

**REGIONE PUGLIA  
COMUNE DI AVETRANA  
PROVINCIA DI TARANTO**

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTO PER LA  
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA,  
NONCHE' OPERE ED INFRASTRUTTURE CONNESSE, DI POTENZA  
INSTALLATA DI 63 MW DENOMINATO "AVETRANA ENERGIA"**

**OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN NEL COMUNE DI ERCHIE (BR)**

P R O G E T T O   D E F I N I T I V O

Codice STMG Terna: 201800410 – Identificativo AU Regione Puglia: PFQVY05

Tavola :

Titolo :

**R.21**

**Relazione Geologica**

Cod. Identificativo elaborato :

PFQVY05\_RelazioneGeologica\_21

Progetto:



Via San Lorenzo 155 - cap 72023 MESAGNE (BR)  
P.IVA 02549880744 - REA BR-154453 - enerwind@pec.it



Via Milizia n.55 - 73100 LECCE (ITALY)  
P.IVA 04258790759 - msc.innovativesolutions@pec.it



Via V.M. Stampacchia, 48  
73100 - LECCE  
stcprogetti@legalmail.it

Dott. Ing. Fabio Calcarella  
Piazza Mazzini, 64 - 73100 - Lecce (LE)  
tel. +39 0832 1594953 - fabio.calcarella@gmail.com



Committente:

**AVETRANA ENERGIA s.r.l.**

Piazza del Grano n.3 - cap 39100 BOLZANO (BZ)  
P.IVA 03050420219 - REA BZ 227626 - avetrana.energia@legalmail.it

SOCIETA' DEL GRUPPO



FRI-EL GREEN POWER S.p.A.  
Piazza della Rotonda, 2 - 00186 Roma (RM) - Italia  
Tel. +39 06 6880 4163 - Fax. +39 06 6821 2764  
Email: info@fri-el.it - P. IVA 01533770218

Indagine Specialistiche :



Data	Revisione	Redatto	Approvato
Gennaio 2020	Prima Emissione	FC-SM	MT

Data: Gennaio 2020

Scala:

File:

Controllato:

Formato: **A4**

*Ai sensi e per gli effetti degli art.9 e 99 della Legge n.633 del 22 aprile 1941 , ci riserviamo la proprietà intellettuale e materiale di questo elaborato e facciamo espresso divieto a chiunque di renderlo noto a terzi o di riprodurlo anche in parte, senza la nostra preventiva autorizzazione scritta.*

# COMUNE DI AVETRANA

PROVINCIA DI TARANTO

PROGETTISTA: ING. FABIO CALCARELLA

INDAGINI GEOGNOSTICHE, RELAZIONE  
GEOLOGICO-TECNICA E VERIFICA DI  
COMPATIBILITA' CON GLI STRUMENTI DI  
PIANIFICAZIONE TERRITORIALI  
A SUPPORTO DI UN PARCO EOLICO

Ruffano, novembre 2019

Il Geologo  
Dr. Marcello DE DONATIS



## **INDICE**

PREMESSA.....	2
INDIVIDUAZIONE DEL SITO .....	4
CARATTERI MORFOLOGICI E GEOLOGICI.....	5
IDROGEOLOGIA.....	10
CARTA IDROGEOMORFOLOGICA DELLA REGIONE PUGLIA.....	12
COMPATIBILITÀ CON IL PAI .....	14
COMPATIBILITÀ CON IL PPTR .....	15
COMPATIBILITÀ CON IL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE .....	19
INDAGINE GEOGNOSTICA .....	21
Sismica a rifrazione .....	21
Sismica con metodologia Masw .....	27
CONCLUSIONI .....	34

## **PREMESSA**

Su incarico dell'Ing. Fabio Calcarella il sottoscritto, nel mese di novembre 2019, ha eseguito uno studio geo-idro-morfologico di superficie, finalizzato alla verifica della compatibilità del progetto di realizzazione di un Parco Eolico costituito da n. 15 Aerogeneratori in territorio Comunale di Avetrana, con gli strumenti di pianificazione territoriale, quali la Carta Idrogeomorfologica, il PAI, il PPTR ed il Piano Tutela delle Acque, e delle indagini geognostiche preliminari al fine di caratterizzare l'area da un punto di vista sismico e di fornire dei parametri geotecnici, in via preliminare, utili ai fini del calcolo della capacità portante.

In fase di progettazione definitiva ed esecutiva, come richiesto dal D.M. 17.01.2018, saranno poi eseguite delle indagini puntuali, in corrispondenza di ciascun aerogeneratore.

Ciò che in primo luogo si analizza in questo studio sono le relazioni tra l'area interessata dal progetto e gli atti di pianificazione e programmazione territoriale e settoriale esistenti, seguono delle indagini geognostiche finalizzate alla caratterizzazione meccanica del terreno ed all'individuazione della categoria sismica del suolo di fondazione.

Per verificare la compatibilità tra il progetto e gli strumenti di pianificazione territoriale, dopo aver eseguito un rilievo geo-morfologico di dettaglio per la verifica di emergenze morfologiche, di particolare interesse paesaggistico, sono state consultate le seguenti cartografie:

- Carta Idrogeomorfologica redatta dall'AdB Puglia su commissione della Regione;

- Piano di Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino della Puglia;
- Piano Territoriale Paesaggistico Territoriale;
- Piano di Tutela delle Acque;

Lo studio è stato poi corredato da indagini in situ consistite in profili sismici a rifrazione ed indagini sismiche Masw eseguite sullo stesso stendimento.

## INDIVIDUAZIONE DEL SITO

L'area indagata è ubicata nel territorio comunale di Avetrana a nordest dell'abitato, ad una distanza variabile da 3.0 a 6.0 km.

La quota topografica è variabile da 65-70 m s.l.m.; la morfologia è pianeggiante.

Considerando una posizione centrale all'impianto, l'area di indagine è individuata dalle seguenti coordinate geografiche:

- Latitudine : 40° 56' 16'' N
- Longitudine : 16° 06' 35'' E



*Area di indagine, immagine da Google Earth ®*

## CARATTERI MORFOLOGICI E GEOLOGICI

L'area indagata ricade nel foglio 203 Tavoletta di Brindisi della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000.

La morfologia risulta pianeggiante ed è posizionata ad una quota topografica di variabile da 65 a 70 metri s.l.m., degradando dolcemente verso nordest.

Il paesaggio fisico è costituito da una depressione alluvionale tabulare; tettonicamente è collocata all'interno di un esteso graben che si allunga in direzione NW-SE ed è delimitata ai lati da due horst, denominati localmente "Serre", dove affiorano le rocce carbonatiche.

L'attuale configurazione geologica è frutto della tettonica distensiva che ha interessato il basamento calcareo durante il Terziario e ha dato vita ad una serie di depressioni in cui si sono deposte in trasgressione le sequenze sedimentarie pleistoceniche.

Il rilievo geologico ha evidenziato la presenza delle seguenti formazioni dal basso verso l'alto:

- *Calcari di Altamura* (Cretaceo)
- *Calcareniti di Gravina* (Pleist.inf)
- *Sabbie Pleistoceniche* (Pleist. medio-sup);

### *Calcari di Altamura (Cenomaniano-Turoniano)*

Questa formazione è presente in affioramento a nord dell'abitato di Avetrana interessando il terreno fondale dall'aerogeneratore n. 1 e nella porzione più orientale dell'area interessata dall'impianto eolico (terreno fondale aerogeneratori nn. 1, 10, 12, 13, 14).

Si rinviene poi anche in profondità dove risulta ribassata per cause tettoniche.

Essa costituisce il basamento della Penisola Salentina, si presenta con stratificazione variabile, ad andamento ondulato con strati di circa 20-30 cm di spessore che, a luoghi, diminuisce sino alla caratteristica struttura a “tavolette” con laminazioni ritmiche.

I Calcari di Altamura sono interessati da una fratturazione subverticale, con diaclasi e leptoclasie che, avendo un andamento normale ai piani di strato, talvolta, rendono la roccia brecciata e scomponibile in solidi di forma geometrica.

Sono presenti, inoltre, strutture fisico-meccaniche secondarie dovute all'azione del carsismo, con fratture e saccazioni riempite di materiale residuale.

Litologicamente si tratta di calcari e calcari dolomitici di colore avana o nocciola, compatti e tenaci, in strati e banchi, talora riccamente fossiliferi, cui si alternano livelli dolomitici di colore grigio o nocciola.

L'origine è biochimica per i calcari e secondaria per le dolomie.

La stratificazione è sempre evidente con strati di spessore variabile da 20 a 50 cm, talora si rinvengono banchi fino a 1.5 metri; l'immersione è verso OSO con pendenze comprese fra  $6 \div 13^\circ$ . Alcune piccole variazioni di immersione danno luogo a deboli ondulazioni, mentre la fratturazione, localmente anche intensa, dà origine ad una rete di fessure che conferisce alla formazione suddetta una generale permeabilità in grande.

In base ai dati forniti dall'AGIP, in seguito alla perforazione petrolifera vicino Ugento, lo spessore massimo si aggira intorno ai 640 metri. Alla base di tale formazione si rinvengono le “Dolomie di Galatina”. Il

passaggio fra le due formazioni avviene con molta gradualità, infatti con l'aumentare della profondità tende ad aumentare la percentuale di dolomia, fino a diventare prevalente nelle Dolomie di Galatina.

Per quanto riguarda il loro ambiente deposizionale, esso è di mare poco profondo più esattamente di piattaforma. Inoltre, dato che presenta spessori abbastanza potenti, appare chiaro che l'ambiente di sedimentazione ha potuto mantenersi pressoché immutato per effetto di una costante subsidenza.

### ***Calcareniti di Gravina (Pleistocene inf.)***

Questo litotipo è presente in affioramento solo in corrispondenza degli aerogeneratori nn.11, 15, 6, costituendo un deposito con graduali passaggi in differenti varietà di tipico marino.

In questa unità vengono riuniti tutti i sedimenti noti con il termine generico di "Tufi".

Questa formazione è assimilabile, per caratteristiche litologiche, sedimentologiche e stratigrafiche, alle Calcareniti di Gravina (Ba); da esse infatti prendono anche il nome.

Litologicamente si tratta di una calcarenite più o meno compatta, grigio-chiara, cui si associano sabbioni calcarei talora parzialmente cementati, eccezionalmente argillosi. Verso la base dell'unità si rinvencono alle volte delle brecce e conglomerati con estensione e potenza molto variabile.

Il contenuto del carbonato di calcio è in genere elevato ed oscilla tra il 97-98%.

Per quanto riguarda la stratificazione è spesso indistinta e quando essa appare si hanno strati poco potenti da qualche centimetro ad oltre un metro.

Il passaggio di essa con le formazioni sottostanti avviene per trasgressione, lo testimoniano le breccie e i conglomerati che troviamo alla base di essa. Al tetto della formazione si rinvengono le argille grigio-azzurre.

La stratificazione è in genere incrociata, in accordo con il suo ambiente deposizionale.

### ***Sabbie (Pleistocene medio)***

Le Sabbie affiorano nella porzione più settentrionale dell'area interessata dal progetto, rappresentando il terreno fondale degli aerogeneratori nn. 3-9. Si rinvengono in affioramento anche in corrispondenza della SE Terna – Erchie.

Si tratta di depositi sabbiosi di natura micacea che affiorano estesamente su tutta l'area indagata.

Costituiscono il termine di chiusura del ciclo sedimentario post-calabriano

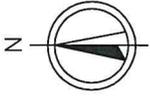
Tale deposito sabbioso risulta variamente costituito e potente da luogo a luogo delle zone di affioramento, andando dall'area ofantina a quella premurgiana e a quella salentina. In quest'ultima area, l'articolazione e frammentazione dei bacini di sedimentazione, ha prodotto la differente costituzione litologica, con riferimento alla presenza e alla frequenza di livelli arenacei, limosi e/o argillosi, calcarenitici, nell'ambito dei depositi sabbiosi.

Per quanto riguarda specificatamente l'area rilevata, tale deposito è costituito da sabbie sciolte, solo localmente contenenti livelli cementati.

Il colore è giallo-paglierino, la grana prevalentemente fine ed uniforme.

Poggiano con continuità di sedimentazione sulle Calcareniti di Gravina e a volte tra le due formazioni si rinviene un deposito argilloso, che stratigraficamente, si pone nella parte mediana del Ciclo sedimentario Plio-pleistocenico.

# CARTA GEOLOGICA



## LEGENDA



**CALCARENITI DI GRAVINA**

Sabbie calcaree poco cementate, con intercalati banchi di panchina; sabbie argillose grigio azzurre (Pliocene sup.).



Calcareniti, calcari tipo panchina; calcareniti argillose giallastre. Abbondante presenza di macrofauna (Pliocene sup.- medio).



**CALCARE DI ALTAMURA**

Calcari dolomitici e dolomie grigio nocciola, a frattura irregolare, calcari grigio chiari (Cretaceo).



Strati orizzontali

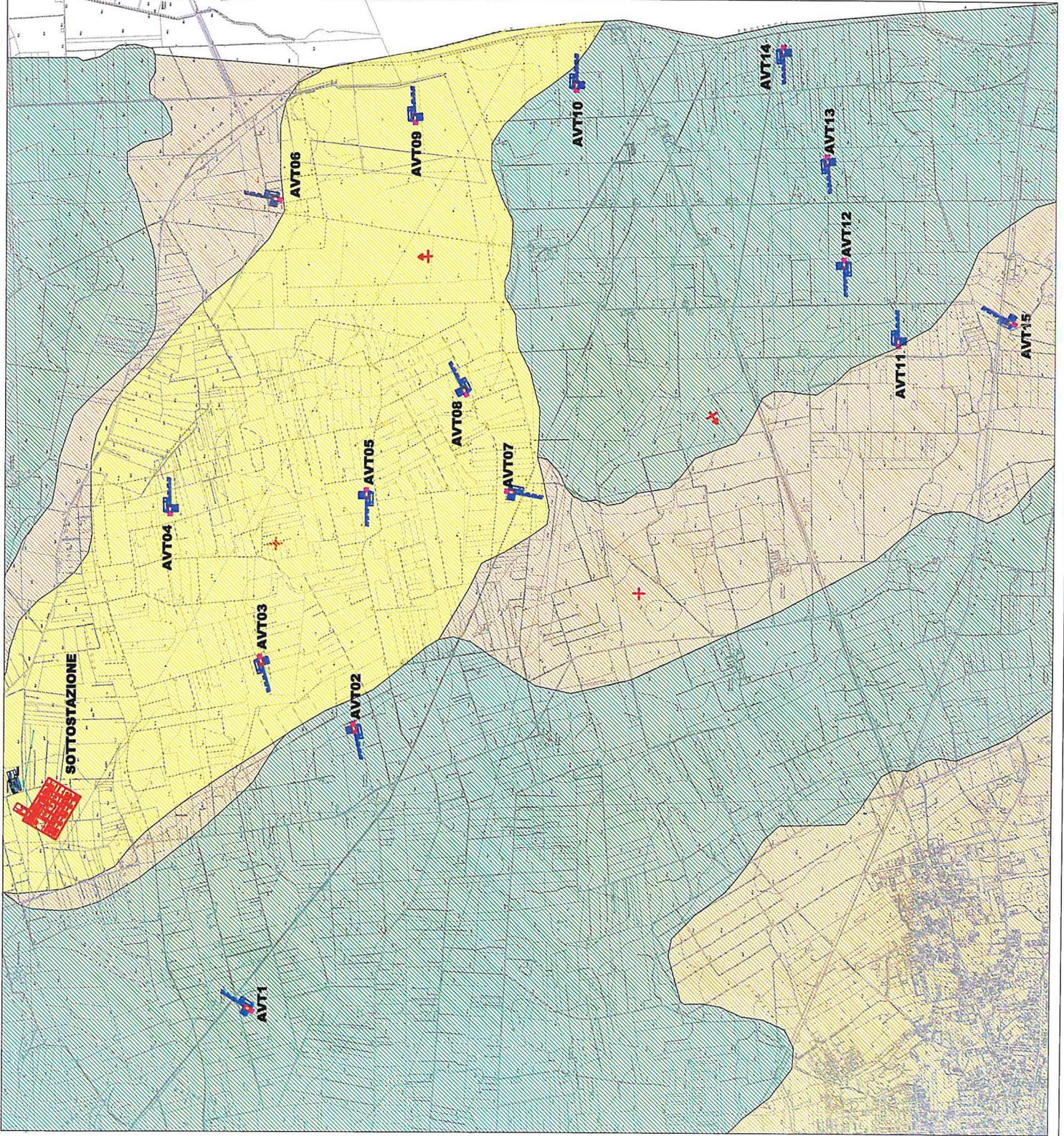


Strati con pendenza inferiore a 10°

**AVT**



Aerogeneratore



## **IDROGEOLOGIA**

Dal rilievo idrogeologico e dallo studio delle foto aeree si è appurata la presenza di una falda acquifera profonda conosciuta come falda costiera o carsica.

Si tratta di un acquifero sostenuto alla base dalle acque marine di invasione continentale e delimitato al tetto da una superficie irregolare coincidente all'incirca con il livello marino.

Questa falda circola a pelo libero nelle rocce calcareo-dolomitiche fessurate e carsificate del Cretaceo. Quando i livelli praticamente impermeabili, rappresentati dalle Calcareniti marnose giacenti sui calcari mesozoici, si rinvengono in corrispondenza o sotto il livello del mare, tale falda risulta in pressione.

In base ai caratteri litologici delle formazioni, alle loro caratteristiche giaciture e ai rapporti di posizione, la circolazione idrica si esplica attraverso un livello localizzato nei calcari cretacei denominato "acquifero di base" in quanto la falda in esso contenuta è sostenuta dall'acqua marina di invasione continentale.

Il gradiente idraulico, come emerge dai numerosi rilievi effettuati sui pozzi esistenti, è di 3.0-4.0 metri e tende progressivamente a ridursi verso SO con una cadente piezometrica dell'ordine dello 0.015 %, fino ad annullarsi del tutto sulla costa dove dà vita ad una serie di sorgenti sottomarine.

In condizioni di equilibrio lo spessore della falda d'acqua dolce è legato dalla legge di Ghyben-Hensberg con la sottostante acqua salata di intrusione continentale, ponendo:

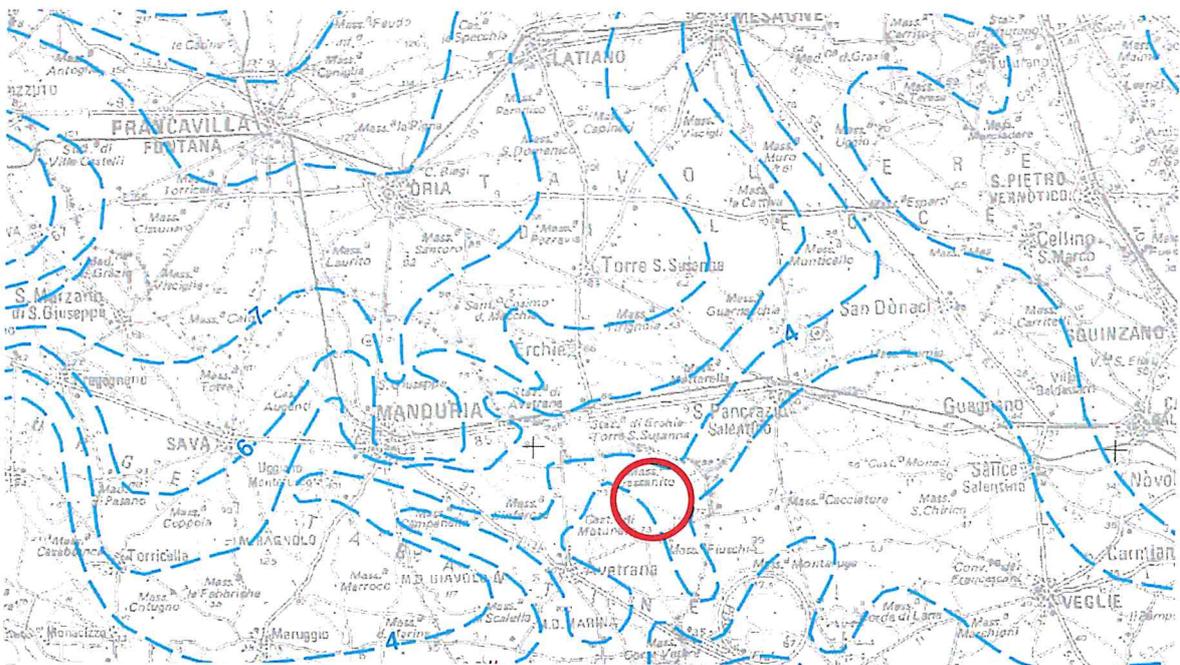
H = spessore della falda

h = gradiente idraulico

abbiamo:

$$H = 37 * h$$

La profondità di rinvenimento della falda è maggiore di 50 metri, pertanto non interagisce con le opere fondali dell'impianto eolico da realizzare.



Stralcio del Piano di Tutela delle Acque – Regione Puglia  
“Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della Murge e del Salento”

Laddove affiorano le Sabbie Plioceniche i rilievi di superficie hanno permesso di riconoscere una falda ad una profondità di 1.0-2.0 metri dal p.c.; è una falda a carattere stagionale che risente del regime pluviometrico dell'area ed è quindi soggetta ad oscillazioni.

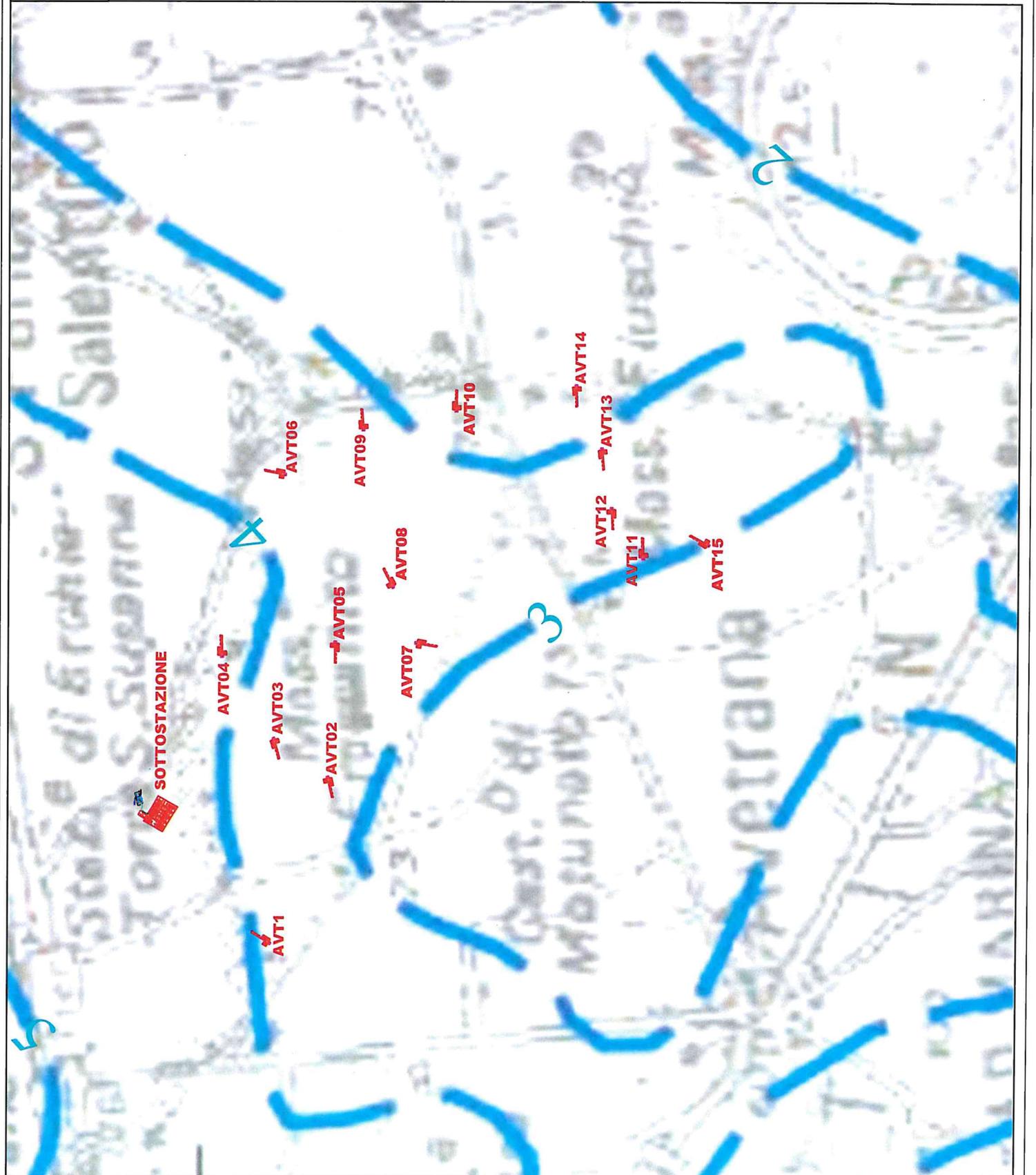
STRALCIO PTA PUGLIA  
(Carta delle isopieze)

LEGENDA



—4— Isopiezometrica (mt sl.m.)

AVT Aerogeneratore



## **CARTA IDROGEOMORFOLOGICA DELLA REGIONE PUGLIA**

La Giunta Regionale della Puglia, con delibera n. 1792 del 2007, ha affidato all'Autorità di Bacino della Puglia il compito di redigere una nuova Carta Idrogeomorfologica del territorio pugliese, quale parte integrante del quadro conoscitivo del nuovo Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR), adeguato al Decreto Legislativo 42/2004. La nuova Carta Idrogeomorfologica della Puglia, in scala 1:25.000, ha come principale obiettivo quello di costituire un quadro di conoscenze, coerente e aggiornato, dei diversi elementi fisici che concorrono all'attuale configurazione del rilievo terrestre, con particolare riferimento a quelli relativi agli assetti morfologici ed idrografici dello stesso territorio, delineandone i caratteri morfografici e morfometrici ed interpretandone l'origine in funzione dei processi geomorfici, naturali o indotti dall'uomo.

La Carta Idrogeomorfologica intende costituire anche il punto di partenza per gli opportuni approfondimenti di dettaglio di carattere sia scientifico che applicativo ed è giustificata anche dalla specifica vulnerabilità geoambientale posseduta dal territorio pugliese.

La redazione della Carta Idrogeomorfologica della Puglia ha seguito un percorso strettamente definito e cadenzato che ha previsto un approfondimento continuo e costante del quadro conoscitivo fisico del territorio, sulla base anche della nuova cartografia tecnica e delle immagini disponibili e di conseguenti elaborazioni e valutazioni.

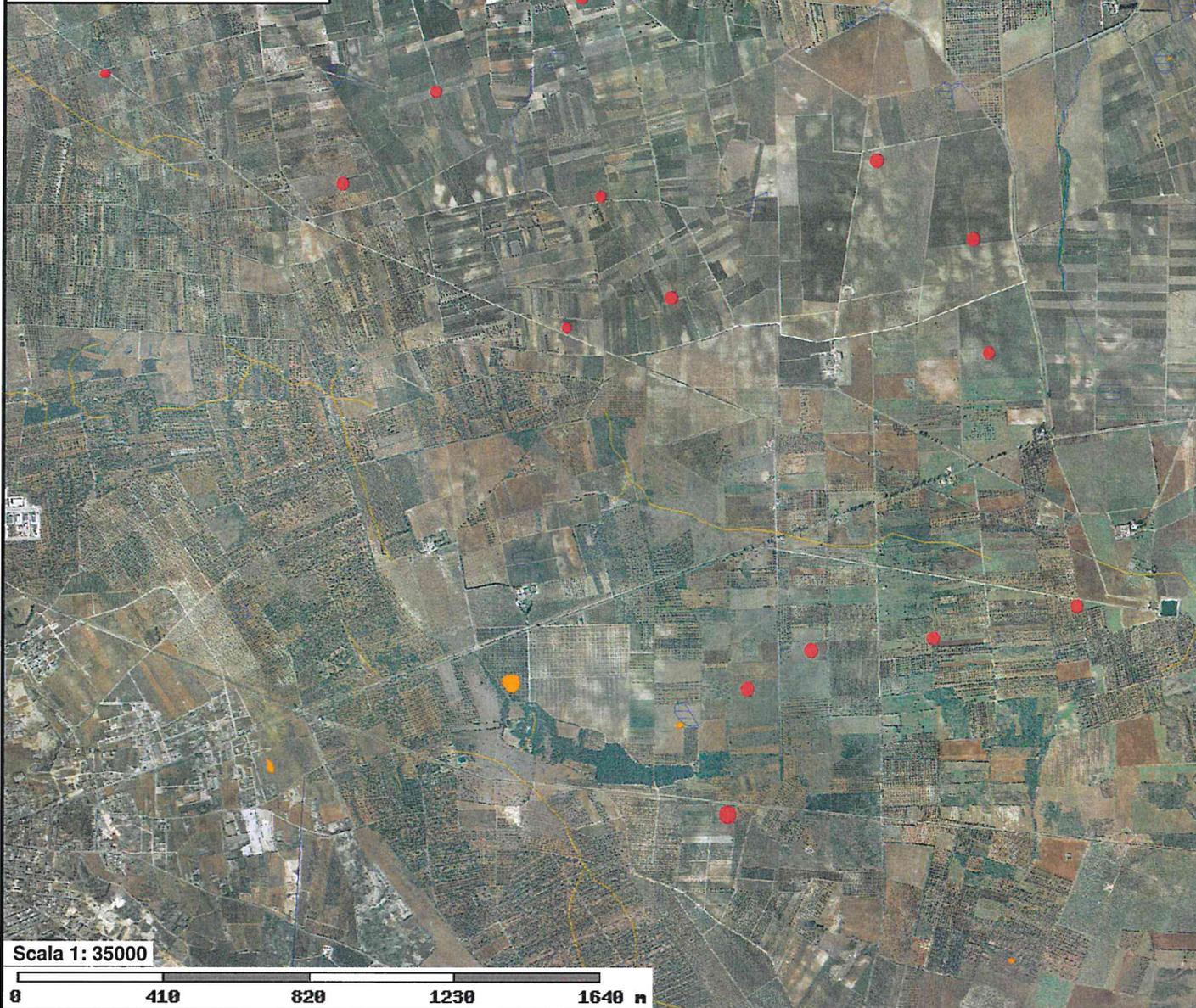
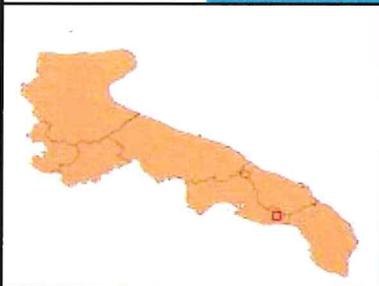
Risulta quindi tale cartografia sicuramente più aggiornata e precisa rispetto alla serie n.10 geomorfologia del PUTT, che lo sostituisce,

considerata la scala di elaborazione del piano stesso, redatta sulla base del CTR.

Come si può osservare dallo stralcio della Carta Idrogeomorfologica allegato, nell'area oggetto di studio e nell'immediato intorno sono censiti un corso d'acqua, delle leggere forme di versante e diversi recapiti finali di bacino endoreico.

Tali segnalazioni si trovano a notevole distanza dagli aerogeneratori di progetto, non compromettendo quindi alcuna installazione.

Anzi la scelta stessa della loro ubicazione ha tenuto conto di tali emergenze.



**Forme di versante**

**Linee**

-  Orlo di scarpata delimitante forme semispianate
-  Cresta smussata
-  Nicchia di distacco

-  Cresta affilata
-  Asse di displuvio

**Poligoni**

-  Corpo di frana
-  Area interessata da dissesto diffuso

-  Cono di detrito
-  Area a calanchi e forme similari

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

Cigli e ripe

 Ciglio di sponda

 Ripa di erosione

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

#### **Corsi di acqua**

 Corso d'acqua

 Corso d'acqua obliterato

 Recapito finale di bacino endoreico

 Sorgenti

 Corso d'acqua episodico

 Corso d'acqua tombato

#### **Forme Carsiche**

 Doline

 Grotte naturali

 Orlo di depressione carsica

 Voragini

 Aerogeneratore

#### **Singularità di Interesse Paesaggistico**

 Geositi

#### **Cartografia di base**

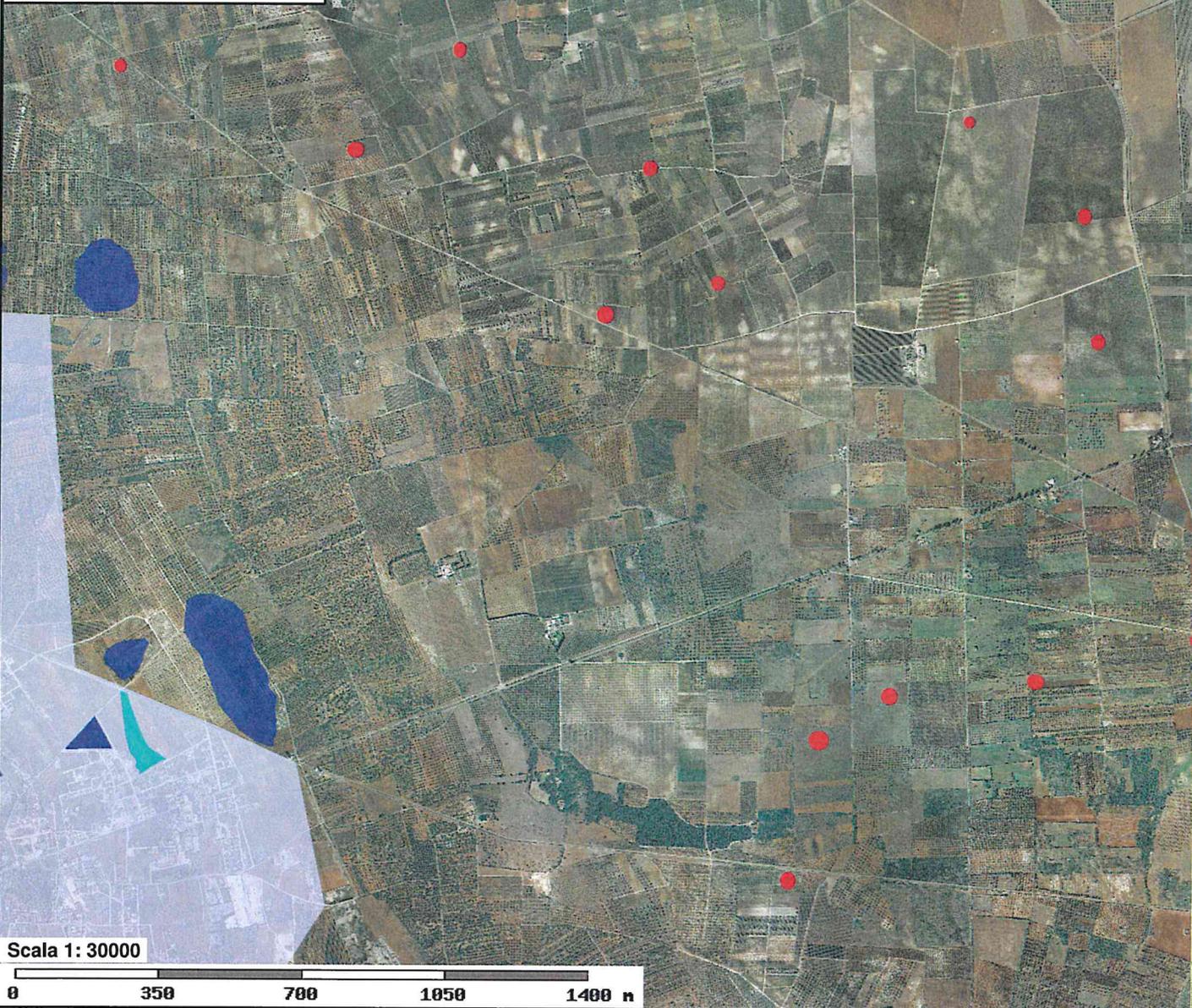
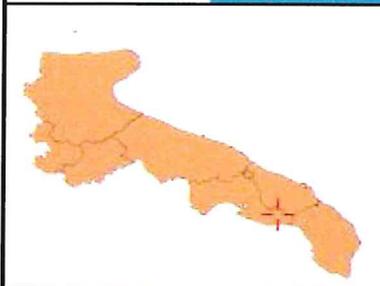
## COMPATIBILITÀ CON IL PAI

Il Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia (PAI) è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologia 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.

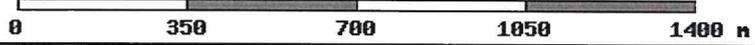
Il PAI ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Alla luce della nuova normativa, l'area interessata dall'intervento **non ricade in** alcuna **area a pericolosità idraulica** (si rimanda alla cartografia allegata), ne scaturisce che il progetto di realizzazione di parco eolico è conforme al PAI.

Dalla stessa cartografia emerge inoltre che l'area interessata dall'intervento **non risulta perimetrata a pericolosità geomorfologia** (PG1, PG2, PG3).



Scala 1: 30000



**Pericolosità e Rischio**

**Peric. Idraulica**

 bassa (BP)

 alta (AP)

 media (MP)

**Cartografia di base**

 Aerogeneratori

## **COMPATIBILITÀ CON IL PPTR**

Con delibera n. 176 del 16 febbraio 2015, pubblicata sul BURP n. 40 del 23.03.2015, la Giunta Regionale ha approvato il Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia.

L'impostazione del PPTR risponde alla volontà di affrontare e superare i diversi limiti maturati nell'attuazione del PUTT/P.

Ai sensi dei principi stabiliti dalla Convenzione europea del paesaggio la pianificazione paesaggistica ha innanzitutto il compito di tutelare il paesaggio (non soltanto "il bel paesaggio") quale contesto di vita quotidiana delle popolazioni, e fondamento della loro identità; oltre alla tutela, deve tuttavia garantire la gestione attiva dei paesaggi, garantendo l'integrazione degli aspetti paesaggistici nelle diverse politiche territoriali e urbanistiche, ma anche in quelle settoriali.

Il Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR) persegue, quindi, la promozione e la realizzazione di uno sviluppo socioeconomico autosostenibile, con l'obiettivo di recupero degli aspetti e dei caratteri peculiari dell'identità sociale, culturale e ambientale, la tutela della biodiversità, la realizzazione di nuovi paesaggi integrati, coerenti e rispondenti a criteri di qualità e sostenibilità.

In particolare il PPTR analizza:

- a) la ricognizione del territorio regionale, mediante l'analisi delle sue caratteristiche paesaggistiche impresse dalla natura, dalla storia e dalle loro interrelazioni;
- b) la ricognizione degli immobili e delle aree dichiarati di notevole interesse pubblico ai sensi dell'articolo 136 del Codice, loro delimitazione e rappresentazione in scala idonea alla identificazione, nonché determinazione delle specifiche prescrizioni d'uso ai sensi dell'art. 138, comma 1, del Codice;
- c) la ricognizione delle aree tutelate per legge, di cui all'articolo 142, comma 1, del Codice, la loro delimitazione e rappresentazione in scala idonea alla identificazione, nonché determinazione di prescrizioni d'uso intese ad assicurare la conservazione dei caratteri distintivi di dette aree e, compatibilmente con essi, la valorizzazione;
- d) la individuazione degli ulteriori contesti paesaggistici, da ora in poi denominati ulteriori contesti, diversi da quelli indicati all'art. 134 del Codice, sottoposti a specifiche misure di salvaguardia e di utilizzazione;
- e) l'individuazione e delimitazione dei diversi ambiti di paesaggio, per ciascuno dei quali il PPTR detta specifiche normative d'uso ed attribuisce adeguati obiettivi di qualità;
- f) l'analisi delle dinamiche di trasformazione del territorio ai fini dell'individuazione dei fattori di rischio e degli elementi di vulnerabilità del paesaggio, nonché la comparazione con gli altri atti di programmazione, di pianificazione e di difesa del suolo;
- g) l'individuazione delle aree gravemente compromesse o degradate, perimetrale ai sensi dell'art. 93, nelle quali la realizzazione degli

interventi effettivamente volti al recupero e alla riqualificazione non richiede il rilascio dell'autorizzazione di cui all'articolo 146 del Codice;

- h) l'individuazione delle misure necessarie per il corretto inserimento, nel contesto paesaggistico, degli interventi di trasformazione del territorio, al fine di realizzare uno sviluppo sostenibile delle aree interessate;
- i) le linee-guida prioritarie per progetti di conservazione, recupero, riqualificazione, valorizzazione e gestione di aree regionali, indicandone gli strumenti di attuazione, comprese le misure incentivanti;
- l) le misure di coordinamento con gli strumenti di pianificazione territoriale e di settore, nonché con gli altri piani, programmi e progetti nazionali e regionali di sviluppo economico.

Nella presente relazione vengono trattati i caratteri del paesaggio che il PPTR definisce in tre strutture, a loro volta articolate in componenti, ciascuna delle quali è soggetta a specifica disciplina:

- a) Struttura idrogeomorfologica
  - componenti geomorfologiche
  - componenti idrologiche
- b) Struttura eco sistemica e ambientale
  - componenti botanico-vegetazionali
  - componenti delle aree protette e dei siti naturalistici
- c) Struttura antropica e storico-culturale
  - componenti culturali e insediative
  - componenti dei valori percettivi

Dall'analisi delle componenti idro-geo-morfologiche si può osservare che nell'area interessata dal progetto non vi sono censite emergenze geomorfologiche.

L'espressione geomorfologica ed idrologica principale è rappresentata da un corso d'acqua, un reticolo idrografico di connessione della RER che tuttavia dista dai più vicini aerogeneratori, il 9 ed il 10 oltre 500 metri.

E' presente inoltre qualche recapito finale di bacino endoreico, tuttavia anche essi a distanze tali da non interferire con gli aerogeneratori.

Nell'area non esiste quindi alcuna segnalazione che possa pregiudicare la realizzazione dell'impianto stesso.



## **COMPATIBILITÀ CON IL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE**

La Regione Puglia ai sensi dell'art. 121 del D.Lgs 152/06 ha approvato il Piano di Tutela delle Acque, che risulta distinto in:

1. Misure di tutela quali-quantitativa dei corpi idrici sotterranei;
2. Misure di salvaguardia per le zone di protezione speciale idrogeologica;
3. Misure integrative.

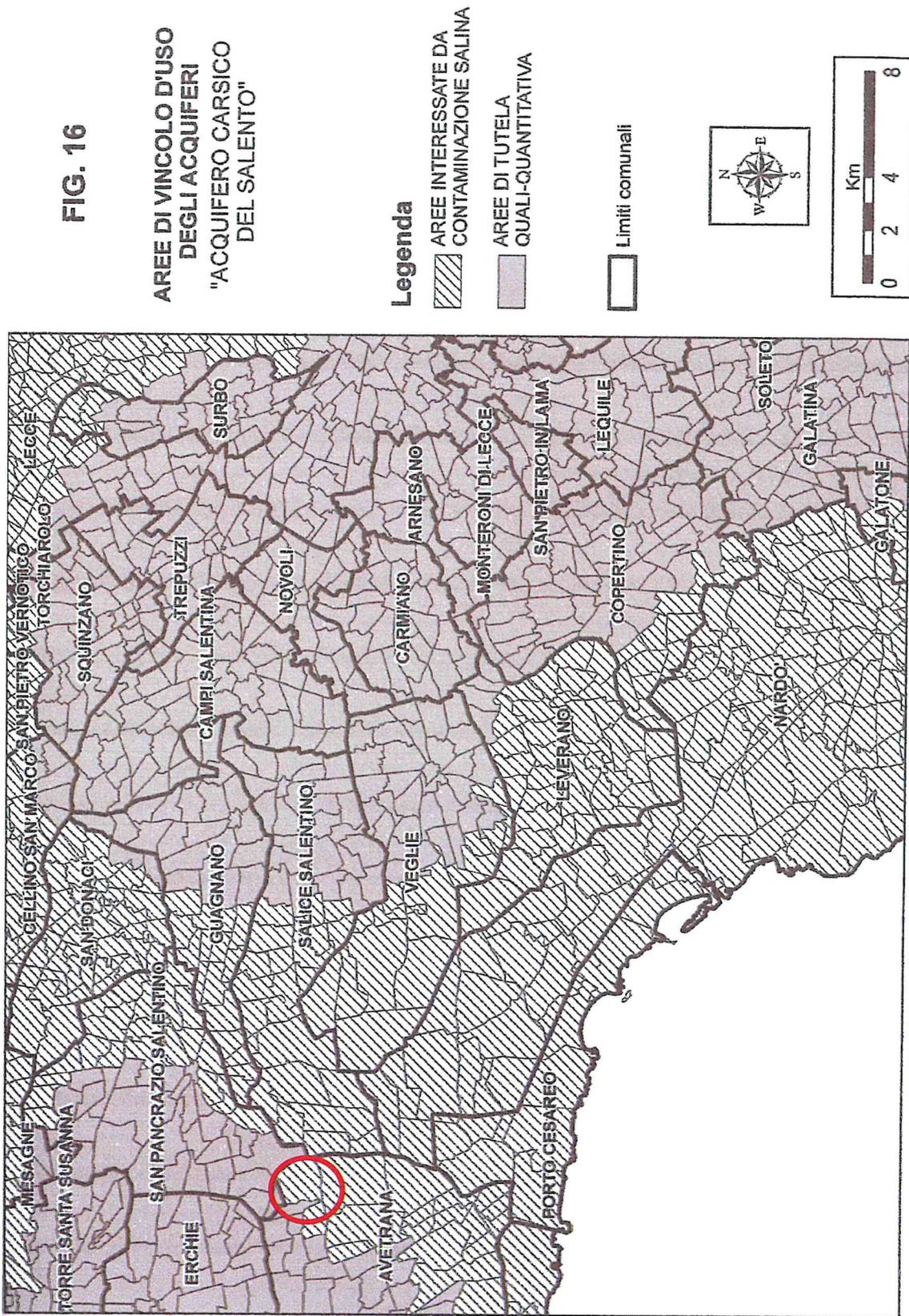
L'area indagata fa parte dell'Acquifero carsico salentino; esso risulta caratterizzato da fenomeni di contaminazione salina.

In virtù di tali constatazioni lo stesso Piano mira alla salvaguardia dell'acquifero profondo.

Dalla cartografia allegata è emerso che sull'area indagata non è presente il vincolo di protezione speciale idrogeologica.

**FIG. 16**

**AREE DI VINCOLO D'USO  
 DEGLI ACQUIFERI  
 "ACQUIFERO CARSIICO  
 DEL SALENTO"**



## **INDAGINE GEOGNOSTICA**

L'indagine è stata effettuata in conformità al D.M. 17.01.2018 ed è stata finalizzata alla raccolta di tutti i dati qualitativi e quantitativi occorrenti per la previsione del comportamento dell'opera dopo la realizzazione dell'intervento.

L'indagine ha mirato alla caratterizzazione meccanica e sismica del terreno fondale ed è consistita nell'esecuzione di:

- ✓ due profili sismici a rifrazione (eseguiti su due differenti formazioni);
- ✓ due profili sismici di tipo Masw, eseguiti sugli stessi stendimenti.

### **Sismica a rifrazione**

Per la ricostruzione stratigrafica e la determinazione dei parametri geotecnici del terreno fondale si è proceduto con l'esecuzione di due profili sismici a rifrazione.

La sismica a rifrazione consiste nel provocare delle onde sismiche che si propagano nei terreni, con velocità che dipendono dalle caratteristiche di elasticità degli stessi. In presenza di particolari strutture, possono essere rifratte e ritornare in superficie, dove, tramite appositi sensori (geofoni), posti a distanza nota dalla sorgente lungo la linea retta, si misurano i tempi di arrivo delle onde longitudinali (onde P), al fine di determinare la velocità ( $V_p$ ) con cui tali onde coprono le distanze tra la sorgente ed i vari ricevitori.

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 e le costanti elastiche dei terreni attraversati.

I due profili sismici sono stati eseguiti dopo un attento rilievo di superficie che ha permesso di riconoscere la presenza in affioramento di diverse formazioni.

Pertanto le indagini sono state eseguite in corrispondenza degli aerogeneratori AVT14 e AVT05.

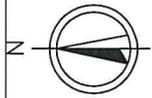
Sono stati eseguiti due profili sismici coniugati, adottando una distanza tra i geofoni di 4 metri.

L'energizzazione è stata ottenuta utilizzando una massa battente del peso di 5 kg ed una piastra rettangolare

Le onde così generate sono state registrate con un sismografo a 12 canali della GEOMETRICS mod. GEODE, il quale consente di ottenere le misurazioni dei tempi di arrivo delle onde sismiche che si propagano nel sottosuolo.

L'interpretazione dei dati di campagna è stata eseguita tramite l'applicazione congiunta e computerizzata del metodo di Palmer e delle intercette.

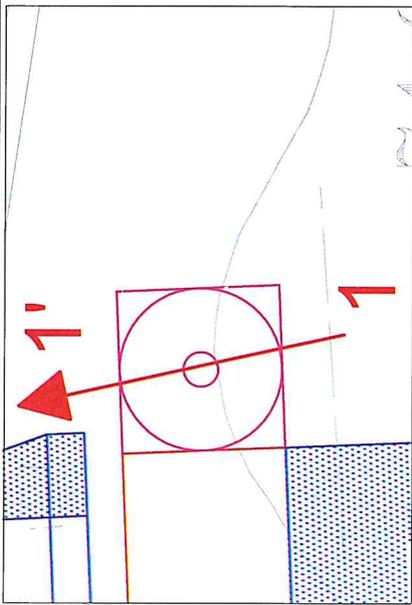
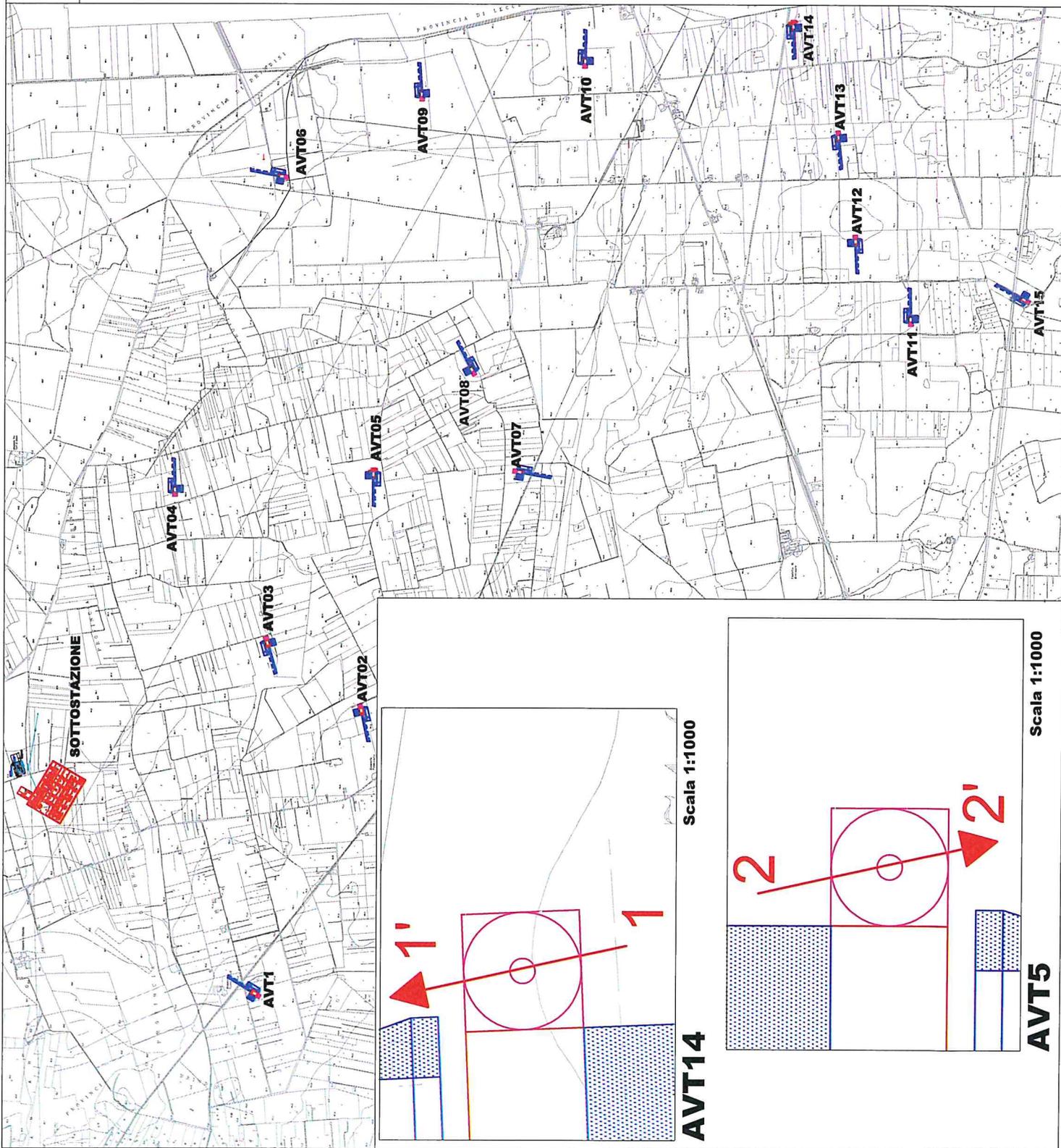
# UBICAZIONE PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE



## LEGENDA

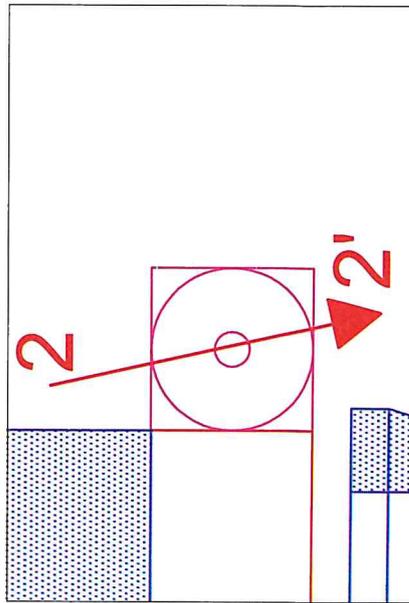
➔ Profilo sismico a rifrazione

**AVT**  Aerogeneratore



Scala 1:1000

**AVT14**



Scala 1:1000

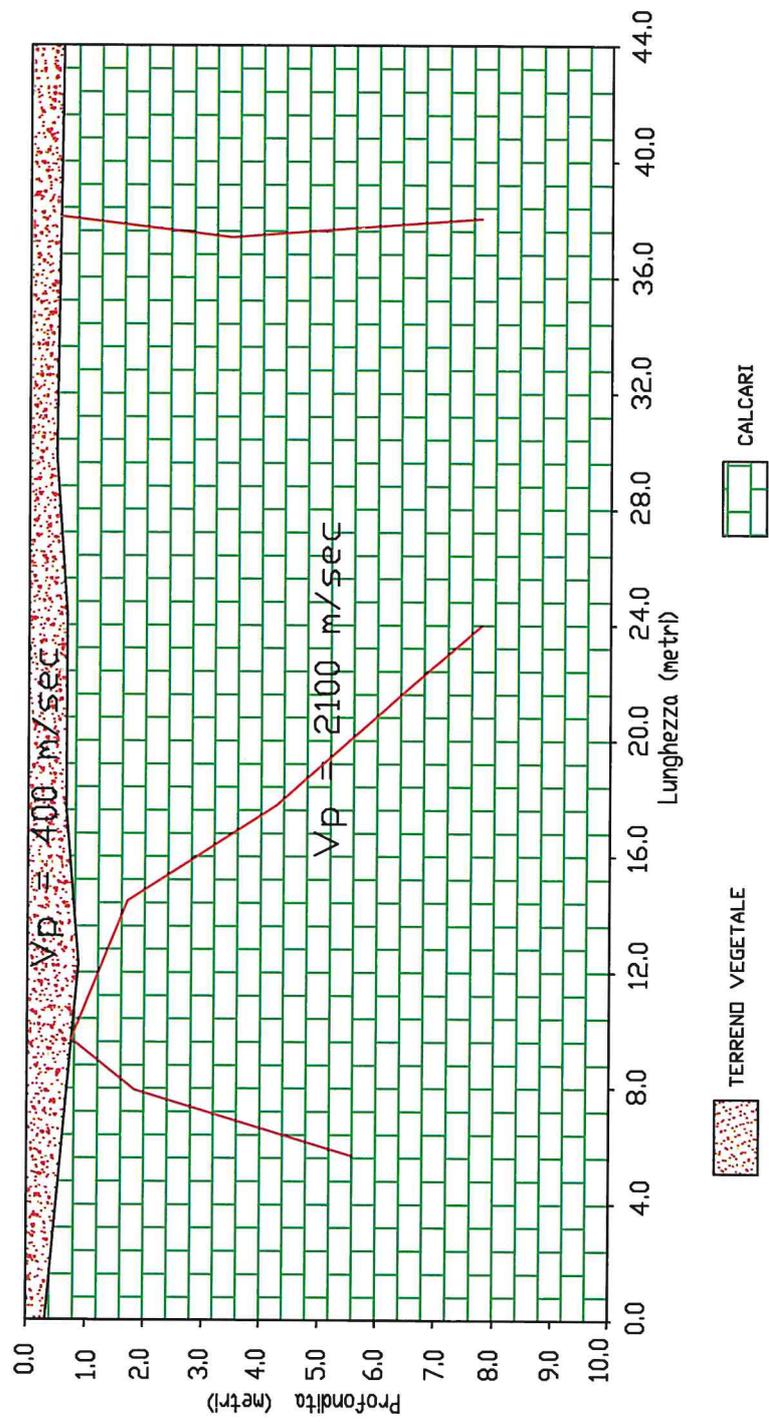
**AVT5**

Dal *profilo sismico n.1* è stato evidenziato un modello a due sismostrati. In affioramento si rinviene del terreno vegetale frammisto a pietrame calcareo che presenta uno spessore variabile da 0.3 a 0.8 metri ed una velocità di 400 m/sec, seguono il secondo sismostrato che caratterizzato da una velocità di 2100 m/sec, è da ricondurre ad un calcare fratturato con venature di terra rossa.

Le caratteristiche geotecniche del calcare sono:

Angolo di attrito	(°)	36
Modulo Young	(kg/cmq)	520
Modulo edometrico	(kg/cmq)	250
Coesione	(kg/cmq)	1.2
Peso di volume	(gr/cmc)	2.19
Modulo di Poisson		0.28
Modulo di reazione (Kg/cmc)		10.0

PROFILLO SISMICO A RIFRAZIONE 1-1'  
LOCALITA': IMPIANTO EOLICO - AVETRANA (TA)



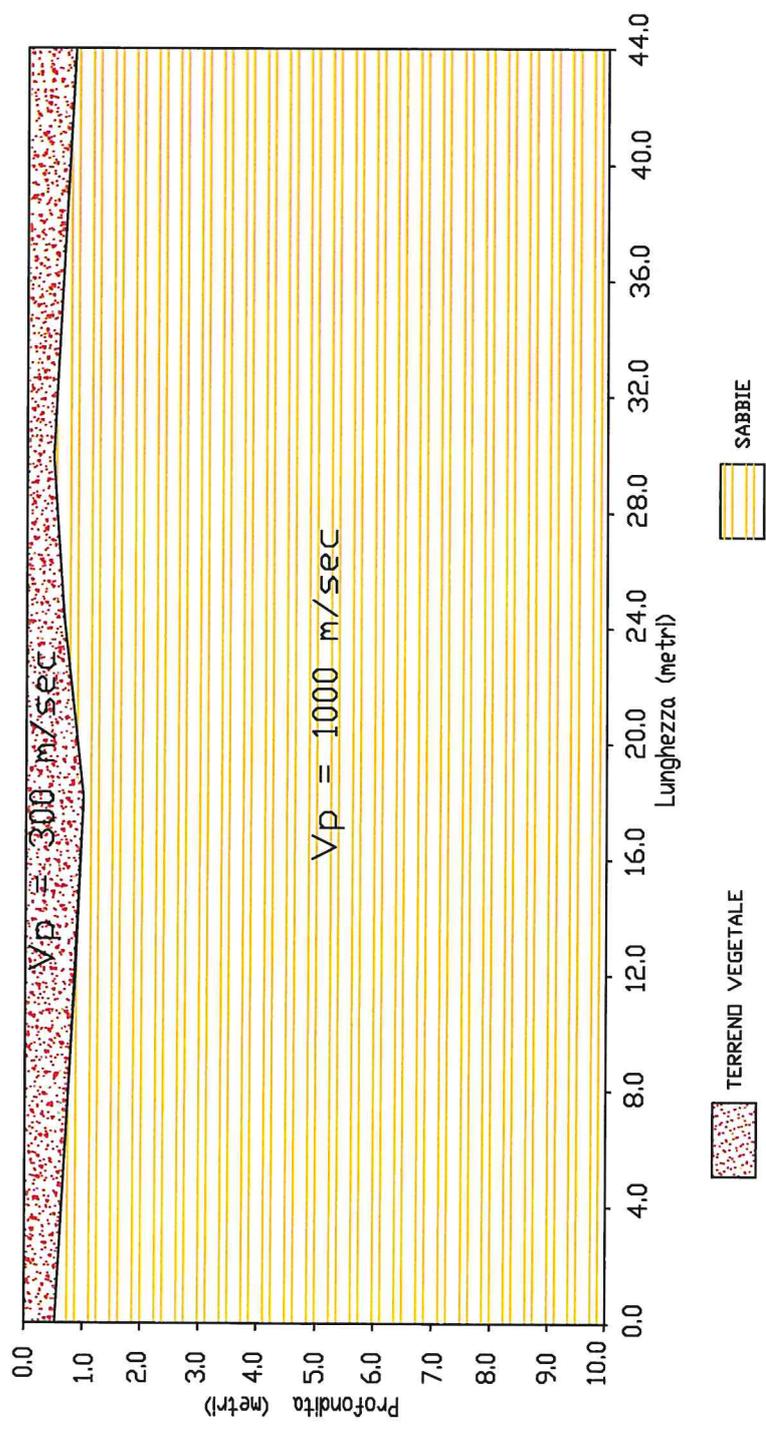


Dal *profilo sismico n.2* è stato evidenziato un modello a due sismostrati. In affioramento si rinviene del terreno vegetale che presenta uno spessore variabile da 0.4 a 1.2 metri ed una velocità di 300 m/sec, seguono delle sabbie che hanno restituito una velocità di 1000 m/sec.

Le caratteristiche geotecniche delle Sabbie sono:

Densità relativa	(%)	45
Angolo di attrito	(°)	33
Modulo di Young	(kg/cmq)	231
Modulo edometrico	(kg/cmq)	125
Classificazione AGI		Moderat. addensato
Coesione	(kg/cmq)	0.0
Peso di volume	(gr/cmc)	1.86
Modulo di Poisson		0.32
Modulo di def. a taglio	(kg/cmq)	1064
Modulo di reazione	(kg/cmc)	3.97

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 2-2'  
LOCALITA': IMPIANTO EOLICO - AVETRANA (TA)





### **Sismica con metodologia Masw**

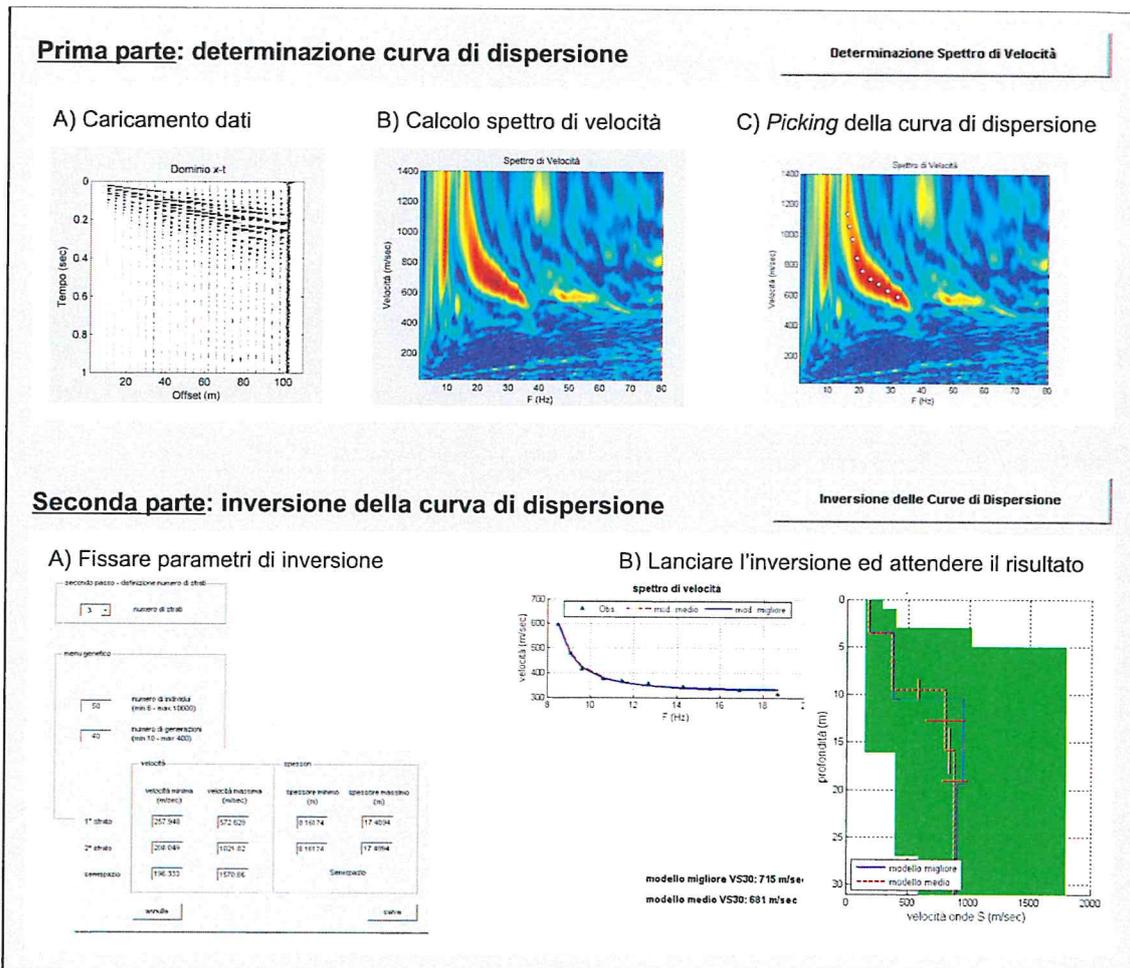
Le prove MASW sono molto utili per ricavare il parametro  $V_{seq}$ , richiesto dalla nuova normativa sismica, in maniera semplice ed economica ma decisamente affidabile.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi), 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.

Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni (DA 4.5 Hz) e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede almeno i seguenti passi:

- Acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni
- Estrazione dei modi dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh;
- Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali delle VS.



Gli algoritmi genetici rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).

Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta infatti ad attrarre il

modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).

In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.

Gli algoritmi genetici (come altri analoghi) offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.

Le NTC18 effettuano la classificazione del sottosuolo in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{Seq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum_i \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Con:

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

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

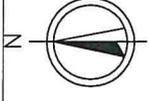
$N$  numero di strati;

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

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

Dai calcoli sono risultati i seguenti valori:

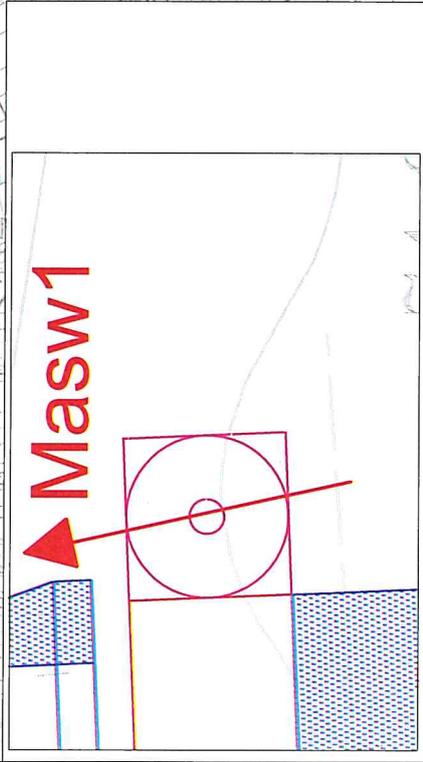
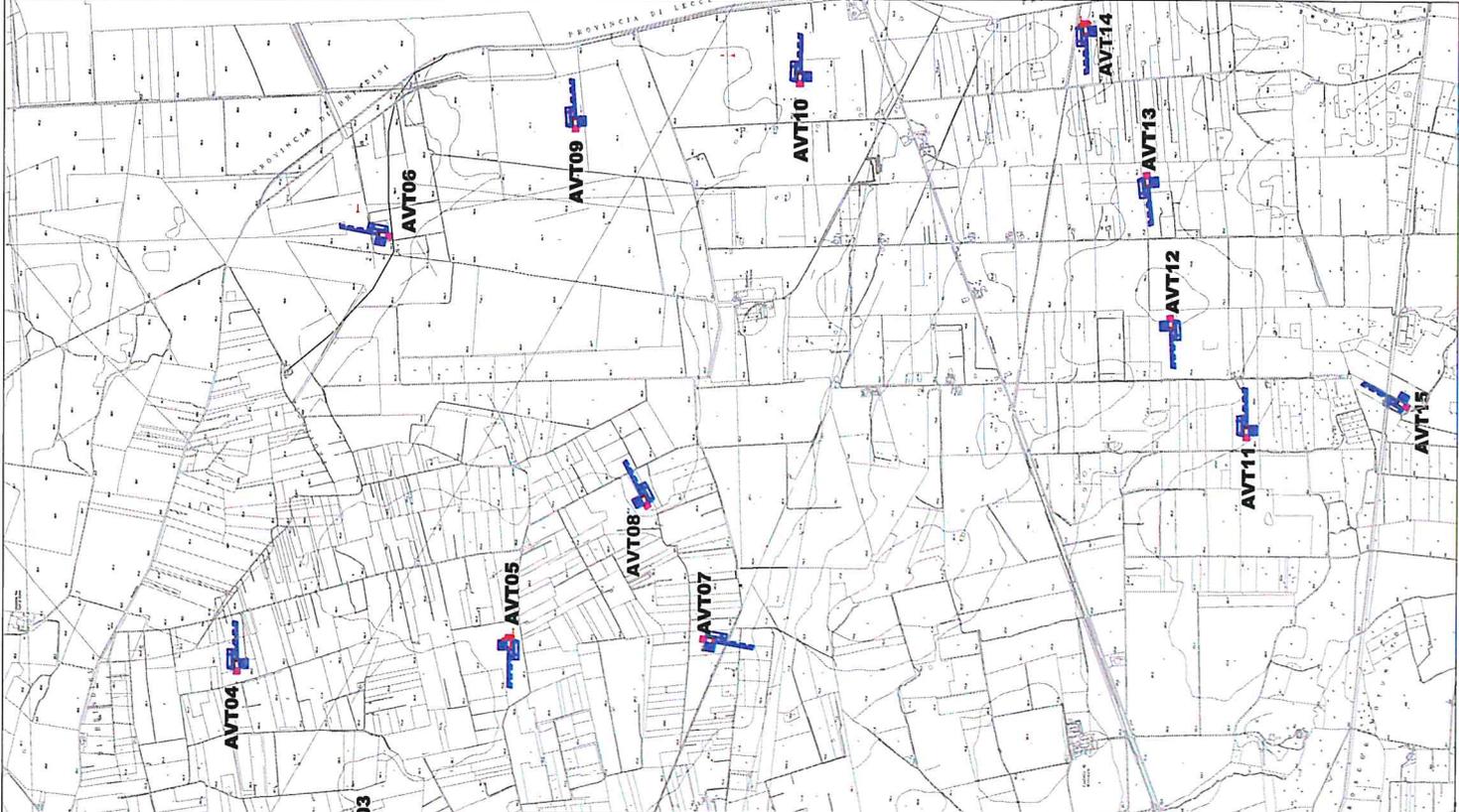
# UBICAZIONE PROFILI SISMICI MASW



## LEGENDA

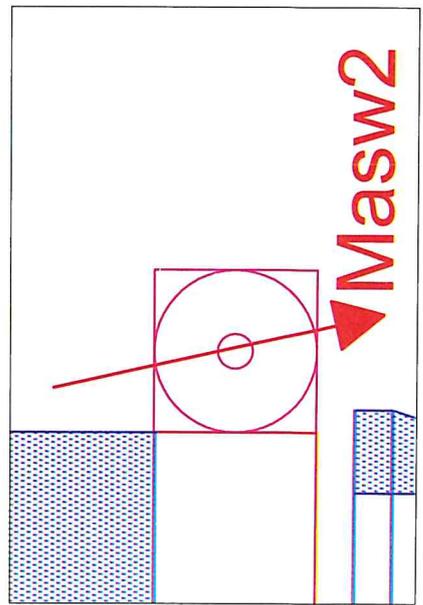
➔ Profilo sismico Masw

**AVT**  Aerogeneratore



Scala 1:1000

**AVT14**



Scala 1:1000

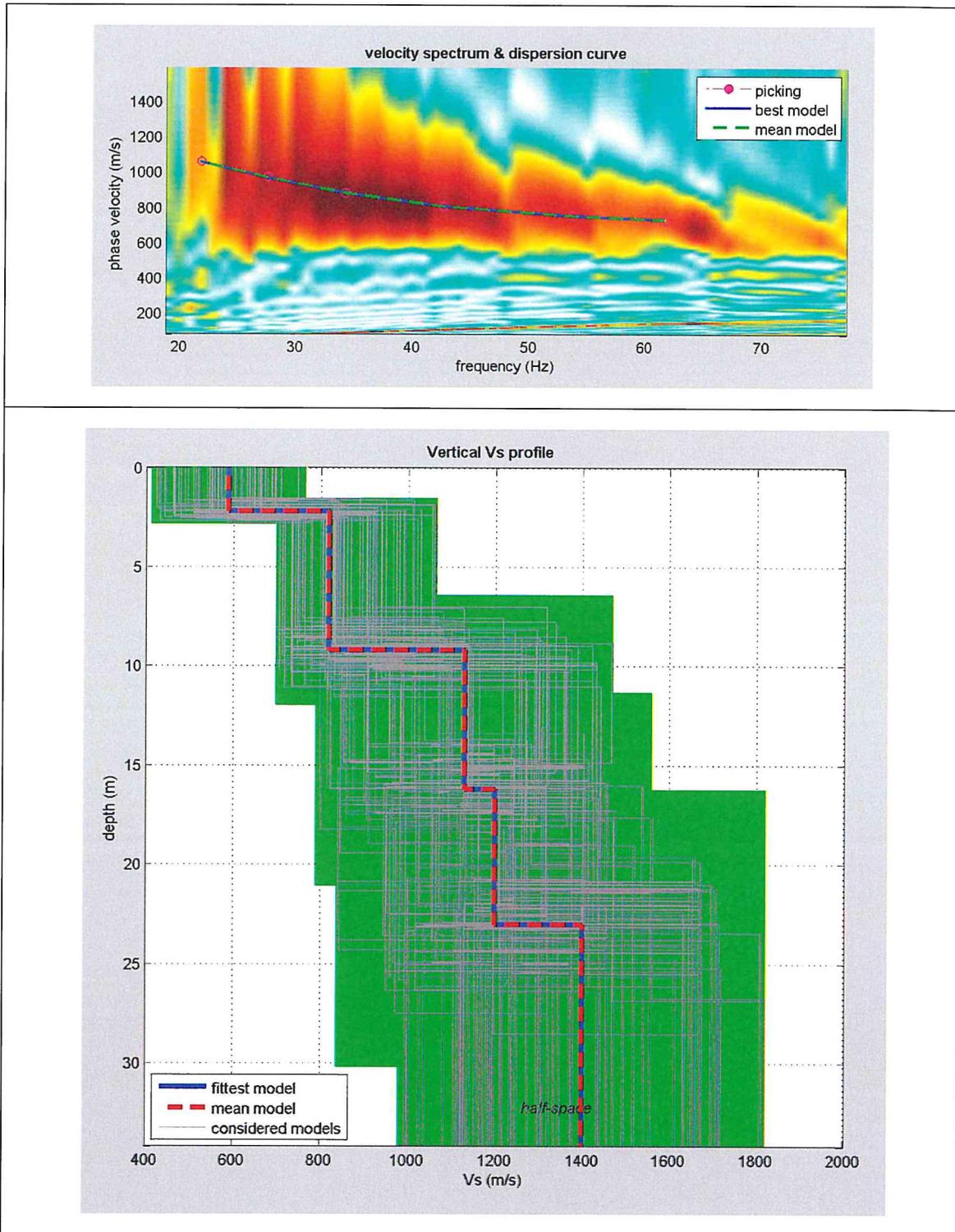
**AVT5**

Indagine Masw n. 1

Aerogeneratore AVT 14

$V_{s,eq} = 0$  m/sec

Categoria sismica A

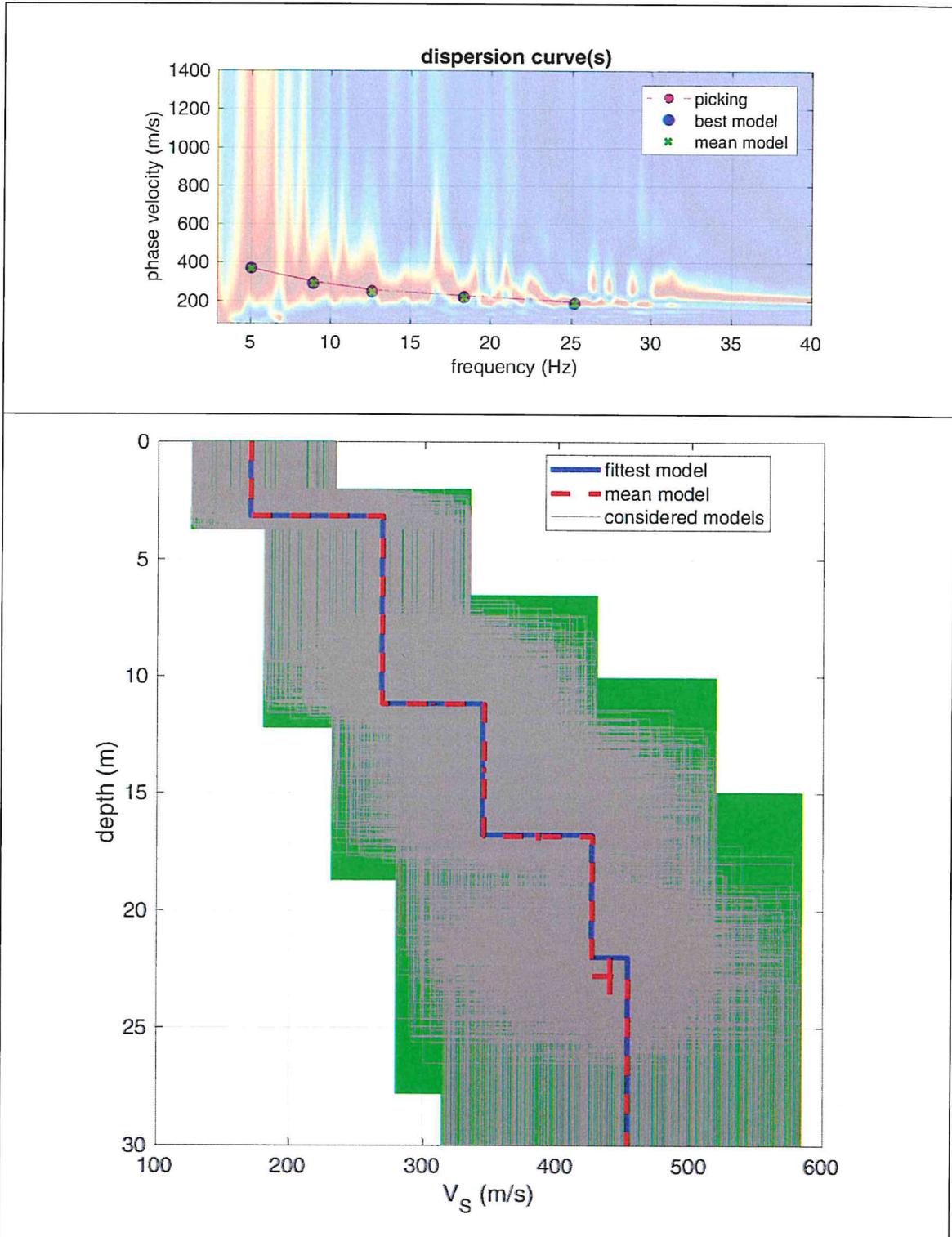


Indagine Masw n. 2

Aerogeneratore AVT 05

$V_{s,eq} = 317$  m/sec

Categoria sismica C



Le categorie di suolo individuate dal Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, recante aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni” sono le seguenti:

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

Il suolo di fondazione rientra pertanto nel primo caso nella **categoria A** con valori di  $V_{s,eq}$  compresi  $> 800$  m/sec; la litologia risulta costituita da ***Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi.***

Il suolo di fondazione rientra pertanto nel secondo caso nella **categoria C** con valori di  $V_{s,eq}$  compresi tra 180 e 360 m/sec; la litologia risulta costituita da ***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti.***

## **CONCLUSIONI**

Nel mese di novembre 2019, il sottoscritto ha eseguito uno studio geomorfologico di superficie, su un'area sita nel territorio comunale di Avetrana (TA) interessata da un progetto di installazione di un impianto eolico con 15 aerogeneratori, finalizzato alla verifica della compatibilità del progetto con gli strumenti di pianificazione territoriale, quali la Carta Idrogeomorfologica, il PAI, il PPTR, il Piano Tutela delle Acque.

Lo studio ha inoltre previsto delle indagini geognostiche preliminari, in relazione alla natura dei terreni rilevati con il rilievo geologico di superficie, al fine di caratterizzare l'area da un punto di vista sismico e da un punto di vista meccanico per poter fornire dei parametri geotecnici utili ai fini del calcolo della capacità portante.

In fase di edificazione, come richiesto dal D.M. 14.01.2008 e sue integrazioni D.M. 17.01.2018 saranno poi eseguite delle indagini puntuali per ciascun aerogeneratore.

Dallo studio geo-idro-morfologico è emerso quanto segue:

- litologicamente nell'area è stato possibile riconoscere in affioramento la presenza di tre formazioni: i Calcari di Altamura (terreno fondale degli aerogeneratori nn. 1, 2, 10, 12-15) nella porzione più orientale dell'area in esame; le Calcareniti di Gravina in una fascia allungata in direzione nordovest-sudest (terreno fondale degli aerogeneratori nn. 6, 11, 15); le Sabbie Plistoceniche a nord (terreno fondale degli aerogeneratori nn.3-5, 7-9).
- Geomorfologicamente, l'area presenta una morfologia pianeggiante con quote variabili tra 65 a 70 metri s.l.m.

- idrologicamente (come si può osservare dalla cartografia “Carta Idrogeomorfologica” e del PPTR) l’area è caratterizzata da qualche corso d’acqua, dei quali tuttavia si è tenuto conto nella scelta della posizione degli aerogeneratori;
- idrogeologicamente gli accertamenti eseguiti in situ escludono la presenza di falde superficiali laddove affiorano i Calcari e le Calcareniti, esistendo in queste aree la sola falda profonda; laddove affiorano le Sabbie Pleistoceniche è stata rilevata una falda ad una profondità di 1.0-2.0 metri dal p.c.; è una falda a carattere stagionale che risente del regime pluviometrico dell’area ed è quindi soggetta ad oscillazioni.

Dopo aver consultato le cartografie tematiche redatte dalla Regione Puglia il PPTR (Piano Territoriale Paesaggistico Territoriale), dall’Autorità di Bacino della Puglia il PAI (Piano di Assetto Idrogeologico e la Carta Idrogeomorfologica) ed infine dalla Regione Puglia il P.T.A (Piano di Tutela delle Acque), sono state eseguite delle indagini geognostiche consistenti in due profili sismici a rifrazione ed in due indagini sismiche Masw, eseguite sullo stesso stendimento, per la caratterizzazione meccanica e sismica del terreno fondale.

Dallo studio degli strumenti di pianificazione territoriale (Carta idrogeomorfologica e stralci del PPTR) è emerso che nell'area oggetto di studio le pochissime emergenze censite (reticolo RER, zone di recapito di bacino endoreico), più o meno importanti che siano, si trovano a notevole distanza dal previsto punto di installazione degli aerogeneratori.

Stando alle distanze, nell’area non esiste alcuna segnalazione che possa pregiudicare la realizzazione dell’impianto stesso.

L'area interessata dall'intervento *non ricade in* alcuna *area a pericolosità idraulica*, né in *aree a pericolosità geomorfologica*, ne scaturisce che il progetto di parco eolico è conforme al PAI.

L'area indagata fa parte dell'Acquifero carsico della Murgia; specificatamente l'area in esame, essa risulta caratterizzata da fenomeni di contaminazione salina; non è presente il vincolo di protezione speciale idrogeologica, né ricade in area di tutela quali-quantitativa.

Dalle indagini geognostiche è stata ricostruita la successione stratigrafica dei primi metri, sono stati caratterizzati meccanicamente i litotipi investigati ed è stata individuata la categoria sismica del suolo di fondazione.

Le indagini eseguite in corrispondenza dell'aerogeneratore n.14 hanno fornito la seguente successione litostratigrafia:

- da 0.00 m a 0.3-0.8 m Terreno vegetale frammisto a pietrame
- da 0.3-0.8 m a 10.0 m Calcari

Le caratteristiche geotecniche del calcare sono:

Angolo di attrito	(°)	36
Modulo Young	(kg/cmq)	520
Modulo edometrico	(kg/cmq)	250
Coesione	(kg/cmq)	1.2
Peso di volume	(gr/cmc)	2.19
Modulo di Poisson		0.28
Modulo di reazione (Kg/cmc)		10.0

Le indagini eseguite in corrispondenza dell'aerogeneratore n.5 hanno fornito la seguente successione litostratigrafia:

- da 0.00 m a 0.4-1.2 m Terreno vegetale
- da 0.4-1.2 m a 10.0 m Sabbie

Le caratteristiche geotecniche delle Sabbie sono:

Densità relativa	(%)	45
Angolo di attrito	(°)	33
Modulo di Young	(kg/cmq)	231
Modulo edometrico	(kg/cmq)	125
Classificazione AGI		Moderat. addensato
Coesione	(kg/cmq)	0.0
Peso di volume	(gr/cmc)	1.86
Modulo di Poisson		0.32
Modulo di def. a taglio	(kg/cmq)	1064
Modulo di reazione	(kg/cmc)	3.97

Il suolo di fondazione rientra nella **categoria A** laddove affiorano i calcari; di **categoria C** laddove si rinvencono le sabbie.

Per ciò che concerne le indagini geognostiche esse hanno mirato ad una caratterizzare dell'area da un punto di vista sismico e meccanico, in via preliminare, utili ai fini del calcolo della capacità portante.

In fase di edificazione, come richiesto dal D.M. 17.01.2018, saranno poi eseguite delle indagini puntuali, sondaggi geognostici, prelievo di

campioni ed analisi di laboratorio da eseguire in corrispondenza di ciascun aerogeneratore.

Ruffano, novembre 2019

Dott. Geol. Marcello De Donatis

