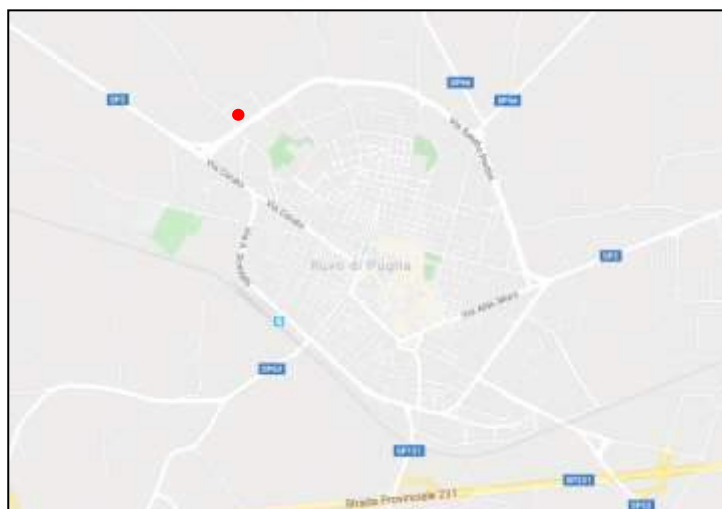


INDICE

<i>PREMESSA.....</i>	<i>2</i>
<i>PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI).....</i>	<i>7</i>
<i>CARATTERI MORFOLOGICI E GEOLOGICI</i>	<i>11</i>
<i>SISMICITA' E PARAMETRI SISMICI</i>	<i>22</i>
<i>PROSPEZIONI SISMICHE CON IL METODO "MASW</i>	<i>29</i>
<i>VS, EQ E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....</i>	<i>32</i>
<i>PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P</i>	<i>35</i>
<i>PARAMETRI GEOTECNICI.....</i>	<i>38</i>
<i>CARATTERI IDROGEOLOGICI</i>	<i>42</i>
<i>CONCLUSIONI.....</i>	<i>47</i>

PREMESSA

Su incarico dei proprietari del Comparto Edificatorio “C.2” – Zona Territoriale Omogenea C1 Semintensiva “A” (nuova espansione residenziale) del P.R.G. del Comune di Ruvo di Puglia (BA) è stata redatta la seguente relazione di compatibilità geologica, morfologica, sismica ed idrogeologica ai sensi dell’art. 89 del D.P.R. n°380/2001.



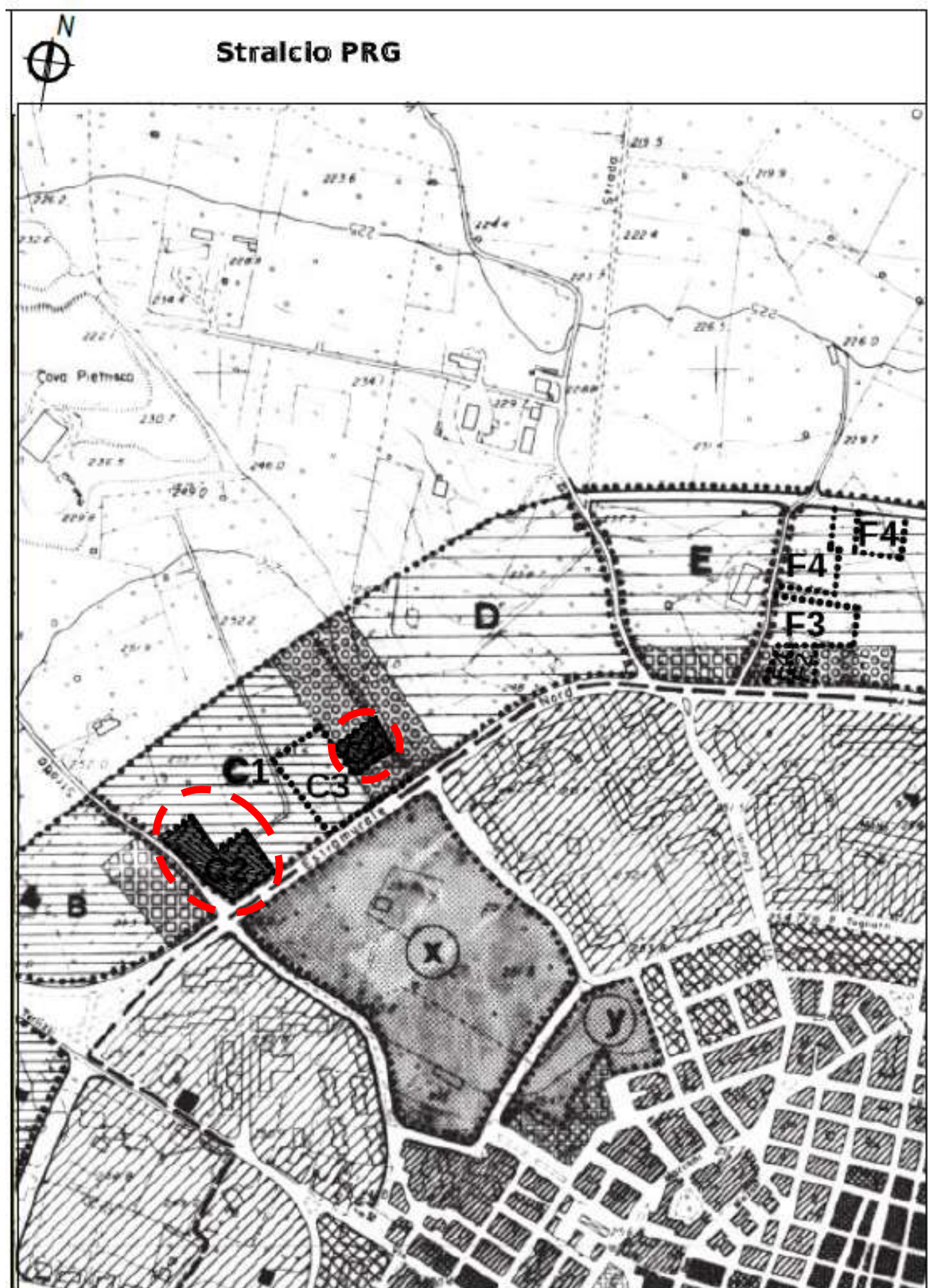
Inquadramento territoriale

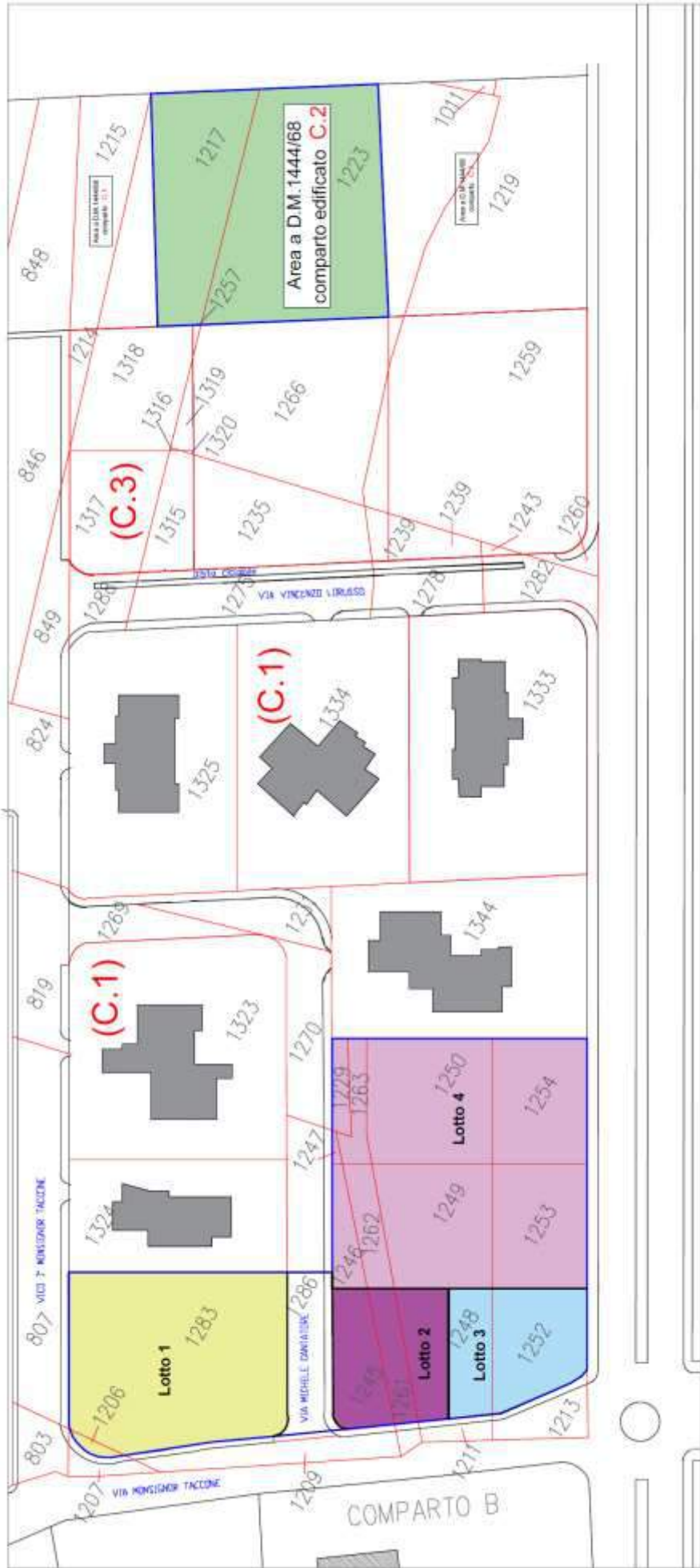
In particolare tale comparto prevenderà l'adeguamento ai disposti di cui alla Delibera di Giunta Regionale n.2753/2010 recante i "Criteri per perseguire la qualità dell'assetto urbano". Quest'ultimo punto si riferisce alla potenziale applicazione delle procedure previste dalla L. Regione Puglia n. 13/2008 (Norme per l'Abitare Sostenibile) così come assunta dalla Delibera di C.C. del Comune di Ruvo di Puglia n. 63 del 21.12.2011. Il progetto conterrà, infatti, la verifica di una serie di prerogative che il Piano dovrà possedere, tali da consentire, ai sensi della L.R. 13/2008 e della Delibera di C.C. richiamata, incrementi volumetrici graduati in relazione alla qualità e sostenibilità ambientale espressa dai manufatti edilizi in previsione di realizzazione.

Presa visione dei luoghi, ed in accordo con la committenza ed i progettisti sono state concordate le seguenti indagini:

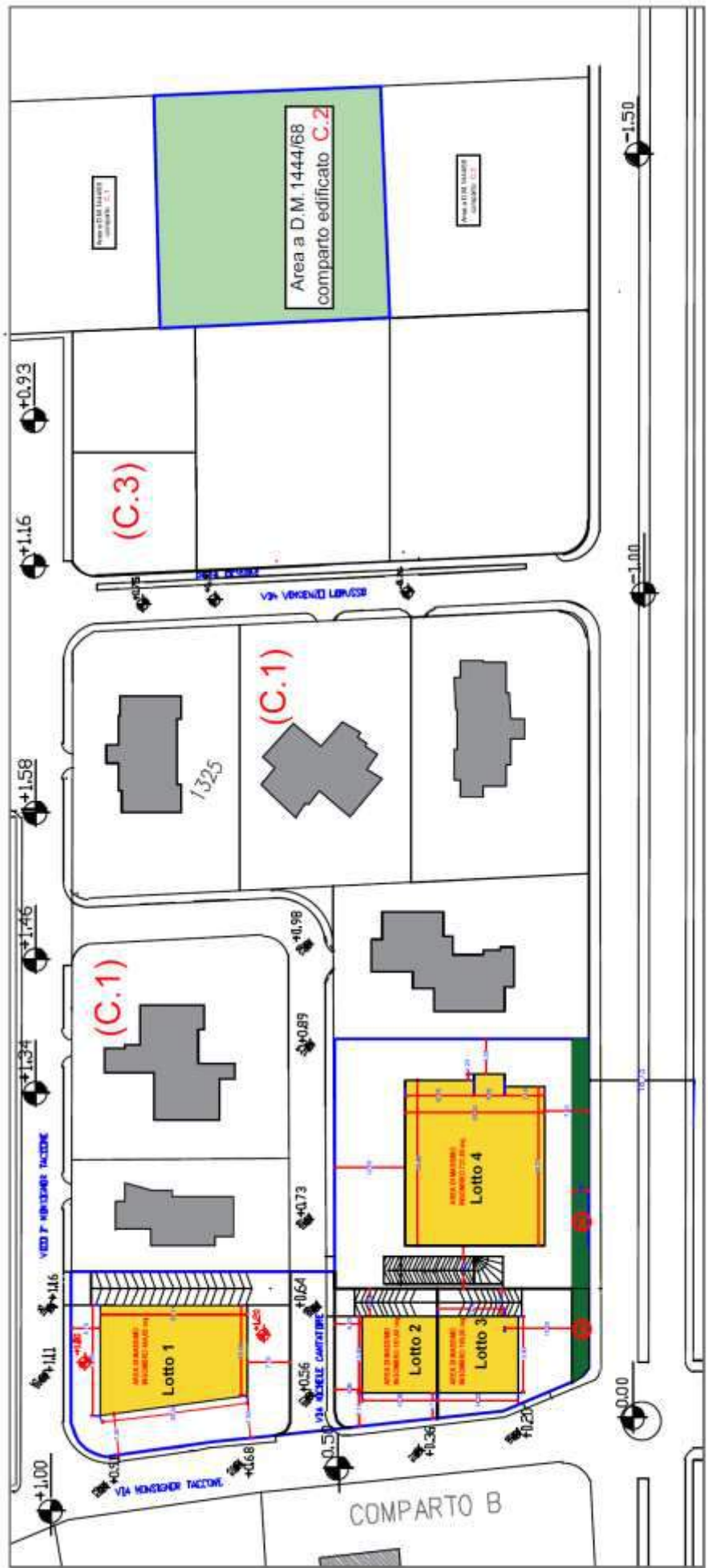
- Rilevamento geologico di dettaglio;
- Analisi vincolistica Idraulica e Geomorfologica;
- Modellazione geologica ed idrogeologica;
- Pericolosità sismica di base;
- Indagini MASW, V_{seq} e classificazione del suolo di fondazione;
- Indagini geofisiche;
- Parametrizzazione geotecnica del substrato di fondazione;

I dati di campagna sono stati integrati con la bibliografia specialistica esistente sulla zona. La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alla vigente normativa sui terreni di fondazione, L. 64/74, DM 21.01.81, DM 11.03.88, DM 14.09.05 e DM 14.01.08, NTC 2018 ed dell'art. 89 del D.P.R. n°380/2001.





PLANIMETRIA CATASTALE CON INDIVIDUAZIONE DEI LOTTI



PLANIMETRIA DI PROGETTO

PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Autorità Di Bacino Distrettuale Dell'appennino Meridionale

Il PAI, adottato con Delibera Istituzionale n°25 del 15/12/2004 ed approvato con Delibera Istituzionale n°39 del 30/11/2005, è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità dei versanti, necessario a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

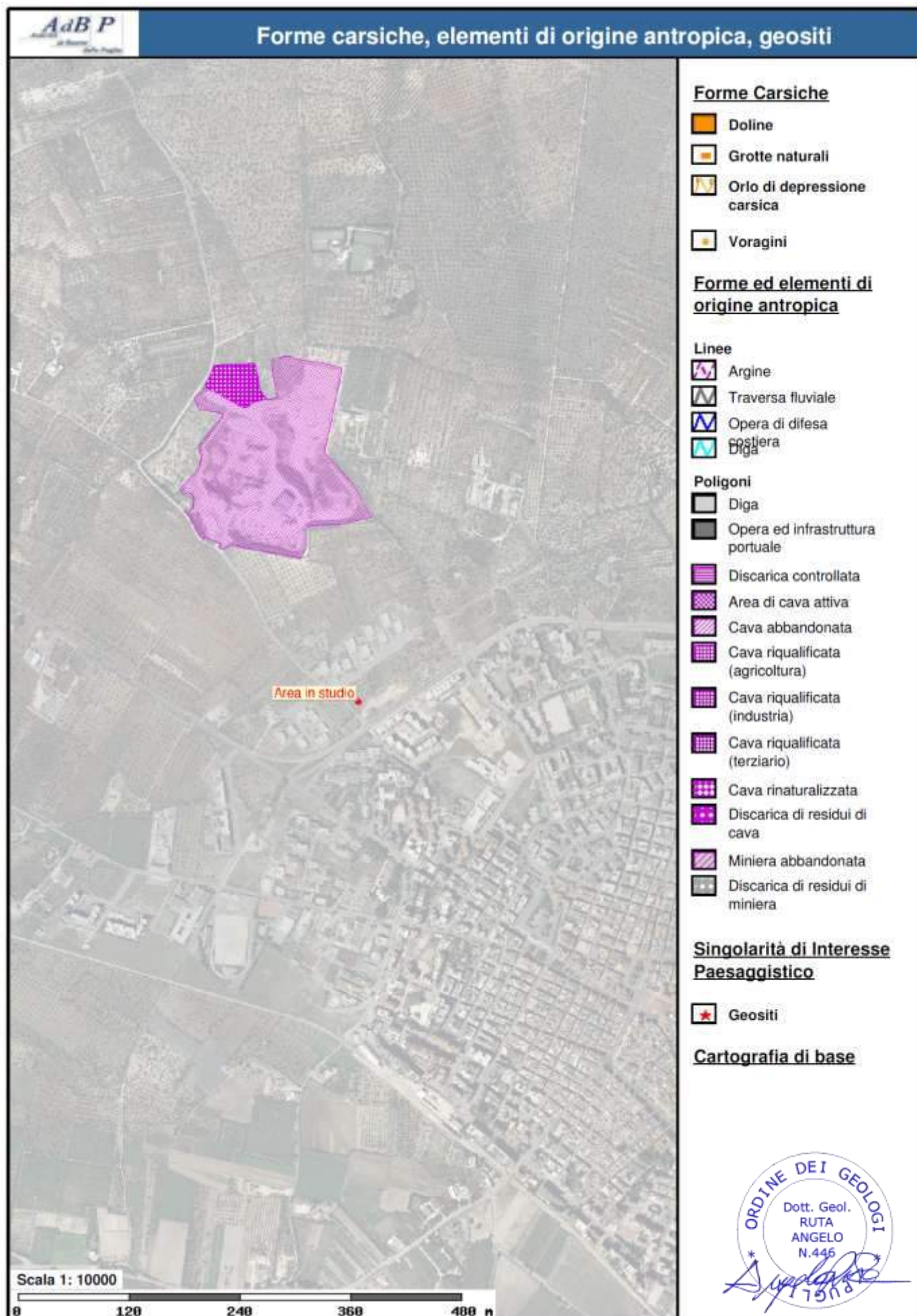
L'analisi della "Carta Idrogeomorfologica" (aggiornata al 13.12.2016) e della "Carta di Rischio e della Pericolosità Idraulica e Geomorfologica" (aggiornata all' 19/11/2019), ha permesso di escludere situazioni di pericolosità idraulica e geomorfologica nell'area oggetto di studio.

In riferimento a quanto prescritto dalle N.T.A. del Piano di Bacino (PAI), si precisa che il sito d'intervento è esterno alle aree di rischio idraulico/geomorfologico e non rientra tra le aree di rischio di cui gli art. 6 e 10 delle NTA del PAI.

L'area d'intervento non è inoltre interessata dalla presenza di "Geositi, Forme Carsiche e Forme ed elementi di origine antropica".







CARATTERI MORFOLOGICI E GEOLOGICI

L'area oggetto di studio rientra nella tav. III NO "Ruvo di Puglia" del F° 176 IGM. Essa è ubicata a circa 900 a NW dal centro cittadino, ad una quota pari a circa 253 metri s.l.m. e ad una distanza di circa 13 km dalla linea di costa.



- Stralcio Foglio 177 IGM, Tav. III NO "Ruvo di Puglia" -

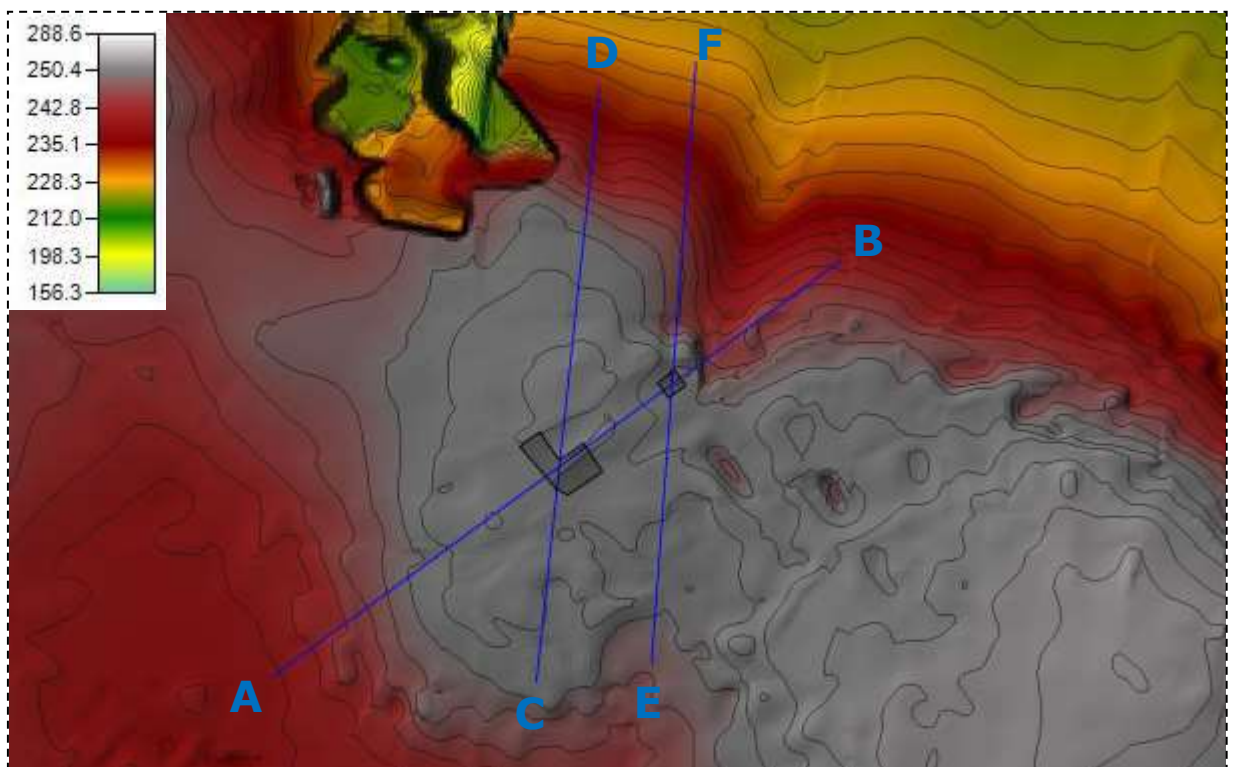
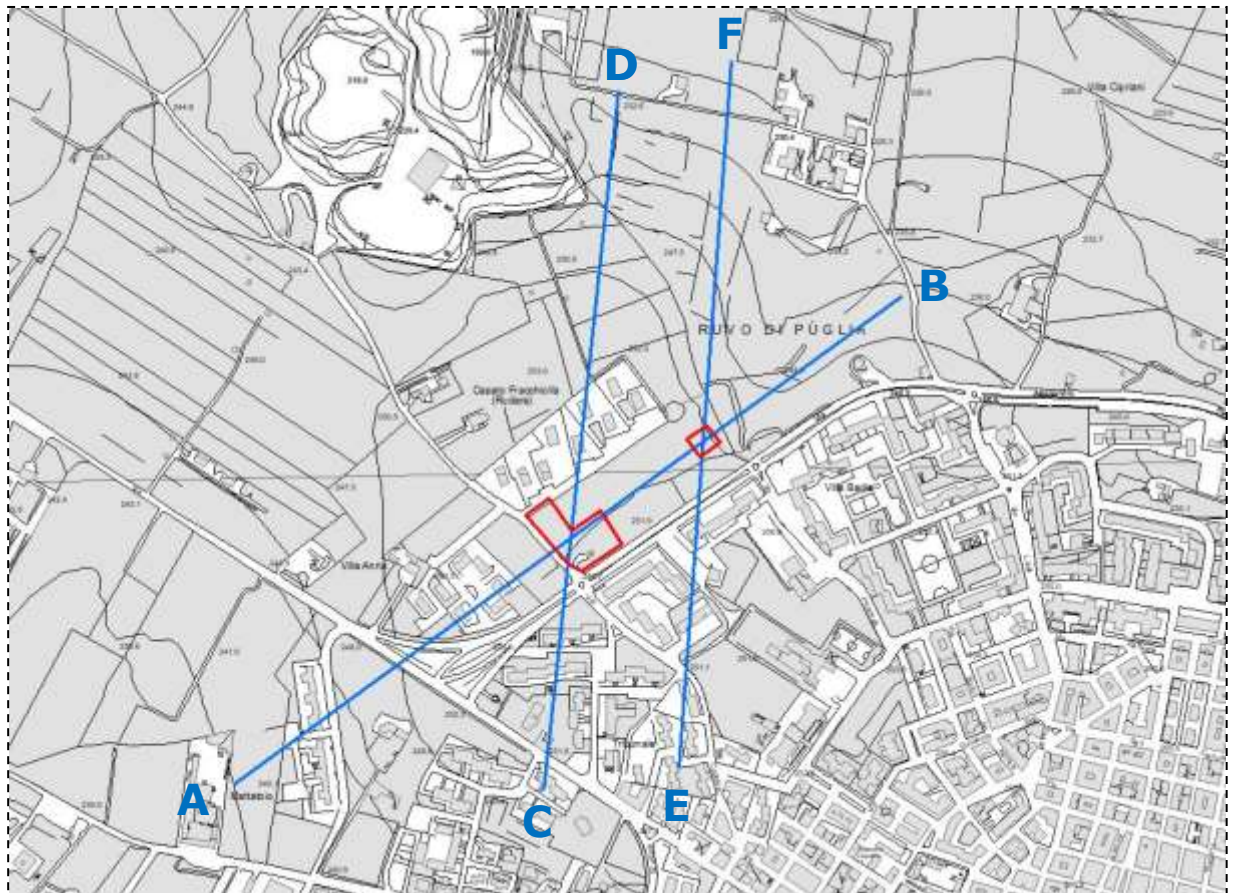
Geograficamente l'area in questione fa parte della regione costiera pugliese, caratterizzata da una serie di ripiani posti a quote progressivamente più basse a partire dalla zona più interna dell'altopiano murgiano, verso la costa adriatica, digradando progressivamente sino a raggiungere l'attuale livello del mare, con una tipica morfologia "a gradoni". Si tratta di antichi terrazzi marini, disposti circa parallelamente alla costa, che si raccordano tramite piccole scarpate sagomate dall'azione del mare, e che rappresentano antiche linee di costa.

I vari ripiani si presentano debolmente ondulati, allungandosi in direzione NW-SE, con una leggera inclinazione verso NE. La morfologia “a gradoni”, data dall’insieme di detti terrazzi marini, è il risultato di processi di deposizione marina e successiva regressione del livello marino, che testimoniano il progressivo ritiro del mare durante il Quaternario, sino a raggiungere l’attuale posizione della linea di costa.

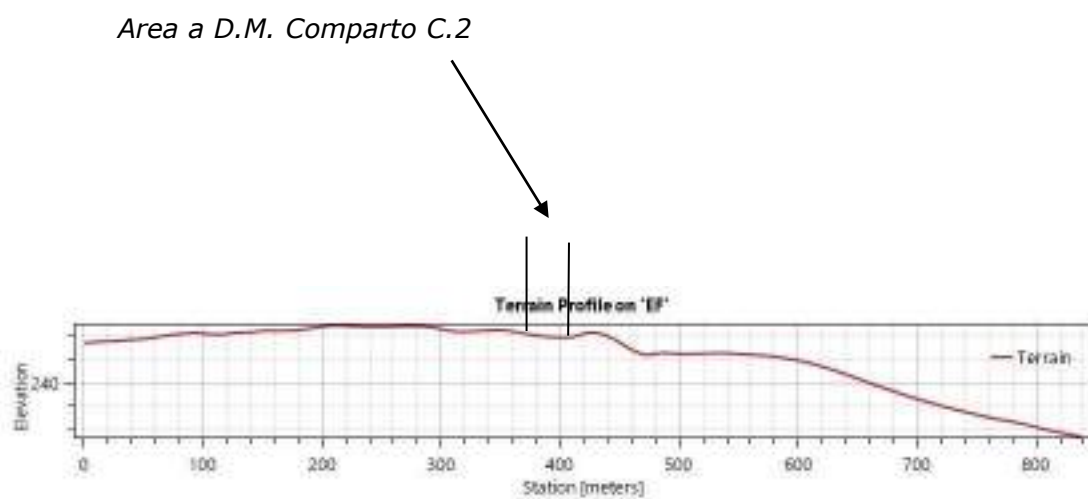
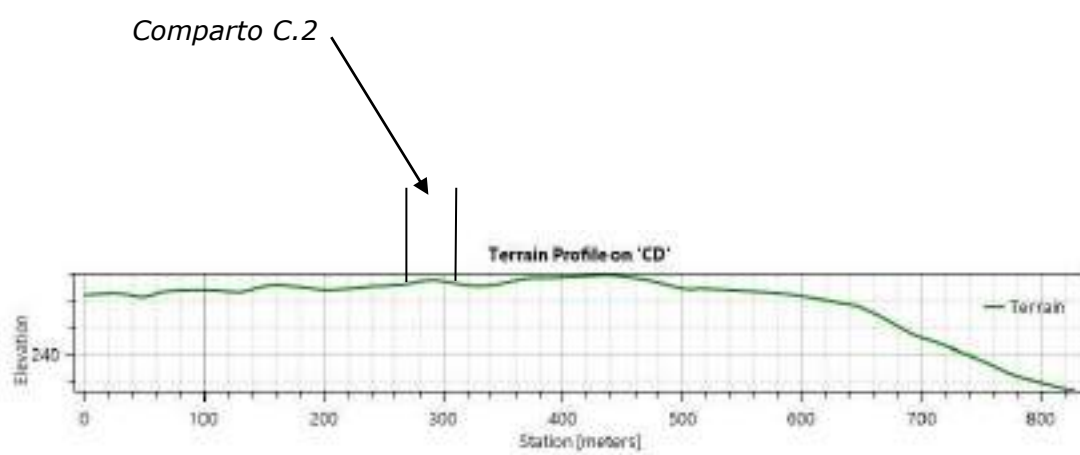
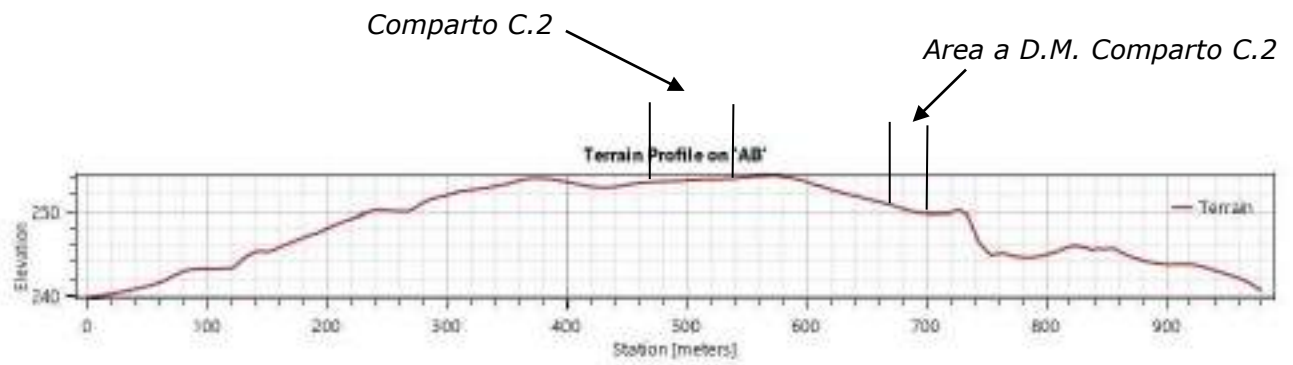
Una caratteristica morfologica di rilievo è costituita da numerosi solchi erosivi (“lame”), prodotti dalle acque di ruscellamento superficiale, che incidono l’altopiano calcareo con direzione prevalente nord-sud, sino a raggiungere l’attuale linea di costa. Dette lame generalmente si presentano asciutte e solo a seguito di copiose precipitazioni convogliano per brevissimi periodi notevoli quantità di acqua. Le acque di precipitazione, nel tempo, hanno trasportato e accumulato depositi alluvionali, mascherando in molti casi l’originale configurazione morfologica del substrato, in particolare nelle zone depresse.

Nello specifico l’area d’intervento ricade all’interno dell’alto morfologico su cui è impostato il centro abitato e presenta un andamento planimetrico sub-pianeggiante, con differenze di quote di circa 1 metro tra il Lotto 1 ed i Lotti 2-3-4; unico elemento morfologico di rilievo è rappresentato da un salto morfologico (di circa 5 mt) localizzato a circa 45 mt ad est dell’area a D.M. ovvero in corrispondenza del limite del Comparto “D”.

Nel complesso quindi il Comparto C.2 non presenta emergenze geomorfologiche e le sue caratteristiche ne assicurano la stabilità generale; non si rilevano infatti fenomeni di dissesto attivi o incipienti che possono alterare l’attuale equilibrio statico.



CTR e modello digitale del terreno con indicazione delle sezioni morfologiche



Sezioni morfologiche

Dal punto di vista litologico la zona è caratterizzata da una potente serie carbonatica di età cretacea rappresentata dal Gruppo dei calcari delle Murge. La successione stratigrafica, iniziando dal termine più antico, comprende:

- Calcare di Bari (Cretaceo);
- Depositi marini (Pleistocene);
- Depositi alluvionali recenti (Olocene, Pleistocene sup.).



LEGENDA

ELEMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI

Litologia del substrato

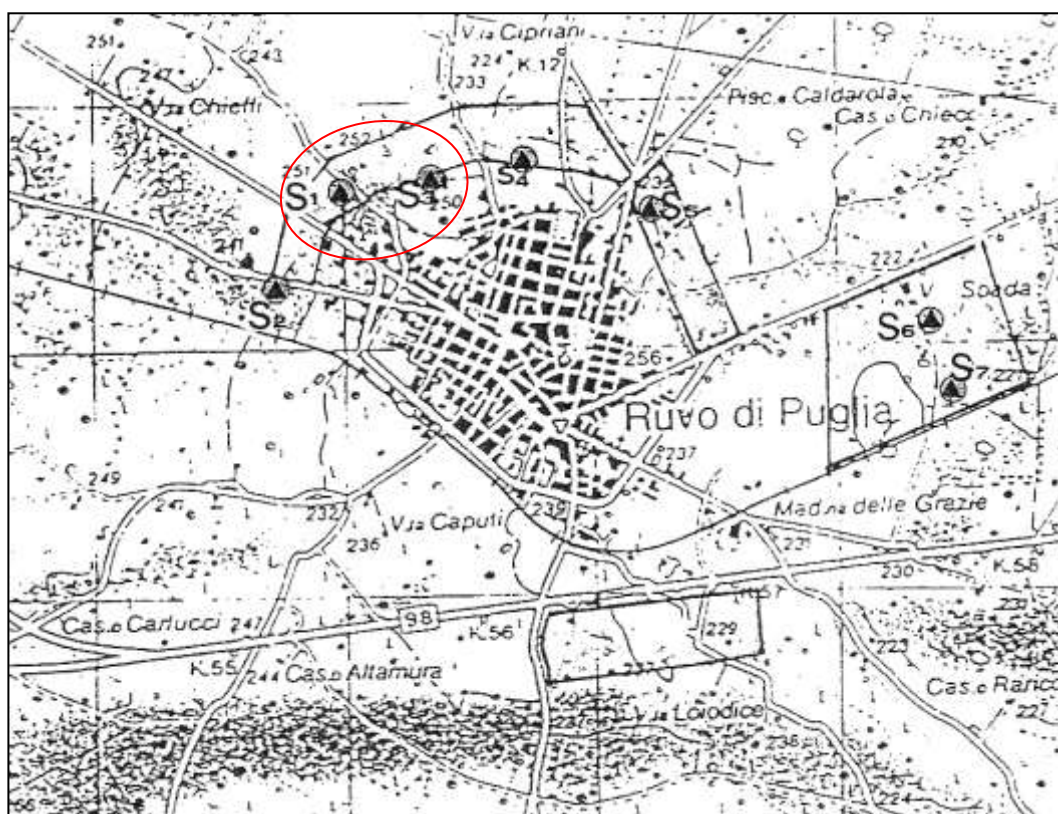
- Rocce prevalentemente calcaree o dolomitiche
- Rocce evaporitiche (carbonatiche, anidritiche o gessose)
- Rocce prevalentemente marnose, marnoso-pelliche e pelliche
- Rocce prevalentemente arenitiche (arenarie e sabbie)
- Rocce prevalentemente ruditiche (ghiaie e conglomerati)
- Rocce costituite da alternanze
- Depositi sciolti a prevalente componente pellica e/o sabbiosa
- Depositi sciolti a prevalente componente ghiaiosa

Area in studio

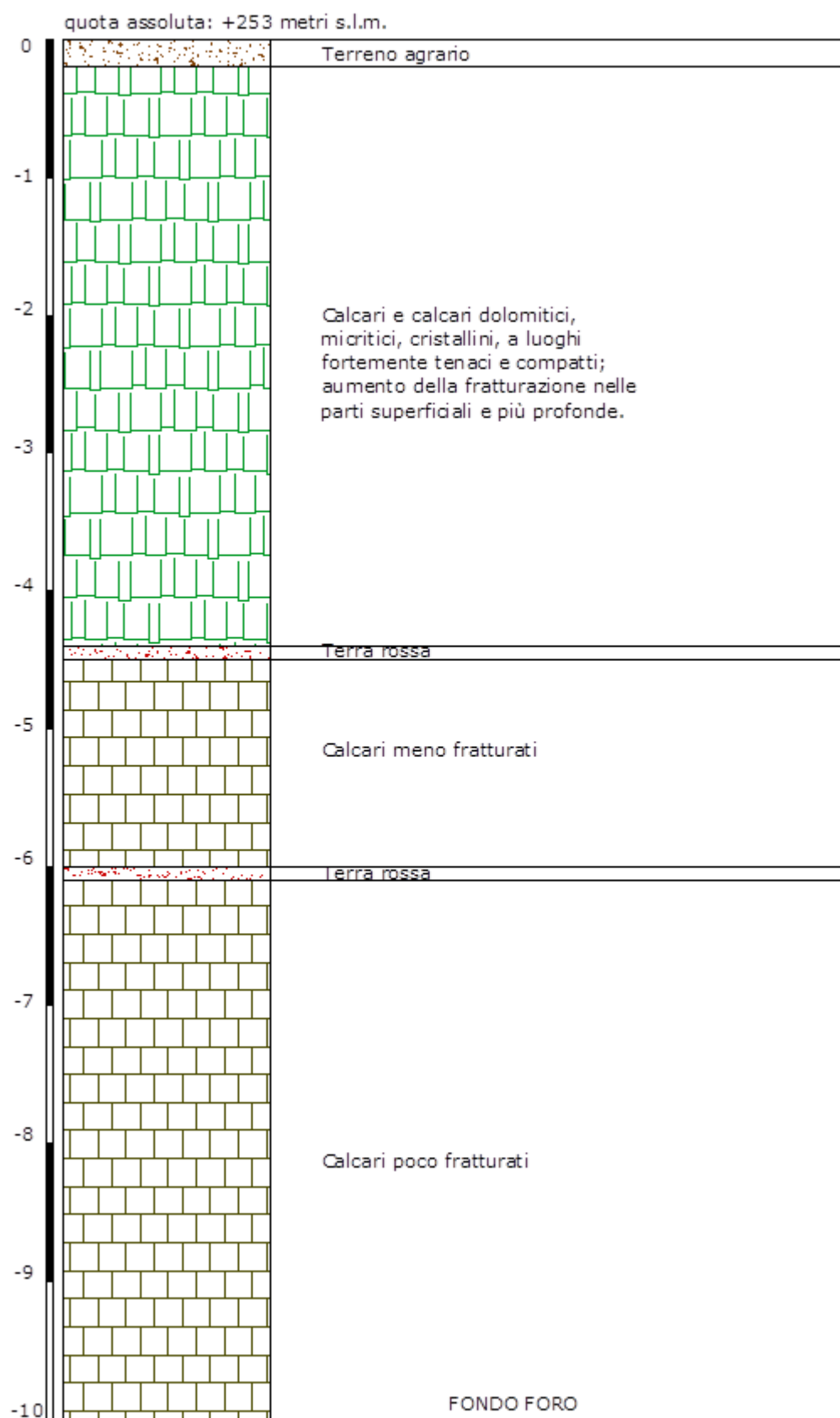


Panoramica scavo di fondazione, particella 1333 Comparto C1

Qui di seguito si riportano le colonne stratigrafiche (prossime all'area d'intervento) relative a 2 sondaggi meccanici a carotaggio continuo eseguiti in occasione della variante al P.R.G. ed ubicati come da stralcio accluso.



Committente: Comune di Ruvo di Puglia
Sondaggio: S1

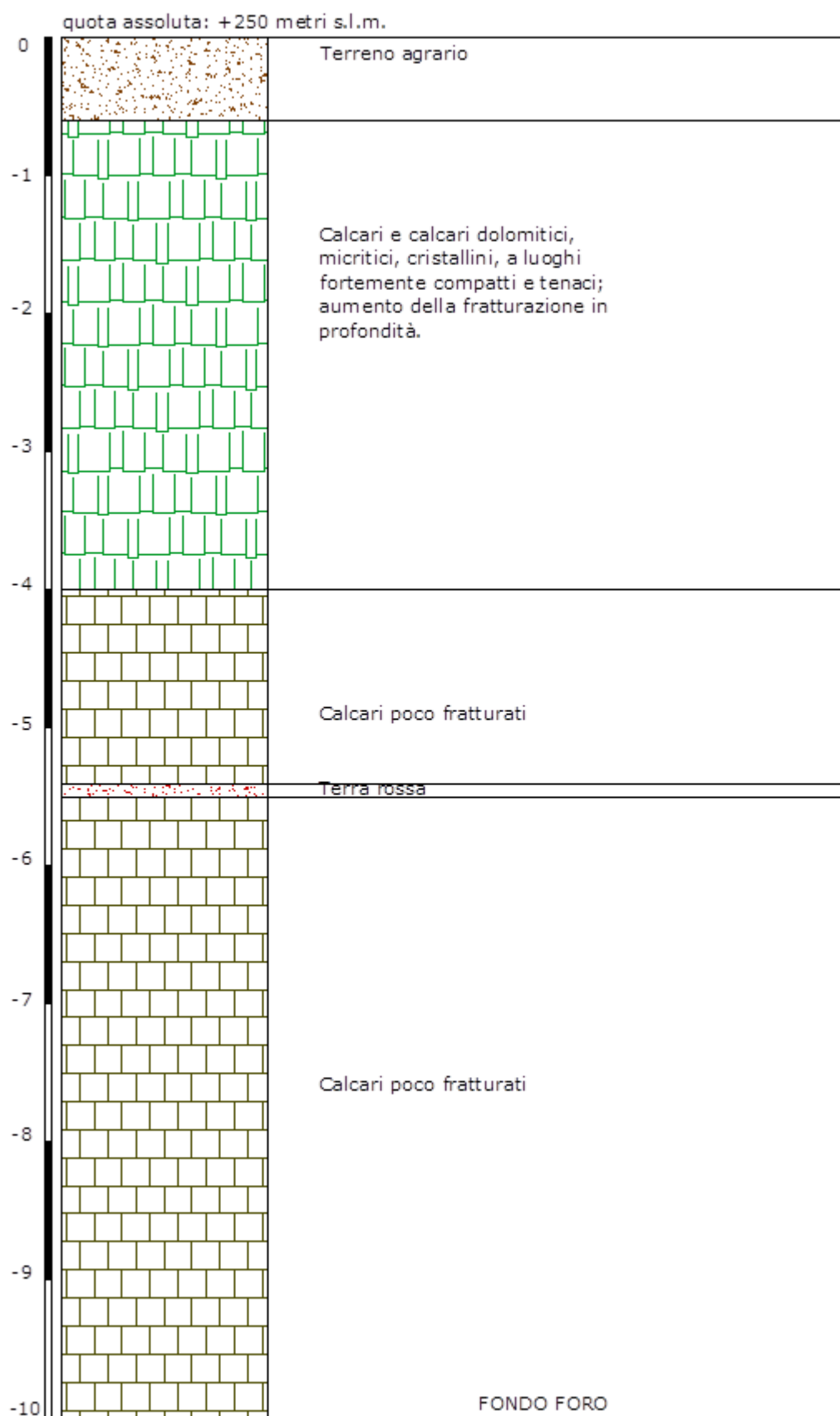


NOTE:

SISTEMA: ROTAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO

FALDE: ASSENTI

Committente: Comune di Ruvo di Puglia
Sondaggio: S3



NOTE:

SISTEMA: ROTAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO

FALDE: ASSENTI

Il "Calcare di Bari" rappresenta il basamento rigido della zona ed è costituito da una serie sedimentaria prevalentemente calcarea caratterizzata, in questa zona, da dolomie e da calcari dolomitici grigi ai quali s'intercalano, più o meno frequentemente, calcari bianchi micritici o bioclastici a grana fine.

Le dolomie ed i calcari si presentano in strati o in banchi, ripetutamente laminati, con diffuse cariatature dovute a dissoluzione. Il fenomeno carsico è ovunque presente e si sviluppa con intensità diversa in superficie ed in profondità. Le cavità presentano forma e dimensioni varie; le più comuni sono interstrato e da frattura, spesso sono parzialmente o interamente riempite da terra rossa rideposta o da depositi di varia natura. La fratturazione dell'ammasso roccioso risulta nel complesso elevata, con molteplici direzioni delle discontinuità primarie. L'assetto strutturale della serie calcarea è in generale a monoclinale, con leggere inclinazioni verso l'attuale linea di costa. A tratti è possibile notare un diverso assetto geometrico della successione carbonatica imputabile ad episodi compressivi o di trazione.

Lo spessore totale di questa formazione supera i 3000 m.

Dal basso verso l'alto, i "livelli guida" presenti nella successione del Calcare di Bari sono:

- *Livello "Andria"*: è costituito da un banco calcareo biostromale che si trova al contatto tra dolomie e calcari. Si tratta della porzione più antica di tutta la successione affiorante, riferibile al Barremiano e si rileva nei territori di Barletta, di Andria e di Trani in corrispondenza della blanda Anticlinale di Monte Acuto (MARTINIS, 1961);
- *Livello "Corato"*: è costituito da pochi banchi di calcare bianco o rosato a grana fine, in qualche caso addirittura ceroide. Presenta, al letto, un banco di calcare giallastro. Affiora poco sopra la base della parte esposta del Calcare di Bari tra Corato e Bisceglie. Il più tipico affioramento corrisponde ad un solco erosivo poco ad E di Corato. Lo spessore, misurato in questa località, è di circa 15 m. Il livello è stato riferito al Barremiano-Aptiano;

- *Livello "Palese"*: comprende strati di calcari detritici. Separato dal sottostante livello fossilifero ("Corato") da un intervallo stratigrafico di circa 400 m, è osservabile oltre che a NO di Bari, anche nelle zone a NO di Bitonto e a S di Terlizzi. Località tipica di affioramento: Torre S. Bartolomeo a E di Palese. Spessore complessivo (presso Palese), una trentina di metri. Età: Albiano. Tra il livello "Palese" e quello sovrastante ("Sannicandro") la serie è prevalentemente costituita da dolomie e presenta nel tratto superiore un discontinuo livello di breccia calcareo-dolomitica a cemento dolomitico. Sia la parte dolomitica che il livello di breccia hanno spessori assai variabili, in genere in aumento da est verso ovest;
- *Livello "Sannicandro"*: è costituito da un banco di calcare bianco e ceroidale. Il livello sovrasta quello precedentemente descritto ("Palese") di circa 800 m. È bene osservabile nell'area del foglio Bari, specie tra Valenzano, Sannicandro di Bari, Grumo Appula e Palo del Colle (la migliore esposizione si ha però nel foglio 189 "Altamura", sui fianchi di un solco erosivo, circa 2 Km a O di Sannicandro di Bari). Ha uno spessore dell'ordine di 4-5 metri; è riferibile al Cenomaniano;
- *Livello "Toritto"*: è una bancata di calcare macroorganogeno (talora con tracce di stratificazione). Nella serie, si trova a circa 200 metri sopra il livello "Sannicandro". Si estende ad O di Toritto per almeno 30 Km; attraversa comunque l'area del foglio "Bari" presso il suo estremo sud-occidentale (Masseria Mellini a S di Mariotto). La più tipica località di affioramento è situata nel solco erosivo detto Lama di Grotta, 1 Km a S di Toritto (F° 189 "Altamura"). La bancata ha spessore variabile dai 30 agli 80 metri. Il livello è riferibile al Turoniano (dalle Note Illustrative della Carta Geologia d'Italia scala 1:100.000, Foglio 177 e Foglio 178 "Bari" e "Mola di Bari", 1967).

I "Depositi marini", non presenti nell'area in studio, rappresentano la litofacies che individua l'inizio della sedimentazione marina nell'Avanfossa Subappenninica, pertanto il loro spessore si rastrema addentrandosi nelle zone di piattaforma. In generale sono costituiti da calcareniti carbonatiche

di colore giallastro, a grana e resistenza variabile, a giacitura suborizzontale con una netta stratificazione incrociata con strati a sviluppo tabulare la cui orientazione e pendenza confermano che l'accumulo dei depositi è dovuto al moto ondoso. Frequenti sono i fossili marini interi ed in frammenti; stratigraficamente sono trasgressivi e discordanti sul "Calcare di Bari". A luoghi sono presenti anche depositi limoso - sabbiosi affioranti in lembi trasgressivi sulle unità calcarenitiche. La parte basale è costituita da argille siltose di colore grigiastro, a luoghi fossilifere. Passano verso l'alto a sabbie di calcaree giallastre con termini calcarenitici localmente note con il nome "carparo".

I "Depositi Alluvionali", non presenti nell'area in studio, sono localizzati in corrispondenza dei solchi erosivi di origine meteorica; trattasi di depositi terrosi e ciottolosi recenti, che si dipartono dalle zone interne per raggiungere la linea di riva adriatica. Nei più importanti solchi erosivi del territorio, disposti tutti secondo SSW-NNE, si osservano sabbie ocracee, argille rossastre e blocchi del substrato mesozoico con strutture da dissoluzione carsica.

SISMICITA' E PARAMETRI SISMICI

Quadro normativo di riferimento

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 - criteri classificazione sismica territorio nazionale;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 02.10.03 -Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile - Decreto 21 ottobre 2003 - Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio

nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica».

- Deliberazione della giunta regionale 02.03.04 n. 153 – L.R. 20/00 – OPCM 3274/03 – individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategiche e rilevanti. Approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 03.05.2005 – Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". (Ordinanza di proroga di tre mesi (8 agosto 2005) dell'entrata in vigore dell'Ord. P.C.M. 3274/2003).
- DM 14.09.2005 – norme tecniche per le costruzioni.
- OPCM 3519 DEL 28.04.2006 – criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone

Sismologia

In generale il quadro sismotettonico di un territorio è caratterizzato da:

- grado di sismicità del territorio;
- grado di sismicità dei territori contigui.

La provincia di Bari è costituita da aree sismogenetiche (cioè i territori in cui sono state riconosciute strutture tettoniche attive) a “bassa energia” mentre i territori contigui (Capitanata, Gargano, Subappennino, Albania, Grecia) presentano aree ad “alta energia”. Nel complesso, il

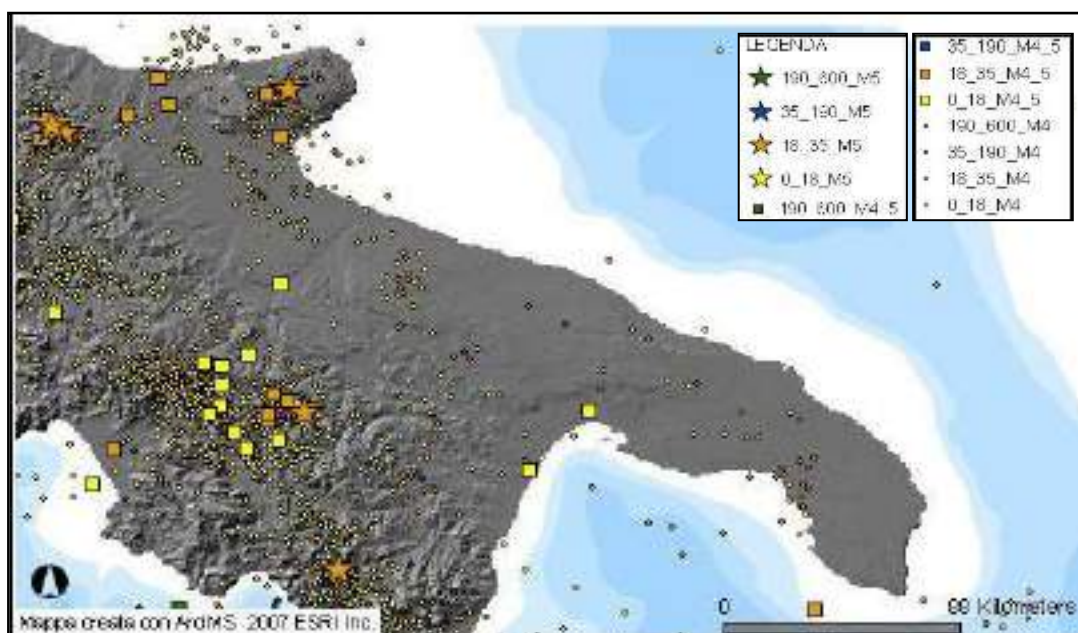
rischio sismico della provincia barese presenta un rischio “medio-alto” in termini di sismicità risentita, cioè legata ad eventi sismici che hanno epicentro in altre aree.

Di seguito si riporta l'elenco delle osservazioni macrosismiche di terremoti di aree italiane al di sopra della soglia del “danno” dall'anno 1000 al 1980 (GNDT DOM4.1).

La colonna “effetti” riporta l'intensità (I_s) (scala Mercalli – MCS) con cui è stato avvertito il terremoto a Bari e, nella colonna “*in occasione del terremoto di:*” il toponimo dell'area epicentrale, l'intensità (I_x) e la magnitudo (M_s) (scala Richter).



Storia sismica di Ruvo di Puglia limitatamente ai valori di $I_s(x10) \geq 45$ (GNDT – DOM4.1)

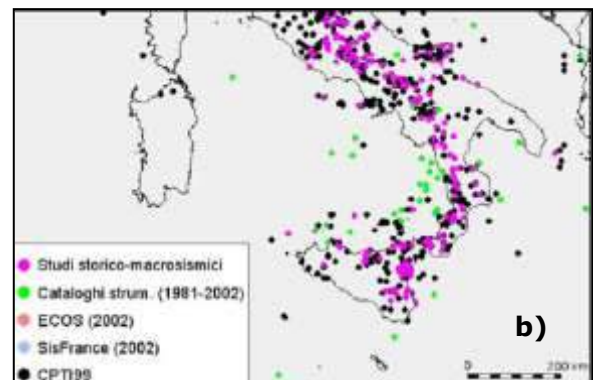
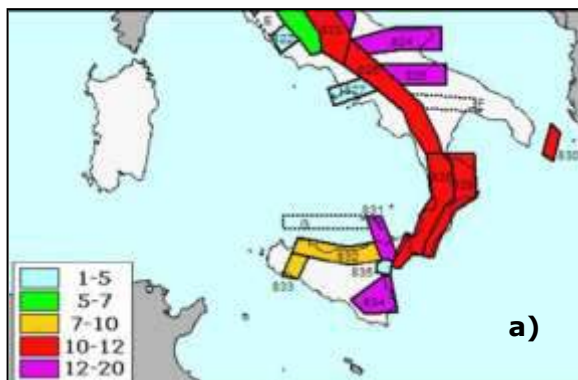


Catalogo Sismico Nazionale (GNDT)

DATA	EFFETTI	IN OCCASIONE DEL TERREMOTO DI:		
	Is (MCS)	Area <u>epicentrale</u>	<u>I_x</u>	<u>M_s</u>
23.11.1980	60	Irpinia-Lucania	100	69
07.06.1910	50	Calitri	90	59
08.12.1889	40	Apricena	70	50
07.03.1933	40	Bisaccia	60	48
06.07.1966	35	Lucania	40	45
16.12.1857	F	Basilicata	110	70
06.06.1892	30	Tremiti	70	47
10.08.1893	30	Gargano	95	52
08.09.1905	NF	Golfo di <u>S.Eufemia</u>	105	75
26.11.1905	NF	Irpinia	75	51

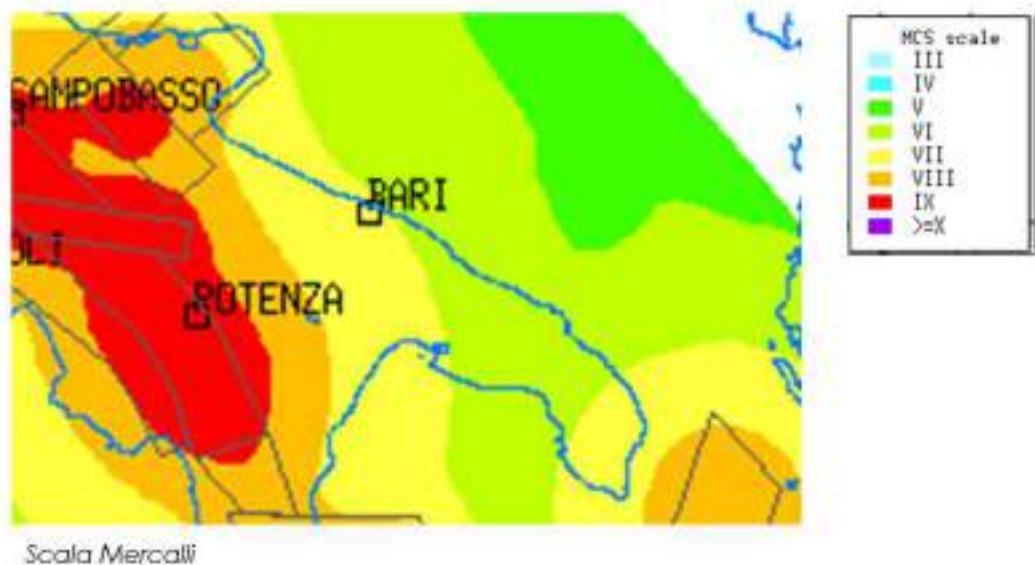
Storia sismica di Ruvo di Puglia per valori di intensità al sito ($I_s \times 10$) decrescenti.

- **F** avvertito (felt); in genere si esclude che vi siano danni ($I < 6$)
- **NF** non avvertito (not felt); in caso di esplicita segnalazione in tal senso è equiparabile a $I=1$
- **NC** non classificato (not classified); indica una informazione non classificabile in termini di intensità o con i codici utilizzati
- **RS** registrazione strumentale; alcuni studi riportano questa informazione, non utilizzabile dal punto di vista macrosismico, che tuttavia si è preferito conservare



a) Classe di profondità (in Km) della zonazione sismogenetica ZS8

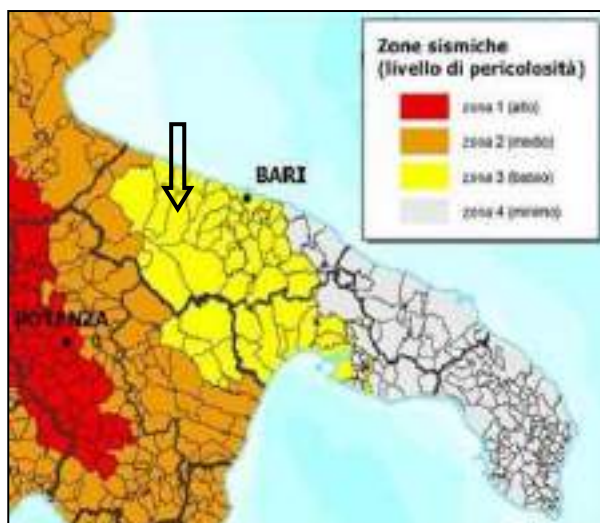
b) Distribuzione dei terremoti, secondo l'origine dei dati di base



In seguito all'Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n° 3274, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha redatto la nuova mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche. La mappa finale è stata ottenuta dall'uso ponderale di tre gruppi di relazioni di attenuazione e due insiemi di intervalli di completezza. La mappa presenta anche una fascia "marginale", dove sono raggruppati quei territori che possono essere inseriti in una zona sismica o in quella contigua, nell'ambito del potere discrezionale che l'Ordinanza affida alle Regioni. Le zone sismiche, distinte in 4 classi di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, sono state individuate in base al sistema dei codici europei (EC8).

- **ZONA 1** – caratterizzata da valori di accelerazione orizzontale del suolo $0,25 < a_g \leq 0,35$ g (alta sismicità)
- **ZONA 2** - caratterizzata da valori di accelerazione orizzontale del suolo $0,15 < a_g \leq 0,25$ g (media sismicità)
- **ZONA 3** - caratterizzata da valori di accelerazione orizzontale del suolo $0,05 < a_g \leq 0,15$ g (bassa sismicità)
- **ZONA 4** - caratterizzata da valori di accelerazione orizzontale del suolo $a_g \leq 0,05$ g (sismicità molto bassa)

Decreti fino al 1984	GdL 1988	Classificazione 2003
I categoria	S=12	Zona 1
II categoria	S=9	Zona 2
III categoria	S=6	Zona 3
N.C.	N.C.	Zona 4



Il territorio di Ruvo di Puglia è classificato come Zona 3.

*Classificazione sismica della Puglia
(DGR 02.03.2004)*

Secondo quanto riportato nelle NTC 2018, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito oggetto d'intervento, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento; pertanto la stima della pericolosità sismica, viene definita mediante un approccio "sito-dipendente" e non più tramite un criterio "zona-dipendente".



Sito in esame e reticolo sismico di riferimento

Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali. -



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	T_r [anni]	a_2 [g]	F_o	T_c' [s]
Operatività (SLO)	30	0.934	2.512	0.257
Danno (SLD)	50	0.943	2.525	0.296
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.146	2.483	0.360
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.210	2.447	0.371
Periodo di riferimento per l'azione sismica	50			

Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dai pendii e fondazioni



Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.



H (m)

1



u₀ (m)

0.1



Cat. Sottosuolo

A



Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1.00	1.00	1.00	1.00
CC Coeff. funz. categoria	1.00	1.00	1.00	1.00
ST Amplificazione topografica	1.00	1.00	1.00	1.00

Acc. na massima attesa al sito [m/s²]



0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0.507	0.509	0.539	0.563
k_v	0.003	0.004	0.020	0.032
A_{max} [m/s ²]	0.335	0.424	1.430	2.061
Beta	0.200	0.200	0.270	0.300

PROVA "MASW"

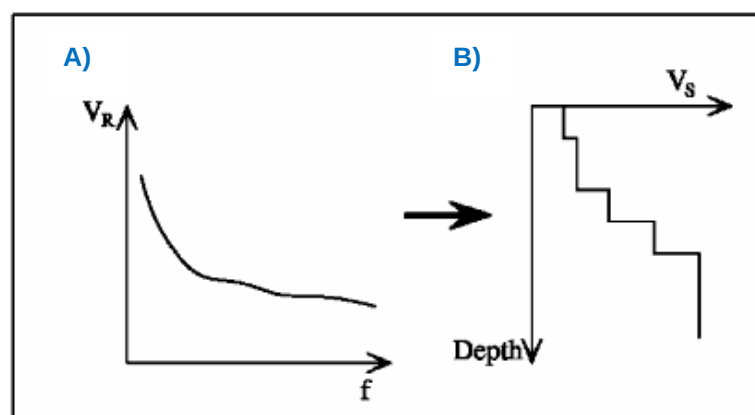
Cenni metodologici

Il metodo "MASW" è una tecnica d'indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

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



La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.



A) Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza; B) profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 3 passi fondamentali:

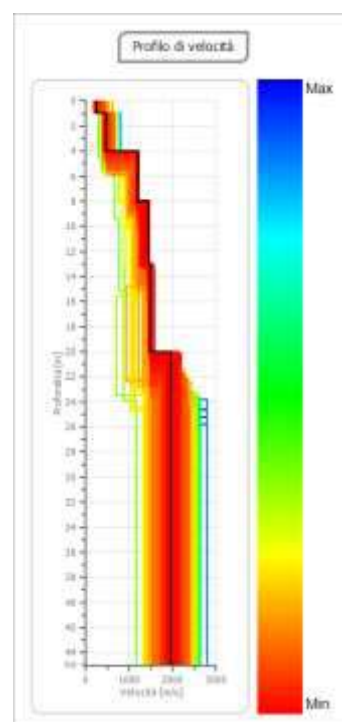
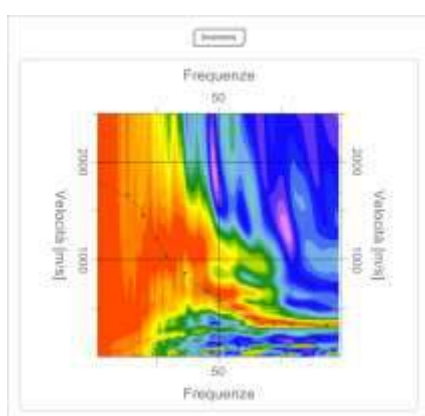
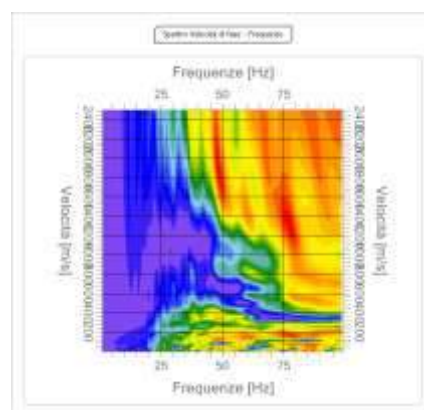
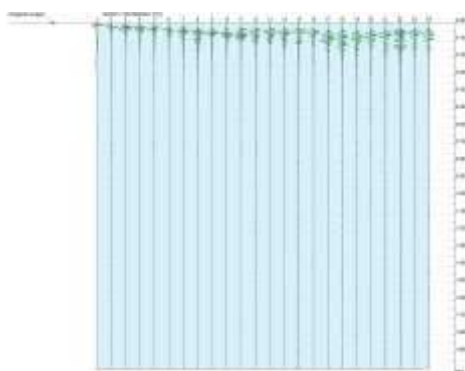
1. calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica;
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due. Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, la densità di massa e si variano lo spessore h e la velocità V_s degli strati.

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità V_s e degli spessori h , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica, invece, la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Modalità esecutive

La modalità d'esecuzione è la stessa utilizzata per la sismica a rifrazione: uno stendimento singolo di lunghezza di 50 metri, lungo il quale sono stati disposti alternativamente e collegati in serie 24 geofoni con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 2.00 m. Gli shots, realizzati mediante l'utilizzo di una massa battente del peso di 10 kg circa, sono stati eseguiti esternamente allo stendimento ad una distanza di circa 10 mt; la registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo DoReMi della "SARA e.i." a 16 bit.



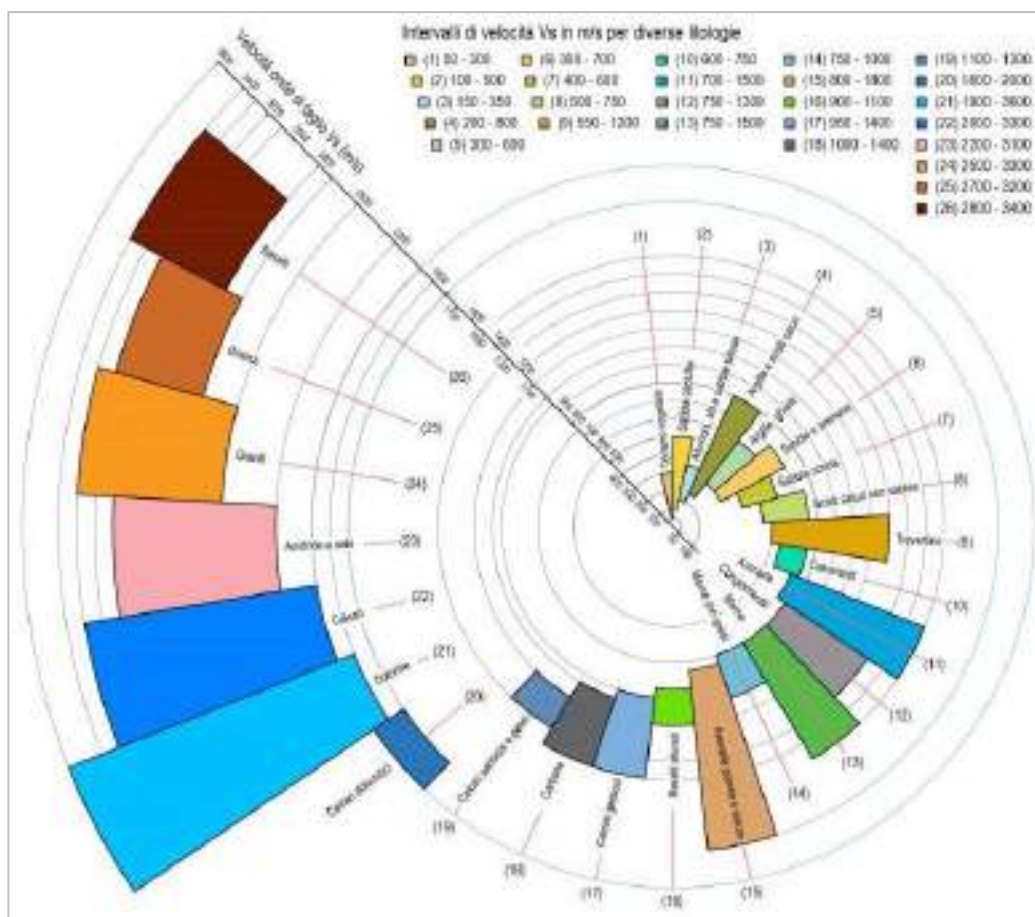
$V_{s,eq}$ e Categoria di sottosuolo

Indagine MASW_2: Spettro F-V, sismogramma e profilo V_s

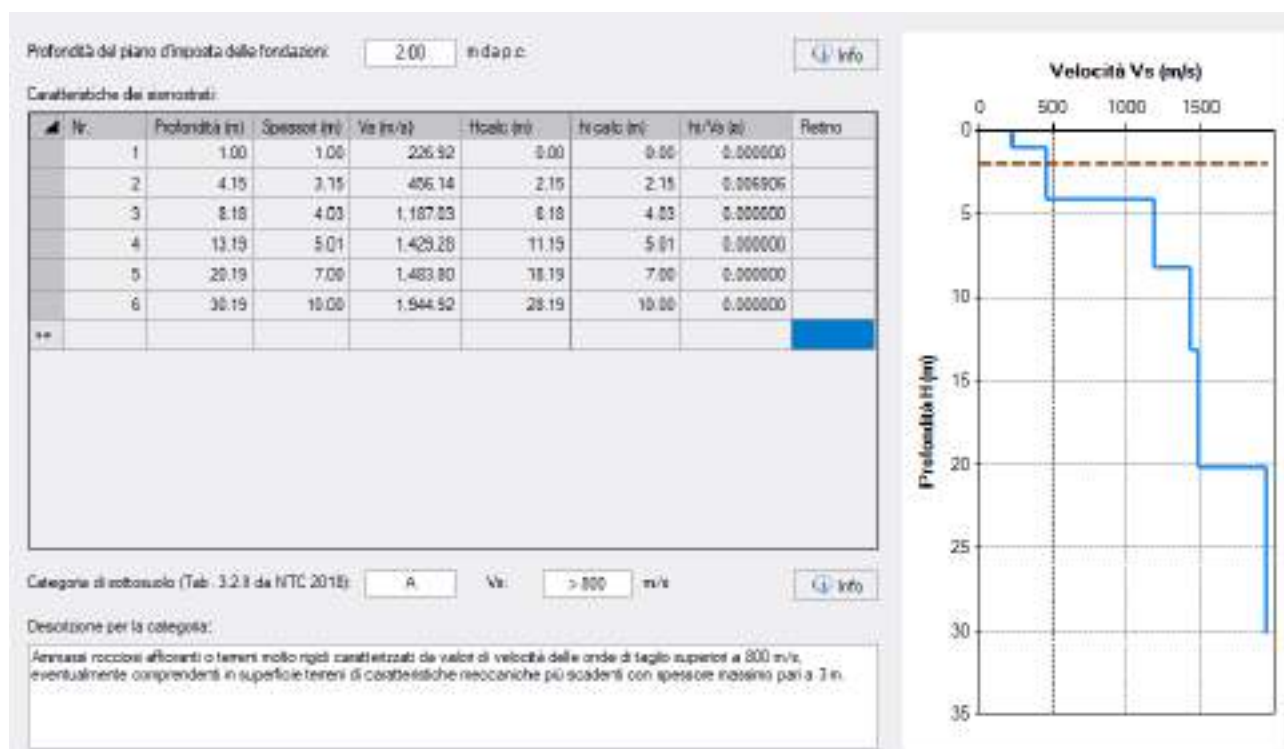
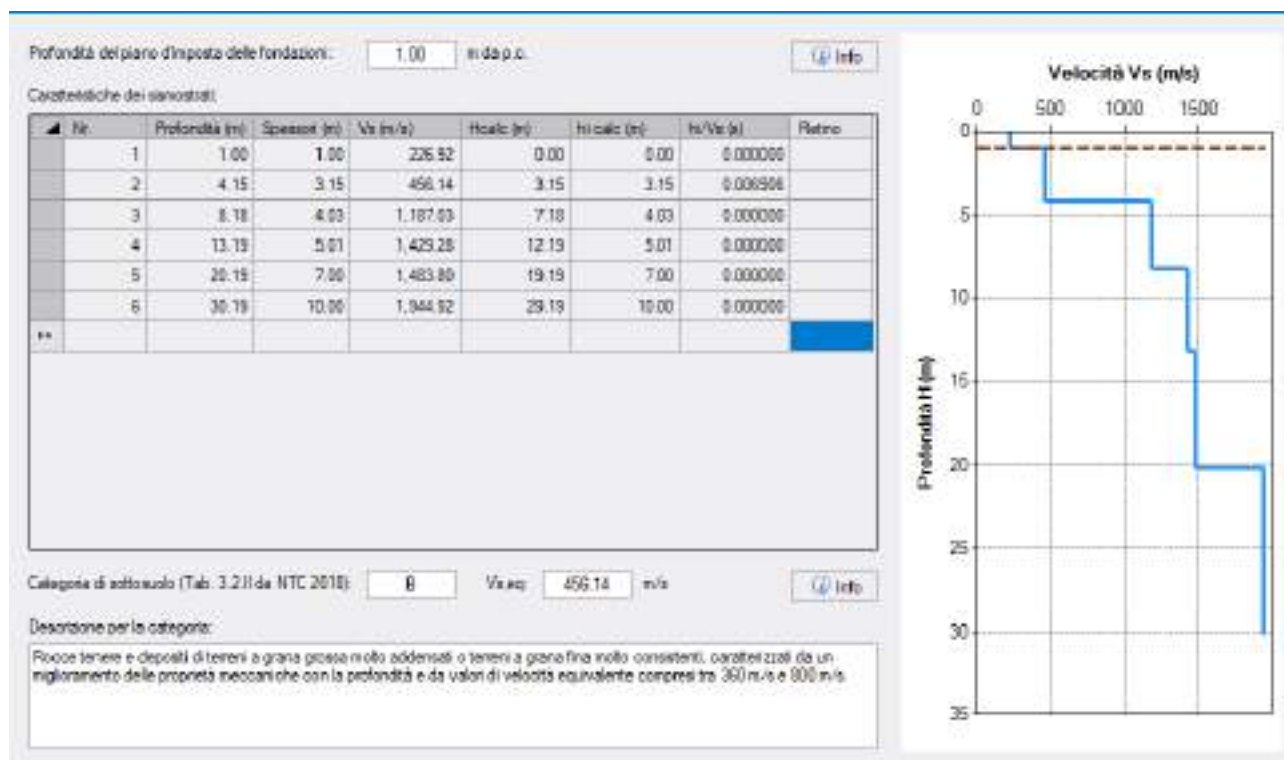
intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore $h(strato)$ e dalla velocità delle onde S [$V_s(strato)$]. Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.



Nello specifico il calcolo è stato eseguito considerando due ipotetiche quote d'imposta delle fondazioni ovvero -1.00 e -2.00 dal piano campagna:



In sintesi l'indagine ha fornito i seguenti risultati:

- a partire da -1 m dal p.c. il terreno di fondazione rientra nella categoria di suolo di fondazione "B"
- a partire da -2 m dal p.c. il terreno di fondazione rientra nella categoria di suolo di fondazione "A"

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

Tali risulti assumono al momento puro valore indicativo; in fase di progettazione esecutiva dovranno essere eseguite nuove e puntuali indagini in corrispondenza di ogni singolo intervento edilizio al fine di definire la categoria di sottosuolo in funzione anche della reale quota d'imposta del piano fondale.

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P

Cenni metodologici

Il metodo consiste nella rilevazione delle velocità delle onde sismiche, generate da una massa battente, attraverso un'interfaccia tra due mezzi con diverse caratteristiche elastiche. I valori di velocità delle onde sismiche, misurati in sito per ciascun volume di sottosuolo differenziato, unitamente alla "facies litologica" interpretata, hanno consentito di determinare una serie di parametri elasto-meccanici di riferimento.

Questi risultano derivati da correlazioni sperimentali, per tipologia litologica, tra parametri geomeccanici e parametri elastici. I parametri derivati risultano verificati nel complesso struttura/terreno cui si riferiscono e risultano associati ad un volume significativo di suolo che, puntualmente, può presentare caratteri differenti dai valori proposti.

Modalità esecutive

Nel caso in oggetto, l'indagine è stata realizzata con uno stendimento di lunghezza pari a 50 metri lungo il quale sono stati disposti alternativamente e collegati in serie 24 geofoni con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 2.00 m.

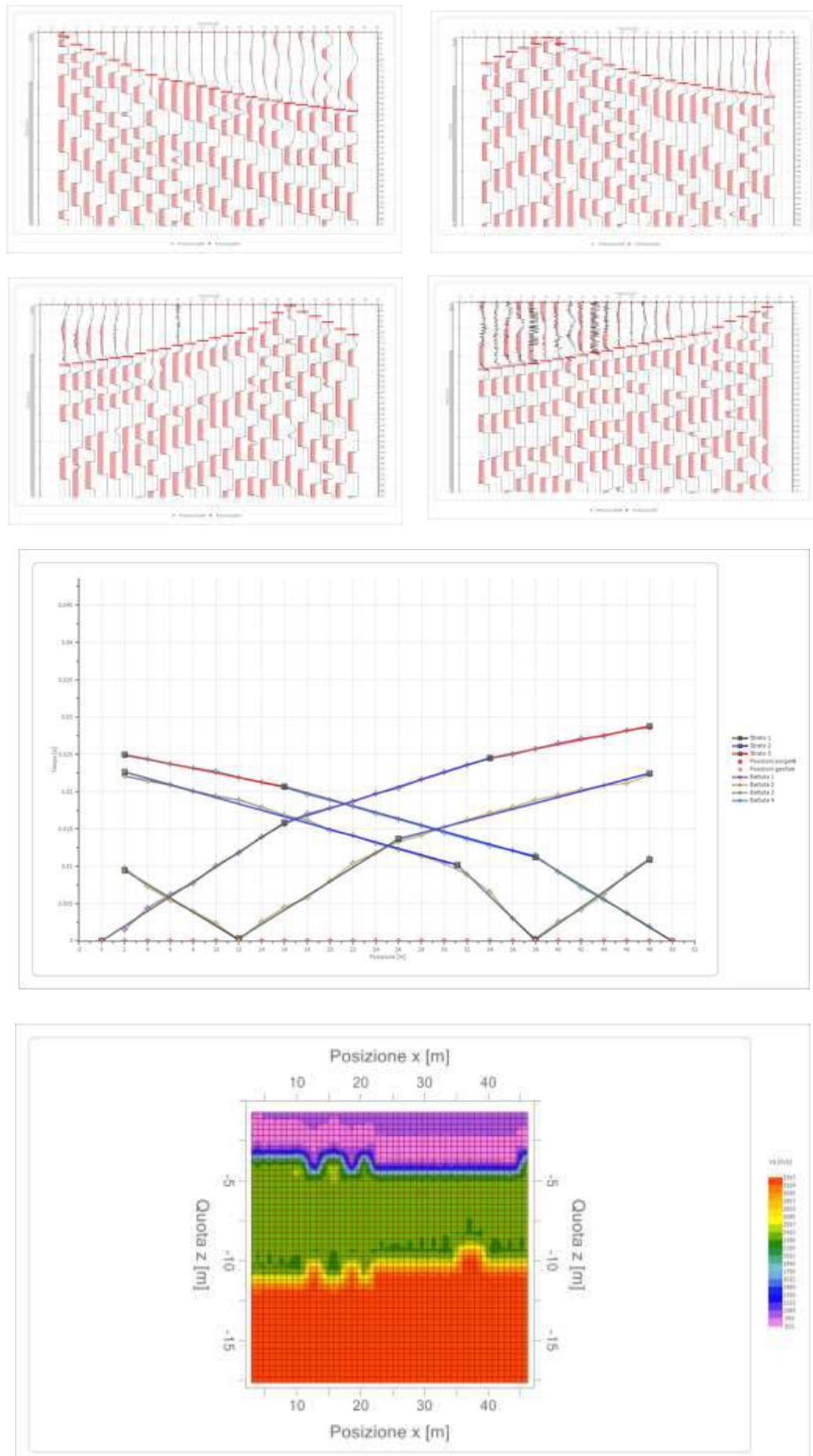
Sono stati realizzati 4 shots, mediante l'utilizzo di una massa battente del peso di 10 kg circa e l'energizzazione è avvenuta secondo il seguente modo:

- 2 shots esterni allo stendimento;
- 2 shots interni;

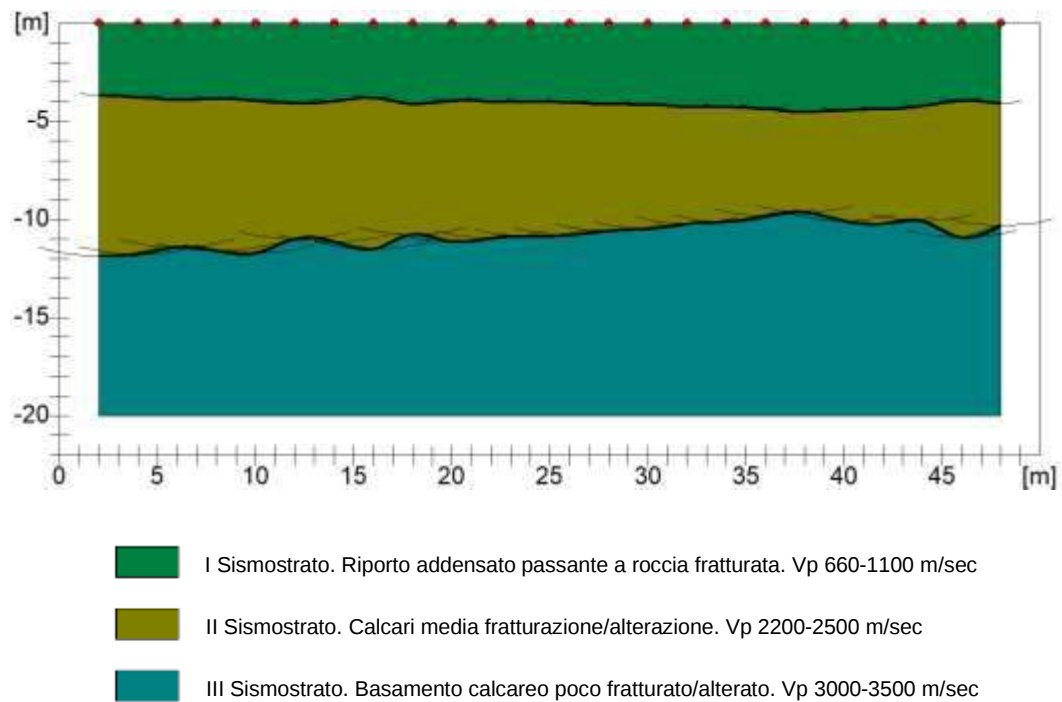
La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo DoReMi della "SARA e.i." a 16 bit.



Ubicazione indagini geofisiche



Sismogrammi, dromocrona e mappa delle velocità



Parametri geotecnici

I dati provenienti dal rilievo geomeccanico e geofisico sono stati elaborati secondo le teorie ed i modelli matematici che, a parere dello scrivente, meglio caratterizzano il substrato di fondazione, in relazione alle dirette esperienze compiute su terreni simili in aree appartenenti al medesimo bacino di formazione.

Teorie, classificazioni e modelli matematici:

- Il sistema **C.S.I.R.**, proposto da Bieniawski (89), ricava la classificazione geomeccanica dall'analisi di sei parametri che fanno riferimento alla resistenza meccanica, alla giacitura dei piani di stratificazione, alle condizioni dei giunti ed alla situazione idrica.
- Studi condotti da **Zezza** (75) hanno caratterizzato e classificato gli ammassi rocciosi carsificati pugliesi collegando i comportamento

dinamici con quelli statici attraverso misure di velocità, di RQD ed indicazioni strutturali.

- **Rzhevsky e Novik (71)** e **Broili (77)** hanno elaborato modelli matematici correlando il modulo di elasticità dinamico con la porosità, la resistenza a compressione ed il modulo elastico statico.

- σ_r rottura a compressione - Rzhevsky e Novik (71), Zezza (78)
- E_s (modulo statico) - Rzhevsky e Novik (71), NAV FAC Manual, Denver, Schmertmann

$$E_s = \frac{E_d - 0,97}{8,30} \quad E_s = 10E_d \quad E_s = 70 \cdot N_{spt}^{0.5} \quad E_s = 12 \cdot N_{spt}$$

- **G** (modulo di taglio) - Ohsaki & Iwasaki (73), Ohta & Goto

$$G = aN_{spt}^b \quad G = E_d / 2 \cdot (1 + \mu)$$

- φ (angolo d'attrito) – C.S.I.R. (89), Sen & Sadagah (03)

$$\varphi = 5 + 0,5 \cdot RMR \quad \varphi = 25 \left(1 + \frac{RMR}{100} \right)$$

- **c** (coesione calcare) – C.S.I.R. (89), Sen & Sadagah (03)

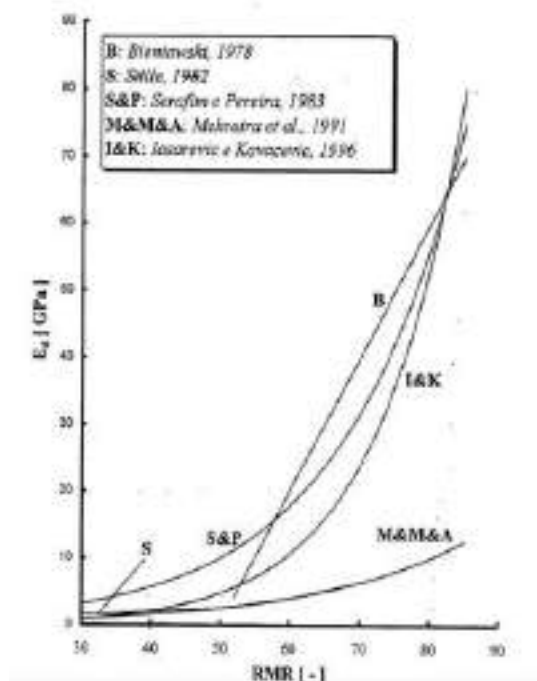
$$c = 0,005 \cdot RMR \quad c = 3,625 \cdot RMR$$

- **u.c.s.** (carico di rottura esp. lib.) - Manev ed Avramova-Tacheva (70)

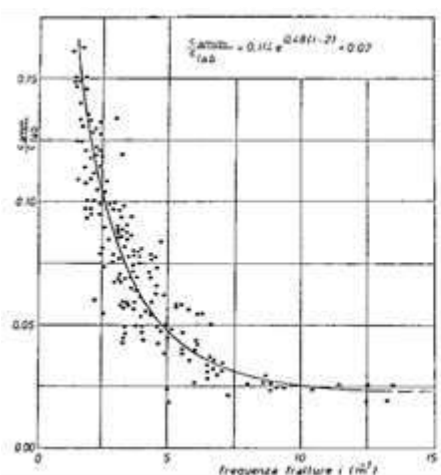
$$\frac{C_{amm}}{C_{lab}} = 0,114 e^{0.48(i-2)} + 0.02$$

- **RMR** (coeff. Bieniawski) – Serafin & Pereira (83), Mehrotra, Mitra, Agrawai (91), Jasarevic, Kovacevic (96)

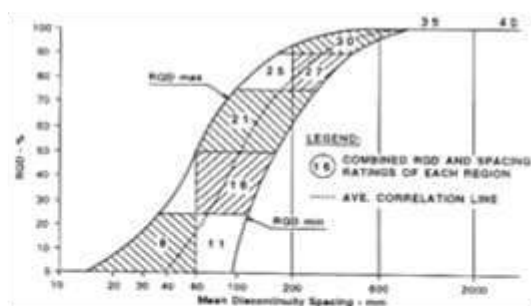
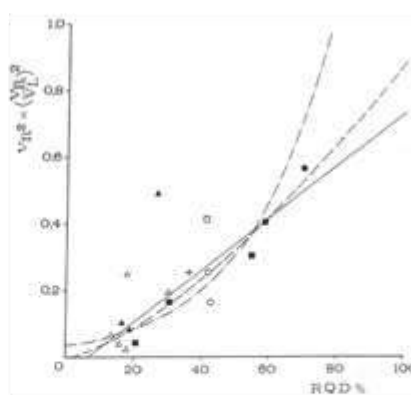
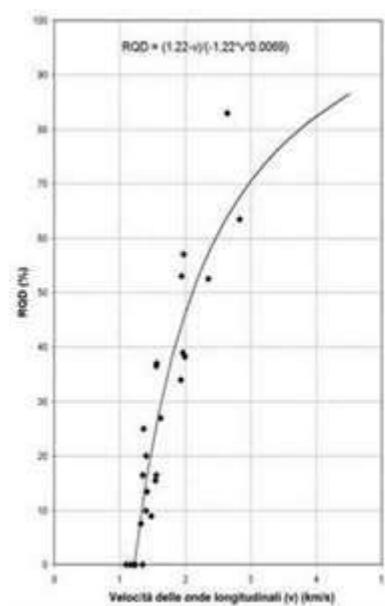
$$E_d \text{ [GPa]} = 10^{\left(\frac{RMR-10}{40} \right)} \quad E_d \text{ [GPa]} = 10^{\left(\frac{RMR-30}{50} \right)} \quad E_d \text{ [GPa]} = e^{(4.407+0.081 \cdot RMR)}$$



Correlazioni RMR-Ed



+

Correlazioni tra J_{max}/J_{lab} e n° fratture (Manev ed Avramova-Tacheva-70) e tra RQD e discontinuità (Bieniawski)

Correlazione tra V e RQD (Budetta e a. 01 - Zezza 75)

Range di variazione dei parametri sismici			
Parametri sismici		I Sismostrato	II Sismostrato
velocità onde P	m/s	2200 - 2500	3000 - 3300
velocità onde S	m/s	1108 - 1312	1632 - 1852
modulo di Poisson μ	-	0.33 - 0.31	0.29 - 0.27
densità geofisica γ	g/cm ³	2.20 - 2.26	2.33 - 2.38
modulo di taglio G	MPa	2704 - 3882	6217 - 8159
mod. dinamico Young Ed	MPa	7192 - 10172	16039 - 20724
rigidità sismica R	t/cm ² s	2439 - 2958	3809 - 4404

Valori caratteristici dei parametri sismici			
Parametri sismici		I Sismostrato	II Sismostrato
velocità onde P	m/s	2267	3067
velocità onde S	m/s	1142	1668
modulo di Poisson μ	-	0.33	0.29
densità geofisica γ	g/cm ³	2.21	2.34
modulo di taglio G	MPa	2888	6525
mod. dinamico Young Ed	MPa	7681	16835
rigidità sismica R	t/cm ² s	2528	3911

Valori caratteristici		Sismostrato	
Parametri elasto-meccanici		II	III
litologia		calcare	calcare
compattezza		media	alta
spessore	m	6.50	>10
densità in sito γ	g/cm ³	2.21	2.34
modulo di Poisson μ		0.33	0.29
mod. statico di Young Es	Kg/cm ²	8062	18352
carico di rottura u.c.s. q_u	Kg/cm ²	22.95	38.36
angolo di attrito Φ	gradi	39	43
angolo di attrito terr.-fond.	gradi	25	26
RQD	%	52	66
giunti per mc J_v	1/mc	19	15
coesione calcari	Kg/cm ²	2.10	2.64
indice RMR		57	71
qualità C.S.I.R.		mediocre	buona
coeff. spinta passiva K		4.44	5.25

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

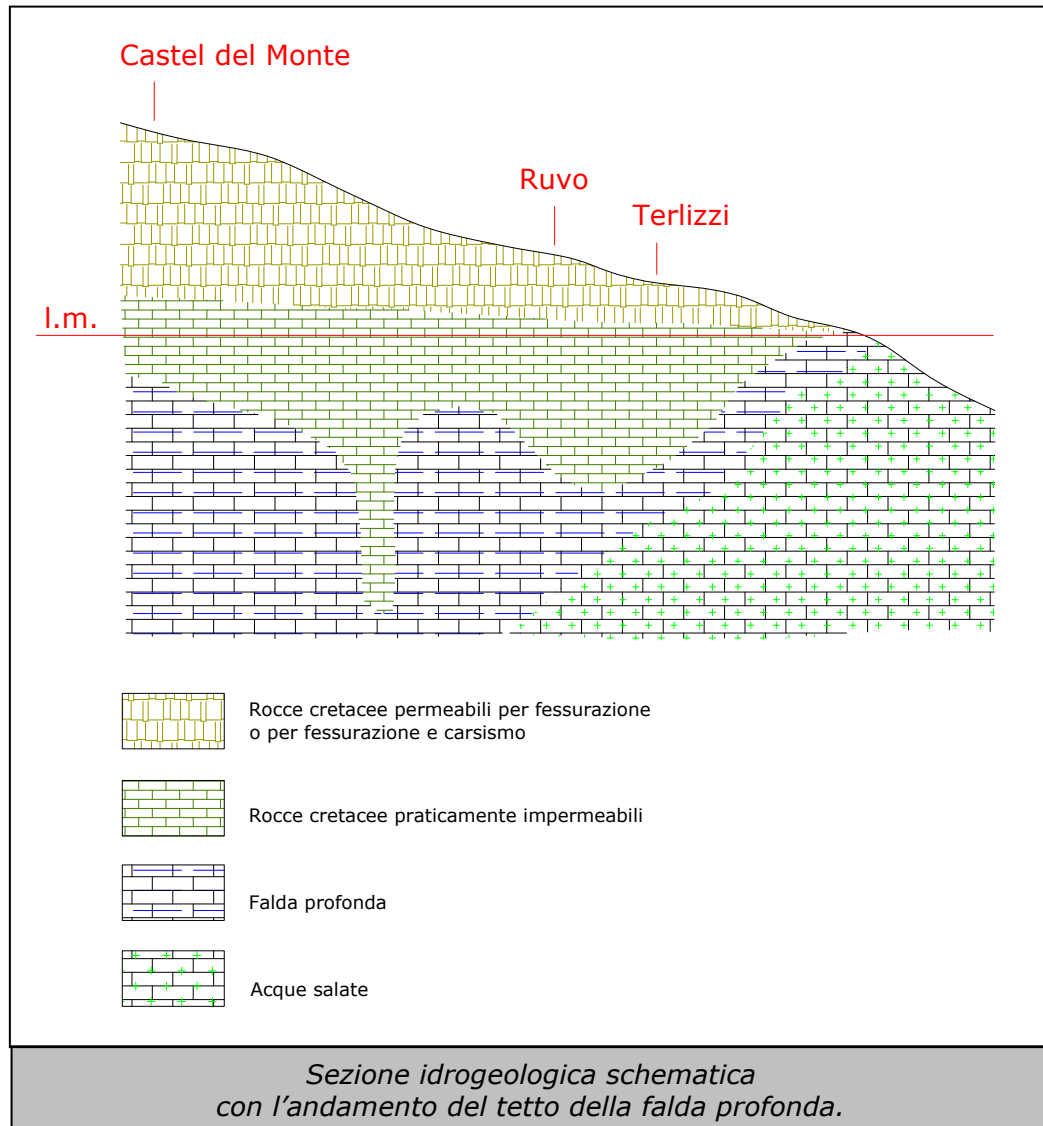
Per quanto attiene ai caratteri idrogeologici, in linea generale la fascia adriatica delle Murge mostra un acquifero formato quasi esclusivamente da rocce carbonatiche estremamente permeabili per fratturazione, fessurazione e carsismo. Poiché la media annuale delle precipitazioni atmosferiche in questo settore è di circa 600 mm e che più del 50% di pioggia si disperde per infiltrazione nel sottosuolo e per evapotraspirazione, la presenza di acque di ruscellamento è abbastanza scarsa in superficie, ed è localizzata solamente in coincidenza con i solchi di incisione torrentizia detti "lame".

L'alto grado di fratturazione del substrato ha quindi creato un acquifero artesiano che tende a far confluire le acque verso mare. Dalle colonne di perforazione si evince che quando la falda è confinata in prossimità di taluni livelli asfittici impermeabili, circola al di sotto del livello medio marino con valori di carico idraulico differenti da pozzo a pozzo e, una volta intercettata, risale stabilizzandosi intorno a quote variabili da m +14 a m +30 s.l.m. La falda profonda circola quindi in pressione ed al di sotto del livello marino, essendo confinata a tetto da strati rocciosi poco permeabili a causa del basso grado di fratturazione e carsismo.

Ne deriva che la profondità di rinvenimento del tetto dell'acquifero è verosimilmente variabile ed irregolare da zona a zona. L'esame del Piano di Tutela delle Acque (PTA) permette di individuare la falda profonda ad una quota di circa 500 metri rispetto al l.m. con un grado di salinità di circa 0,5 g/l.

Le considerazioni innanzi riportate costituiscono nel complesso un significativo quadro della situazione idrogeologica della Bassa Murgia. La circolazione acquifera sotterranea si esplica in profondità nelle rocce calcaree e calcareo-dolomitiche del Cretaceo. Le acque di falda presentano caratteristiche di salinità tali da farle includere in quella di tipo primario: la salinità dipende quasi esclusivamente dalla natura delle rocce attraversate. In virtù della distanza dalla costa e del forte carico

piezometrico, la falda si trova, per quanto riguarda l'inquinamento, in condizioni ambientali di grande sicurezza.



Le caratteristiche idrauliche della roccia calcarea, valutate indirettamente attraverso l'elaborazione dei dati delle prove di portata dei pozzi esistenti nella zona, e raffrontate con i dati di letteratura, hanno permesso di assegnare al coefficiente di permeabilità K un valore di 10^{-3} – 10^{-4} m/sec.

I livelli idrici della falda sono soggetti a variazioni imputabili all'alimentazione ed al grado di permeabilità dell'acquifero. Tali variazioni sono minime man mano che dall'entroterra si procede verso la linea di costa.

Nella zona in esame le oscillazioni idrometrografiche risultano alquanto limitate; queste, in relazione allo spessore della falda, indicano che si tratta di un acquifero caratterizzato da un elevato rapporto tra ricarica stagionale e riserva idrogeologica.

Indagini geofisiche e trivellazioni meccaniche, compiute in terreni adiacenti a quelli in esame escludono la presenza di falde acquifere superficiali.

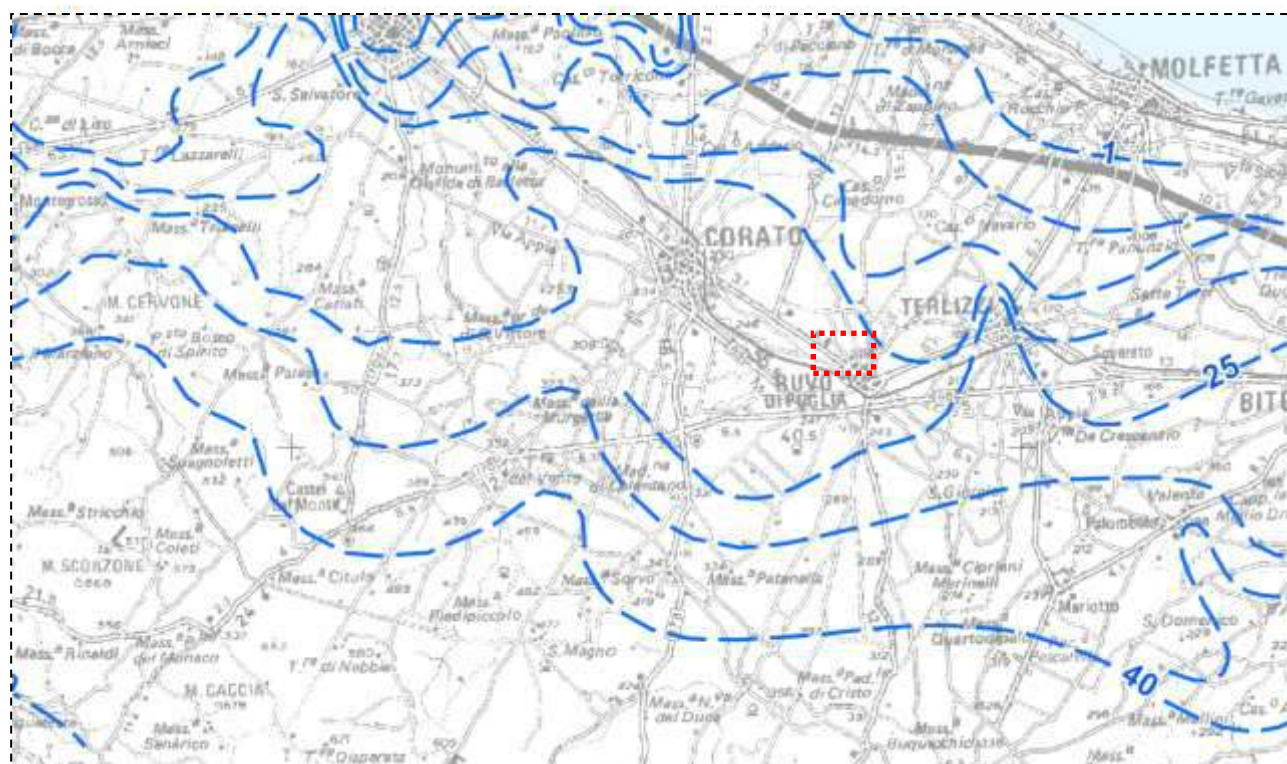
L'unica circolazione idrica possibile nell'area è quella indotta dalle acque di precipitazione e deflusso che possono infiltrarsi localmente, laddove le litologie rilevate lo permettano. Occorre tuttavia evidenziare che il potere di assorbimento per fratturazione e carsismo del substrato calcareo risulta variabile da zona a zona in virtù dei depositi di terra rossa che possono rallentare, anche in modo significativo, il drenaggio per gravità delle acque meteoriche.

Per garantire un corretto smaltimento delle acque si prescrive, per le sistemazioni esterne, l'utilizzo di materiali drenanti allo scopo di evitare anomale corrivazioni superficiali e favorire il naturale drenaggio delle stesse.

Si prescrive inoltre che i materiali di risulta rivenenti dagli sbancamenti, ed in particolare eventuali depositi di terra rossa, vengano allontanati e gestiti nel rispetto della normativa vigente e non riutilizzati impropriamente per non modificare e compromettere l'attuale assetto geomorfo-idrogeologico d'insieme.



PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE PUGLIA



DISTRIBUZIONE MEDIA DEI CARICHI PIEZOMETRICI DEGLI ACQUIFERI CARSICI DELLA MURCIA A E DEL SALENTO

Legenda

— isopiezica (m s.l.m.)

EMERGENZE CENSITE DA S.I.M. DI BARI

- ▲ Portata < 10 l/s
- ▲ Portata > 10 l/s

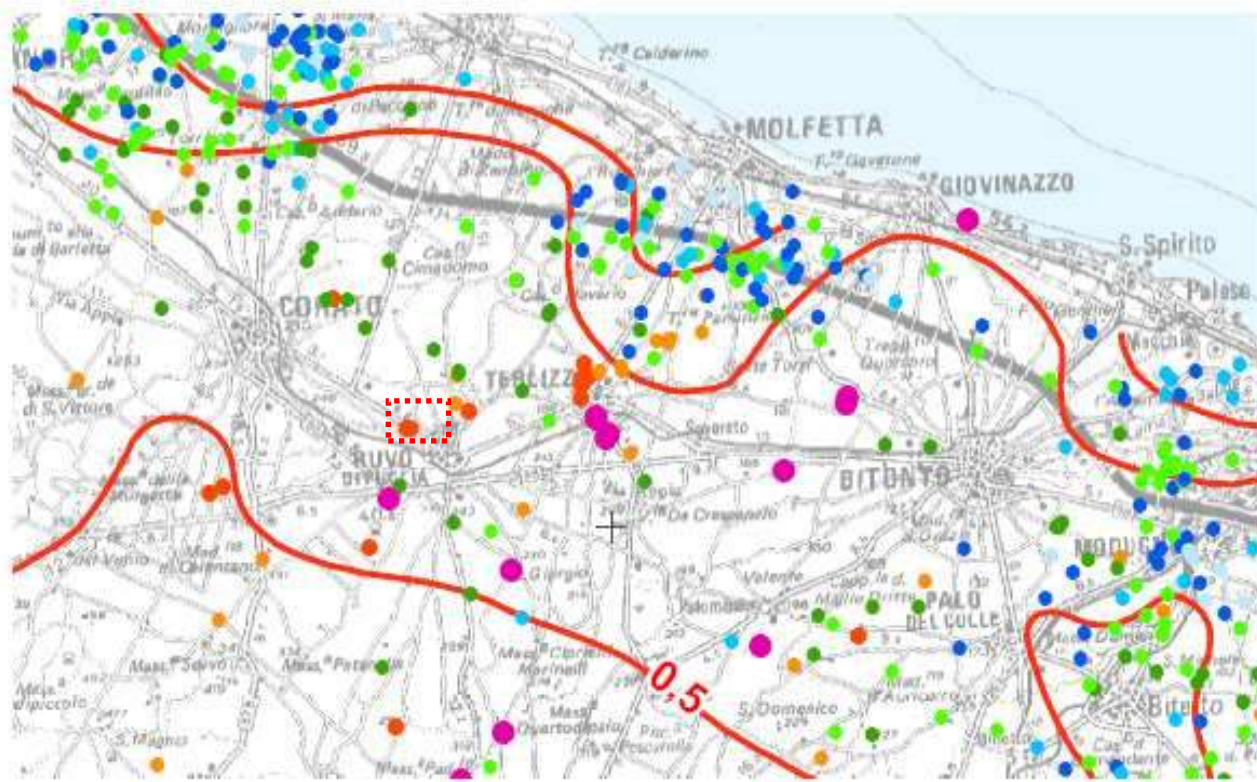
EMERGENZE CENSITE DA INFRAROSSO TERMICO

- ★ Gruppo di efflussi a mare probabilmente coincidenti con sorgenti
- ✱ Concentrazione di più efflussi di limitato contrasto termico
- Singolo efflusso a mare probabilmente coincidente con una sorgente
- Singolo efflusso a mare di limitate dimensioni e modesta anomalia termica
- Singolo efflusso a mare di rilevanti dimensioni ed elevata anomalia termica

□ Limiti amministrativi regionali



PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE PUGLIA



QUOTE DI ATTESTAZIONE DEI POZZI CHE INTERESSANO GLI ACQUIFERI CARSI DELLA MURCIA E DEL SALENTO

Legenda

Quota fondo foro (m s.l.m.)

- -561 - -481
- -480 - -400
- -399 - -300
- -299 - -200
- -199 - -100
- -99 - -50
- -49 - -25
- -24 - -1

— Distribuzione del contenuto salino - 1989 (g/l)

□ Limiti amministrativi regionali

CONCLUSIONI

L'indagine geologica, morfologica, idrogeologica e sismica ha evidenziato la seguente situazione ambientale:

- L'area d'intervento ricade all'interno dell'alto morfologico su cui è impostato il centro abitato e presenta un andamento planimetrico sub-pianeggiante, con differenze di quote di circa 1 metro tra il Lotto 1 ed i Lotti 2-3-4. Nel complesso quindi il Comparto C.2 non presenta emergenze geomorfologiche e le sue caratteristiche ne assicurano la stabilità generale; non si rilevano infatti fenomeni di dissesto attivi o incipienti che possono alterare l'attuale equilibrio statico.
- Il substrato, al di sotto della copertura detritica/agraria, è costituito da una successione di strati e banchi calcarei stratificati e caratterizzati, nelle porzioni più superficiali, da un più elevato grado di fratturazione, alterazione e carsificazione a luoghi contraddistinto da accumuli di terra rossa. Il terreno di fondazione si dovrà sempre attestare in corrispondenza del substrato calcareo meno alterato/carsificato e dotato di caratteristiche geomeccaniche omogenee. Possibili fenomeni di cedimenti, anche differenziali, si potrebbero innescare in corrispondenza di cavità carsiche vuote od occluse da terra rossa; risulta pertanto indispensabile un'attenta analisi del piano di fondazione con eliminazione delle eventuali sacche di terra rossa e delle parti cadenti presenti in zone di disturbo tettonico e/o di dissoluzione carsica. I vuoti creati potranno essere colmati con cls Rbk 250 opportunamente armati con una maglia di ferri disposti a croce.
- Le indagini sperimentali hanno permesso di classificare il terreno di fondazione in classe "B" a partire da -1 m dal p.c. ovvero in classe "A" a partire da -2 m dal p.c. Tali risultati assumono al momento puro valore indicativo; in fase di progettazione esecutiva dovranno

essere eseguite nuove e puntuali indagini geognostiche in corrispondenza di ogni singolo intervento edilizio per individuare la migliore quota fondale e la relativa categoria di sottosuolo.

- Con riferimento a quanto prescritto dalle N.T.A. del PAI si evidenzia che il sito d'intervento non è perimetrato tra le aree a pericolosità idraulica e/o geomorfologica e non rientra tra le aree di rischio di cui agli art. 6 e 10 delle NTA del PAI. L'area d'intervento non è inoltre interessata dalla presenza di "Geositi, Forme Carsiche e Forme ed elementi di origine antropica".
- Il materiale di risulta proveniente da scavi e sbancamenti dovrà essere impiegato stabilmente in loco ovvero smaltito nel rispetto della normativa vigente.

Per quanto esposto e valutata l'assenza di particolari condizioni di rischio morfologico, geologico, sismico, idrogeologico ed idraulico, è possibile asseverare che il Progetto di Lottizzazione "C.2" è compatibile con le attuali condizioni geomorfologiche dei luoghi.

Ruvo di Puglia, aprile 2020

dott. geol. Angelo RUTA

