

## INDICE

1. PREMESSA .....	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA INVESTIGATA.....	4
4. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLITOLOGICO .....	6
4.1 ASSETTO GEOLITOLOGICO .....	6
4.2 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE .....	10
4.3 ASSETTO MORFOLOGICO .....	10
5. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA DELL'AREA INDAGATA .....	12
5.1 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI REGIONALE .....	12
5.2 LINEAMENTI IDROGRAFICI DELL'AREA INDAGATA.....	13
5.3 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI DELL'AREA INDAGATA .....	13
6. PERICOLOSITA' GEOLOGICHE, ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IDROGRAFICO .....	16
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	17
8. DEFINIZIONE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	18
8.1 DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	21
8.1.1 Definizione categoria di sottosuolo locale .....	22
8.1.1.1 Unità a prevalente componente arenitica – Calcarenite di Gravina (SP1 – SP2 – SP4 – SP5 – SP6 – SP7) .....	25
8.1.1.2 Unità prevalentemente calcarea o dolomitica - Calcari di Altamura (SP3).....	28
8.1.1.3 Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica (SP8 – SP9).....	31
8.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE .....	33
8.2.1 Definizione condizioni topografiche locali .....	33
9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI DEPOSITI INDAGATI.....	34
9.1 RILIEVI SISMICI IN ONDA P (RIFRAZIONE) .....	34
9.1.1 Metodologia Adottata Rilievi Sismici in onda P .....	34
9.1.1.1 Risultanze sull'unità a prevalente componente arenitica – Calcarenite di Gravina (SP1 – SP2 – SP4 – SP5 – SP6 – SP7).....	35
9.1.1.2 Risultanze sull'unità prevalentemente calcarea o dolomitica - Calcari di Altamura (SP3) .....	39
9.2 DINAMIC PROBING SUPER HEAVY (DPSH) .....	43
9.2.1 Metodologia Adottata DPSH .....	43
9.2.1.1 Risultanze sull'unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica (SP8 – SP9).....	48
5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	49

## 1. PREMESSA

La **SCS 03 S.r.l.** (P. Iva: 08432790726) con sede in Monopoli (BA) alla via Gen. Giacinto Antonelli civ. 3, ha affidato allo scrivente Geologo dott. Dario FISCHETTO, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Puglia con il N° 475 con studio in Brindisi (BR) al Corso Garibaldi civ. 27, l'incarico di effettuare uno studio geologico-geotecnico preliminare sui terreni interessati dalla "realizzazione di impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituito da n° 9 aerogeneratori" (campo San Pancrazio Wind) come di seguito identificati:

AEROGENERATORE	COMUNE	FOGLIO N°	PARTICELLA N°
SP1	MESAGNE	134	136
SP2	MESAGNE	134	155
SP3	SAN PANCRAZIO S.NO	7	7
SP4	SAN PANCRAZIO S.NO	18	108
SP5	SAN PANCRAZIO S.NO	18	6
SP6	SAN PANCRAZIO S.NO	18	115
SP7	TORRE SANTA SUSANNA	46	69
SP8	TORRE SANTA SUSANNA	33	189
SP9	TORRE SANTA SUSANNA	30	302

Lo studio dell'area che sarà interessata dai lavori, secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", è finalizzato alla definizione:

- a. della caratterizzazione e modellazione geologica al fine della ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio indagato onde verificare la fattibilità tecnica delle opere in progetto;
- b. della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni indagati, definire il modello geotecnico e la categoria sismica di sottosuolo.

L'indagine, svolta in conformità alle normative tecniche vigenti, è stata articolata nelle seguenti fasi di studio:

- raccolta e consultazione della documentazione geologica e geomorfologica esistente relativa a studi ed analisi effettuate nella stessa area, in aree limitrofe o in situazioni del tutto analoghe;
- raccolta ed analisi accurata della cartografia dell'area;
- rilievi di superficie, effettuati allo scopo di definire le forme e l'estensione delle strutture di superficie e di descrivere l'idrografia superficiale (Rilievo geomorfologico), di riconoscere l'estensione areale ed i limiti dei litotipi presenti nell'area (Rilievo geolitologico), di individuare eventuali strutture di tipo fragile e di tipo duttile (Rilievo geologico - strutturale);
- comparazione delle risultanze di indagine di una campagna di indagine di prospezione geologica e sismica dei terreni realizzata per mezzo di:

- n° 3 stendimento sismico in onda S a tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves),
- n° 3 stendimento sismico in onda S a tecnica RE.MI. (Refraction Microtremor),
- n° 2 profilo sismico a rifrazione,
- n° 1 Prova Penetrometrica Dinamica Super Pesante (DYNAMIC PROBING SUPER HEAVY), eseguite in area limitrofa a quella oggetto di interesse, **rimandando alla fase esecutiva l'onere di integrare la presente con una più puntuale ed approfondita campagna di indagine geognostica;**
- elaborazione dei dati e stesura della presente relazione geologico – tecnica.

La Committenza, con la presente e con quanto altro dovesse rendersi necessario, intende adempiere alle prescrizioni legislative in vigore secondo la prassi corrente.

## **2. RIFERIMENTI NORMATIVI**

- D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare 21 gennaio 2019 , n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- D.M. 14.01.2008 – "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- D.M. 11.03.1988 - "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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", applicabile per le costruzioni di tipo 1 e 2 e Classe d'uso I e II, limitatamente a siti ricadenti in Zona 4 (CAPITOLO 2.7 del D.M. 14.01.2008).
- Legge Regionale 9 dicembre 2002, n. 19 "Istituzione dell'Autorità di bacino della Puglia"
- Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) approvato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con delibera n° 39 della seduta del 30.11.2005 e relative Norme Tecniche di Attuazione
- D.M. 25 ottobre 2016 "Disciplina dell'attribuzione e del trasferimento alle Autorità di bacino distrettuali del personale e delle risorse strumentali, ivi comprese le sedi, e finanziarie delle Autorità di bacino, di cui alla legge 18 maggio 1989, n. 183.
- D.P.C.M. 4 aprile 2018 "Individuazione e trasferimento delle unità di personale, delle risorse strumentali e finanziarie delle Autorità di bacino, di cui alla legge n. 183/1989, all'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale e determinazione della dotazione organica dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale, ai sensi dell'articolo 63, comma 4, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e del decreto n. 294 del 25 ottobre 2016".



### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA INVESTIGATA

L'area investigata, ubicata nella Provincia di Brindisi a cavallo dei territori comunali di Mesagne, San Pancrazio Salentino e Torre Santa Susanna sui terreni censiti come da tabella di cui in premessa, è cartografata a cavallo del I quadrante del foglio n° 203 della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 denominata "Brindisi" tavoletta I.G.M. scala 1:25.000 N.E. denominata "Brindisi" (Tav. 1 Ortofoto dell'area oggetto dell'intervento progettuale e Tav. 2 "Corografia dell'area indagata" allegate in calce alla presente relazione).

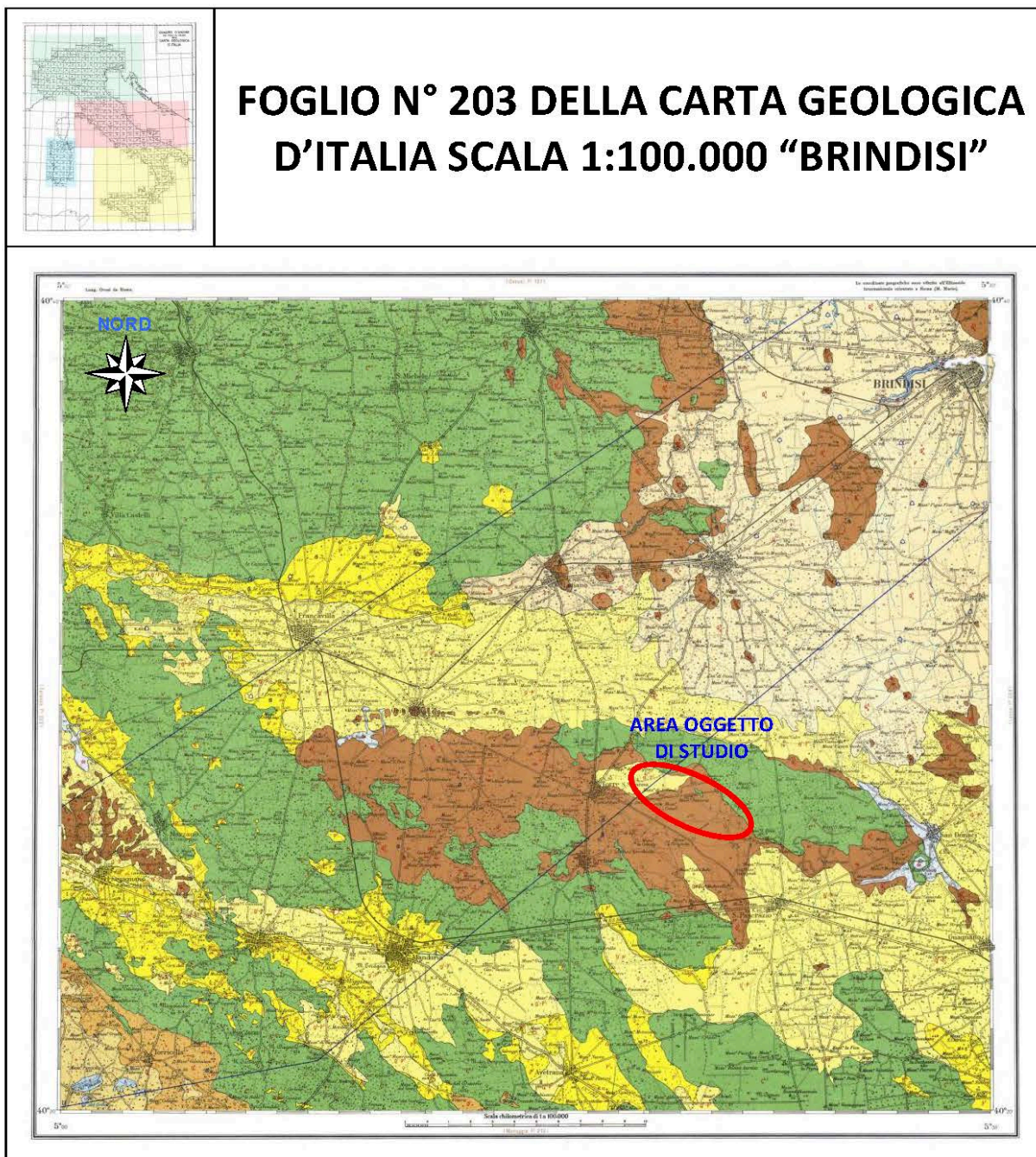


FIG. 3.1: Foglio n° 203 della Carta D'Italia Scala 1:100.000 "BRINDISI" - Ubicazione dell'area indagata



**LEGENDA:**



Depositi eluviali principali e di "terra rossa".



Sabbie, sabbie argillose e limi grigi lagunari-palustri recenti.



Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche cm. di spessore, che possono inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurre (q<sub>2</sub>); spesso l'unità ha intercalati banchi arenacei e calcarenitici ben cementati (q<sub>3</sub>). Nelle sabbie più elevate si notano talora *Cassidulina laevigata* DORB., *carinata* SILV., *Bulinina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.), *Ammonia perlucida* (HER. ALL. EARL.) (PLEISTOCENE). Nelle sabbie argillose ad argille sottostanti, accanto a *Arctica islandica* (LIN.), *Chlamys septentrionalis* MÜLL. ed altri molluschi, sono frequenti: *Hyalinus balthicus* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* DORB. *carinata* SILV., *Bulinina marginata* D'ORB., *Bolivina catanensis* SEG. (CALABRIANO). FORMAZIONE DI GALLIPOLI.

Livelli appartenenti alle CALCARENITI DEL SALENTO, eventi le seguenti caratteristiche:

(q<sub>1</sub>-p<sup>1</sup>) Sabbie calcaree poco cementate, con intercalati banchi di perchina, sabbie argillose grigio-azzurre. Verso l'alto associazione calabrianica: *Hyalinus balthicus* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* DORB. var. *carinata* SILV., *Bulinina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.) (CALABRIANO-PLIOCENE SUP.?) In trasgressione sulle formazioni più antiche.

(p<sup>1</sup>) Calcareniti, calcari tipo perchina, calcareniti argillose giallastre. Macrofauna a Coralli, Cirripedi, Molluschi, Echinidi, Crostacei tra cui *Cancer siamensis* MEY. var. *asiatica* MAX. Microfauna ad Ostracodi e Foraminiferi: *Bulinina marginata* DORB., *Cassidulina laevigata* DORB. var. *carinata* SILV., *Discorbis orbicularis* (TERO.), *Cibicides urogenus* (DORB.), *C. lobatulus* (WALK. e JAC.), *Globigerinoides ruber* (DORB.), *G. sacculifer* (BRADY), *Orbulina universa* DORB., *Planulina wuellerstorfi* (BRADY) (PLIOCENE SUP.-MIDIO?) In trasgressione sulle formazioni più antiche.



(q<sub>2</sub>) Calcareniti e calcari tipo perchina, con ricca fauna non indicativa a *Elphidium crispum* (LIN.), *Bulinina marginata* D'ORB., *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Uvigerina peregrina* CUSH., *Sphaeroidina bulloides* D'ORB., *Cibicides bouanensis* (DORB.), *Cibicides floridanus* (CUSH). In trasgressione su (q<sub>1</sub>), oppure sulle formazioni cretatiche. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.

(q<sub>3</sub>) Calcari bioclastici ben cementati ricchi di fossili non indicativi: *Elphidium complanatum* (DORB.), *Eccrispum* (LIN.), *Discorbis orbicularis* (TERO.), *Ammonia beccarii* (LIN.), *Cibicides floridanus* (CUSH). In trasgressione su (p<sup>1</sup>) oppure sul Cretaceo. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.



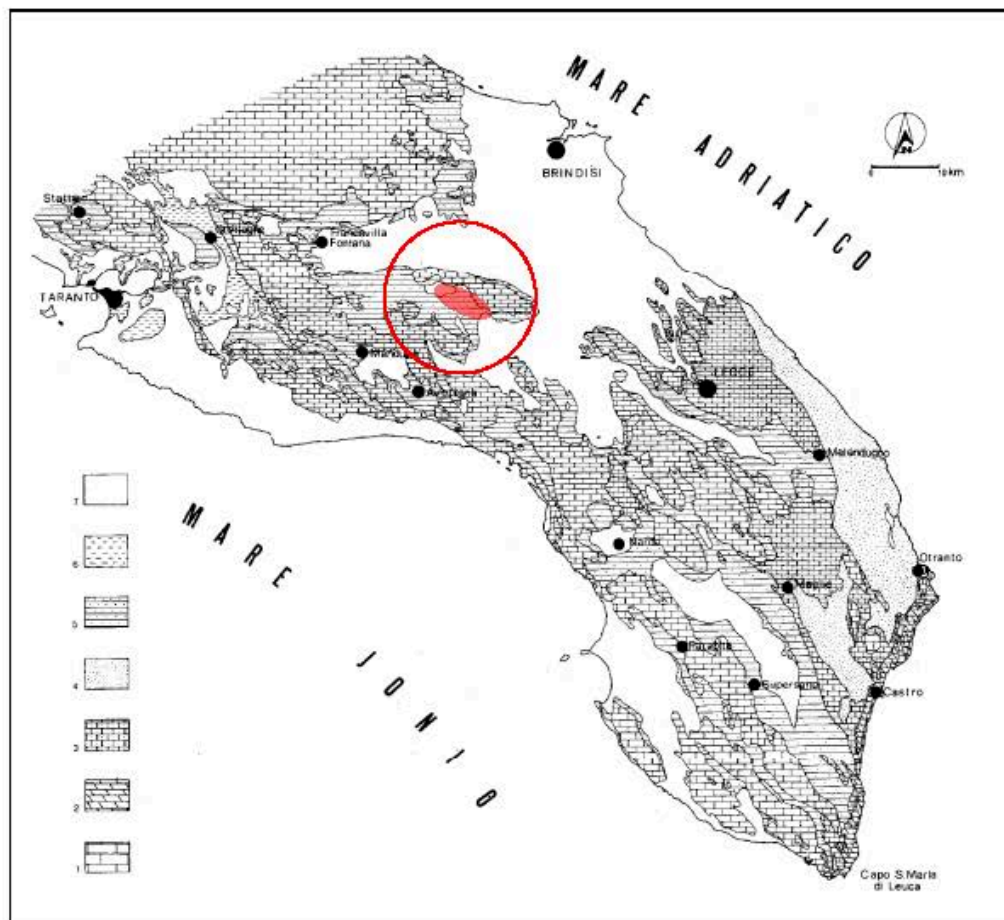
Calcari dolomitici e dolomie grigio-nocciola, a frattura irregolare, calcari grigio-chiari. Microfossili non molto frequenti: *Theumatoporella* sp., *Pragelobotruncana stephani stephani* (GAND.), *P. stephani turbinata* (REICH.), *Rotalipora appenninica appenninica* (RENZ), *R. c. reichelii* (MORN.), *Nannolucina* sp. (CENOMANIANO SUP. e forse TURONIANO). DOLOMIE DI GALATINA con passaggio graduale al CALCARE DI ALTAMURA (verso Nord e verso Ovest).

## 4. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLITOLOGICO

### 4.1 ASSETTO GEOLITOLOGICO

L'area oggetto dell'intervento progettuale, situata nella penisola salentina è caratterizzata da una serie di "Horst" e "Graben", di varia estensione, generalmente orientati in direzione NO e SE.

In particolare, l'area rappresenta il tratto meridionale dell'altopiano delle Murge, potente complesso calcareo di età cretacea in facies di piattaforma epioceanica caratterizzata da piatti fondali e acque limpide profonde da qualche metro ad alcune decine di metri a confine con la zona centro-settentrionale della "Piana di Brindisi" (nota anche come Conca di Brindisi), una vasta depressione di origine tettonica distensiva delle rocce carbonatiche mesozoiche che, dall'entroterra intorno a Francavilla Fontana, si apre verso il mare Adriatico; tale depressione, a "gradinata", colmata dai depositi del "Ciclo della Fossa Bradanica" e dai "Depositi marini" terrazzati (Garanfi et al, 1992) riveste nel contesto degli eventi orogenetici cenozoici, un ruolo di avamposto debolmente piegato ma in linea di massima stabile.

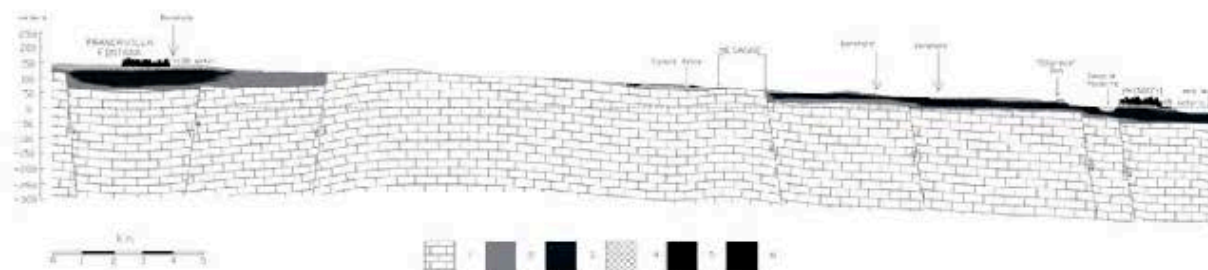


**Figura 4.1: Carta geologica schematica del Salento (da Mastronuzzi & Sansò, 1991):** 1 Calcari mesozoici; 2 Unità paleogeniche; 3 Unità mioceniche; Unità plioceniche; 5 Calcareniti di Gravina (Pleistocene inferiore); 6 Argille Subappenniniche (Pleistocene inferiore); 7 Depositi marini terrazzati (Pleistocene medio e superiore)

Come mostrato nelle Fig. 4.1 e 4.2, il substrato del territorio brindisino in esame afferisce alla formazione carbonatica nota come il *Calccare di Altamura* (Cretaceo sup.), la quale dislocata da faglie, di direzione NO-SE ed E-O, tende a digradare verso costa, ove il tetto della formazione raggiunge profondità superiori a 40 mt dal l.m.m. (Ciaranfi et al, 1983). Essa è costituita da calcari prevalentemente micritici, talora detritici, calcari dolomitici e dolomie, organizzati in strati dello spessore variabile dal decimetro a qualche metro. L'ambiente deposizionale dei *Calcari di Altamura* corrisponde alla zona interna di una piattaforma carbonatica (laguna) caratterizzata da debole energia idrodinamica.

Questa formazione cretacea affiora diffusamente a NO della "Piana di Brindisi", ove presenta un grado di fratturazione e carsismo variabile, maggiormente intenso in corrispondenza dei principali lineamenti tettonici che dislocano il settore pugliese di esame.

Infine, la successione carbonatica cretacea è sede della cosiddetta falda profonda abbondantemente sfruttata.



**Figura 4.2: Sezione geologica**

**Legenda:** 1) Calcari di Altamura (Cretaceo); 2) Calcareniti di Gravina (Pliocene sup. Pleistocene inf.); 3) Argille Subappennine (Calabrian); 4) Depositi marini terrazzati (Pleistocene media – sup.); 5) Calcareniti (Pleistocene media – sup.); 6) Falda superficiale

In trasgressione sulla formazione carbonatica mesozoica, poggiano i termini inferiori del ciclo sedimentario della "Fossa Bradanica", ascrivibili alle *Calcareniti di Gravina* (Pliocene–Pleistocene inf.; Figs. 4.1 e 4.2). Esse sono formate da livelli calcarenitici e calciruditici con orizzonti a diverso contenuto fossilifero, che presentano un grado di diagenesi variabile, passando da litotipi compatti e porosi, noti come "tufi", a litotipi non litificati localmente definiti "tufine". Gli strati, orizzontali o con rara pendenza in direzione NNE, presentano degli spessori variabili da 40 cm a 2 m, talora separati tra loro da livelli riferibili a probabili regressioni marine.

In continuità di sedimentazione, in quasi tutta l'area indagata (Fig. 4.2), sono presenti banchi non stratificati di argille grigio-azzurre (*Argille subappenniniche*; Pleistocene inf.) caratterizzati da intercalazioni di marne e/o sabbie calcaree. Incrementi di sabbia si rinvencono al letto ed al tetto di questa formazione. Il tetto delle *Argille subappenniniche*, spesso localizzato sopra il livello del mare, raggiunge, invece, profondità comprese tra 10–20 m sotto il l.m.m. nell'area oggetto di esame e lungo quasi tutta la fascia costiera attorno alla città di Brindisi. In particolare, nel territorio esaminato, questa formazione geologica costituisce il deposito sedimentario più rilevante della "Piana di Brindisi" che tende a livellare la Piana stessa. Con spessori variabili da punto a punto della Piana di Brindisi, raggiunge i 45-50 mt nella zona di Capo Bianco lungo la linea di costa mentre tende a ridursi verso l'entroterra.

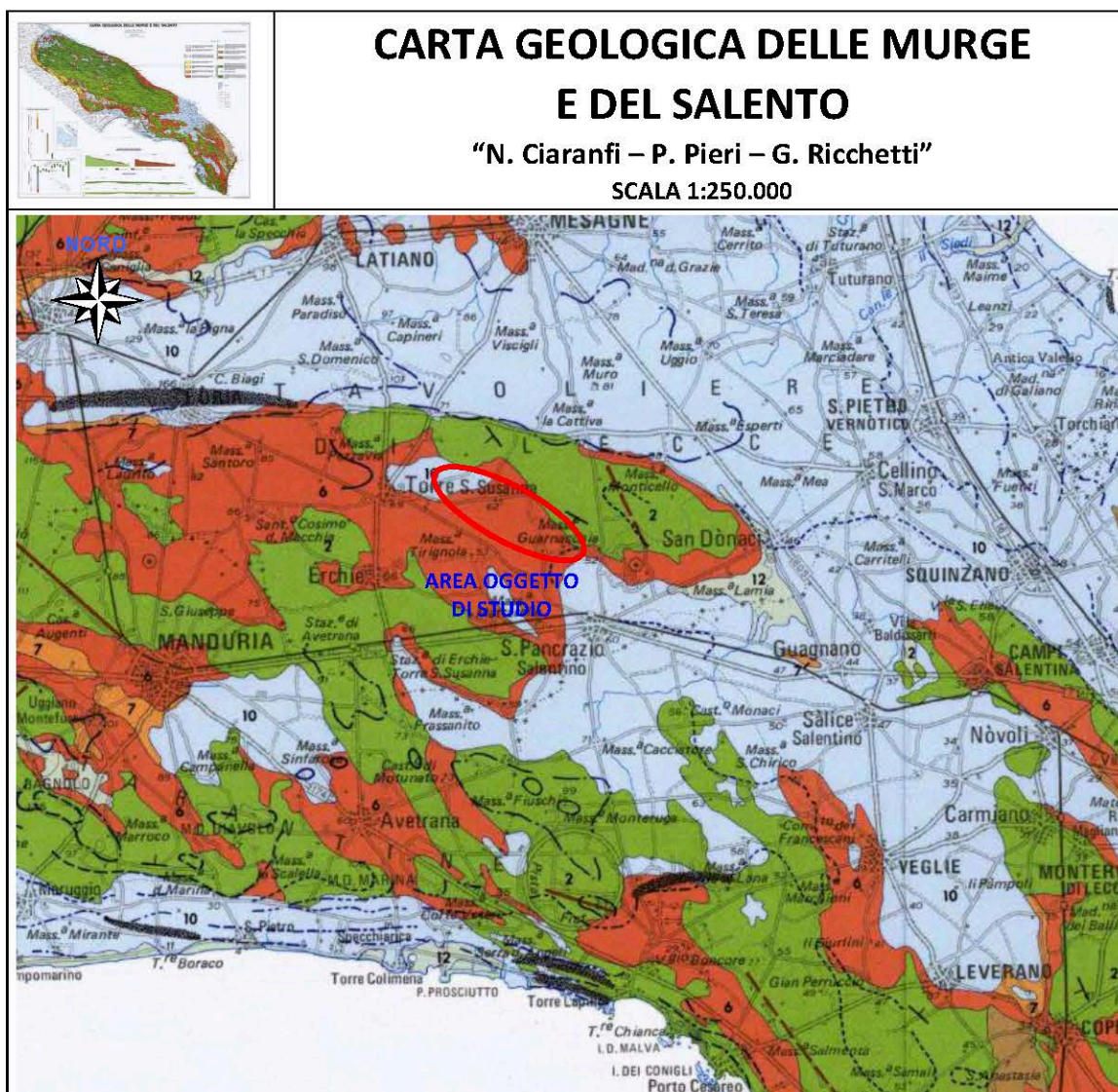


Sulle *Argille subappenniniche* giacciono i *Depositi marini terrazzati* (Pleistocene; Fig. 4.1 e 4.2) definiti dall'alternanza di livelli sabbiosi e di calcare organogeno riferibili a brevi cicli sedimentari post-calabrieri in seguito a regressione marina. I loro spessori sono limitati, comunque non eccedenti i 20 ÷ 25 m. Essi presentano giaciture sub-orizzontali e trasgressive su distinte superfici di abrasione poste a quote differenti. Queste superfici di terrazzamento sono incise sia nelle formazioni del Ciclo Bradanico sia negli stessi *Depositi marini terrazzati*. Con riferimento ai depositi marini pleistocenici, nell'intorno di Brindisi, in letteratura sono state distinte due facies principali: la prima, affiorante a sud di Brindisi, è costituita da sabbie calcaree talora argillose passanti verso il basso ad argille grigio-azzurrognole, debolmente cementate, con intercalazioni di calcare tipo "panchina"; la seconda facies, affiorante diffusamente nella piana attorno alla città di Brindisi ed a nord della stessa, è costituita da sabbie argillose e argille grigio-azzurrine, con intercalazioni di banchi calcarenitici e arenacei bioclastici.

In particolare, secondo quanto emerso dall'indagine eseguita, la prima facies è data da un'alternanza dei livelli sabbiosi e di calcare organogeno, depositatasi in un ambiente di tipo neritico-sublitorale. Essa è sede di una falda freatica che solo localmente può assumere portate significative e che il più delle volte si presenta molto scarsa o, addirittura, come semplici essudazioni. Nella porzione superiore, questa facies è costituita essenzialmente da una sabbia giallastra a grana piuttosto grossolana, indistintamente stratificata ed inglobante noduli arenacei eterometrici. Al di sotto di questa porzione sabbiosa, sono presenti banchi arenacei, spessi da 5 a 15 cm, fortemente fratturati con intercalazioni di sabbia fine, giallastra, monogranulare, dello spessore medio di 20-30 cm. Il deposito si presenta piuttosto tenace poiché i vari componenti granulometrici sono legati da un abbondante cemento calcitico e la frazione pelitica è essenzialmente costituita da minerali pesanti quali il quarzo ed i feldspati. La porzione inferiore della facies in esame è definita da bancate, leggermente più potenti, di un calcare arenaceo a grana molto fine, lastrificato ed anisotropicamente fessurato, con contenuto in sabbia variabile da strato a strato ed assenza di macrofossili. Questo calcare arenaceo risulta essere piuttosto tenace anche se è maggiore la frazione pelitica, costituita da minerali argillosi, ed è minore la percentuale di cemento di origine calcitica.

La seconda facies dei depositi marini, è rappresentata essenzialmente da terreni sciolti, costituiti da limi più o meno argillosi di colore prevalentemente marrone, sabbie più o meno limose di colore rossastro o giallognolo con frequenti inclusioni di noduli lapidei arenacei dalle dimensioni di una ghiaia.

Infine, sui *Depositi marini terrazzati* affiorano, localmente e con spessori esigui, i *Depositi recenti ed attuali* (alluvionali e costieri; Fig. 4.1 e 4.2). Essi sono costituiti da limi argillosi e/o sabbiosi, giallastri o nerastri, con intercalazioni di sostanze organiche che rappresentano il riempimento delle lagune e degli stagni costieri formatisi all'interno dei cordoni litorali, nonché da sabbie fluviali e di duna. I depositi alluvionali caratterizzano tutta la costa più meridionale del territorio di Brindisi là dove, appunto, si rinvergono aree umide.



**LEGENDA:**

- |    |   |
|----|---|
| 10 | Complesso di depositi di spiaggia e di piana costiera, riferibili a numerose unità litostratigrafiche terrazzate in vari ordini collegate a distinte fasi eustatico – tettoniche: sabbie, conglomerati, calcareniti e calcari coralgali. PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE.                                   |
| 2  | Calcare di Altamura: successione carbonatica di piattaforma interna caratterizzata da ripetute sequenze cicliche di mare sottile (tidale, lagunare), con sedimentazione compensata da subsidenza; micriti e dolomicriti ad alche, calcareniti a foraminiferi e frequenti livelli con rudiste. CRETACEO. |
| 6  | Calcareniti di Gravina: depositi calcarenitici e calciruditi in facies litorale, con foraminiferi, alghe, molluschi ed echini. PLEISTOCENE MEDIO-INFERIORE.   |

Figura 4.3: Carta geologica dell'area indagata (Carta geologica delle Murge e del Salento “Ciaranfi N. – Pieri P. – Ricchetti G.”)

Schematizzando pertanto la stratigrafia locale si può affermare che al di sotto di una più o meno spessa copertura vegetale di terreno alterato, si evidenziano condizioni geologiche piuttosto semplici ed uniformi; nelle sue linee essenziali lo schema stratigrafico dell'area indagata, può essere distinta, in ordine cronologico dalla più antica alla più recente, come segue:

- a. *Calcare di Altamura (Cretacico sup.: Turoniano sup. - Maastrichtiano)*
- b. *Calcareniti di Gravina (Pleistocene sup. – Pleistocene inf.)*

- c. *Argille subappenniniche (Pleistocene inf.)*
- d. *Depositi marini terrazzati (Pleistocene medio-superiore)*
  - d1. *Alternanza di livelli sabbiosi e di calcare organogeno definito "Panchina"*
  - d2. *Sabbie e limi più o meno argillosi*
- e. *Depositi recenti ed attuali (alluvionali e costieri)*

## 4.2 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

L'area oggetto di interesse progettuale, in relazione all'estensione areale occupata, al di sotto di una più o meno spessa copertura vegetale di terreno alterato, è caratterizzata dalla presenza in affioramento di tre diverse litologie del substrato come di seguito specificato:

AEROGENERATORE	COMUNE	FOGLIO N°	PARTICELLA N°	LITOLOGIA DEL SUBSTRATO
SP1	MESAGNE	134	136	Unità a prevalente componente arenitica corrispondente alle Calcareniti di Gravina
SP2	MESAGNE	134	155	Unità a prevalente componente arenitica corrispondente alle Calcareniti di Gravina
SP3	SAN PANCRAZIO S.NO	7	7	Unità prevalentemente calcarea o dolomitica corrispondente ai Calcari di Altamura
SP4	SAN PANCRAZIO S.NO	18	108	Unità a prevalente componente arenitica corrispondente alle Calcareniti di Gravina
SP5	SAN PANCRAZIO S.NO	18	6	Unità a prevalente componente arenitica corrispondente alle Calcareniti di Gravina
SP6	SAN PANCRAZIO S.NO	18	115	Unità a prevalente componente arenitica corrispondente alle Calcareniti di Gravina
SP7	TORRE SANTA SUSANNA	46	69	Unità a prevalente componente arenitica corrispondente alle Calcareniti di Gravina
SP8	TORRE SANTA SUSANNA	33	189	Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica
SP9	TORRE SANTA SUSANNA	30	302	Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica

Si veda Tav. 3 "Carta degli elementi geostrutturali dell'area oggetto dell'intervento progettuale: litologia superficiale" estratta dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia <http://www.adb.puglia.it> ed allegata in calce alla presente relazione.

## 4.3 ASSETTO MORFOLOGICO

Dal punto di vista morfologico l'area oggetto dell'intervento progettuale, ubicata ad una quota topografica variabile compresa tra 55 ÷ 65 mt s.l.m.m. come specificatamente dettagliato nella tabella seguente, si presenta generalmente pianeggiante e caratterizzata da deboli pendenze 0,5 ÷ 2 % molto



lievi alle volte poco apprezzabili.

Dai rilievi di superficie eseguiti si evince come l'area in oggetto non mostri evidenze strutturali che lascino intendere alla presenza di aree di instabilità morfologica e/o possibili forme dovute a fenomeni carsici di qualche interesse (cavità, ...).

<b>AEROGENERATORE</b>	<b>COMUNE</b>	<b>FOGLIO N°</b>	<b>PARTICELLA N°</b>	<b>QUOTA TOPOGRAFICA (mt s.l.m.m.)</b>
SP1	MESAGNE	134	136	58
SP2	MESAGNE	134	155	56
SP3	SAN PANCRAZIO S.NO	7	7	59
SP4	SAN PANCRAZIO S.NO	18	108	55
SP5	SAN PANCRAZIO S.NO	18	6	55
SP6	SAN PANCRAZIO S.NO	18	115	59
SP7	TORRE SANTA SUSANNA	46	69	57
SP8	TORRE SANTA SUSANNA	33	189	65
SP9	TORRE SANTA SUSANNA	30	302	63

## 5. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA DELL'AREA INDAGATA

### 5.1 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI REGIONALE

I caratteri litologici delle diverse formazioni, le loro giaciture ed i relativi rapporti di posizione, fanno sì che in Puglia la circolazione idrica sotterranea si espliciti attraverso di due distinti sistemi la cui interazione tende a variare da luogo a luogo.

Il primo, più profondo, come falda di base o profonda è rappresentato dalla falda carsica circolante nel basamento carbonatico mesozoico, fortemente fratturato e carsificato; il secondo, rinvenibile nei depositi della copertura post-cretacea è costituito da una serie di falde superficiali, che si rinvergono a profondità ridotte dal piano campagna, ovunque la presenza di livelli impermeabili vada a costituire uno sbarramento a letto.

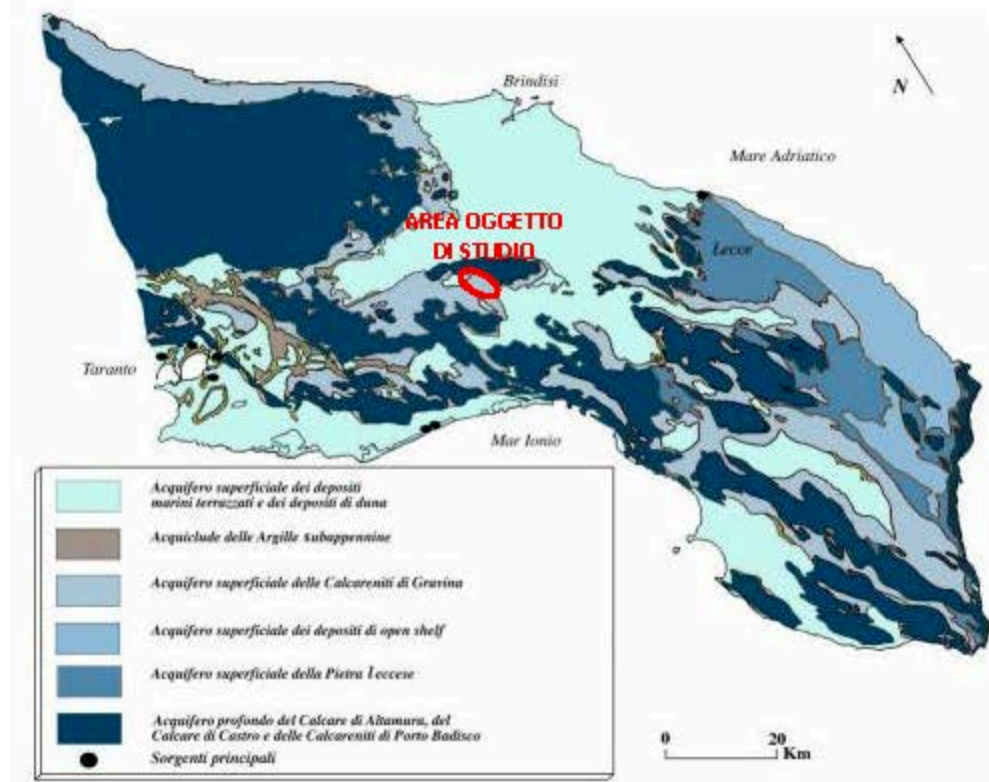


Fig. 5.1: Carta della permeabilità e delle principali manifestazioni sorgentizie costiere del Salento.

Le acque dolci della falda profonda, invece, sono sostenute alla base dalle acque marine di invasione continentale, dalle quali sono separate da una fascia idrica di transizione, la zona di diffusione, caratterizzata da un rapido incremento verticale del contenuto salino; naturalmente, essendo l'equilibrio fra queste acque legato al carico idraulico delle acque dolci, lo spessore di queste ultime si riduce man mano che ci si avvicina alla linea di costa, fino ad annullarsi completamente.

Nell'ambito della falda profonda sono inoltre individuabili tre distinte unità idrogeologiche; la garganica, la murgiana e la salentina. In particolare, queste ultime due sono in contiguità laterale tra di loro lungo l'allineamento Taranto-Brindisi attraverso il quale, in virtù dei differenti carichi idraulici, si

concretizza un forte sversamento di acque sotterranee dall'unità murgiana in quella salentina; nell'unità idrogeologica murgiana, infatti, si riscontrano sempre carichi idraulici molto alti, anche oltre i 50 metri, ed una circolazione prevalentemente in pressione, mentre in tutto il Salento si hanno carichi modesti, mai superiori ai 4 metri, con una circolazione usualmente a pelo libero.

## 5.2 LINEAMENTI IDROGRAFICI DELL'AREA INDAGATA

L'area indagata rappresenta il tratto meridionale dell'altopiano delle Murge, potente complesso calcareo di età cretacea in facies di piattaforma epioceanica, a confine con la zona centro-settentrionale della "Piana di Brindisi" (nota anche come Conca di Brindisi), una vasta depressione di origine tettonica distensiva delle rocce carbonatiche mesozoiche, il cui assetto stratigrafico e le cui caratteristiche litologiche ne condizionano la circolazione idrica superficiale e sotterranea.

Essa si colloca, dal punto di vista geomorfologico, nel sistema morfoclimatico temperato con regime pluviometrico di tipo mediterraneo-marittimo caratterizzato da un periodo di massima piovosità compreso tra ottobre e marzo (con massimi in novembre e dicembre) e da un periodo di magra compreso tra aprile e settembre (con minimi in luglio e agosto).

Il fenomeno carsico, i caratteri di permeabilità delle formazioni presenti, comune a tutto il territorio salentino o se vogliamo sud pugliese, nonché quelle delle precipitazioni meteoriche non favoriscono il regolare deflusso delle acque di origine meteorica verso il mare per via superficiale portando ad un modesto sviluppo della rete idrografica caratterizzata per lo più dalla presenza di una serie di canali più o meno profondi che a loro volta hanno disegnato un reticolo idrografico oramai appena accennato a causa dell'intenso sfruttamento agricolo e della forte urbanizzazione che ha cancellato o ha mascherato molto di quello che può essere significativo dal punto di vista morfologico; dette incisioni cosiddette torrentizie per lo più secche vengono interessate dalla presenza di acqua esclusivamente in occasioni di eventi temporaleschi.

In particolare, come da Tav. 4 "Carta Idrogeomorfologica della Puglia" estratta dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia <http://www.adb.puglia.it> ed allegata in calce alla presente, l'area oggetto dell'intervento progettuale non risulta interessato da elementi idrografici di particolare rilievo.

## 5.3 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI DELL'AREA INDAGATA

Il modesto sviluppo della rete idrografica sopradescritta, si contrappone ad un più accentuato afflusso al sistema idrico sotterraneo, le cui proprietà geometriche ed idrogeologiche costituiscono, di norma, un sistema idrico discontinuo a seguito delle proprietà geolitologiche dei depositi interessati, in funzione delle quali gli stessi depositi possono essere suddivise in tre gruppi:

- a. **impermeabili** a cui appartengono i terreni affioranti costituiti da argille e limi, presenti seppur fino a modeste profondità, in maniera quasi omogenea su tutto il territorio comunale ed in particolar modo in quello indagato (coefficiente di permeabilità compreso tra  $10^{-7} \div 10^{-9}$  cm/s);



- b. **permeabili per porosità** a cui appartengono i terreni più superficiali quali le sabbie, i limi e i depositi calcarenitici, il cui grado di permeabilità aumenta all'aumentare della componente sabbiosa costituente il deposito e rappresentano i depositi utilizzati per lo smaltimento delle acque meteoriche (coefficiente di permeabilità compreso tra  $1 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-6}$  cm/s);
- c. **permeabili per fessurazione**, a cui appartengono le rocce permeabili del complesso carbonatico, la formazione mesozoica calcarea che, costituente l'acquifero sotterraneo, è caratterizzato dalla presenza di fratture, piani di stratificazione e condotti carsici dovuti all'allargamento di fratture e giunti di strato che conferiscono al deposito in oggetto un'elevata permeabilità che varia sia verticalmente che lateralmente al variare della natura litologica ed al relativo grado di carnificazione (coefficiente di permeabilità compreso tra  $10^{-1} \div 10^{-2}$  cm/sec).

In virtù dei caratteri geologico-strutturali e litostratigrafici la zona oggetto di studio ospita, a seconda della localizzazione una o due ben distinti ambienti idrogeologici tra loro separati da un orizzonte impermeabile:

- un primo presente nei "Depositi marini terrazzati" calcarenitico-sabbiosi in cui ha sede una falda idrica localmente indicata come falda superficiale che alimentata direttamente dagli eventi pluviali a ciclo stagionale ricadenti nell'area di interesse, seppure non sempre presente circola a pelo libero ad una profondità superiore ai 5,00 mt circa dal p.c. ed interessa solo ed esclusivamente l'area occupata dagli aerogeneratori SP8 ed SP9;
- un secondo, che trovando alimentazione in un vasto bacino idrografico che è quello dei massicci calcarei di portata più consistente rinvenibile nell'ammasso carbonatico ad una profondità compresa tra i 50 ÷ 60 mt dal p.c. (Fig. 5.4).

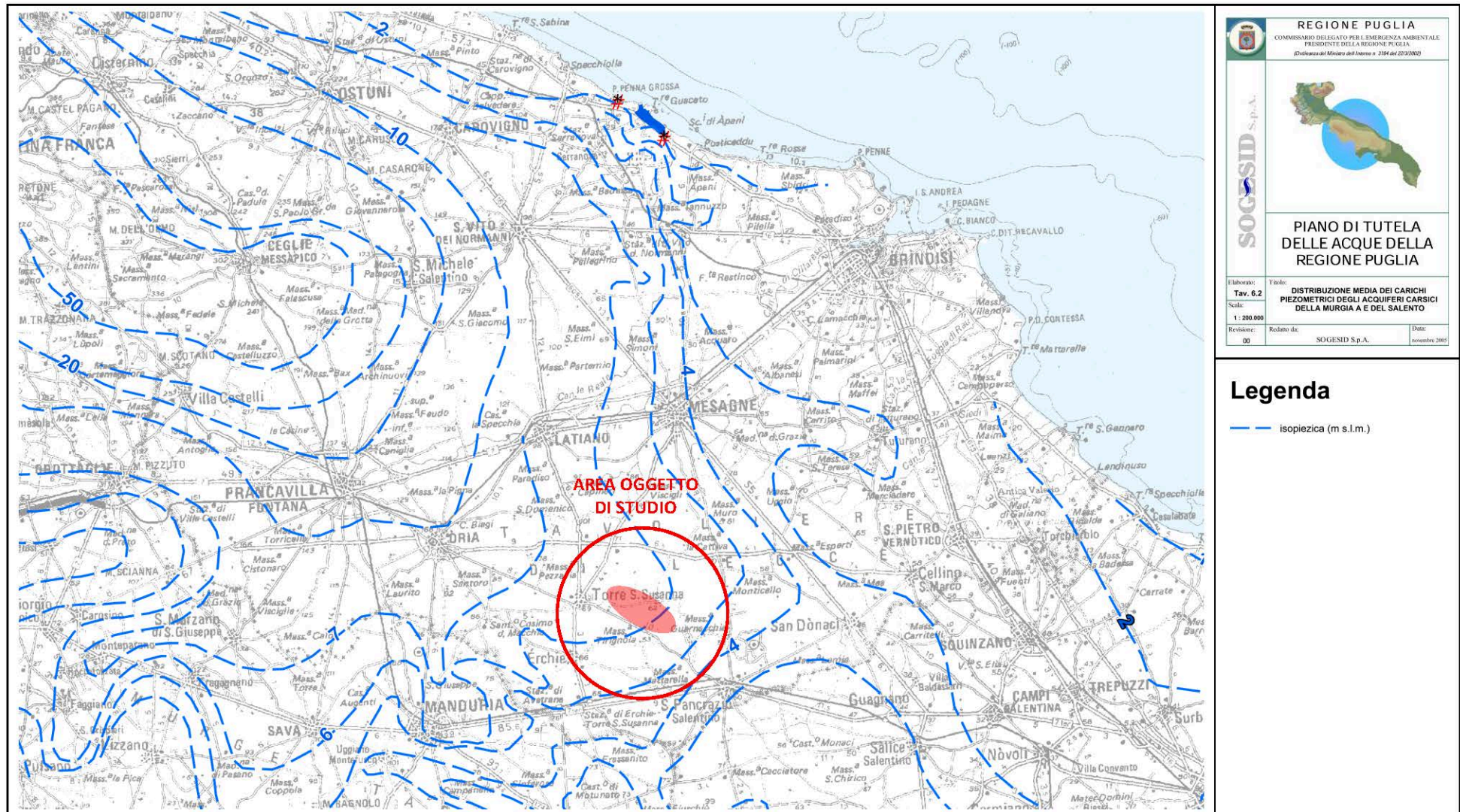


Fig. 5.4: Estratto Tav. 6.2 "Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della murgia e del Salento" del Piano di tutela delle acque della Regione Puglia - Isofreatiche dell'acquifero profondo

## **6. PERICOLOSITA' GEOLOGICHE, ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IDROGRAFICO**

Al fine di effettuare una valutazione complessiva della pericolosità geomorfologia, idraulica e del rischio, è stata effettuata:

1. l'analisi della cartografia allegata al **Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia in cui l'Autorità di Bacino ha individuato le aree esposte a pericolosità geomorfologia e idraulica e pertanto a rischio, di cui agli stralci riportati nelle pagine seguenti, estratte dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia <http://www.adb.puglia.it>;
2. l'analisi della **Carta Idro-geomorfologica della Regione Puglia allegata al Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia in cui l'Autorità di Bacino, al fine della salvaguardia dei corsi d'acqua, della limitazione del rischio idraulico e per consentire il libero deflusso delle acque, ha individuato il reticolo idrografico in tutto il territorio di competenza, nonché l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali, ove vige il divieto assoluto di edificabilità, di cui agli stralci riportate nelle pagine seguenti, estratte dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia <http://www.adb.puglia.it>;

di cui alle Tav. 4 "Carta Idrogeomorfologica della Puglia" e Tav. 5 "Carta delle aree a pericolosità Idraulica e Geomorfologica" estratte dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia <http://www.adb.puglia.it>, allegate in calce alla presente relazione.

Dall'analisi di cui ai punti precedenti, si evidenzia come tutte le aree interessata dall'installazione degli aerogeneratori in progetto non ricadono, neanche parzialmente:

- in aree perimetrate a pericolosità idraulica;
- in aree perimetrate a pericolosità geomorfologica;
- in aree perimetrate a rischio idraulico o geomorfologico;
- a meno di 150 mt da tratti di reticolo idrografici, alveo in modellamento attivo ed aree golenali non arealmente individuabili;

*pertanto, secondo tale analisi, sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio.*



## **7. INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Per la definizione preliminare dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, la caratterizzazione fisico-meccanica e la definizione della categoria di sottosuolo dei terreni oggetto dell'intervento in progetto, **rimandando alla fase esecutiva l'onere di realizzare una più puntuale ed approfondita campagna di indagine geognostica**, ci si è riferiti alle risultanze di una campagna di indagine geognostica (D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni") eseguita dallo scrivente in area limitrofa a quella oggetto di interesse, come di seguito specificata:

- indagine di prospezione geologica e sismica dei terreni realizzata per mezzo di:
  - ✓ n° 3 stendimento sismico in onda S a tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves),
  - ✓ n° 3 stendimento sismico in onda S a tecnica RE.MI. (Refraction Microtremor),
  - ✓ n° 2 profilo sismico a rifrazione,
  - ✓ n° 1 Prova Penetrometrica Dinamica Super Pesante (DYNAMIC PROBING SUPER HEAVY),

realizzate sulle tre unità litologie del substrato interessanti le aree oggetto di intervento progettuale.

## **8. DEFINIZIONE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE**

L'attuale normativa sismica si fonda sull'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20.03.2003 pubblicata sulla G.U. n° 105 del 08.05.2003 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zone sismiche" .

L'O.P.C.M. n° 3274/2003 rappresenta un primo tentativo di allineamento della normativa italiana con quella europea dato che esso si ispira completamente all'Eurocodice 8.

In prima fase di applicazione dell'ordinanza e fino alla formale individuazione e riclassificazione delle zone sismiche delle singole regioni, tale ordinanza, individua 4 nuove zone sismiche da 1 (maggiore pericolo) a 4 (minore pericolo) nelle quali suddivide l'intero territorio nazionale in relazione all'intensità e frequenza dei terremoti del passato.

A differenza della precedente classificazione, con l'O.P.C.M. n° 3274/2003, sparisce il territorio "non classificato", e viene introdotta la zona 4.

Secondo tale provvedimento legislativo, tutti i comuni italiani sono stati classificati in 4 categorie principali, indicative del loro rischio sismico, calcolato in base al PGA, Peak Ground Acceleration, cioè il valore di accelerazione massima del suolo (picco di accelerazione al suolo) misurata nel corso di un terremoto o attesa in un determinato sito che tiene conto dell'influenza degli eventuali effetti di amplificazione del moto sismico dovuti alle caratteristiche del sottosuolo o alla topografia.

**Zona 1** (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **ROSSO**): Sismicità alta

Identifica la zona più pericolosa dove "possono verificarsi fortissimi terremoti" (PGA oltre 0,25 g).

**Zona 2** (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **ARANCIONE**): Sismicità medio-alta

In questa zona possono verificarsi forti terremoti (PGA fra 0,15 e 0,25 g).

**Zona 3** (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **GIALLO**): Sismicità medio-bassa

In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari (PGA fra 0,05 e 0,15 g).

**Zona 4** (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **GRIGIO**): Sismicità bassa

È la zona meno pericolosa (PGA inferiore a 0,05 g).

L'O.P.C.M. n° 3274/2003 attribuisce alle singole regioni la facoltà di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica in opere da edificare in zona 4 ad eccezione delle tipologie di edifici ed opere strategiche e rilevanti ai fini di protezione civile e del collasso degli stessi ove sussiste comunque l'obbligo di progettazione antisismica anche in zona 4.

In seguito con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 aprile 2006, è stato adottato un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale, fornendo alle

Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

La Regione Puglia, con Deliberazione di Giunta n° 153 del 02.03.2004 pubblicata sul B.U.R.P. n° 33 del 18.03.2004, in recepimento della previgente normativa statale ha, provveduto alla classificazione sismica dell'intero territorio pugliese, elencando i comuni ricadenti nelle zone sismiche 1, 2, 3 e 4, nonché individuando le tipologie di edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità, durante gli eventi sismici assumeva rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, nonché degli edifici e delle opere infrastrutturali che potevano assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso, così come distinti negli elenchi "A" e "B", allegati alla medesima delibera n° 153/04. Contestualmente, stabiliva, "sino ad eventuale diversa determinazione" l'insussistenza dell'obbligo "della progettazione antisismica per gli edifici e le opere da realizzare sul territorio pugliese classificato in zona sismica 4", eccezion fatta per gli edifici di interesse strategico e/o rilevanti di cui ai suddetti elenchi "A" e "B", per i quali erano immediatamente applicabili i disposti normativi introdotti dalla citata O.P.C.M. n° 3274/03 e s.m.i., di cui all'O.P.C.M. n° 3316/03.

A seguito dell'anticipazione alla data dell'01.07.2009 dell'entrata in vigore delle Norme Tecniche, approvate con D.M. 14.01.2008, in conseguenza degli eventi sismici avvenuti in Abruzzo, al fine di meglio tutelare la pubblica e privata incolumità, la Regione Puglia con D.G.R. n. 1626 del 15 settembre 2009 ha ritenuto opportuno l'estensione dell'obbligo della progettazione antisismica anche per le costruzioni private da realizzare in zona sismica classificata "4", modificando quanto precedentemente previsto, nella fattispecie, dalla succitata delibera di G.R. n° 153/04. Pertanto, per tutte le tipologie di fabbricati ricadenti in siti classificati come zona sismica 4, il riferimento normativo è da ricondursi al disposto di cui al cap. 2 punto 2.7 delle Norme Tecniche di cui al D.M. 14.01.2008 come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", nonché al capitolo C7 della relativa circolare esplicativa ministeriale 02 febbraio 2009 n° 617.

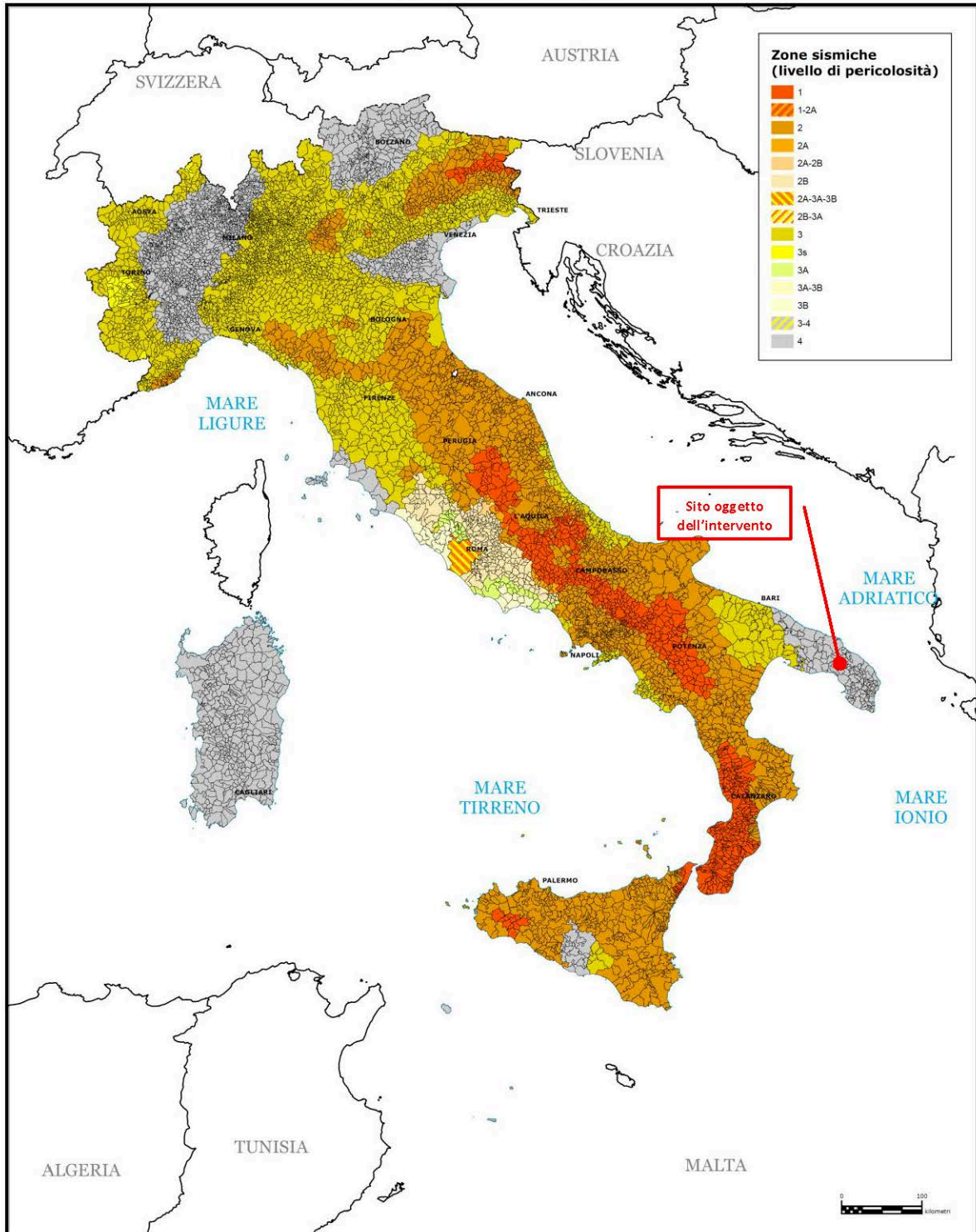


Presidenza del Consiglio dei Ministri  
**Dipartimento della protezione civile**  
 UFFICIO III – Attività Tecnico-Scienfiche per la previsione e la prevenzione dei Rischi - Servizio Rischio Sismico

**Classificazione sismica al 31 gennaio 2019**

Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'OPCM 20 marzo 2003, n. 3274

Atti di recepimento al 1° gennaio 2019. Abruzzo: DGR 29/3/03, n. 438. Basilicata: DCR 19/11/03, n. 731. Calabria: DGR 10/2/04, n. 47. Campania: DGR 7/11/02, n. 5447. Emilia Romagna: DGR 23/07/18, n. 1164. Friuli Venezia Giulia: DGR 6/5/10, n. 845. Lazio: DGR 22/5/09, n. 387. Liguria: DGR 17/03/17, n. 2016. Lombardia: DGR 11/7/14, n. X/2129. Marche: DGR 29/7/03, n. 1046. Molise: DGR 2/8/06, n. 1171. Piemonte: DGR 12/12/11, n. 4-3084. Puglia: DGR 2/3/04, n. 153. Sardegna: DGR 30/3/04, n. 15/31. Sicilia: DGR 19/12/03, n. 408. Toscana: DGR 26/5/14, n. 878. Trentino Alto Adige-Bolzano, DGP 6/11/06, n. 4047; Trento, DGP 27/12/12, n. 2919. Umbria: DGR 18/9/12, n. 1111. Veneto: DCR 3/12/03, n. 67. Valle d'Aosta: DGR 4/10/13 n. 1603



**Fig. 7.1 Classificazione sismica del territorio del territorio nazionale**  
 (<http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-sismico/attivita/classificazione-sismica>)

### 8.1 DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

In ottemperanza a quanto prescritto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 del D.M. 17 gennaio 2018 (NTC 2018).

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II di cui al D.M. 17 gennaio 2018 come sotto riportata, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.

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

CATEGORIA	DESCRIZIONE
<b>A</b>	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>B</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.
<b>C</b>	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.
<b>D</b>	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.
<b>E</b>	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.

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dalla seguente espressione

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

dove:

$h_i$  = spessore dell'i-esimo strato;

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

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

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

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Il profilo delle velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  risulta necessario per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura;
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito;
- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno;
- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici;
- valutare la trasmissione delle vibrazioni generate dai treni, dalle macchine vibranti, dalle esplosioni in superficie o in sotterraneo, dal traffico veicolare.

Le azioni sismiche delle cinque categorie di sottosuolo descritte nella tabella 3.2. Il sopra riportata, sono definite al § 3.2.3 delle NTC 2018.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

### 8.1.1 Definizione categoria di sottosuolo locale

Per la definizione della categoria di sottosuolo, come anticipato al capitolo precedente ci si è riferiti alle risultanze di una campagna di indagine di prospezione sismica dei terreni a mezzo di **N° 3 indagine sismica con metodologia Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **N° 3 indagine sismica con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** eseguite con sismografo DoReMi RS232 a 12 canali e 16 bit della SARA Electronic Instruments con geofoni a 4.5 Hz, elaborate per mezzo del software MASW ver. 4.1.0.0.

L'analisi sismica di sito, effettuata tramite l'utilizzo di antenne sismiche e metodologie **Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)**, consente di determinare il profilo di rigidezza del sito (velocità delle onde di taglio  $S$ ) tramite la misura di velocità di propagazione delle onde di superficie (onde di Rayleigh) ed un successivo processo di inversione. Le sorgenti sismiche sono rappresentate da una sorgente sismica passiva "rumori ambientali", o microtremori, costantemente generati da disturbi naturali o artificiali per la prova con metodologie **Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e da una sorgente sismica attiva, quale una mazza del peso di 5 kg battente verticalmente su una piastra circolare in acciaio del diametro di 220 mm, per la prova con metodologie **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)**.



Le metodologie sopra riportate permettono altresì di definire il parametro  $V_{s_{eq}}$  utile per la classificazione dei terreni nelle categorie di suolo da utilizzare in seguito per la progettazione delle costruzioni secondo la normativa antisismica.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (p-f), che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni (orizzontale e verticale) della linea sismica, e nel rappresentarne poi lo spettro di potenza su un grafico p-f (Fig. 8.2).

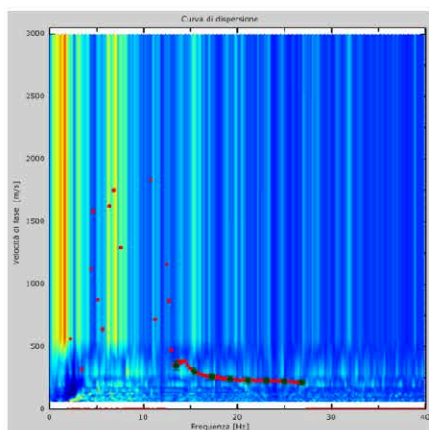


Fig. 8.2: Esempio di spettro di potenza p-f con picking.

Nell'immagine, riportata sopra, sono evidenziati gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza rilevante, e ciò consente un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh in quanto queste presentano un carattere dispersivo rispetto a quelle riconducibili ad altre modalità e tipi d'onda.

Sullo spettro di frequenza è eseguito un "picking" (soprassegno con quadratini neri) attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (inverso della velocità di fase) per alcune frequenze (Fig. 8.2).

Tali valori poi sono riportati su di un diagramma periodo-velocità di fase (Fig. 8.3) per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

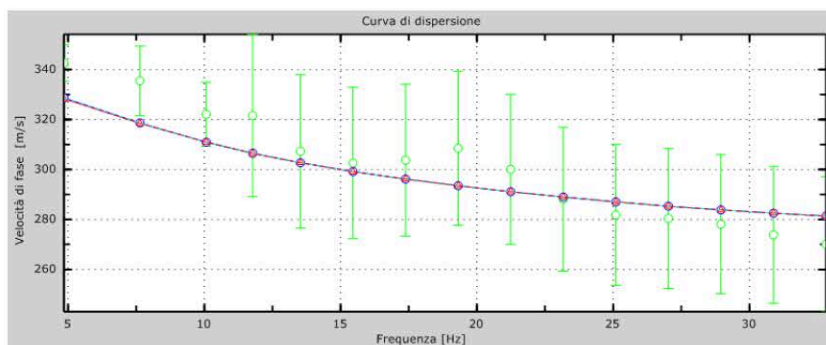


Fig. 8.3: Esempio di diagramma periodo-velocità di fase estratto dalla prova Re.Mi.

Variando la geometria del modello interpretativo ed i valori di velocità delle onde "S" si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione, rappresentata con il colore magenta nella figura 3; si consegue un buon fitting con i valori sperimentali e si assume tale modello come interpretativo.

Lo studio dello spettro di potenza permette in definitiva la ricostruzione di un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, con le velocità delle onde di superficie "S" (espresse in m/s) e la profondità (espressa in metri).

Si riporta di seguito, dettaglio, documentazione fotografica e restituzione grafica delle risultanze dell'indagine in oggetto.



### 8.1.1.1 Unità a prevalente componente arenitica – Calcarenite di Gravina (SP1 – SP2 – SP4 – SP5 – SP6 – SP7)

Realizzata nel centro abitato del Comune di Torre Santa Susanna, laddove al di sotto di un irrilevante strato di copertura vegetale di terreno alterato affiorano di depositi arenitici/calcarenitici, attraverso uno stendimento di 38,50 mt con distanza geofonica pari a 3,50 mt.

#### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Fig. 8.4.1: Documentazione fotografica Indagini Sismiche Re.Mi.-MASW



### RESTITUZIONE GRAFICA INDAGINE RE.MI. - MASW

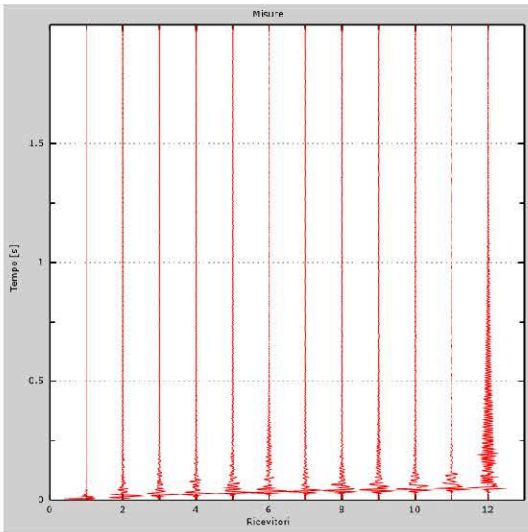


Fig. 8.5.1 Tracce sperimentali MASW

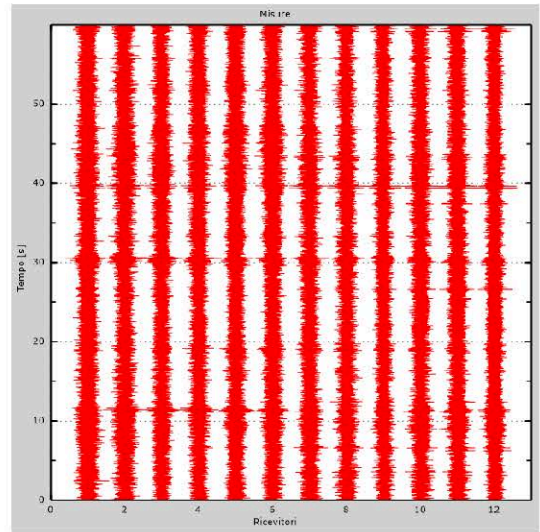


Fig. 8.6.1 Tracce sperimentali RE.MI

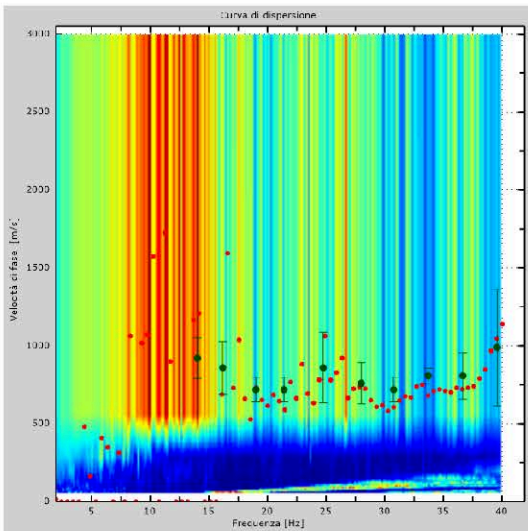


Fig. 8.7.1 Curva di dispersione nel piano f-p

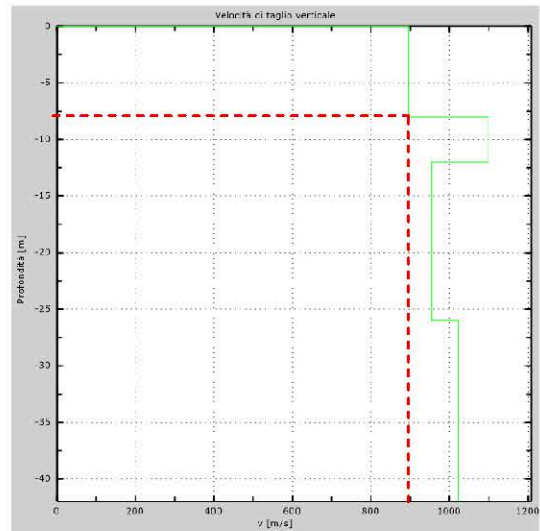


Fig. 8.8.1 Profilo Vs numerico

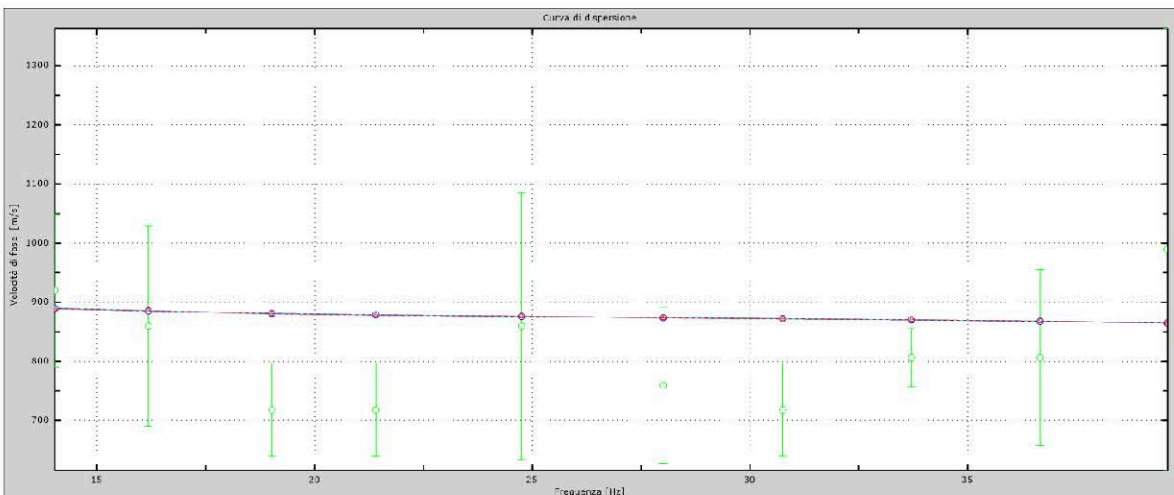


Fig. 8.9.1 Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

Dall'analisi sismica in sito effettuata tramite la metodologia **Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** di cui sopra ci si è ricavati un valore di  $V_{S_{30}}$ , e considerando che nell'area di studio il substrato è affiorante, la  $V_{S_{eq}}$  dovrà essere intesa quella relativa al primo strato di roccia affiorante su cui si attestano le fondazione delle opere, sulla base della quale è possibile classificare il sottosuolo di fondazione come segue:

**Tabella: Classificazione della categoria di sottosuolo**

$V_{S_{eq}}$ (m/s)	Descrizione	Stima categoria sottosuolo
<b>895,00</b>	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>A</b>



### 8.1.1.2 Unità prevalentemente calcarea o dolomitica - Calcari di Altamura (SP3)

Realizzata poco più a nord dell'area interessata dall'installazione dell'aerogeneratore SP3, laddove al di sotto di un irrilevante strato di copertura vegetale di terreno alterato affiorano di depositi calcarei, attraverso uno stendimento di 38,50 mt con distanza geofonica pari a 3,50 mt.

#### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

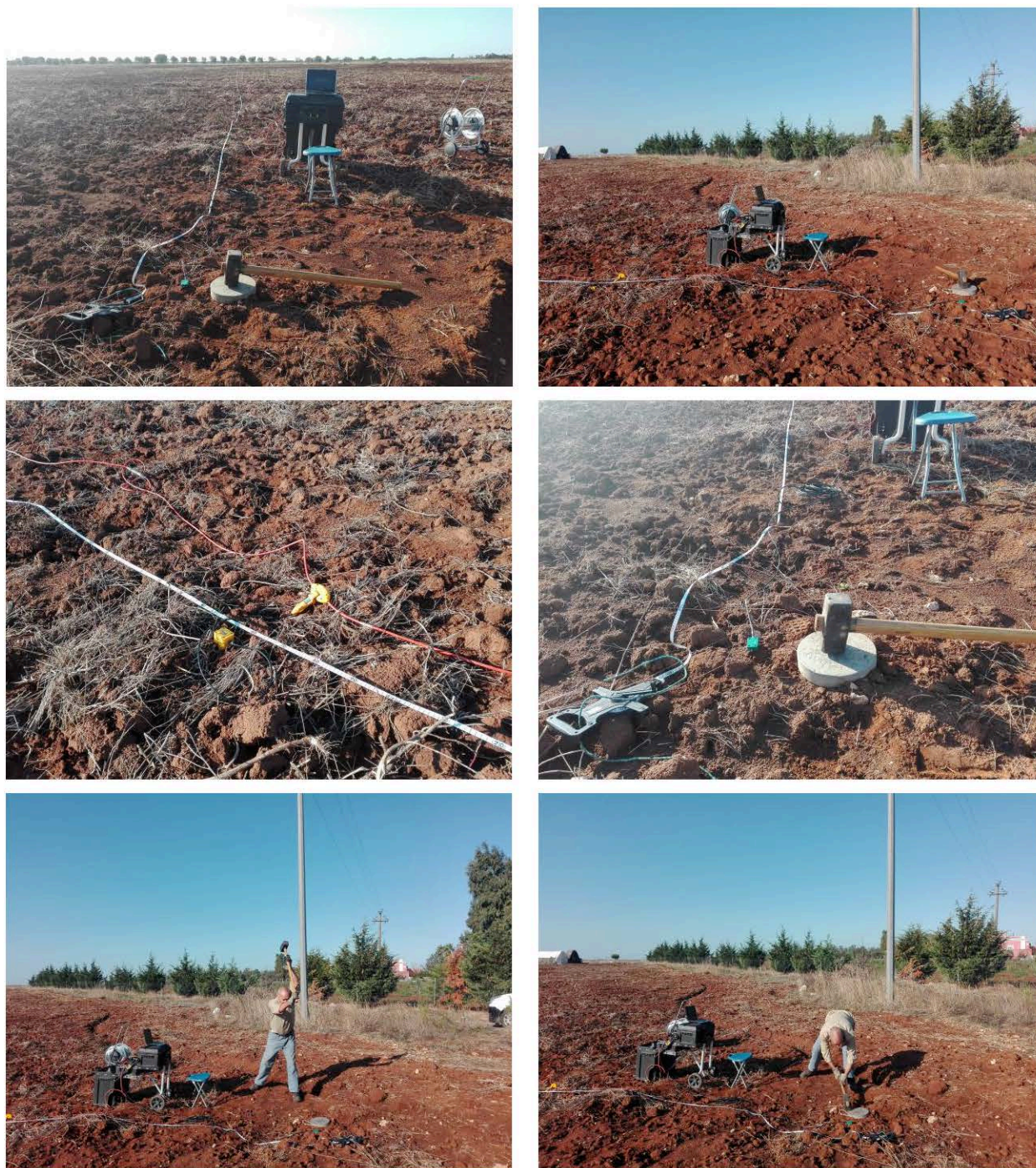


Fig. 8.4.2: Documentazione fotografica Indagini Sismiche Re.Mi.-MASW



**RESTITUZIONE GRAFICA INDAGINE RE.MI. - MASW**

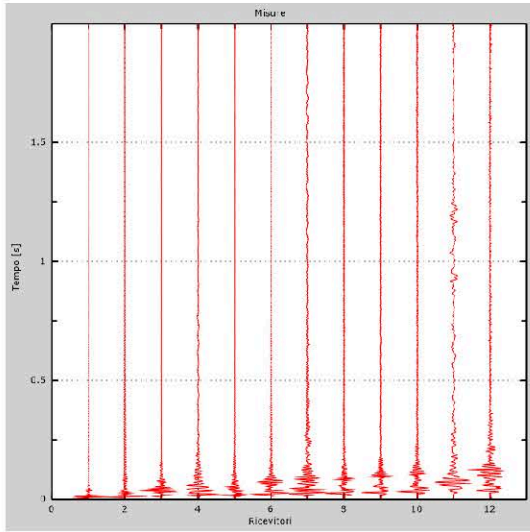


Fig. 8.5.2 Tracce sperimentali MASW

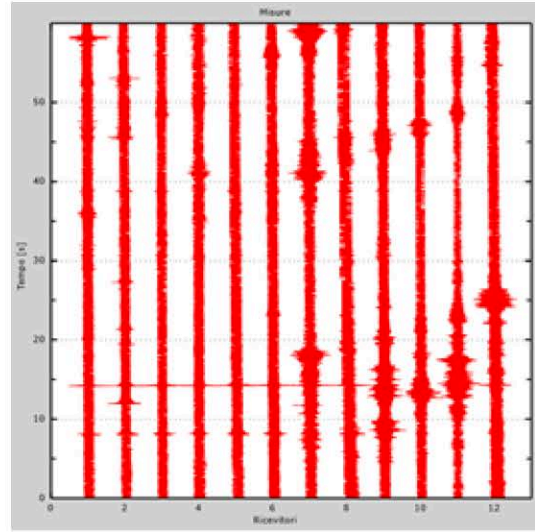


Fig. 8.6.2 Tracce sperimentali RE.MI

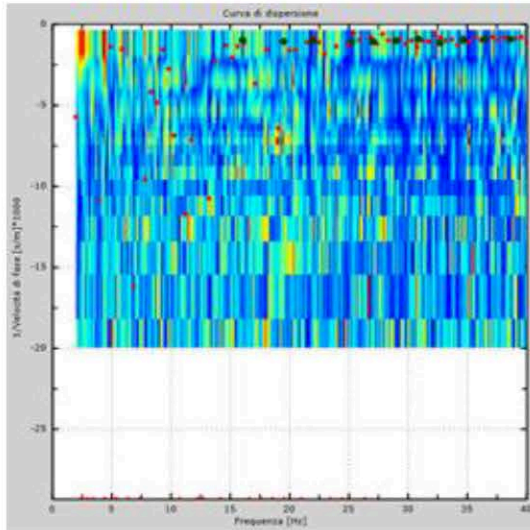


Fig. 8.7.2 Curva di dispersione nel piano f-p

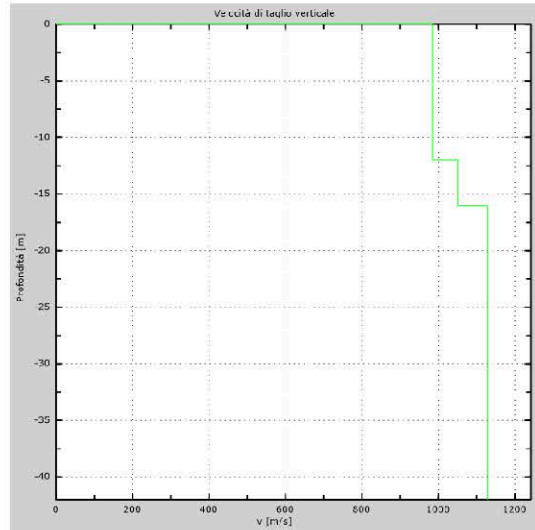


Fig. 8.8.2 Profilo Vs numerico

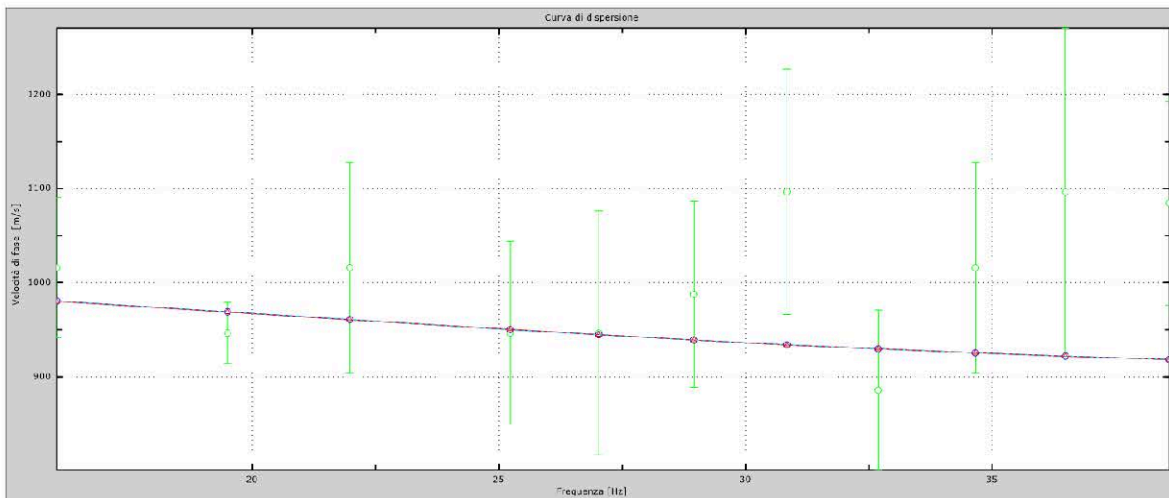


Fig. 8.9.2 Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

Dall'analisi sismica in sito effettuata tramite la metodologia **Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** di cui sopra ci si è ricavati un valore di  $V_{S_{30}}$ , e considerando che nell'area di studio il substrato è affiorante, la  $V_{S_{eq}}$  dovrà essere intesa quella relativa al primo strato di roccia affiorante su cui si attestano le fondazione delle opere, sulla base della quale è possibile classificare il sottosuolo di fondazione come segue:

**Tabella: Classificazione della categoria di sottosuolo**

$V_{S_{eq}}$ (m/s)	Descrizione	Stima categoria sottosuolo
<b>995,00</b>	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>A</b>



### 8.1.1.3 Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica (SP8 – SP9)

Realizzata poco più a nord dell'area interessata dall'installazione degli aerogeneratori SP8 e SP9, laddove al di sotto di un irrilevante strato di copertura vegetale di terreno alterato affiorano di depositi siltosi-sabbiosi, attraverso uno stendimento di 38,50 mt con distanza geofonica pari a 3,50 mt.

#### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Fig. 8.4.3: Documentazione fotografica Indagini Sismiche Re.Mi.-MASW



**RESTITUZIONE GRAFICA INDAGINE RE.MI. - MASW**

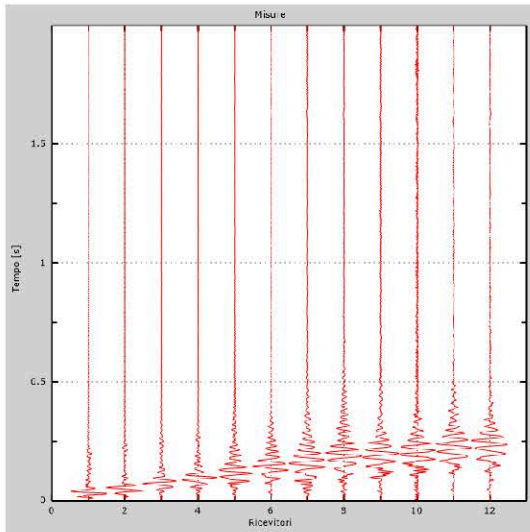


Fig. 8.5.3 Tracce sperimentali MASW

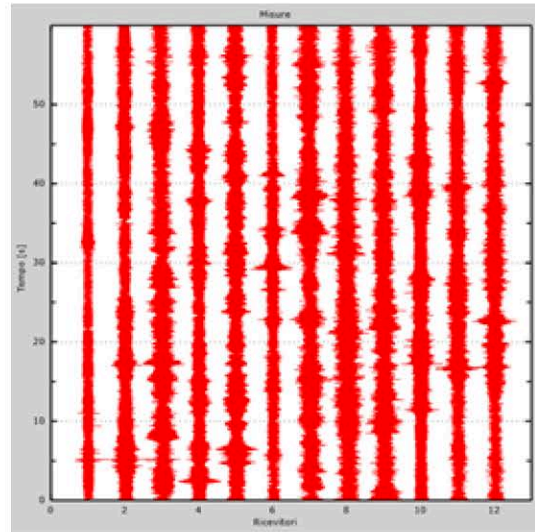


Fig. 8.6.3 Tracce sperimentali RE.MI

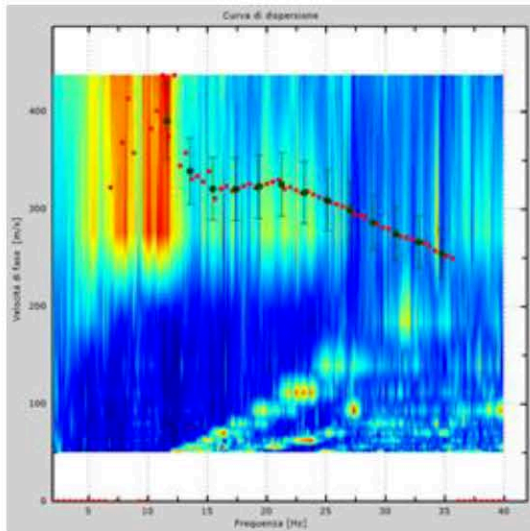


Fig. 8.7.3 Curva di dispersione nel piano f-p

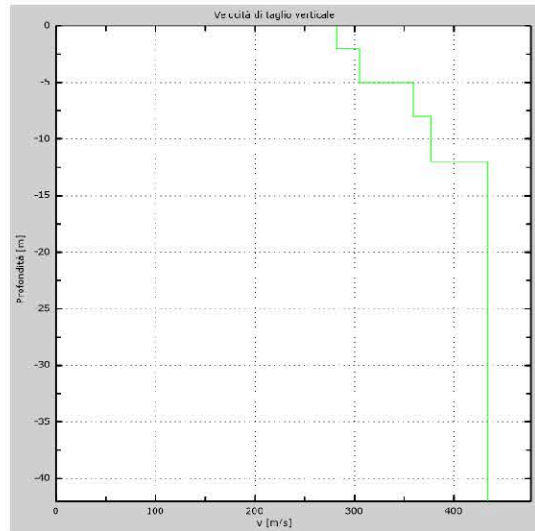


Fig. 8.8.3 Profilo Vs numerico

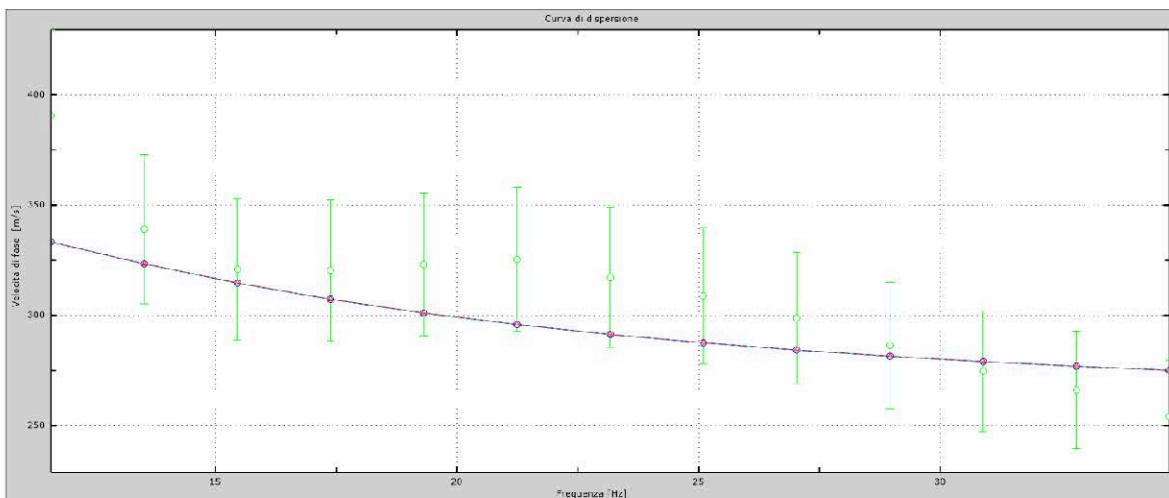


Fig. 8.9.3 Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

Dall'analisi sismica in sito effettuata tramite la metodologia **Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** di cui sopra ci si è ricavati un valore di  $V_{S30}$ , e considerando che nell'area di studio la profondità del substrato si attesta a circa 15 m dal p.c., coincide con la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$ , sulla base della quale è possibile classificare il sottosuolo di fondazione come segue:

**Tabella: Classificazione della categoria di sottosuolo**

$V_{S,eq}$ (m/s)	Descrizione	Stima categoria sottosuolo
<b>345,00</b>	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.	<b>C</b>

## 8.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

### 8.2.1 Definizione condizioni topografiche locali

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III - NTC-2018):

**Tabella 3.2.III – Categorie topografiche**

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Trovandoci in condizioni superficiali semplici sulla base di quanto sopra esposto, è possibile classificare le condizioni topografiche dell'area indagata come rientranti nella categoria **T1** "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ".

## **9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI DEPOSITI INDAGATI**

### **9.1 RILIEVI SISMICI IN ONDA P (RIFRAZIONE)**

Nell'ambito dell'area interessata dal progetto in essere, come anticipato al capitolo 7, per la definizione preliminare delle caratteristiche fisico-meccaniche dei depositi litoidi ci si è riferiti alle risultanze di n° 2 rilievi sismici in onda P realizzati attraverso n° 2 stendimenti di lunghezza pari a 38,5 mt a 12 canali ed una distanza geofonica pari rispettivamente a 3,5 mt con sismografo DoReMi RS232 a 12 canali e 16 bit della SARA Electronic Instruments con geofoni a 4.5 Hz, le cui risultanze sono state elaborate per mezzo del software INTERSISM del Geo&Soft.

#### **9.1.1 Metodologia Adottata Rilievi Sismici in onda P**

La tecnica di esecuzione della sismica di rifrazione, consiste nel rilevare a distanze orizzontali variabili rispetto ad un punto di origine, i tempi di arrivo di onde sismiche di compressione e di taglio (con appositi geofoni da 4,5 Hz per le onde P) generate da una sorgente di impulsi sismici e rifratte da discontinuità geologico-strutturali.

La velocità di propagazione delle onde sismiche ( $V_p$ ), costituisce il parametro discriminante per la determinazione della natura litologica del mezzo investigato.

L'associazione delle velocità rilevate ai corrispondenti litotipi ("taratura" delle misurazioni geofisiche) è stata fatta sulla base di dati stratigrafici effettuati nell'area e, quando non presenti, da ampia bibliografia in possesso per il progetto specifico.

In relazione alla lunghezza dello stendimento sismico, per ogni profilo (copertura tomografica eseguita con n. 3 shots distanziati in maniera regolare) si sono eseguiti n. 2 scoppi (Shots 1-3) agli estremi del rilievo e n. 1 scoppio interno al rilievo (Shots 2), che permettono di tracciare il diagramma delle velocità complementari e di ottenere una ottima ricopertura di dati (informazioni sullo stesso rifrattore da energizzazioni diverse), ricavare giaciture dei livelli rifrattori e ridurre infine il margine di errore in una investigazione di tipo indiretto.

I dati così ottenuti si riportano su diagrammi cartesiani aventi in ascissa le distanze e in ordinata i tempi dei primi arrivi dell'onda proveniente dalla sorgente. In questo modo si ottengono delle curve (dromocrone) che, in base ad una metodologia interpretativa basata essenzialmente sulla legge di Snell, ci permettono di determinare la velocità di propagazione delle onde  $V_p$  (Velocità longitudinale) e  $V_s$  (Velocità trasversale) e le costanti elastiche dei terreni attraversati.

Nello specifico è stato eseguito un profilo sismico coniugato, adottando una distanza tra i geofoni di 4 metri; l'energizzazione è stata ottenuta utilizzando una massa battente del peso di 5 kg ed una piastra circolare.

Le onde così generate sono state registrate con un sismografo DoReMi RS232 a 12 canali e 16 bit della SARA Electronic Instruments, il quale consente di ottenere le misurazioni dei tempi di arrivo delle onde sismiche che si propagano nel sottosuolo.



**9.1.1.1 Risultanze sull'unità a prevalente componente arenitica – Calcarenite di Gravina (SP1 – SP2 – SP4 – SP5 – SP6 – SP7)**

Dai profili sismici si individua un modello stratigrafico caratterizzato da due sismo-strati; in affioramento, con Vp di 987,1 m/sec, si evidenzia la presenza di un deposito calcarenitico mediamente cementato, seguiti alla profondità di circa 8,0 mt dal p.c. da depositi calcarei mediamente fratturati caratterizzati da una Vp di 2.097,7 m/sec per uno spessore di almeno 5 mt.

Quanto emerso dal rilevamento e dalle indagini geofisiche eseguite, opportunamente correlato con i dati di letteratura, ha permesso di ricostruire la stratigrafia ed i principali parametri geotecnici del sottosuolo come di seguito riportato.

**ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE**

Via Oria - Torre Santa Susanna (BR)

**POSIZIONE DEGLI SPARI**

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	66.00	2017-09-06_09-19-48_05000_00025_012_Acquis_SEG2.dat
19.00	66.00	2017-09-06_09-21-52_05000_00025_012_Acquis_SEG2.dat
39.00	66.00	2017-09-06_09-24-54_05000_00025_012_Acquis_SEG2.dat

**POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI**

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 19,5 [ms]	FBP da 39 [ms]
1	3.00	66.00	4.35	19.75	28.80
2	6.00	66.00	8.58	13.55	29.00
3	9.00	66.00	9.50	8.70	26.00
4	12.00	66.00	13.30	5.15	22.20
5	15.00	66.00	17.70	3.20	18.60
6	18.00	66.00	21.45	1.95	19.20
7	21.00	66.00	22.05	1.40	15.80
8	24.00	66.00	21.70	4.20	12.60
9	27.00	66.00	25.10	7.40	9.80
10	30.00	66.00	34.45	10.60	7.40
11	33.00	66.00	31.95	13.60	4.40
12	36.00	66.00	28.60	17.00	2.20

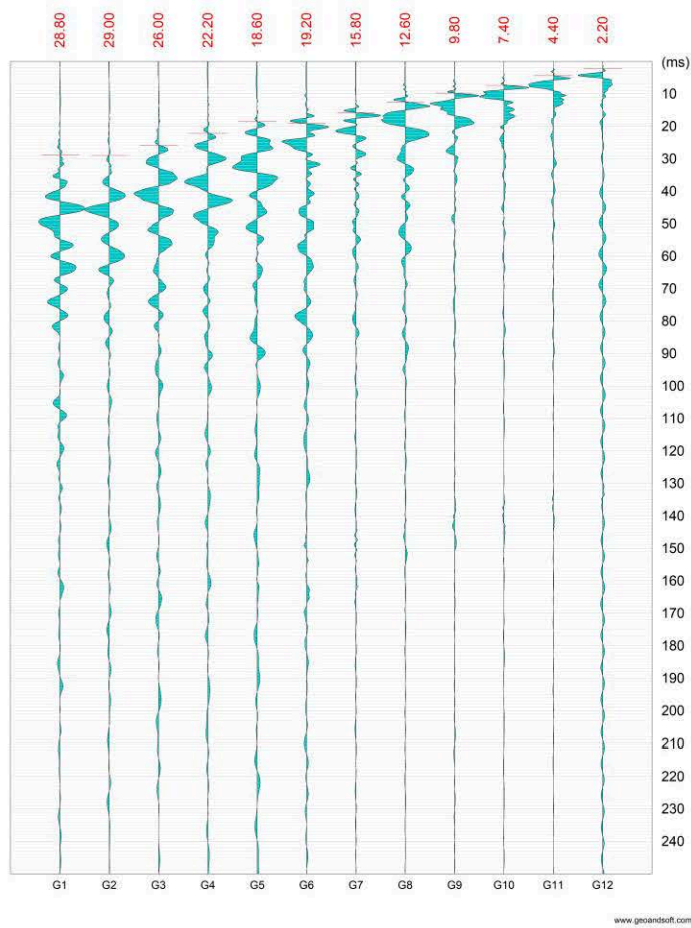
**DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI**

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]
1	8.0
2	7.7
3	8.5
4	7.5
5	7.4
6	6.9
7	6.0
8	7.1
9	11.5
10	9.3
11	6.7
12	6.7

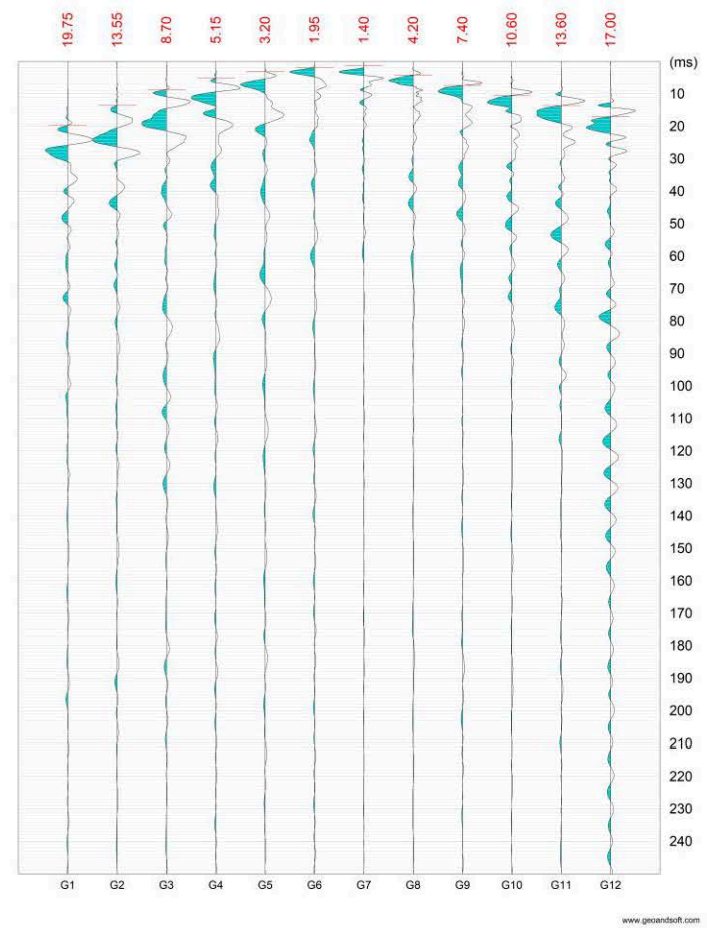
**VELOCITA' DEGLI STRATI**

N. Strato	Velocità [m/s]
1	987.1
2	2097.7

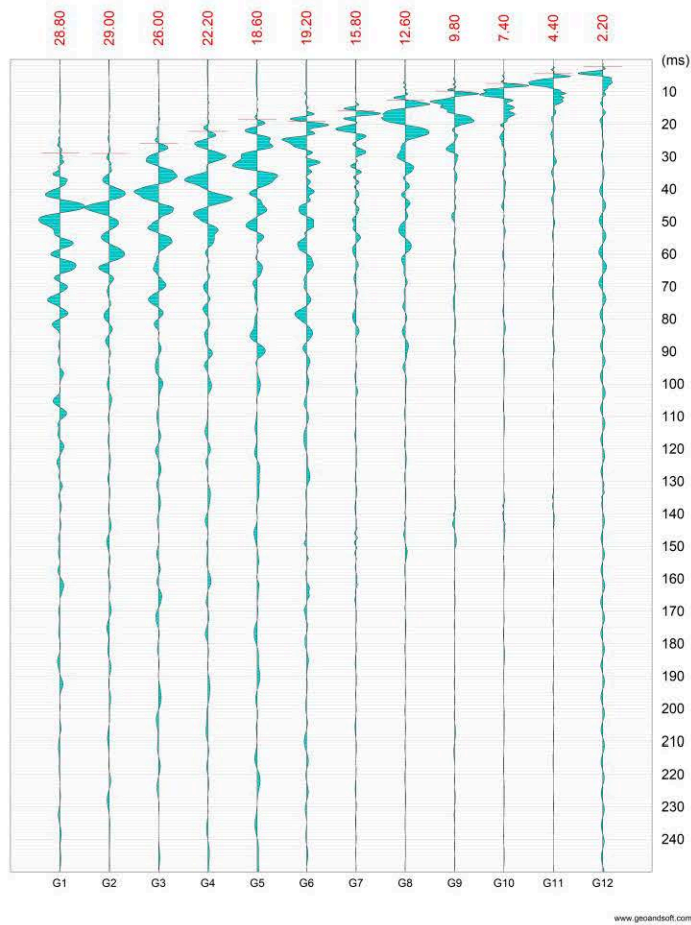
COMUNE DI TORRE SANTA SUSANNA (BR)  
Scuola Elementare "G. MISSERE"  
Via Oria - Torre Santa Susanna (BR)



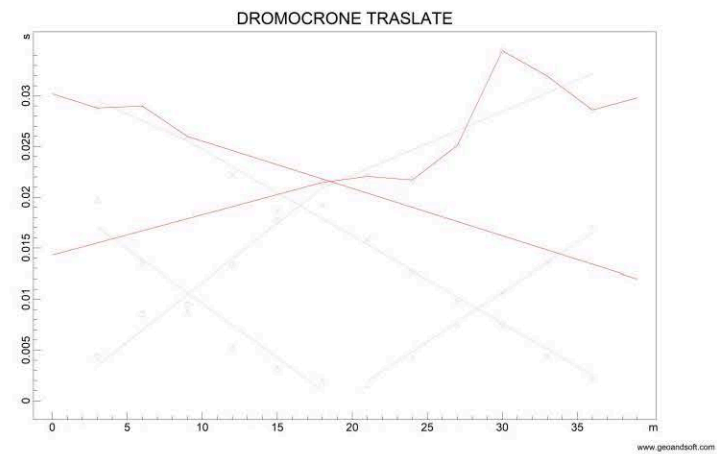
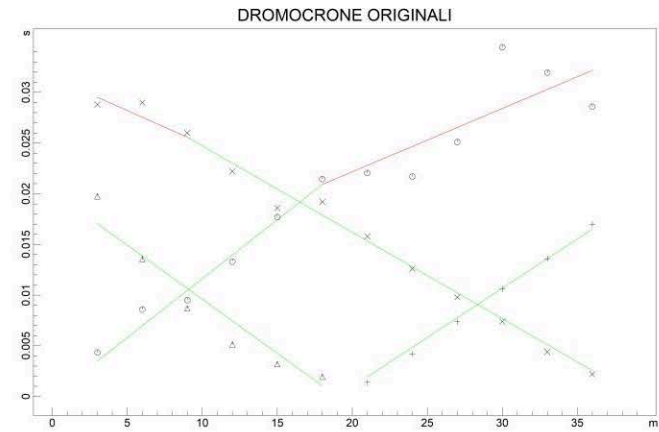
COMUNE DI TORRE SANTA SUSANNA (BR)  
Scuola Elementare "G. MISSERE"  
Via Oria - Torre Santa Susanna (BR)



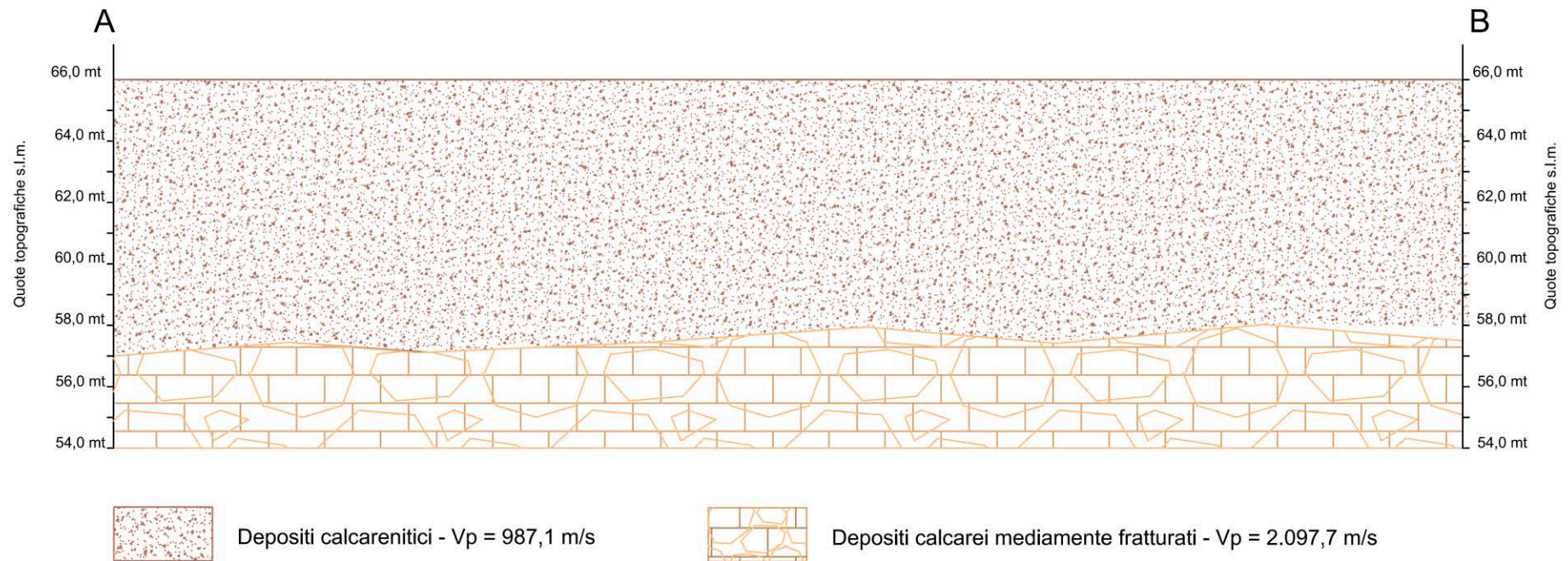
COMUNE DI TORRE SANTA SUSANNA (BR)  
 Scuola Elementare "G. MISSERE"  
 Via Oria - Torre Santa Susanna (BR)



COMUNE DI TORRE SANTA SUSANNA (BR)  
 Scuola Elementare "G. MISSERE"  
 Via Oria - Torre Santa Susanna (BR)







VELOCITÀ - MODULI ELASTICI – PARAMETRI GEOTECNICI											
Sismo-strato	Litologia	Prof. (m)	$V_p$ (m/sec)	$V_s$ (m/sec)	$\nu$	$\gamma$ ( $\text{t/m}^3$ )	$E_d$ (Mpa)	$E_s$ (Mpa)	$\phi$ (°)	$C_u$ ( $\text{Kg/cm}^2$ )	$G_0$ (Mpa)
1	Depositi calcarenitici mediamente cementati	0,00 ÷ 8,50	987,1	448,0	0,37	1,74	1928	232	32	0,05	572
2	Depositi calcarei da fratturati a mediamente fratturati	8,50 ÷ 14,0	2.097,7	998,0	0,35	2,1	12545	1511	38	0,28	3741

$V_p$  = Velocità longitudinale;  $V_s$  = Velocità trasversale;  $\nu$  = Modulo di Poisson;  $\gamma$  = Peso per unità di volume;  $E_d$  = Modulo elastico dinamico;  $E_s$  = Modulo elastico statico;  $\phi$  = Angolo di resistenza al taglio (angolo di attrito);  $C_u$  = Coesione non drenata;  $G_0$  = Modulo di taglio.

**9.1.1.2 Risultanze sull'unità prevalentemente calcarea o dolomitica - Calcari di Altamura (SP3)**

L'analisi di insieme dei parametri geofisici derivanti dall'indagine condotta, ha consentito di effettuare, al di sotto di una esigua copertura vegetale una suddivisione di n. 2 differenti sismostrati, associati a differenti situazioni geologico-tecniche:

- I° SISMOSTRATO: ( $V_p = 530$  m/sec), associato ad un deposito calcareo fratturato a scadenti caratteri geotecnici con andamento piuttosto regolare a profondità comprese tra  $0,5 \div 1,50$ ;
- II° SISMOSTRATO: ( $V_p = 2.608$  m/sec), associato a bedrock calcareo poco fratturato, a risposta sismico-tecnica buona, a profondità comprese tra i  $1,5 \div 6,00$  mt dal p.c.

**ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE**

COMUNE DI SAN DONACI (BR)

## POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
-1.75	44.00	1 - 2019-09-21_09-43-29_05000_00025_012_Acquis_SEG2.dat
19.25	44.00	2. 2019-09-21_09-37-30_05000_00025_012_Acquis_SEG2.dat
40.25	44.00	3. 2019-09-21_09-40-13_05000_00025_012_Acquis_SEG2.dat

## POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da -1,75 [ms]	FBP da 19,25 [ms]	FBP da 40,25 [ms]
1	0.00	44.00	6.00	48.20	22.15
2	3.50	44.00	8.60	33.00	21.15
3	7.00	44.00	12.60	28.80	19.40
4	10.50	44.00	15.60	28.20	17.10
5	14.00	44.00	12.40	15.40	16.40
6	17.50	44.00	15.40	5.20	14.40
7	21.00	44.00	14.40	0.40	17.00
8	24.50	44.00	15.20	5.80	12.40
9	28.00	44.00	19.00	14.60	10.00
10	31.50	44.00	20.00	26.80	6.70
11	35.00	44.00	21.60	33.00	4.85
12	38.50	44.00	23.00	41.40	2.05

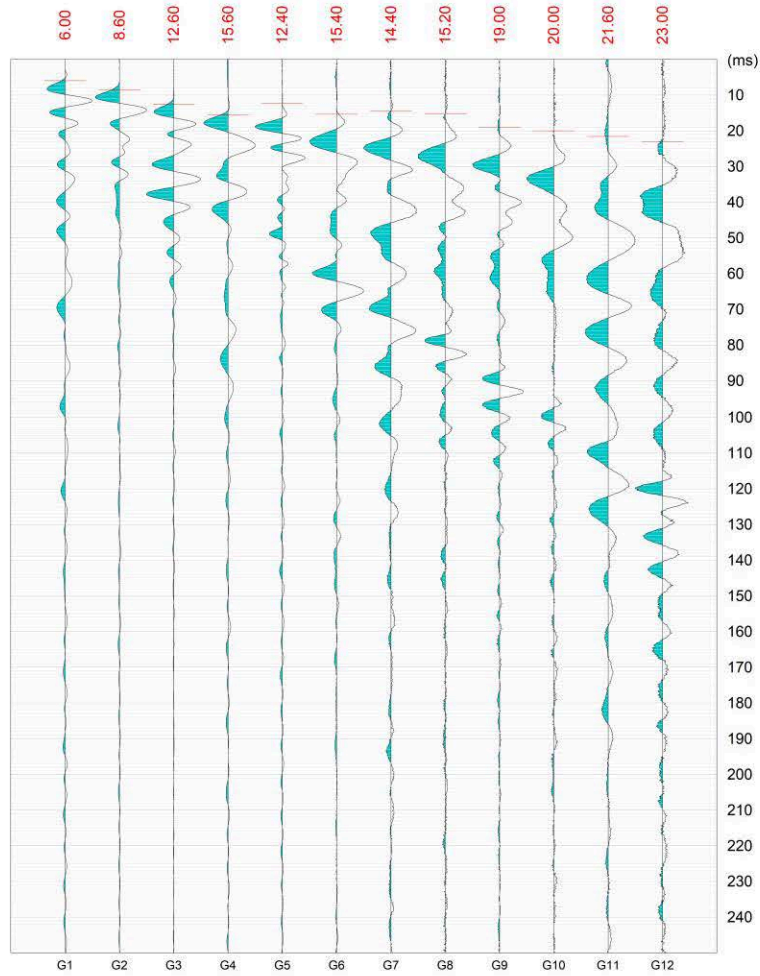
## DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]
1	1.7
2	1.8
3	2.4
4	2.6
5	1.5
6	1.8
7	2.3
8	1.2
9	1.9
10	1.8
11	1.8
12	1.8

## VELOCITA' DEGLI STRATI

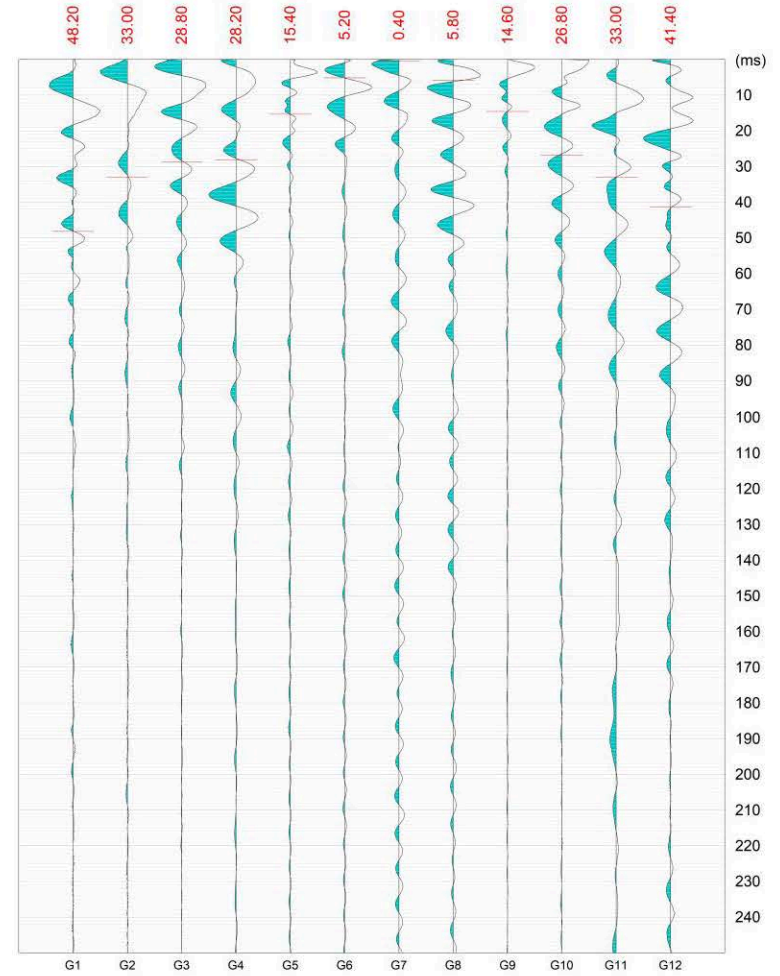
N. Strato	Velocità [m/s]
1	530.4
2	2606.0

Comune di San Donaci (BR)



www.geoandsoft.com

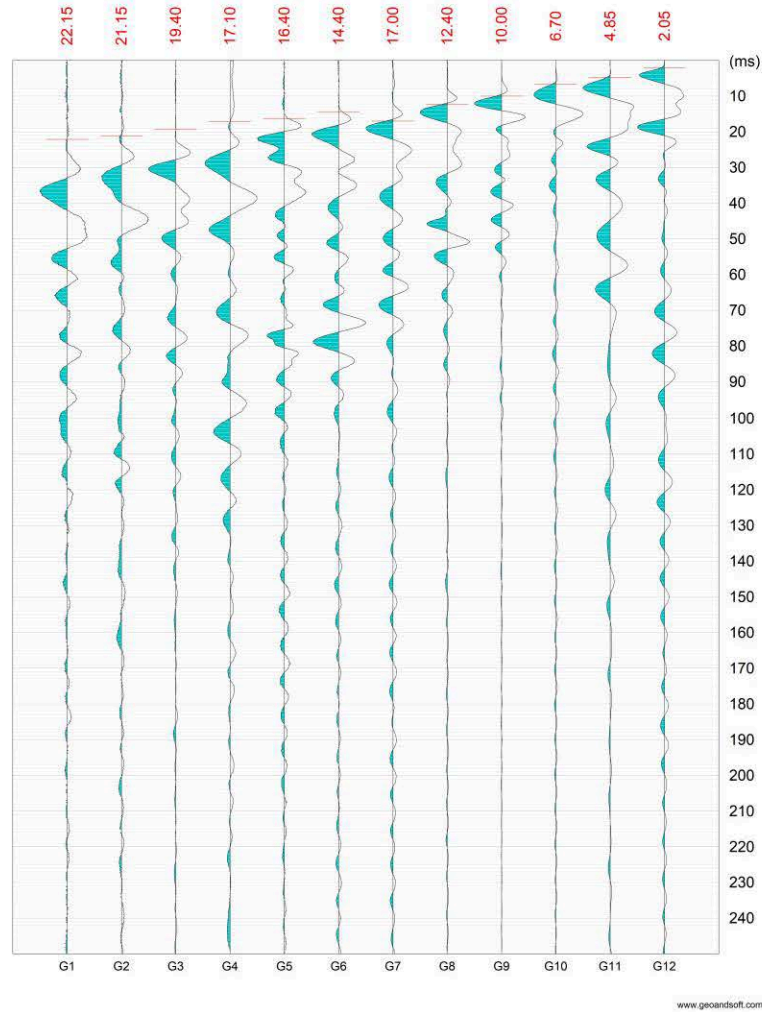
Comune di San Donaci (BR)



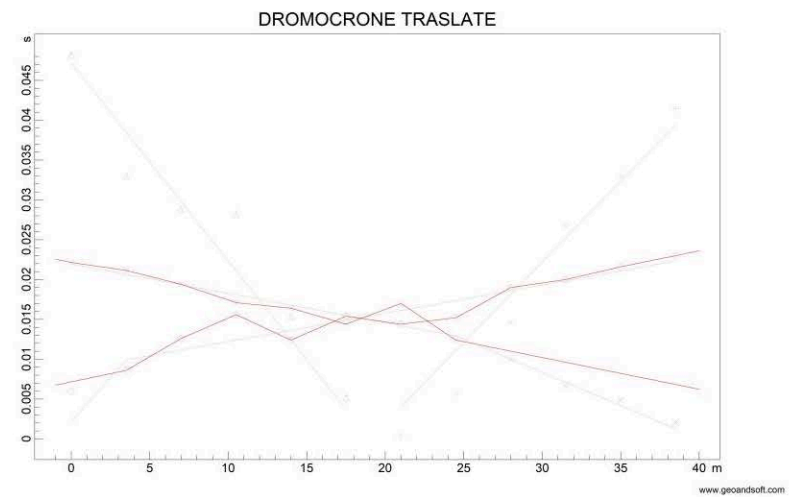
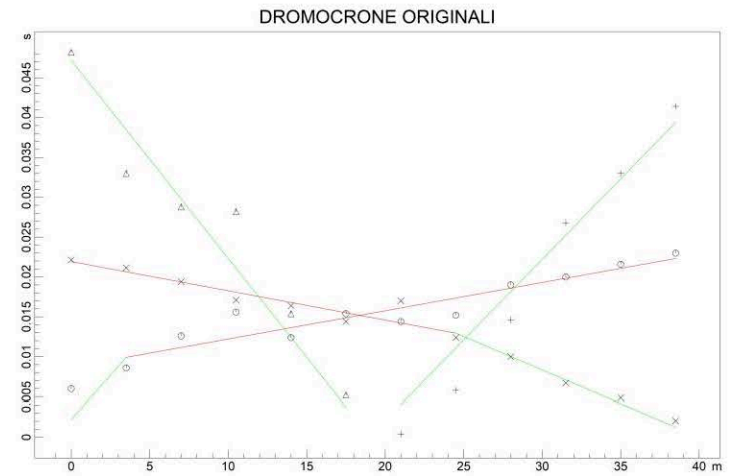
www.geoandsoft.com

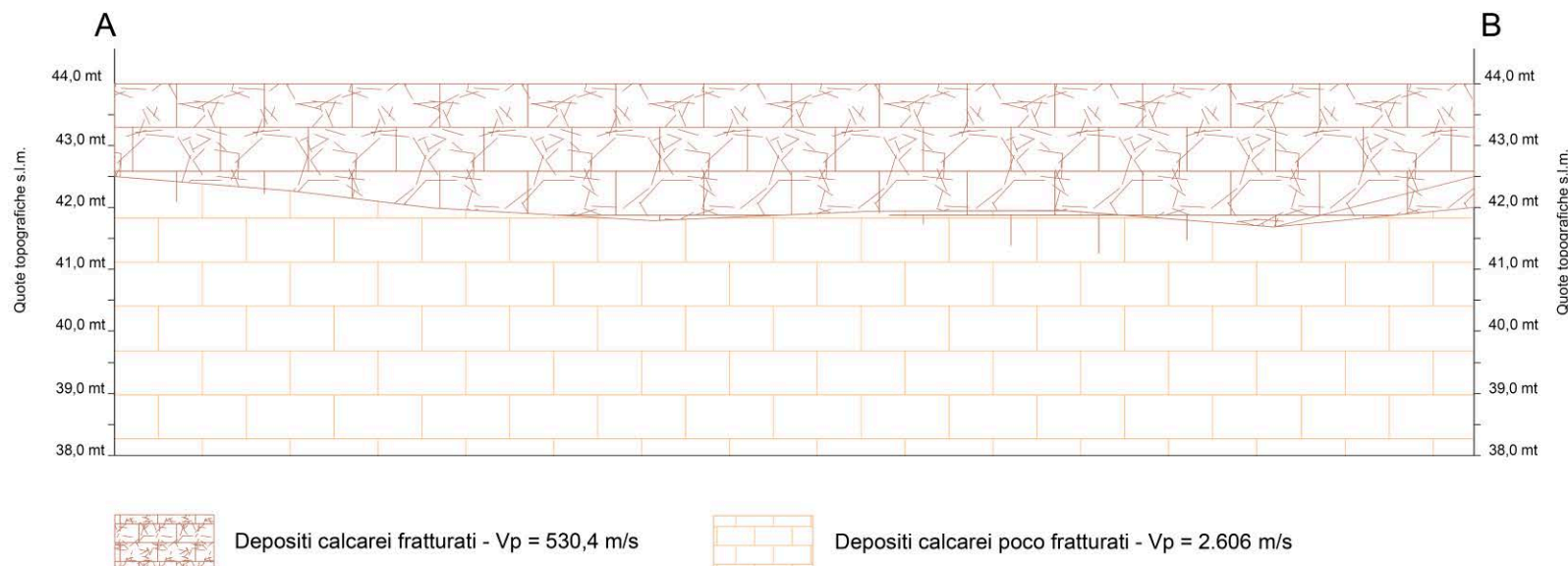


Comune di San Donaci (BR)



Comune di San Donaci (BR)





VELOCITÀ - MODULI ELASTICI – PARAMETRI GEOTECNICI											
Sismo-strato	Litologia	Prof. (m)	$V_p$ (m/sec)	$V_s$ (m/sec)	$\nu$	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$E_d$ (Mpa)	$E_s$ (Mpa)	$\phi$ (°)	$C_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$G_0$ (Mpa)
1	Terreno vegetale	0,00 ÷ 0,50	=	=	=	=	=	=	=	=	=
2	Calcarei fratturati	0,50 ÷ 1,50	530,40	326,00	0,20	1,94	1400	169	28	0,03	438
3	Calcarei mediamente fratturati	1,50 ÷ 6,00	2.606	984,00	0,42	2,37	8484	1.022	32	0,27	2483

$V_p$  = Velocità longitudinale;  $V_s$  = Velocità trasversale;  $\nu$  = Modulo di Poisson;  $\gamma$  = Peso per unità di volume;  $E_d$  = Modulo elastico dinamico;  $E_s$  = Modulo elastico statico;  $\phi$  = Angolo di resistenza al taglio (angolo di attrito);  $C_u$  = Coesione non drenata;  $G_0$  = Modulo di taglio.

## 9.2 DINAMIC PROBING SUPER HEAVY (DPSH)

Nell'ambito dell'area interessata dal progetto in essere, come anticipato al capitolo 7, per la definizione preliminare delle caratteristiche fisico-meccaniche dei depositi terrosi ci si è riferiti alle risultanze di n° 1 **Prova Penetrometrica Dinamica Superpesante** (Dynamic Probing Super Heavy) come di seguito dettagliato.

### 9.2.1 Metodologia Adottata DPSH

La prova penetrometrica dinamica consiste nel misurare la resistenza alla penetrazione di una punta conica, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione, secondo una procedura standardizzata.

Le prove in sito sono state effettuate utilizzando un penetrometro dinamico modello DPSH63-73 della GEO DEEP DRILL, con attrezzatura superpesante, DPSH (peso massa battente  $M \geq 60$  kg), eseguite secondo lo standard DIN 4094 (la prova consiste nell'infiggere la punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi N20 necessari).





Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH63-73 GEO DEEP DRILL	
Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,4 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	5,00 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20,00 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,30 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

La resistenza opposta dal terreno alla punta conica viene correlata alle caratteristiche fisico-meccaniche e portanti del terreno, consentendo inoltre di riconoscere, con buona approssimazione, la stratigrafia del sottosuolo; il tutto fino alla profondità a cui la resistenza del terreno è tale da non permetterne più l'infissione (rigetto della punta).

Per il riconoscimento ed il calcolo delle più significative caratteristiche fisico-meccaniche del terreno di fondazione, sono state elaborate le norme relative al penetrometro superpesante medio italiano usato per le prove (DPSH63-73 GEO DEEP DRILL).

Attraverso la nota "Formula degli Olandesi", di seguito riportata, si è ricavato la resistenza dinamica alla punta (altrimenti detta resistenza di rottura dinamica alla punta) (Rpd), parametro caratteristico dello stato di addensamento di un terreno incoerente e della consistenza di un terreno coesivo.

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]} [kg/cmq]$$

Dove:

Rpd = resistenza dinamica punta;

A = 10 cmq (sezione della punta conica);

e = infissione media per colpo (10 / N) = 10/N cm (con N corrispondente al n° di colpi per ogni approfondimento di 10 cm);

M = peso massa battente (maglio) pari a 30 Kg

H = altezza caduta massa battente pari a 20 cm;

P = peso totale aste e sistema battuta pari a 14,9 kg (2,9 Kg/m peso delle aste + 12 Kg peso dell'incudine).

La resistenza dinamica alla punta (Rpd) è correlata alla pressione ammissibile specifica sull'interstrato (Qad altrimenti detta portanza) (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20 ÷ 22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4.

$$Q_{ad} = \frac{R_{pd}}{[20 \div 22]} [kg/cmq]$$

Dall'elaborazione delle risultanze delle prove penetrometriche dinamiche, attraverso l'utilizzo del software Dynamic Geostru versione 2018.25.5.954 ci si è ricavati i principali parametri fisico meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati, di cui al capitolo 10.

Dall'elaborazione delle risultanze delle prove penetrometriche, si può notare come la resistenza dinamica alla punta si presenta variabile in funzione della composizione mineralogica dei livelli stratigrafici riscontrati durante l'avanzamento della punta penetrometrica; il calcolo delle capacità portanti dei terreni è stato effettuato non considerando la, se pur minima, coesione che i terreni presentano ed adottando un coefficiente di sicurezza pari a **20** che tenga conto delle caratteristiche dei terreni, della posizione morfologica degli stessi e della particolare struttura che il terreno verrà ad ospitare.

**DINAMIC PROBING SUPER HEAVY (DPSH n° 1)**



Strumento utilizzato: **DPSH63-73 GEO DEEP DRILL (superpesante)**  
 Prova eseguita in data: **21/09/2019**  
 Profondità prova: **7,00 mt**  
 Falda: **non rilevata**  
 Certificato **Nr. 1 del 21/09/2019**  
 Codice commessa nr. **30/2019GT**  
 Tipo elaborazione nr. colpi **Medio**

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	2	0,855	17,28	20,22	0,79	0,92
0,40	2	0,851	17,20	20,22	0,78	0,92
0,60	6	0,847	51,37	60,65	2,33	2,76
0,80	6	0,843	51,14	60,65	2,32	2,76
1,00	6	0,840	46,97	55,93	2,14	2,54
1,20	6	0,836	46,78	55,93	2,13	2,54
1,40	6	0,833	46,59	55,93	2,12	2,54
1,60	6	0,830	46,40	55,93	2,11	2,54
1,80	6	0,826	46,22	55,93	2,10	2,54
2,00	6	0,823	42,73	51,90	1,94	2,36
2,20	6	0,820	42,57	51,90	1,93	2,36
2,40	6	0,817	42,41	51,90	1,93	2,36
2,60	6	0,814	42,26	51,90	1,92	2,36
2,80	6	0,811	42,11	51,90	1,91	2,36
3,00	6	0,809	39,15	48,41	1,78	2,20
3,20	6	0,806	39,02	48,41	1,77	2,20
3,40	6	0,803	38,89	48,41	1,77	2,20
3,60	6	0,801	38,77	48,41	1,76	2,20
3,80	6	0,798	38,65	48,41	1,76	2,20
4,00	6	0,796	36,11	45,36	1,64	2,06
4,20	6	0,794	36,00	45,36	1,64	2,06
4,40	6	0,791	35,90	45,36	1,63	2,06
4,60	6	0,789	35,80	45,36	1,63	2,06
4,80	6	0,787	35,71	45,36	1,62	2,06
5,00	6	0,785	33,50	42,67	1,52	1,94
5,20	10	0,783	55,69	71,12	2,53	3,23
5,40	10	0,781	55,55	71,12	2,53	3,23
5,60	10	0,779	55,42	71,12	2,52	3,23
5,80	10	0,777	55,28	71,12	2,51	3,23
6,00	10	0,775	52,07	67,14	2,37	3,05
6,20	10	0,774	51,95	67,14	2,36	3,05
6,40	10	0,772	51,84	67,14	2,36	3,05
6,60	10	0,770	51,73	67,14	2,35	3,05
6,80	10	0,769	51,62	67,14	2,35	3,05
7,00	10	0,767	48,78	63,59	2,22	2,89



**RELAZIONE GEOLOGICA**

(D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni")

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Heminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Heminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
						

**9.2.1.1 Risultanze sull'unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica (SP8 – SP9)**

Sulla base delle indagini di cui al paragrafo precedente, sono stati definiti i principali parametri fisico meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati, come di seguito riportati:

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)		PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
	DA	A			
Terreno vegetale limo argilloso (ORIZZONTE 1)	0,00	0,40	Coesione (C)	=	0,0 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Angolo di attrito	[Meyerhof (1965)]	24°
			Modulo Elastico (di Young)	[Schmertmann (1978)]	16,94 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Modulo Edometrico	[Begemann (1974)]	33,59 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	SCIOLTO
			Modulo di Poisson	A.G.I.	0,35
			Peso unità di volume naturale ( $\gamma$ )	[Meyerhof 1951]	1,45 (t/mc)
			Peso unità di volume saturo ( $\gamma_s$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,86 (t/mc)
			Coefficiente spinta a Riposo K <sub>0</sub> =SigmaH/P <sub>0</sub>	[Navfac 1971-1982]	0,51
Falda superficiale dal p.c.	=	NON RILEVATA			
Limo sabbioso con argilla (ORIZZONTE 2)	0,40	5,00	Coesione (C)	=	0,0 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Angolo di attrito	[Meyerhof (1965)]	28,00°
			Modulo Elastico (di Young)	[Schmertmann (1978)]	55,36 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Modulo Edometrico	[Begemann (1974)]	46,12 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	POCO ADDENSATO
			Modulo di Poisson	A.G.I.	0,34
			Peso unità di volume naturale ( $\gamma$ )	[Meyerhof 1951]	1,70 (t/mc)
			Peso unità di volume saturo ( $\gamma_s$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,91 (t/mc)
			Coefficiente spinta a Riposo K <sub>0</sub> =SigmaH/P <sub>0</sub>	[Navfac 1971-1982]	1,90
Falda superficiale dal p.c.	=	NON RILEVATA			
Sabbia limosa con presenza di trovanti di natura arenacea (ORIZZONTE 3)	5,00	7,00	Coesione (C)	=	0,0 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Angolo di attrito	[Meyerhof (1965)]	30°
			Modulo Elastico (di Young)	[Schmertmann (1978)]	95,04 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Modulo Edometrico	[Begemann (1974)]	59,06 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
			Modulo di Poisson	A.G.I.	0,32
			Peso unità di volume naturale ( $\gamma$ )	[Meyerhof 1951]	1,89 (t/mc)
			Peso unità di volume saturo ( $\gamma_s$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,96 (t/mc)
			Coefficiente spinta a Riposo K <sub>0</sub> =SigmaH/P <sub>0</sub>	[Navfac 1971-1982]	3,20
Falda superficiale dal p.c.	=	NON RILEVATA			

## 5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La **SCS 03 S.r.l.** (P. Iva: 08432790726) con sede in Monopoli (BA) alla via Gen. Giacinto Antonelli civ. 3, ha affidato allo scrivente Geologo dott. Dario FISCHETTO, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Puglia con il N° 475 con studio in Brindisi (BR) al Corso Garibaldi civ. 27, l'incarico di effettuare uno studio geologico-geotecnico preliminare sui terreni interessati dalla "realizzazione di impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituito da n° 9 aerogeneratori" (campo San Pancrazio Wind) come di seguito identificati:

AEROGENERATORE	COMUNE	FOGLIO N°	PARTICELLA N°
SP1	MESAGNE	134	136
SP2	MESAGNE	134	155
SP3	SAN PANCRAZIO S.NO	7	7
SP4	SAN PANCRAZIO S.NO	18	108
SP5	SAN PANCRAZIO S.NO	18	6
SP6	SAN PANCRAZIO S.NO	18	115
SP7	TORRE SANTA SUSANNA	46	69
SP8	TORRE SANTA SUSANNA	33	189
SP9	TORRE SANTA SUSANNA	30	302

Lo studio dell'area che sarà interessata dai lavori, secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", è finalizzato alla definizione:

- c. della caratterizzazione e modellazione geologica al fine della ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio indagato onde verificare la fattibilità tecnica delle opere in progetto;
- d. della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni indagati, definire il modello geotecnico e la categoria sismica di sottosuolo.

L'indagine, svolta in conformità alle normative tecniche vigenti, è stata articolata nelle seguenti fasi di studio:

- raccolta e consultazione della documentazione geologica e geomorfologica esistente relativa a studi ed analisi effettuate nella stessa area, in aree limitrofe o in situazioni del tutto analoghe;
- raccolta ed analisi accurata della cartografia dell'area;
- rilievi di superficie, effettuati allo scopo di definire le forme e l'estensione delle strutture di superficie e di descrivere l'idrografia superficiale (Rilievo geomorfologico), di riconoscere l'estensione areale ed i limiti dei litotipi presenti nell'area (Rilievo geolitoologico), di individuare eventuali strutture di tipo fragile e di tipo duttile (Rilievo geologico - strutturale);
- comparazione delle risultanze di indagine di una campagna di indagine di prospezione geologica e sismica dei terreni realizzata per mezzo di:



- n° 3 stendimento sismico in onda S a tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves),
  - n° 3 stendimento sismico in onda S a tecnica RE.MI. (Refraction Microtremor),
  - n° 2 profilo sismico a rifrazione,
  - n° 1 Prova Penetrometrica Dinamica Super Pesante (DYNAMIC PROBING SUPER HEAVY),
- e eseguite in area limitrofa a quella oggetto di interesse, rimandando alla fase esecutiva l'onere di integrare la presente con una più puntuale ed approfondita campagna di indagine geognostica.

In virtù di quanto sopra si attesta che:

1. l'area interessata dalle opere in progetto:
    - a. dall'analisi della cartografia allegata al **Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia in cui l'Autorità di Bacino ha individuato le aree esposte a pericolosità geomorfologica e idraulica e pertanto a rischio, **non ricade**, neanche parzialmente:
      - in aree identificate e perimetrate a pericolosità idraulica,
      - in aree identificate e perimetrate a pericolosità geomorfologica,
      - in aree identificate e perimetrate a rischio idraulico o geomorfologico;
    - b. dall'analisi della **Carta Idro-geomorfologica della Regione Puglia allegata al Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)**, **non ricade** a meno di 150 mt da tratti di reticolo idrografici, alveo in modellamento attivo ed aree golenali non arealmente individuabili;
- pertanto, secondo tale analisi, *sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio*;
2. l'area interessata dalle opere in progetto non risulta interessata dalla presenza di una falda superficiale, nella peggiore delle ipotesi fino alla profondità di circa 5,00 mt dal p.c.;
  3. sulla base del valore della velocità equivalente  $V_{s,eq}$  di propagazione delle onde di taglio ricavata dall'analisi sismica in sito è possibile classificare il sottosuolo di fondazione come di seguito riportato:

AEROGENERATORE	COMUNE	FOGLIO N°	PARTICELLA N°	LITOLOGIA DEL SUBSTRATO
SP1	MESAGNE	134	136	A
SP2	MESAGNE	134	155	A
SP3	SAN PANCRAZIO S.NO	7	7	A
SP4	SAN PANCRAZIO S.NO	18	108	A
SP5	SAN PANCRAZIO S.NO	18	6	A
SP6	SAN PANCRAZIO S.NO	18	115	A
SP7	TORRE SANTA SUSANNA	46	69	A
SP8	TORRE SANTA SUSANNA	33	189	C
SP9	TORRE SANTA SUSANNA	30	302	C

4. le condizioni topografiche dell'area indagata fanno sì che la stessa rientri nella categoria **T1** "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ "

5. *nelle more di integrare nella fase esecutiva le indagini assunte a riferimento con una più puntuale ed approfondita campagna di indagine geognostica*, i principali parametri fisico-meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati da utilizzare nell'ambito della progettazione preliminare delle opere in oggetto sono riportate nei paragrafi 9.1.1.1 (aerogeneratori SP1 – SP2 – SP4 – SP5 – SP6 – SP7), 9.1.1.2 (aerogeneratore SP3) e 9.2.1.1 (aerogeneratori SP8 – SP9)

Tanto si doveva in espletamento dell'incarico affidatomi.

Brindisi, li 24.06.2020

IL TECNICO  
(Timbro e firma)

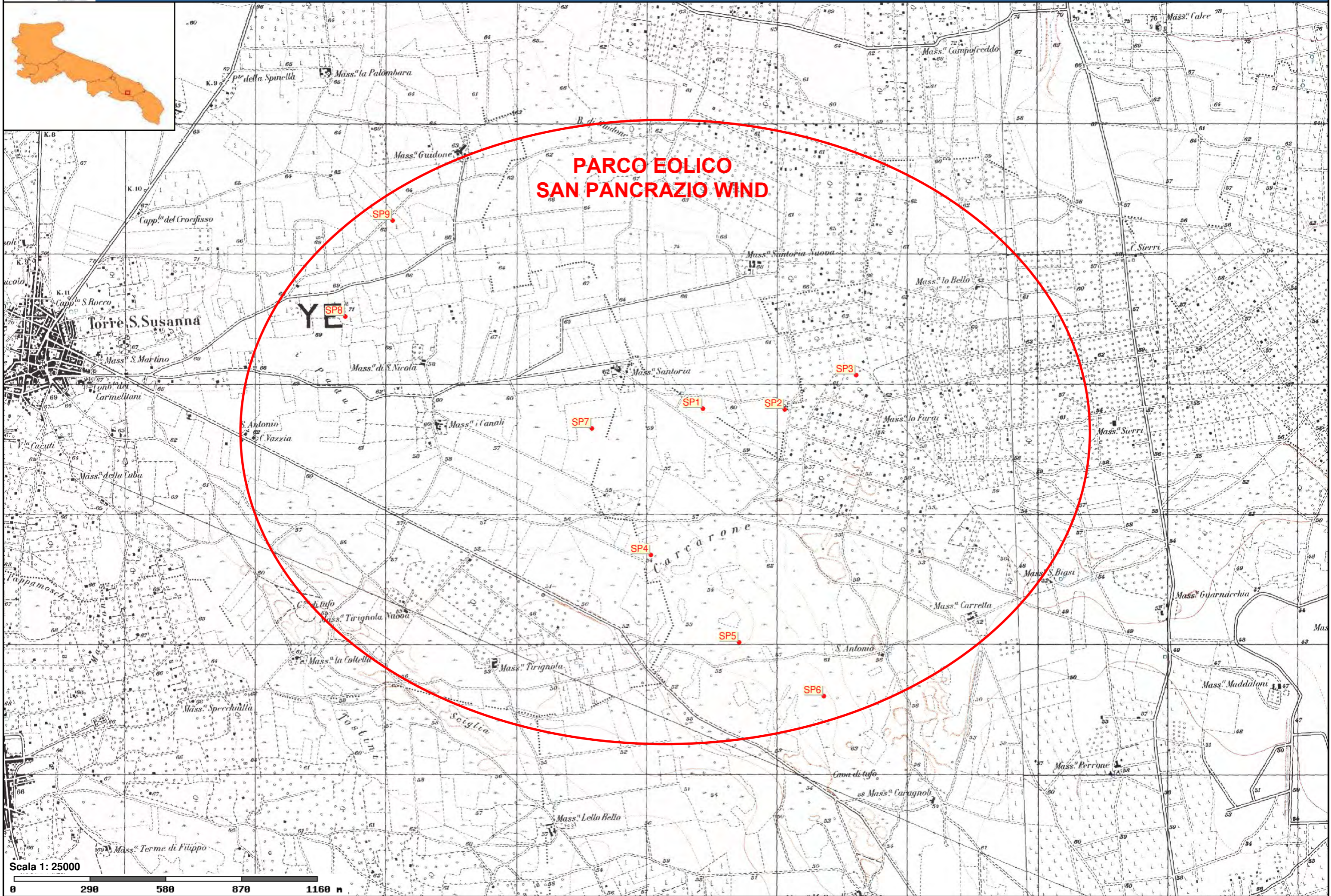
Geologo dott. Dario FISCHETTO



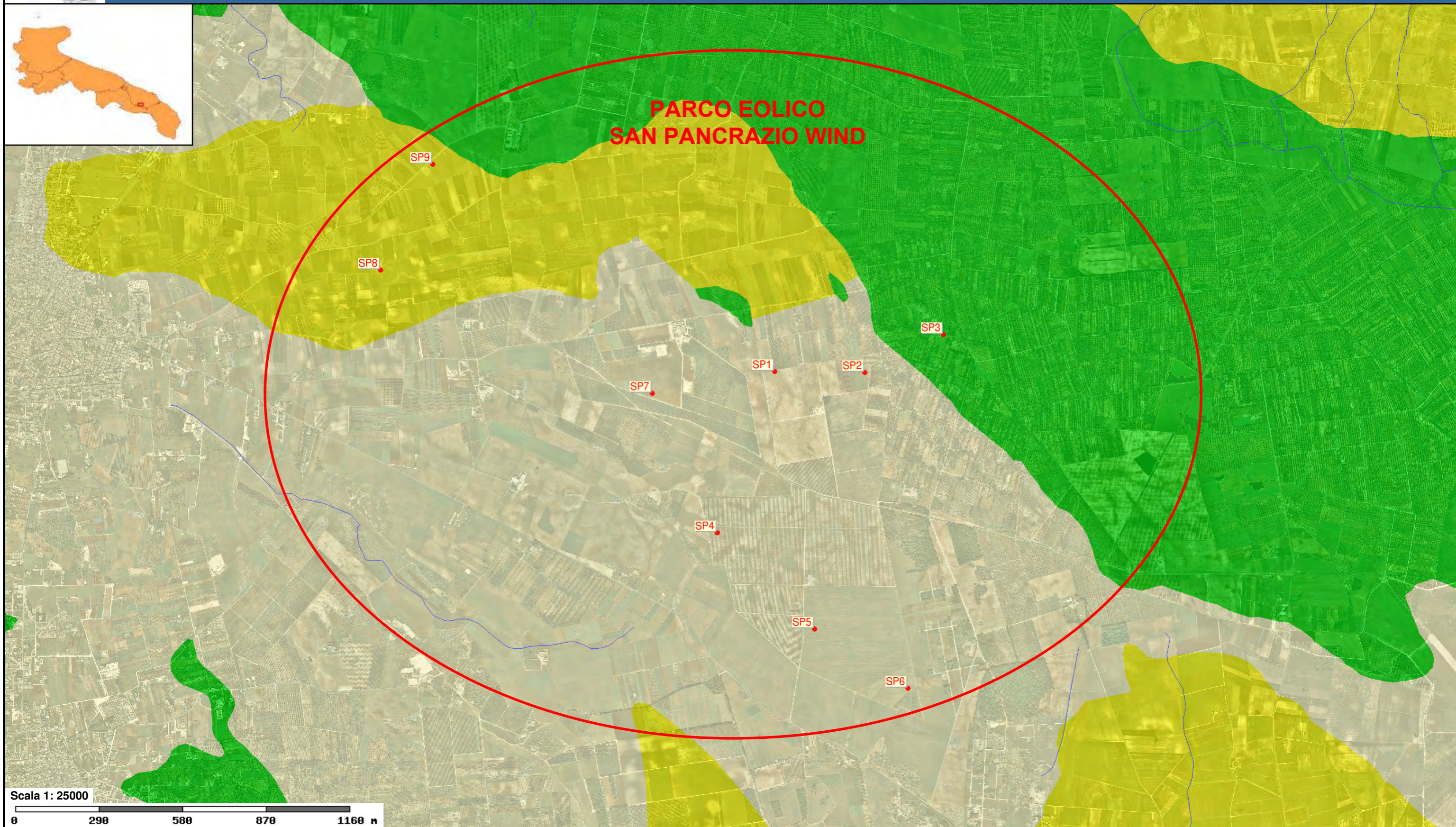












**Elementi Geostrutturali**

**Litologia substr.**

- Unità prevalentemente calcarea o dolomitica
- Unità a prevalente componente argillosa
- Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica

- Unità a prevalente componente arenitica
- Unità a prevalente componente ruditica
- Unità costituite da alternanze di rocce a composizione e/o granulometria variabile
- Unità a prevalente componente argillitica con un generale assetto caotico
- Depositi sciolti a prevalente componente pelitica

- Depositi sciolti a prevalente componente sabbioso-ghiaiosa

**Forme ed elementi legati all'idrografia superficiale**

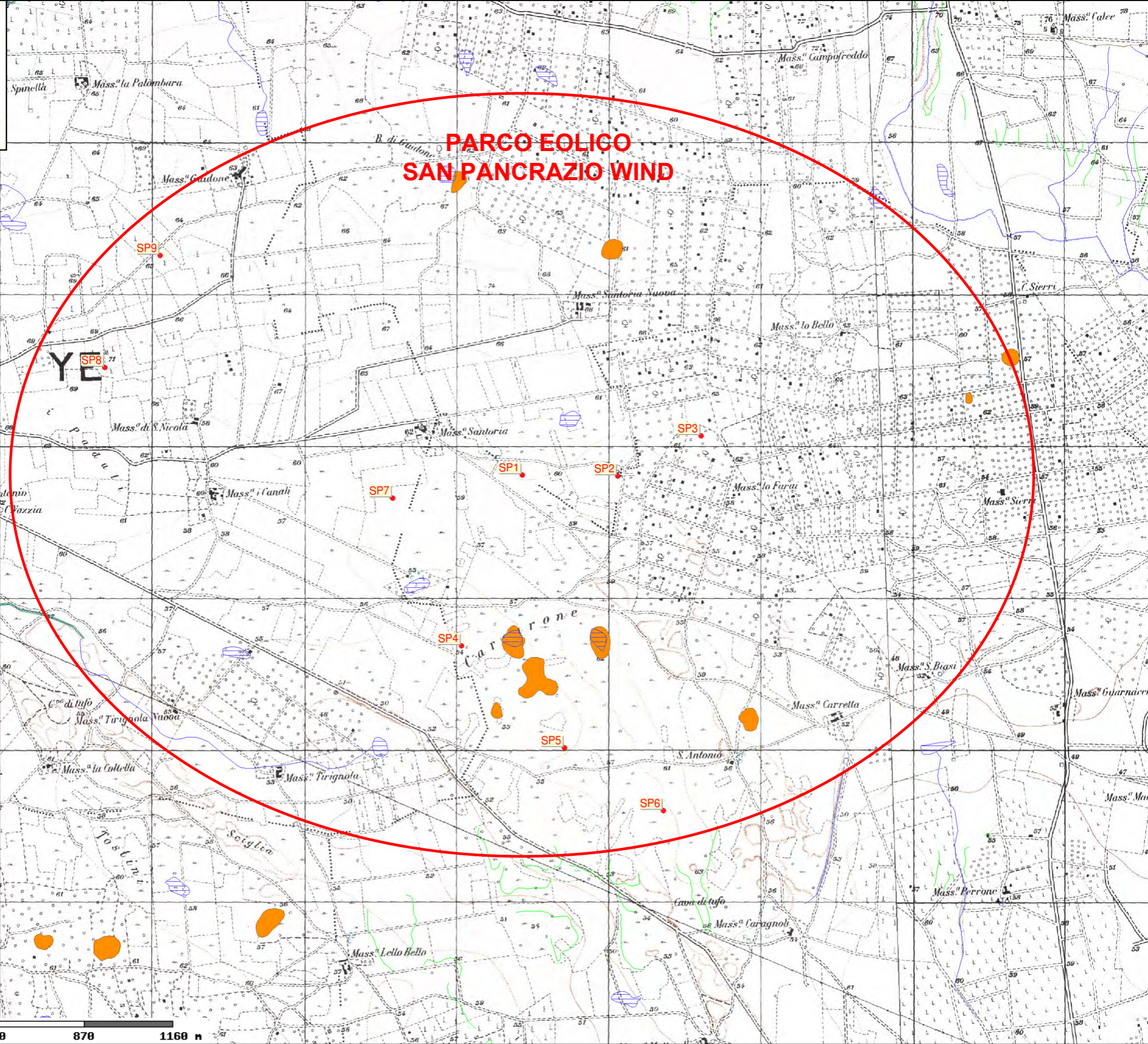
**Corsi di acqua**

- Corso d'acqua
- Corso d'acqua episodico
- Corso d'acqua obliterato

- Corso d'acqua tombato

**Cartografia di base**





**PARCO EOLICO  
SAN PANCRAZIO WIND**

**Forme di modellamento di corso d'acqua**

- 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**

- Lago naturale
- Lago artificiale
- Laguna costiera
- Salina
- Stagno, acquitrino, zona palustre

**Forme Carsiche**

- Doline
- Grotte naturali
- Orlo di depressione carsica
- Voragini

**Cartografia di base**

Scala 1: 25000

