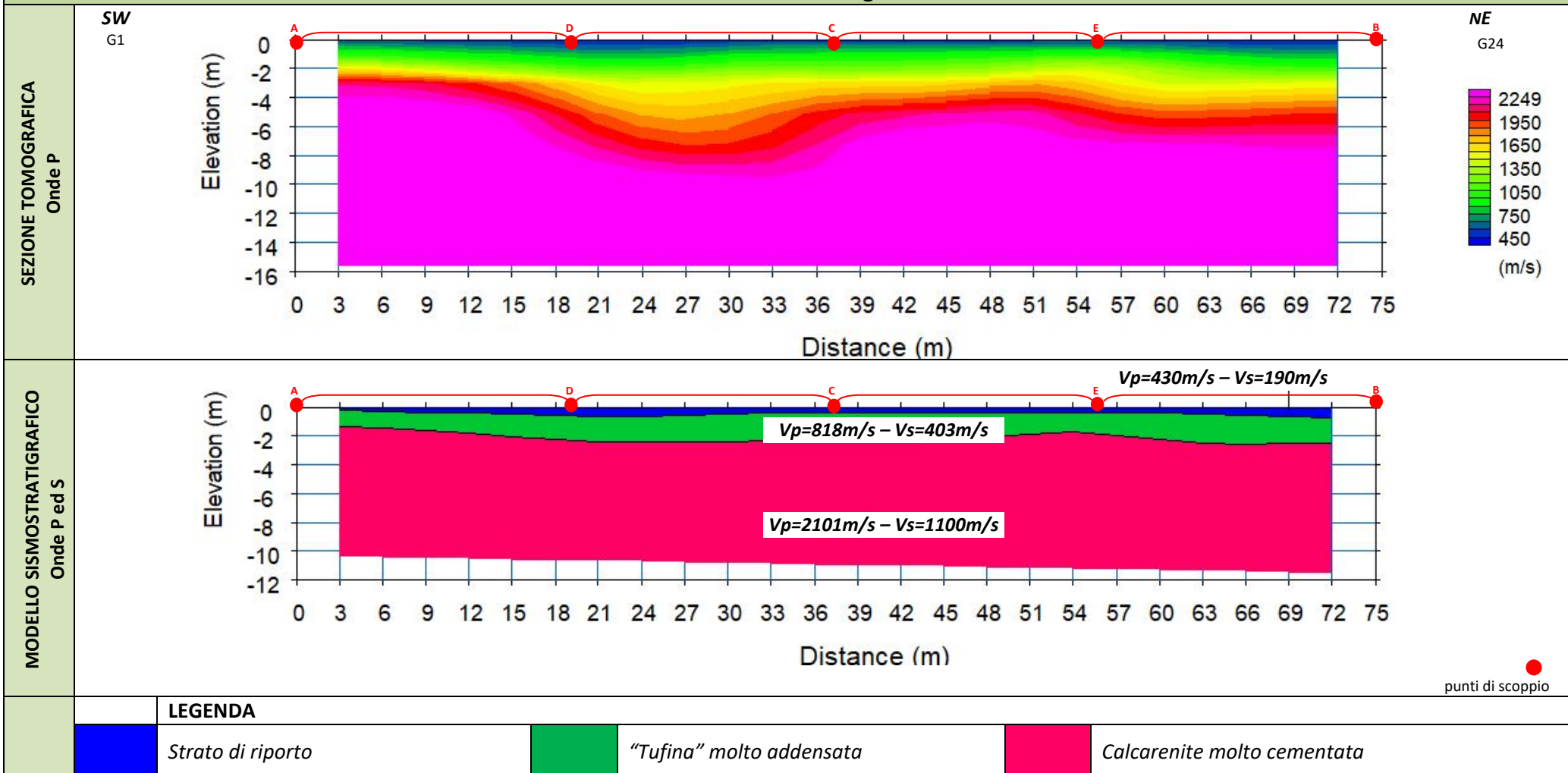


Sismogramma scoppio E



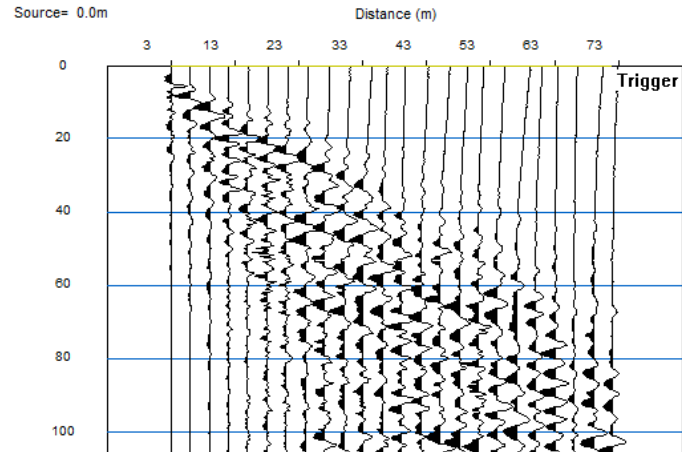


Discarica CO.BE.MA – Canosa di Puglia - BASE SISMICA 02

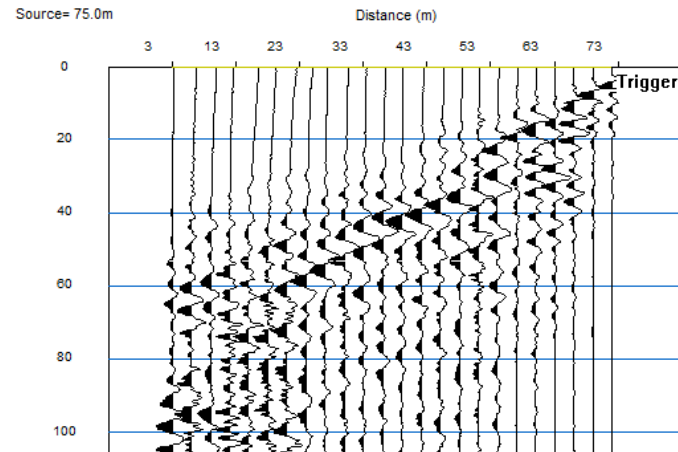


Discarica CO.BE.MA – Canosa di Puglia - BASE SISMICA BS03 – ONDE P

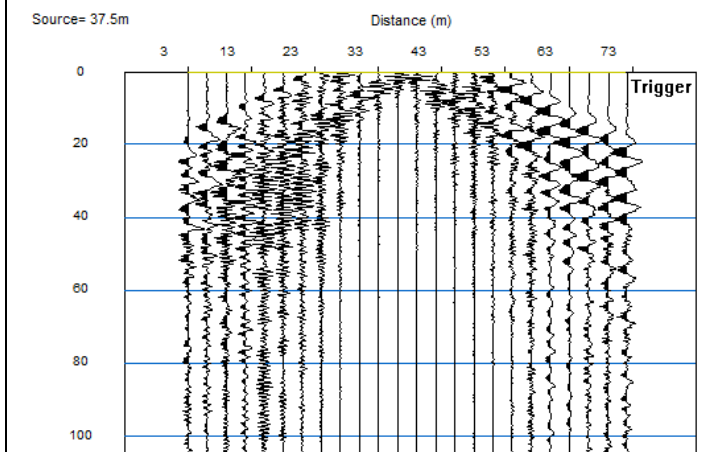
Sismogramma scoppio A



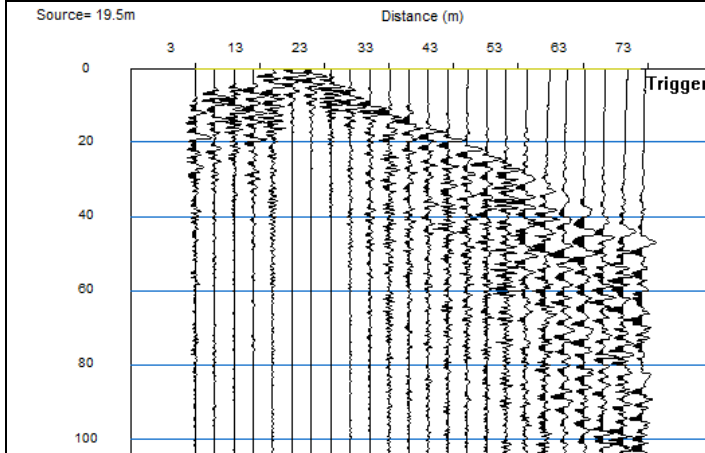
Sismogramma scoppio B



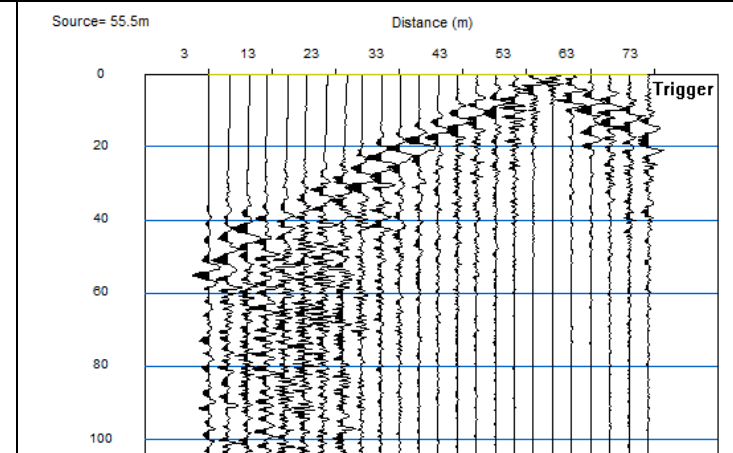
Sismogramma scoppio C

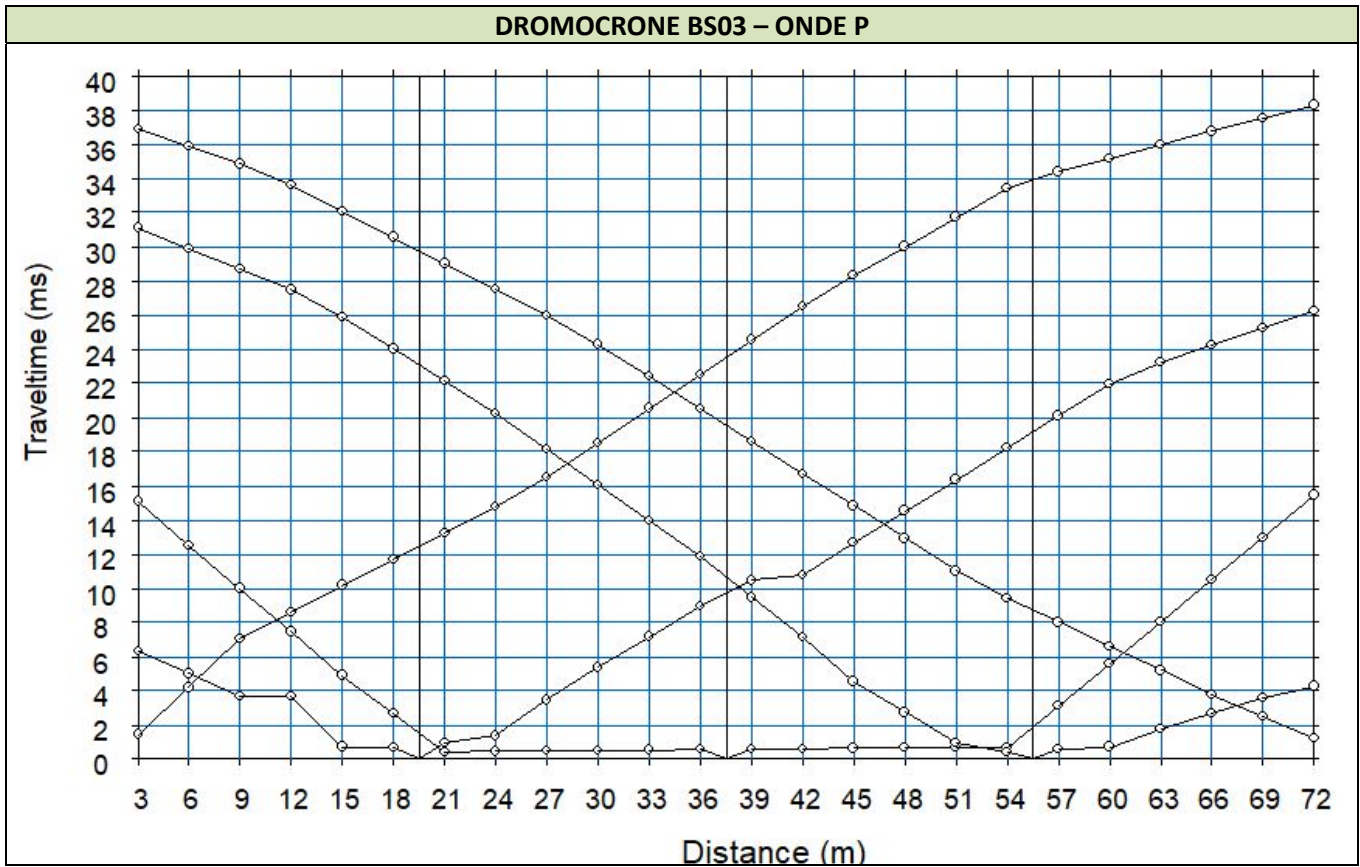


Sismogramma scoppio D

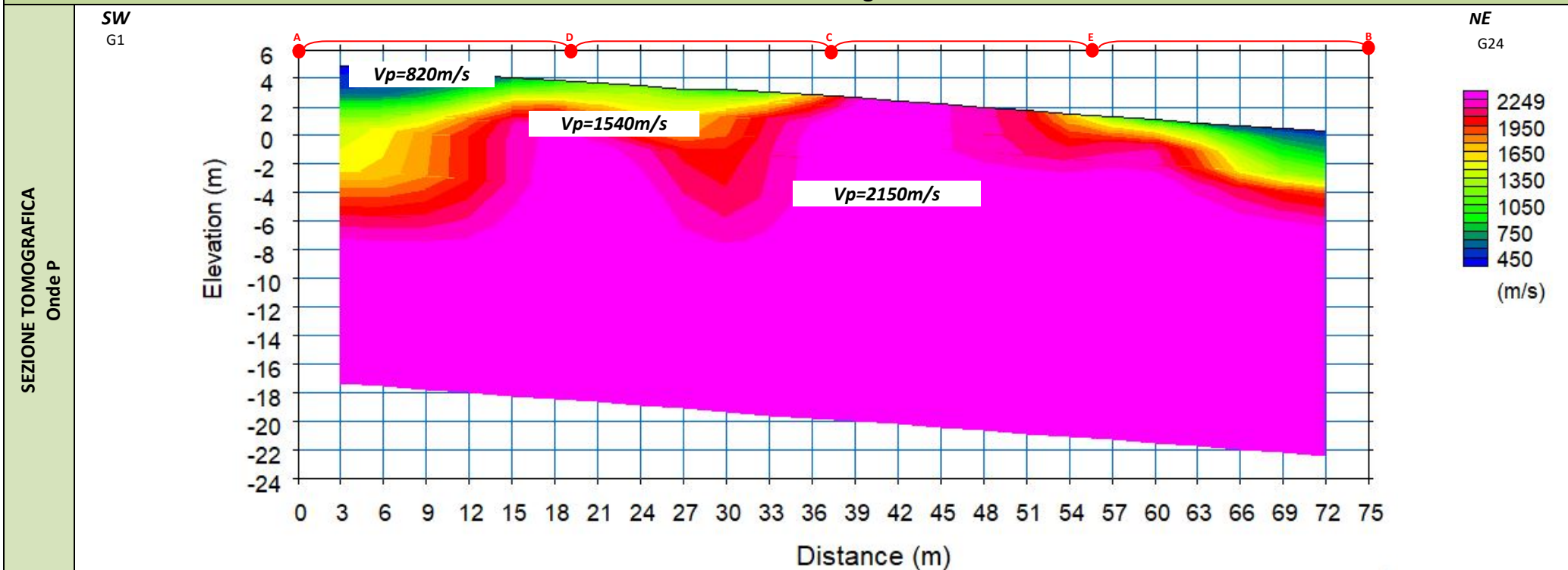


Sismogramma scoppio E





Discarica CO.BE.MA – Canosa di Puglia - BASE SISMICA 03



LEGENDA

"Tufina" molto addensata

Calcarenite da mediamente a ben cementata

Calcarenite molto cementata

ALLEGATO 02B – PROSPEZIONI SISMICHE: STIMA DEL $V_{s,eq}$

-
- **ELABORATI INDAGINI MASW e RE.MI.**
 - **SISMOGRAMMI MEDI**
 - **SPETTRI DELLE FREQUENZE**
 - **CURVE DI DISPERSIONE**
 - **PROFILI VS**
-

Discarica CO.BE.MA – Canosa di Puglia – MASW 01 – SCOPPIO 01

SISMOGRAMMA MEDIO – MASW 01

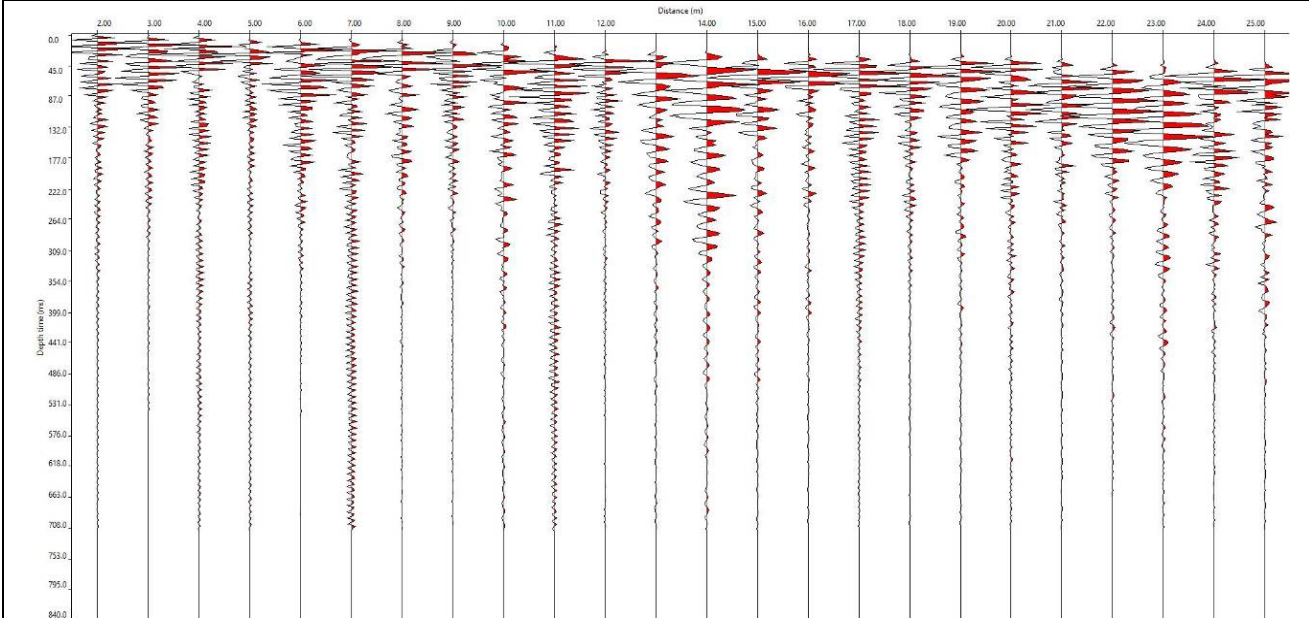
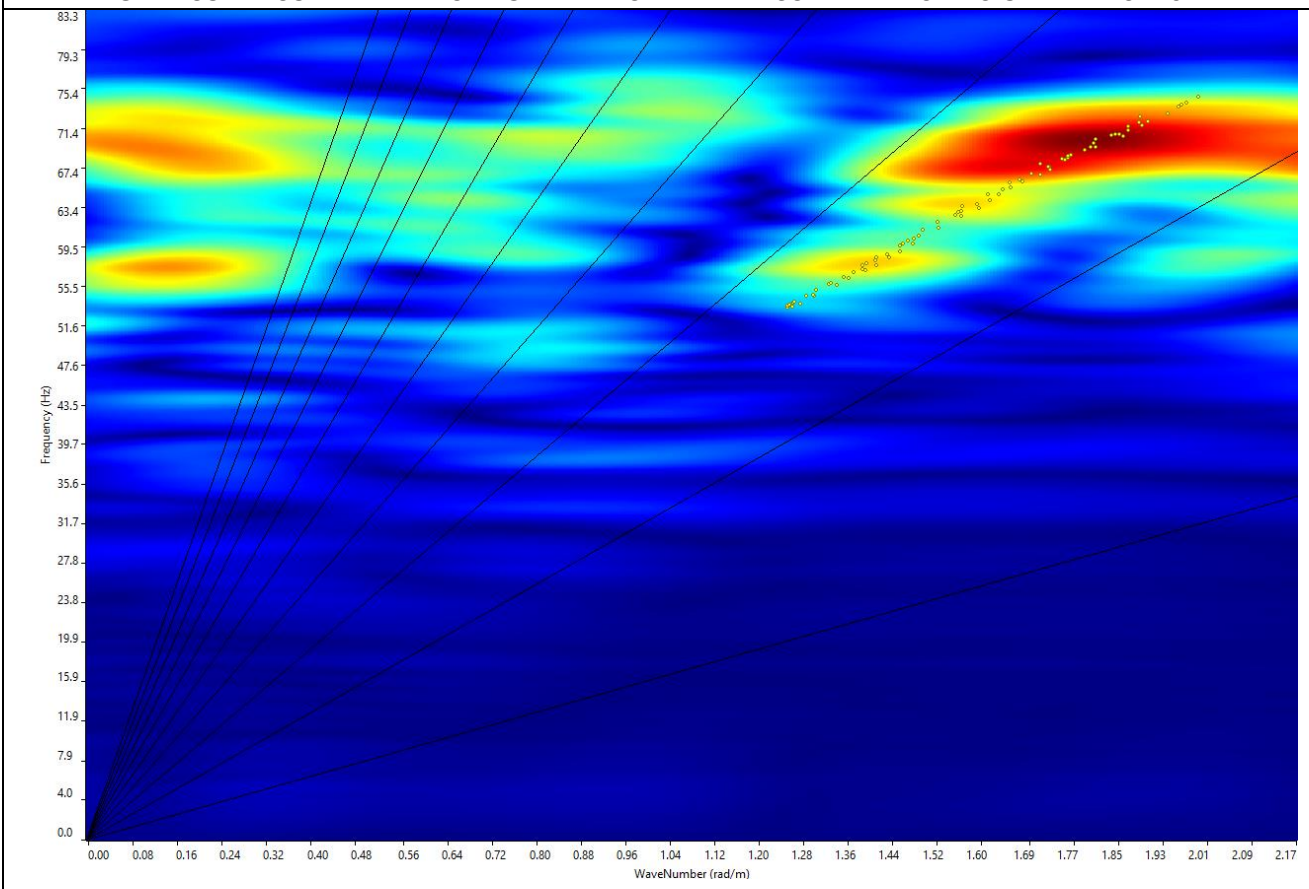
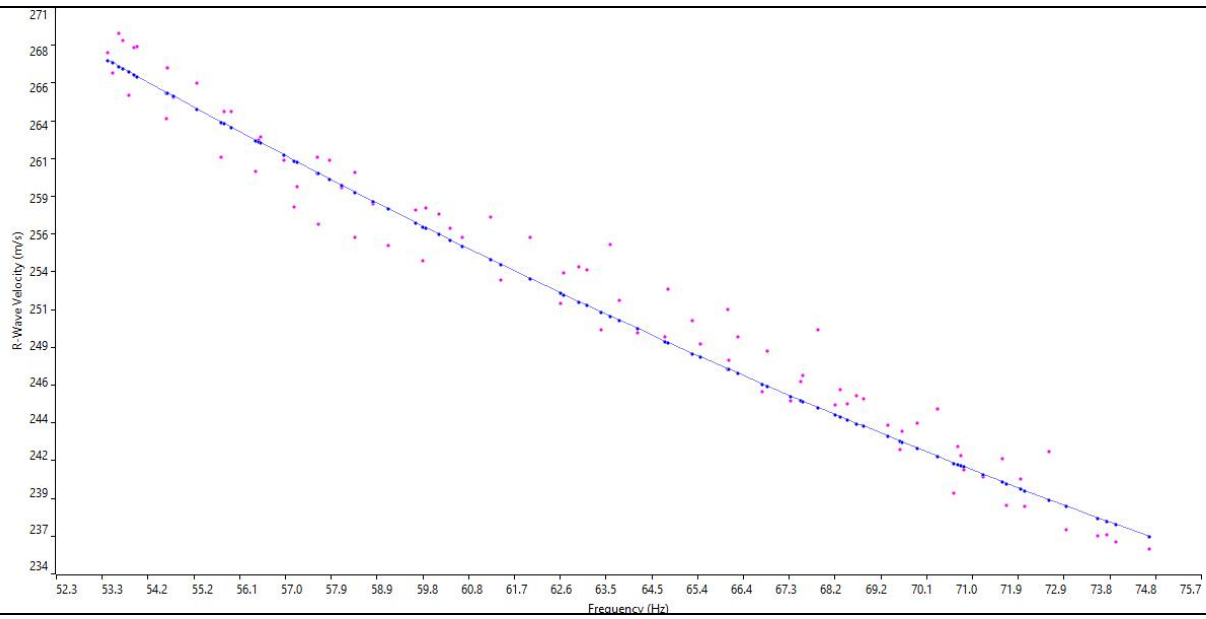


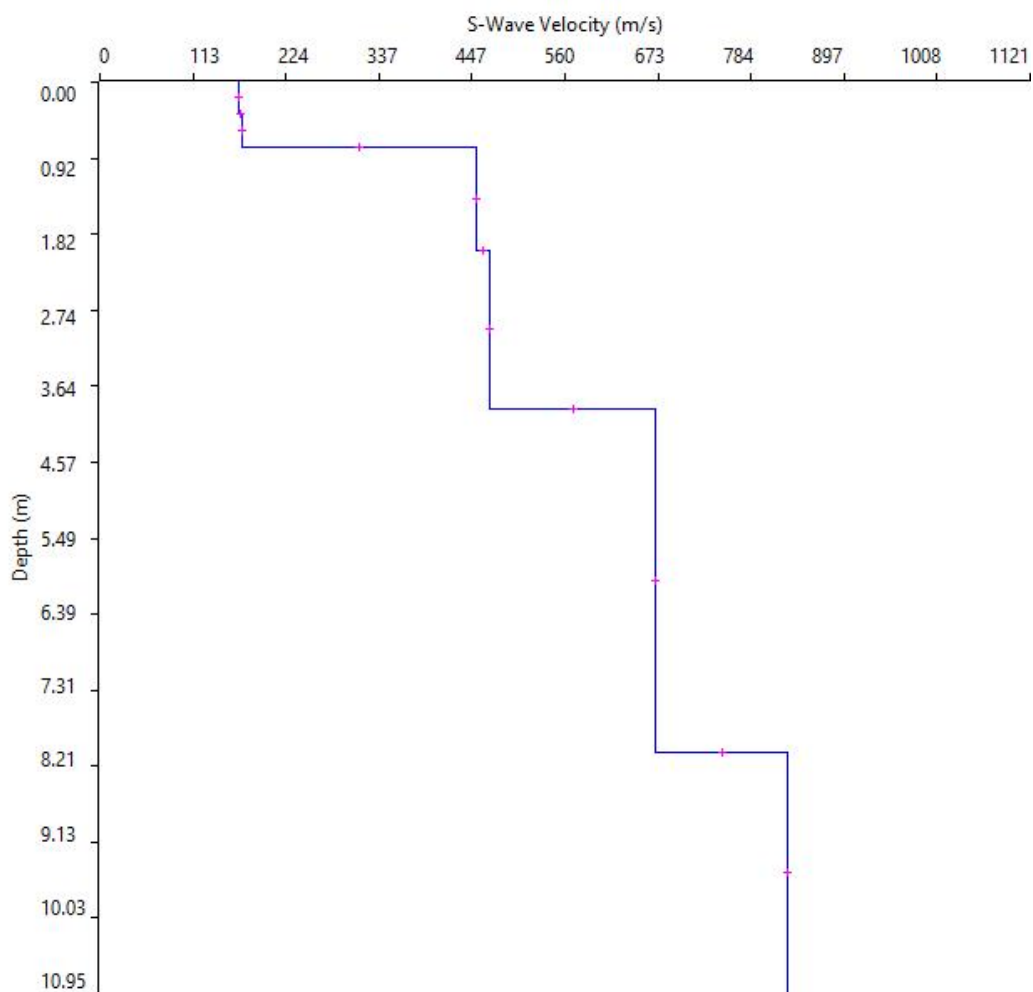
GRAFICO P-F CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE – MASW 01



CURVA DI DISPERSIONE – MASW 01



ROFILO VS – MASW 01



Categoria "B" - $V_{s,eq}=460$ m/s calcolato a partire dal p.c. e bedrock sismico a 8,05 m da p.c.

N. SISMOSTRATI – SPESSORI - PROFONDITA' - VELOCITA' ONDE S

		Thickness	Depth		Vs
Layer 1	<input type="checkbox"/>	0.37	0.00	<input type="checkbox"/>	168
Layer 2	<input type="checkbox"/>	0.40	0.37	<input type="checkbox"/>	172
Layer 3	<input type="checkbox"/>	1.25	0.77	<input type="checkbox"/>	453
Layer 4	<input type="checkbox"/>	1.91	2.02	<input type="checkbox"/>	470
Layer 5	<input type="checkbox"/>	4.12	3.93	<input type="checkbox"/>	669
Layer 6	<input type="checkbox"/>	INF	8.04	<input type="checkbox"/>	829

Discarica CO.BE.MA – Canosa di Puglia – MASW 01 – SCOPPIO 02

SISMOGRAMMA MEDIO – MASW 01

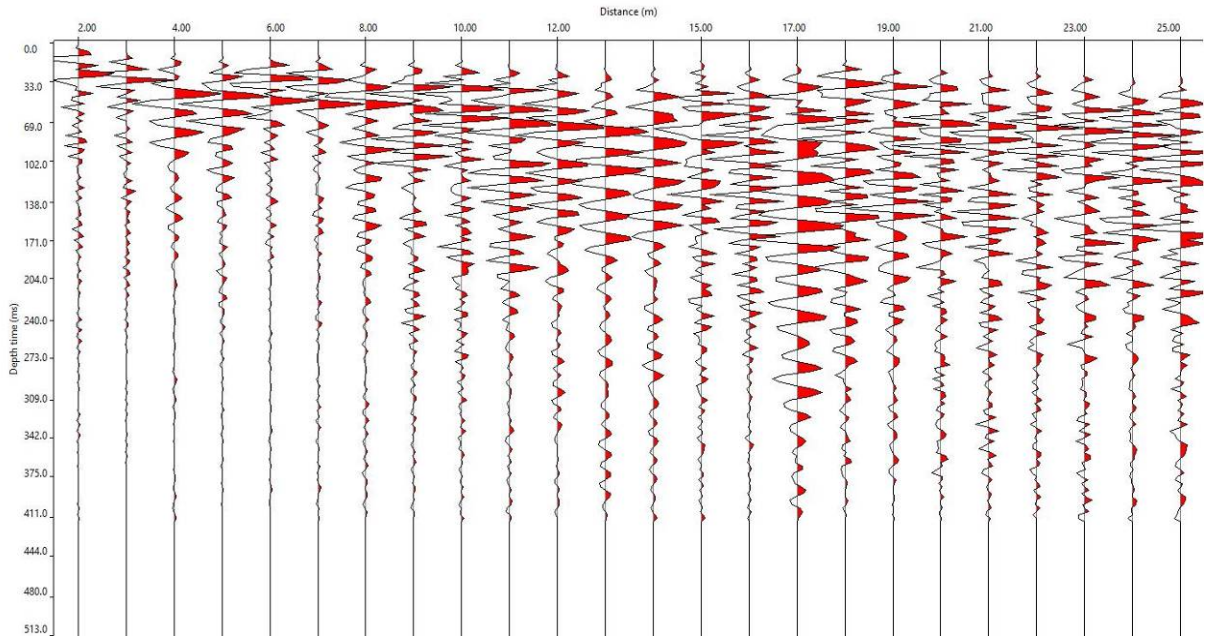
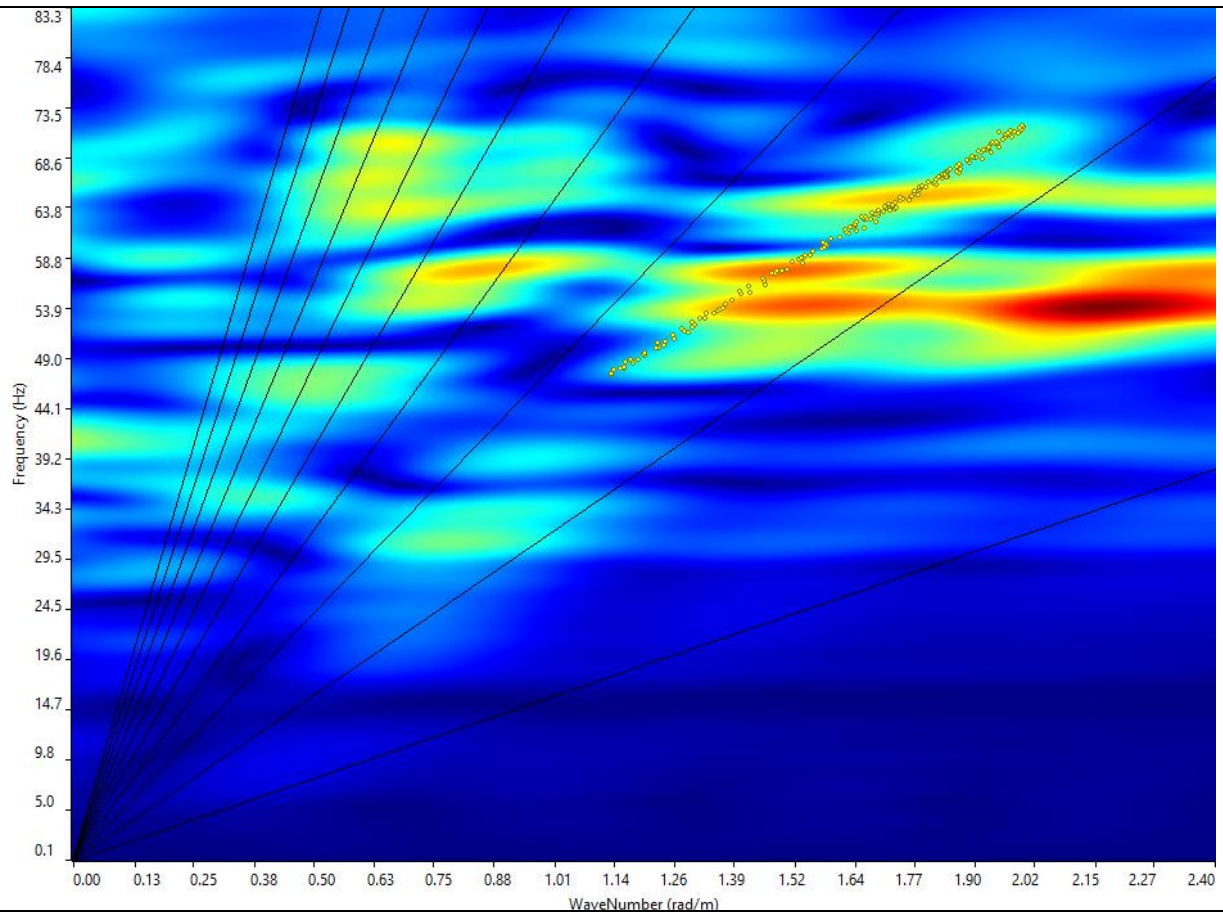
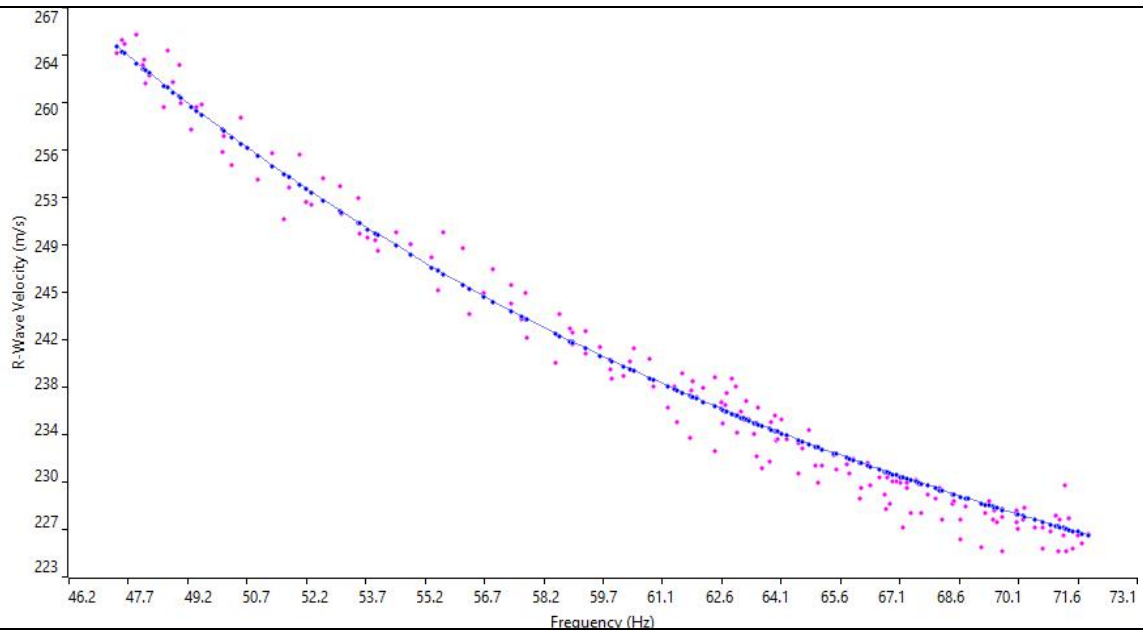


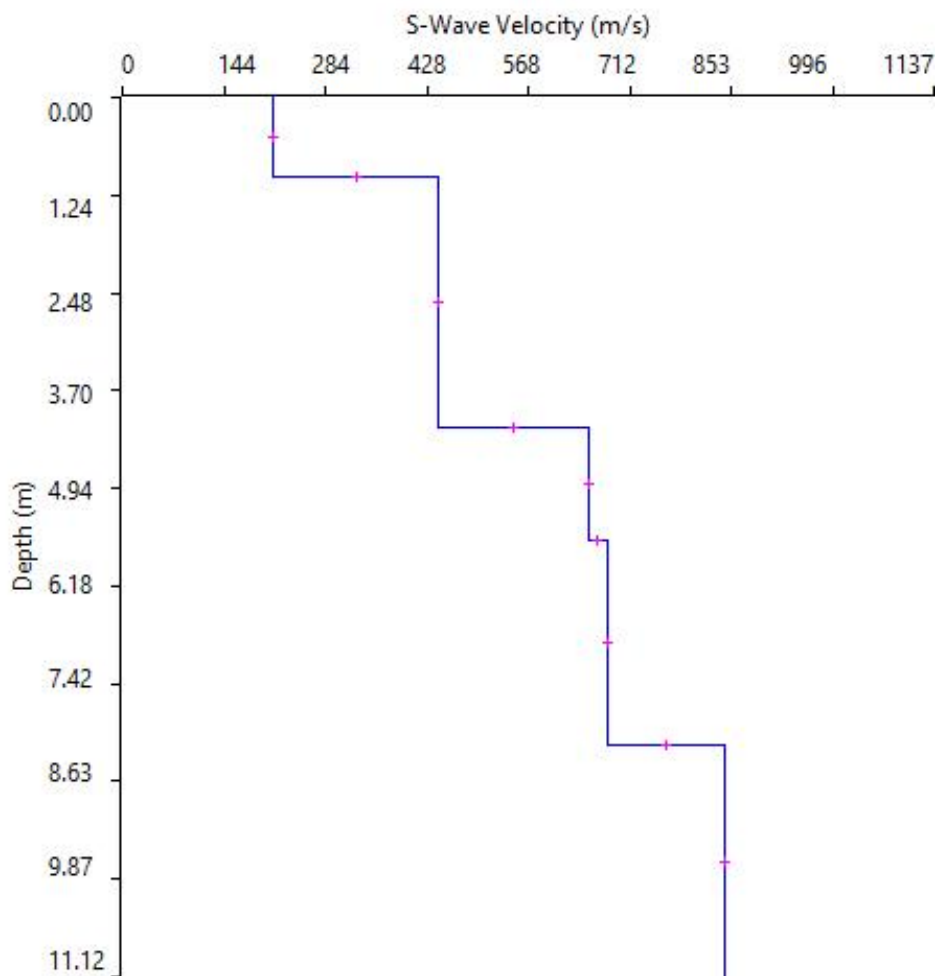
GRAFICO P-F CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE – MASW 01



CURVA DI DISPERSIONE – MASW 01



ROFILO VS – MASW 01



Categoria "B" - $V_{s,eq}=457$ m/s calcolato a partire dal p.c. e bedrock sismico a 8,19 m da p.c

N. SISMOSTRATI – SPESSORI - PROFONDITA' - VELOCITA' ONDE S

		Thickness	Depth	Vs
Layer 1	<input type="checkbox"/>	1.01	0.00 <input type="checkbox"/>	212
Layer 2	<input type="checkbox"/>	3.16	1.01 <input type="checkbox"/>	442
Layer 3	<input type="checkbox"/>	1.42	4.17 <input type="checkbox"/>	652
Layer 4	<input type="checkbox"/>	2.60	5.59 <input type="checkbox"/>	680
Layer 5	<input type="checkbox"/>	INF	8.19 <input type="checkbox"/>	843

ELABORATI INDAGINE RE.MI.: RE.MI.1

Discarica CO.BE.MA – Canosa di Puglia

SISMOGRAMMA MEDIO – RE. MI. 1

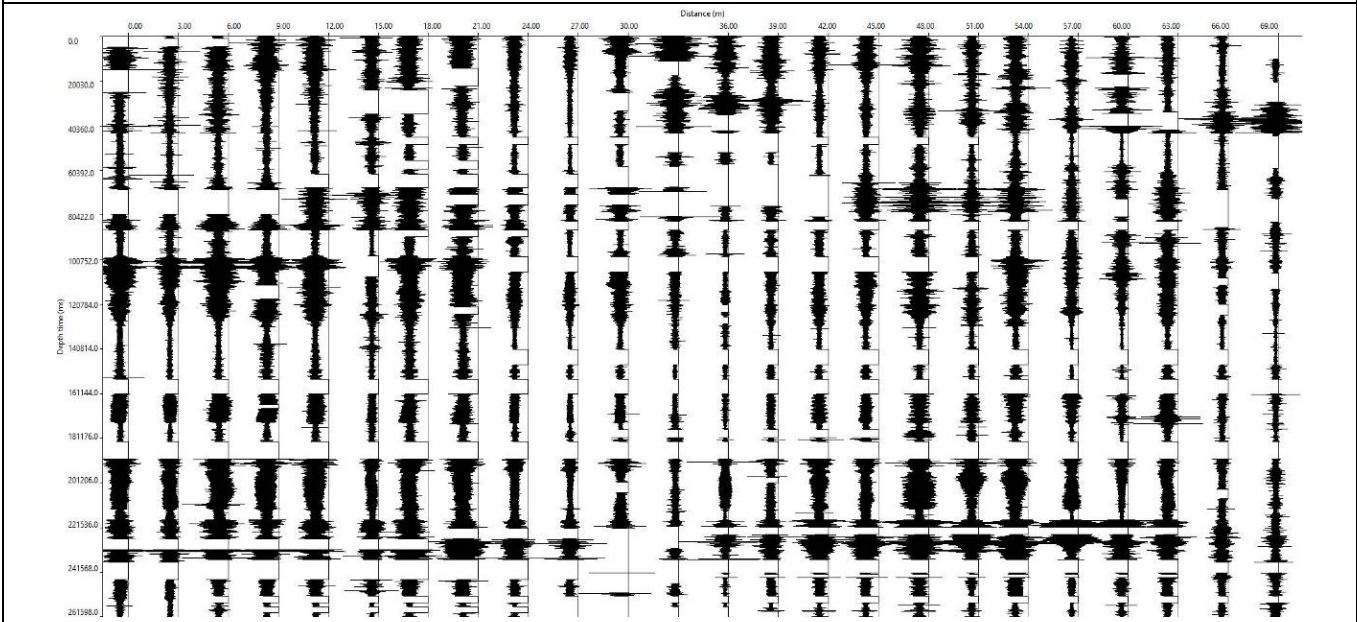
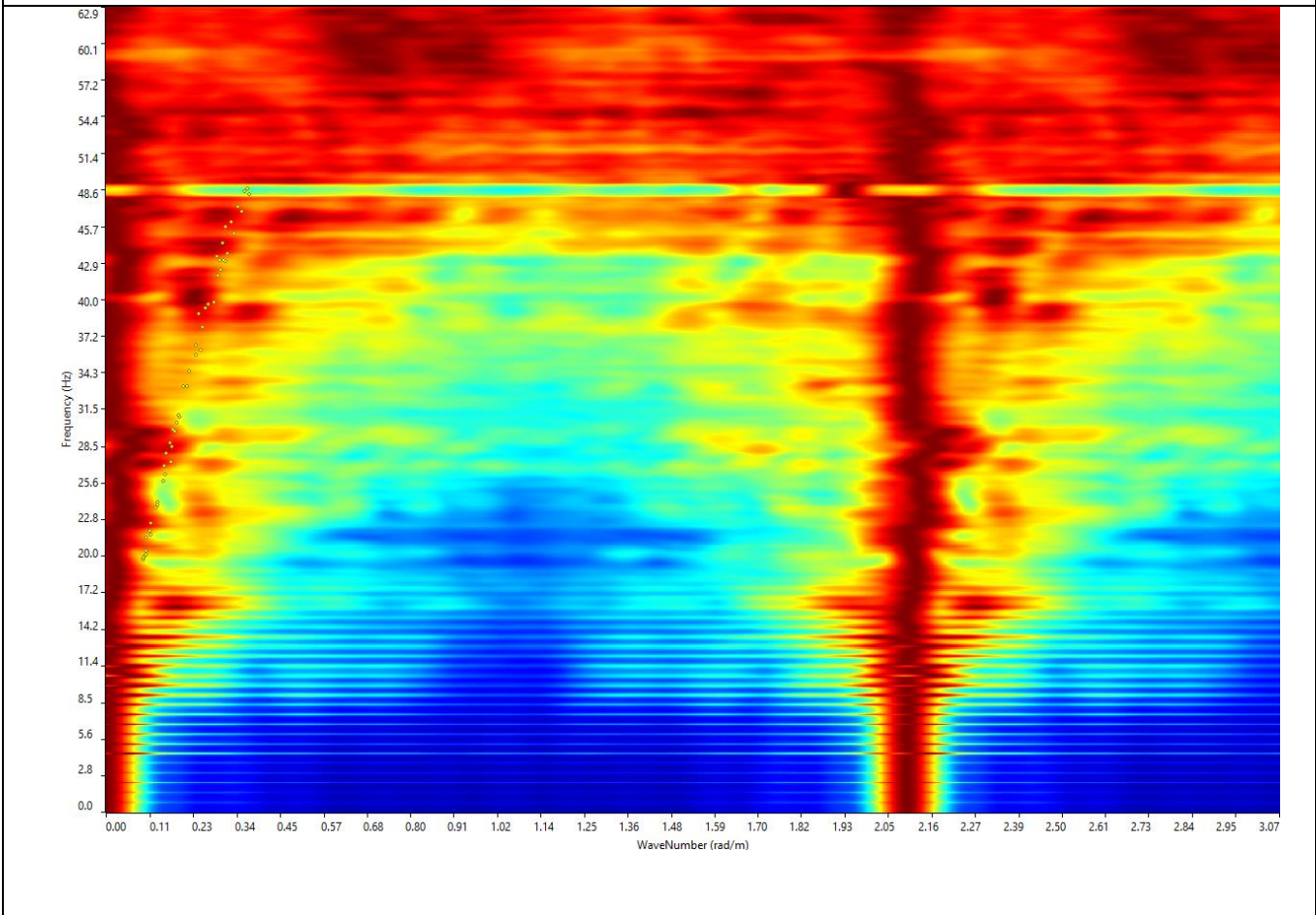
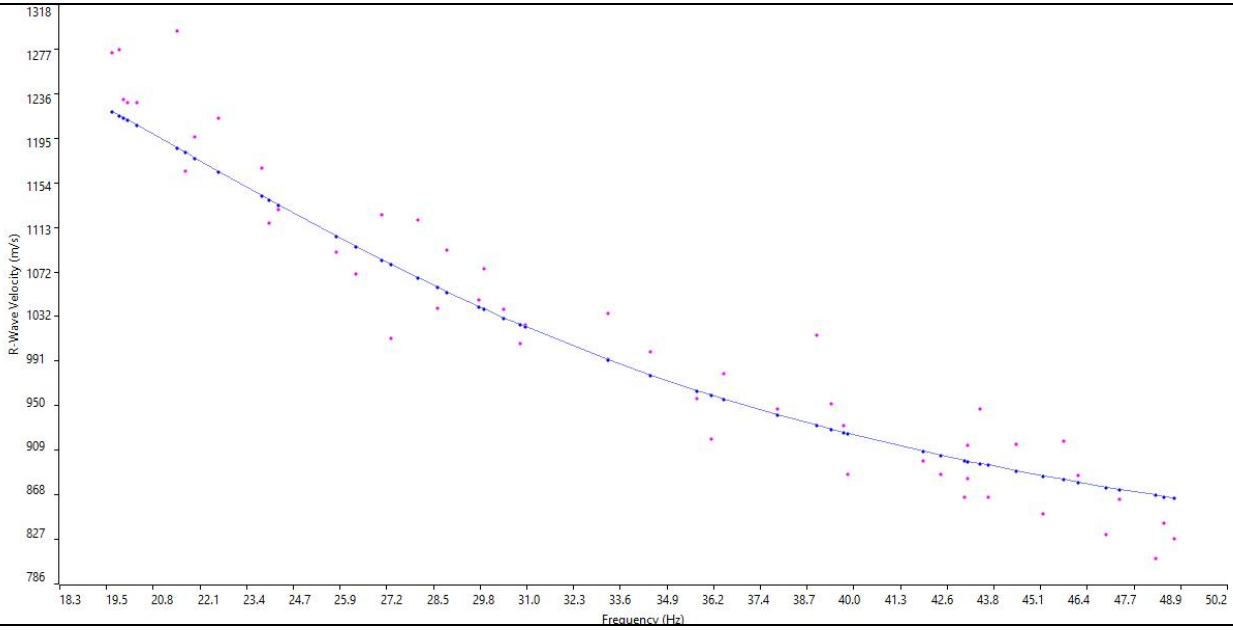


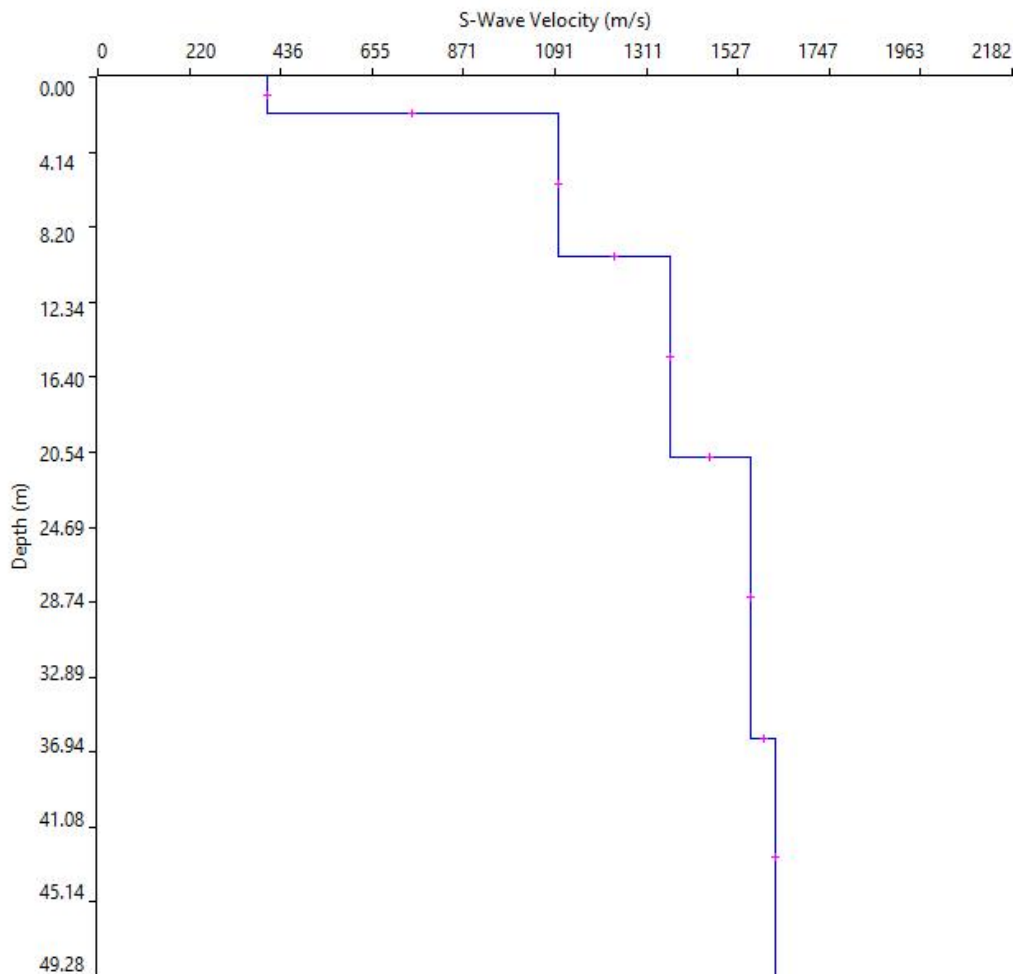
GRAFICO P-F CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 1



CURVA DI DISPERSIONE – RE. MI. 1



PROFILO VS – RE. MI. 1



Categoria "A" – presenza del substrato a partire dalla profondità di 2,0 m da p.c.

ALLEGATO 03 – REPORT FOTOGRAFICO DELLE INDAGINI

-
- **PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE DI SUPERFICIE – SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA**
 - **PROSPEZIONI SISMICHE DI SISMICA PASSIVA – MASSW E RE.MI.**
-

INDAGINI SISIMICHE DI SUPERFICIE

Discarica CO.BE.MA – Canosa di Puglia

BS01 e MASW01, con p.to di vista dal geofono G01



BS01 e MASW01, con p.to di vista dal geofono G24



BS01 e MASW01, particolare della strumentazione



BS02 e Re.Mi.01, con p.to di vista dal geofono G01



BS02 e Re.Mi.01, con p.to di vista dal geofono G01



BS02 e Re.Mi.01, particolare della strumentazione



BS03, con p.to di vista dal geofono G01



BS03, con p.to di vista dal geofono G24



BS03, particolare della strumentazione

