



<p>PropONENTE</p>	<p><b>EN. IT SRL</b>          Verona (VR), Via Francia 21/C, 37135          C.F. /IVA 04642500237          Telefono 0972 237126 - E-mail: amministrazione@enitgroup.eu</p>				
<p>PROGETTAZIONE</p>	<p><b>Ing. Fabio Domenico Amico</b>          Via Milazzo, 17 - 40121 Bologna          E-Mail: f.amico@readvisor.eu</p>  	<p>Studio Ambientali e Paesaggistico</p>	<p><b>ATECH srl</b>          Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari          E-Mail: atechsrl@libero.it</p>  		
<p>Studio Incidenza Ambientale Flora fauna ed ecosistema</p>	<p><b>ATECH srl</b>          Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari          E-Mail: atechsrl@libero.it</p>  	<p>Studio Acustico</p>	<p><b>ATECH srl</b>          Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari          E-Mail: atechsrl@libero.it</p>  		
<p>Studio Archeologico</p>	<p><b>CAST s.c.r.l</b>          Dott.ssa Lucia CECI          Via G. Suppa, 30 - 70122 Bari          E-Mail: castarcheologia@gmail.com</p> 	<p>Studio idraulico</p>	<p><b>ATECH srl</b>          Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari          E-Mail: atechsrl@libero.it</p>  		
<p>Studio Geologico</p>	<p><b>dott. geol. Michele VALERIO</b>          Residence "Palium" - C. da Auricarro          70027 Palo del Colle (BA)          E-Mail: va.michele@libero.it</p> 				
<p>Opera</p>	<p><b>Impianto Eolico composto da n.11 aerogeneratori aventi una potenza complessiva di 48 MW nel Comune di Brindisi (BR) alla Località "Maffei"</b></p>				
<p>Oggetto</p>	<p>Folder:  <b>PROGETTO - Parte A</b></p> <p>Nome Elaborato:  <b>Relazione geologia-geotecnica</b></p> <p>Descrizione Elaborato:  <b>Relazione geologia-geotecnica</b></p>				
<p>00</p>	<p>Ottobre 2019</p>	<p>Emissione per progetto definitivo</p>	<p>dott.M. Valerio</p>	<p>dott.M. Valerio</p>	<p>dott.M. Valerio</p>
<p>Rev.</p>	<p>Data</p>	<p>Oggetto della revisione</p>	<p>Elaborazione</p>	<p>Verifica</p>	<p>Approvazione</p>
<p>Scala:</p>					
<p>Formato:</p>	<p>Codice Pratica</p>	<p><b>36PVT59</b></p>			

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE.....</b>	<b>1</b>
<b>3. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE .....</b>	<b>4</b>
3.1 Verifiche con il Piano di Tutela delle Acque .....	7
<b>4. CONDIZIONI DI COMPATIBILITÀ IDRO-GEOMORFOLOGICA DEL SITO INTERESSATO .....</b>	<b>8</b>
<b>5. CAMPAGNA D’INDAGINI GEOGNOSTICHE PRESE IN RIFERIMENTO .....</b>	<b>8</b>
5.1 Sondaggio geognostico.....	8
5.2 Prospezioni geofisiche.....	9
5.2.1 Sismica a rifrazione.....	9
5.2.2 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) .....	10
5.2.3 Interpretazione dei dati.....	10
<b>6. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE.....</b>	<b>11</b>
6.1 Stima della pericolosità sismica del sito.....	12
<b>7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI .....</b>	<b>13</b>
<b>8. CONCLUSIONI .....</b>	<b>14</b>

## 1. PREMESSA

Su incarico ottenuto dalla **ATECH srl**, per conto della Società **REA s.r.l.** con sede in Bologna, Committente della proposta progettuale in oggetto, è stato condotto uno studio geologico, geomorfologico e geognostico preliminare, inerente l'area interessata dal Progetto di realizzazione di un Parco eolico con relative opere di connessione alla Rete Elettrica, caratterizzato da n° 11 aerogeneratori da 4 MW, in Località "Maffei" nel Comune di Brindisi.

Il presente studio ha lo scopo di stabilire la natura litologica dei terreni, che verranno interessati dal progetto in oggetto, per risalire al loro prevedibile comportamento in dipendenza dei fattori morfologici, geologici, stratigrafici, tettonici, idrogeologici e sismici rilevabili nella zona.

La presente relazione viene redatta conformemente alle *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni* di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e alla Circolare esplicativa del 21 gennaio 2019 n° 7 C.S.LL.PP e si basa sui risultati ottenuti sia dal rilevamento geologico di superficie che da una campagna di indagini geognostiche di tipo diretto ed indiretto eseguita in agro di Tutturano, non distante dall'area di indagine, oltre che dalle conoscenze dello scrivente.

L'indagine è stata articolata secondo il seguente programma:

- studio della bibliografia tecnico-scientifica esistente;
- rilevamento geo-litologico di superficie;
- analisi morfologica dei luoghi e relative condizioni di stabilità;
- esame della circolazione idrica superficiale e sotterranea;
- caratterizzazione sismica del suolo di fondazione;
- stima della pericolosità sismica del sito;
- caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

L'area oggetto di studio ricade nel Foglio 203 della Carta Geologica Ufficiale in scala 1:100.000 ed è situata nel settore settentrionale della Penisola Salentina: essa sorge su un'area pressoché pianeggiante con altitudine media che varia da 35 a 42 metri sul livello del mare.

E' stato effettuato un rilevamento geologico speditivo del sito di progetto e di un suo intorno, in agro del comune di Brindisi, a circa 7 km dal centro abitato, in direzione Sud. I risultati sono stati cartografati nella Carta geologica allegata al presente studio, in cui si è ritenuto opportuno evidenziare le caratteristiche litologiche delle Formazioni rocciose, le strutture tettoniche ed una breve descrizione biostratigrafica e paleontologica.

Alcuni lavori bibliografici e la cartografia in scala 1:100.000 dell'Istituto Superiore per la Protezione e le Ricerca Ambientale (I.S.P.R.A., ex-APAT), hanno consentito di approfondire la conoscenza delle caratteristiche geologiche del territorio.

Il sito di progetto è ubicato all'interno di una porzione di territorio che dal punto di vista topografico è pianeggiante. Più a sud del sito in esame, il paesaggio è lievemente movimentato dalle ultime propaggini di grandi morfostrutture denominate secondo la letteratura "horst" ("alti morfologico-strutturali") e "graben" ("bassi morfologico-strutturali"). Infatti in generale, nel Salento, un regime tettonico a pieghe ed a faglie, di tipo plicativo e disgiuntivo, ha interessato il basamento carbonatico mesozoico scomponendolo in blocchi che risultano dislocati a differenti altezze. Ne è risultata una struttura, detta appunto ad "horst e graben", in cui le ultime propaggini delle "Serre Salentine", in genere strette ed allungate in direzione NO-SE, rappresentano zone di "alto strutturale".

Nell'area oggetto di studio, il basamento carbonatico, costituito da calcari e calcari dolomitici di età cretacea, non affiora in poichè ricoperto da Unità trasgressive costituite da depositi calcarenitici calabriano-pliocenici e da depositi appartenenti alla Formazione di Gallipoli, di età calabriana.

In affioramento sono stati individuati e delimitati unicamente i litotipi propri della **Formazione di Gallipoli**.

La **Formazione di Gallipoli (Calabriano)** è costituita da sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche centimetro di spessore, che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurre (Q<sub>c</sub><sup>1</sup>); spesso l'Unità intercala banchi arenacei e calcarenitici ben cementati (Q<sub>c</sub><sup>1</sup>). Nelle sabbie più elevate si notano talora *Cassidulina laevigata* D'ORB. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.), *Ammonia perlucida* (HER.ALL.EARL.) (Pleistocene). Nelle sabbie argillose e argille sottostanti, accanto ad *Arctica islandica* (LIN.), *Chlamys septemradiata*

MULL. ed altri molluschi, sono frequenti: *Hyalinea balthica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB. *carinata* SILV., *Bulimina catanensis* SEG. (Calabriano).

La Formazione di Gallipoli é ben rappresentata nel Foglio Brindisi e Lecce, soprattutto nel settore settentrionale, dove occupa una vastissima area attorno a Brindisi. Altri lembi, meno estesi, si trovano anche a Sud (tra Oria e Manduria, presso Torre S. Susanna e presso San Donaci).

Tale Formazione è costituita da due fondamentali litotipi: le marne argillose e, più raramente, le marne, alla base; le sabbie, più o meno argillose, alla sommità (Martinis, 1967).

Le marne argillose hanno una tinta grigio-azzurrognola, sono generalmente plastiche e poco stratificate e contengono percentuali variabili di frammenti di quarzo a spigoli vivi. Vi sono abbondanti macrofossili, i più significativi dei quali sono: *Arctica islandica* (LIN.) e *Chlamys septemradiata* MULL.; a questi si aggiungono *Pecten*, *Cardium*, *Nassa*, *Nucula*, *Dentalium*, ecc. Relativamente abbondante è anche la microfauna, nella quale particolarmente frequenti sono: *Elphidium crispum* (LIN.), *Ammonia beccarii* (LIN.), *Bulimina elegans* D'ORB. *marginata* FORN., *Bolivina catanensis* SEG., *Cassidulina laevigata* D'ORB. *carinata* SILV., *Hyalinea balthica* (SCHR.).

Verso la parte alta della serie, la componente marnoso-argillosa diminuisce gradualmente, finché si passa a sabbie vere e proprie, di colore giallastro o grigio-giallastro, aventi ancora un certo contenuto di argilla, costituite prevalentemente da frammenti di quarzo a granulometria medio-fine (Martinis, 1967). Le sabbie sono stratificate e talora parzialmente cementate.

La parte superiore della Formazione di Gallipoli è quasi totalmente priva di macrofossili; i microfossili invece sono anche qui relativamente abbondanti; le forme più significative sono: *Cassidulina laevigata* D'ORB. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia Beccarii* (LIN.), *Ammonia perlucida* (HER.ALL.EARL.); *Hyalinea balthica* sembra essere completamente assente.

Le sabbie e le argille costituenti la Formazione di Gallipoli possono essere sostituite, parzialmente o totalmente, da calcareniti ed arenarie ben cementate e talora da livelli di panchina; in particolare, nel Foglio Brindisi, le calcareniti sono particolarmente abbondanti ed estese.

La potenza sembra raggiungere il centinaio di metri nella zona di Brindisi.

Per ciò che riguarda i rapporti laterali e verticali le condizioni sono le seguenti: l'estesa plaga attorno a Brindisi confina a Sud con l'orizzonte di Calcareniti del Salento avente un'età calabriana e forse anche del Pliocene superiore.

Come è stato detto in precedenza, tale passaggio non è molto chiaro, sia per la scarsa esposizione dei sedimenti al contatto, sia per l'assenza di caratteri morfologici significativi: è possibile che esso rappresenti una regolare successione stratigrafica verticale, con una graduale affermazione, verso l'alto, delle caratteristiche proprie della Formazione di Gallipoli; tuttavia non è escluso che esso possa rappresentare una parziale sostituzione laterale, così come non si può escludere neanche la presenza di una discordanza, con una lacuna stratigrafica più o meno ampia.

Nella parte sud-occidentale, invece, i rapporti con l'orizzonte calcarenitico appartenente al Calabriano - Pliocene superiore sono decisamente discordanti e la Formazione di Gallipoli occupa alcune depressioni nettamente tagliate in tale orizzonte.

Per ciò che concerne l'età, si può dire che la microfauna contenuta nelle marne argillose basali è indicativa del Calabriano, mentre per l'assenza di *Hyalinea balthica* le sabbie superiori potrebbero spingersi fino a tempi più recenti.

### 3. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Le caratteristiche **idrologiche** dell'area oggetto di studio rispecchiano quelle della Penisola Salentina *latu sensu*, dove la permeabilità di gran parte delle Formazioni presenti, il loro stato di incarsimento e le condizioni climatiche, caratterizzate da precipitazioni concentrate nei mesi autunno-vernini e da notevole aridità nei mesi estivi, non permettono lo sviluppo di una significativa rete idrografica superficiale. Ciò nonostante, le acque meteoriche hanno agito arealmente in questa area addolcendo, in una certa misura, le forme dei litotipi facilmente erodibili.

In tutta l'area sono presenti forme di erosione torrentizia e/o incisioni testimonianti un'apprezzabile attività delle acque.

Inoltre, in passato, le acque meteoriche hanno creato delle linee di deflusso preferenziale, in parte obliterate, orientate in differenti direzioni, che convogliavano le acque piovane verso le zone topograficamente più ribassate.

Dal punto di vista **idrogeologico** la sequenza geolitologica descritta comprende Formazioni permeabili per porosità e Formazioni permeabili per fessurazione.

La permeabilità per porosità, anche se con grado variabile localmente in relazione all'assortimento granulometrico ed al grado di diagenesi del sedimento, è tipica degli ammassi arenitici o calcarenitici.

Per ciò che concerne il grado di permeabilità dei depositi di età calabriana, costituiti da sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, sabbie argillose e argille grigio-azzurrine, banchi arenacei e calcarenitici ben cementati, esso può ritenersi variabile e si aggira intorno a valori compresi tra  $10^{-7}$  m/s e  $10^{-5}$  m/s.

Difficilmente quantificabile è invece la permeabilità dei calcari e calcari dolomitici non affioranti, a causa dell'elevata eterogeneità del mezzo acquifero.

Essa dipende dalla distribuzione e percentuale delle litoclasti che non di rado raggiungono il 15% a cui bisogna aggiungere la porosità intrinseca della roccia.

Tuttavia, lo stato di fratturazione e di carsificazione, la presenza, quasi ovunque ed al passaggio ai sottostanti calcari dolomitici cretaci, di un banco di terra rossa ("*bolo*") che gioca un ruolo determinante nel modificare la permeabilità del basamento carbonatico, occludendone in parte le fessure, la bassa cadente piezometrica, le trascurabili depressioni del livello della falda determinate da emungimenti anche cospicui, fanno ritenere elevata la permeabilità della Formazione.

La penisola Salentina è caratterizzata da una circolazione idrica sotterranea piuttosto complessa in quanto non riconducibile ad un solo acquifero, ma viceversa ad un maggior numero di livelli idrici di cui il principale, sia in rapporto alle dimensioni, che all'importanza soprattutto dal punto di vista antropico, è quello noto con il termine di falda "profonda" o falda "di base".

In sostanza si possono distinguere dei livelli idrici cosiddetti "superiori", contenuti nei depositi della copertura post-cretacea miocenica e plio-pleistocenica e la falda "profonda" localizzata in corrispondenza della formazione carbonatica del Cretaceo.

Nella Fig. 1 (Stralcio della Tav. 6.3.2 del P.T.A.) viene presentata una elaborazione del modello di distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi permeabili per fessurazione del comparto. Tale rappresentazione, ricavata attraverso l'analisi di varie ricostruzioni rivenienti da studi a carattere locale e raffrontata con i dati disponibili più aggiornati, ancorché non coevi, pur fornendo una indicazione a scala regionale delle direzioni preferenziali del deflusso idrico sotterraneo, non può

ritenersi rappresentativa delle situazioni locali. Da tale carta si evince che mediamente il livello freatico locale si attesta sui 35-40 m s.l.m.

La circolazione si esplica principalmente a pelo libero e subordinatamente in pressione, con una discreta uniformità delle sue caratteristiche idrogeologiche. La circolazione in pressione è dovuta al ribassamento del substrato carbonatico, per cause tettoniche, fin sotto al livello mare ed alla copertura di tale substrato da sedimenti impermeabili.

Caratteristica generale dell'acquifero salentino è anche la capacità di immagazzinamento elevata rispetto a rocce simili esistenti in altre zone della Puglia. Le acque della falda profonda circolano generalmente a pelo libero, pochi metri al di sopra del livello marino (di norma, al massimo  $2,5 \div 3,0$  m s.l.m. nelle zone più interne) e con bassissime cadenti piezometriche ( $0,1 \div 2,5$  per mille).

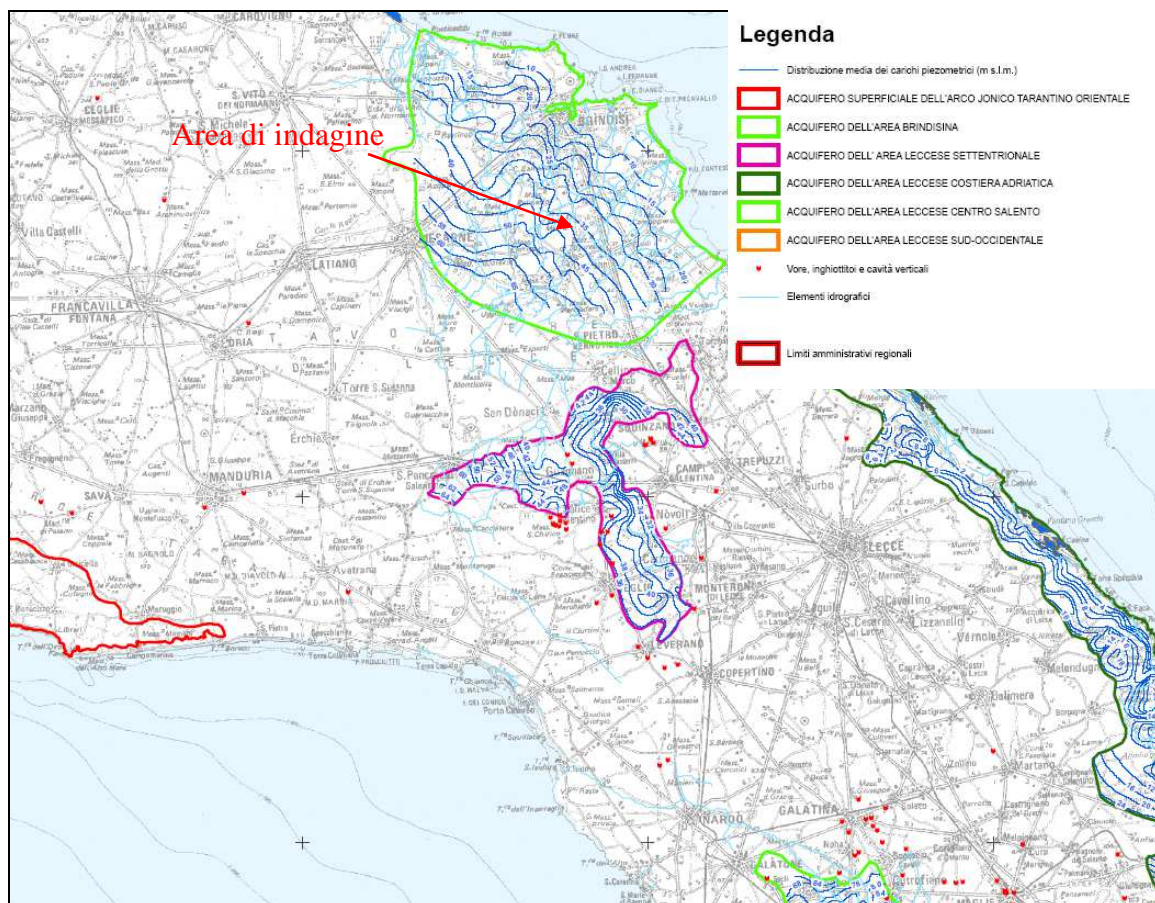


Fig. 1: Stralcio della carta del distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi porosi del brindisino, leccese e tarantino



La falda, circolante a pelo libero o leggermente in pressione, è un acquifero sostenuto dalle acque salate di invasione continentale, che ha come livello superiore una superficie disposta poco al di sopra dell'orizzonte marino.

L'alimentazione idrica della falda si compie per infiltrazione diffusa delle precipitazioni ricadenti sugli affioramenti permeabili, ovvero concentrata laddove le acque sono drenate nel sottosuolo ad opera di apparati carsici.

### **3.1 Verifiche con il Piano di Tutela delle Acque**

La Regione Puglia, con Delibera n° 230 del 20/10/2009, ha adottato il Piano di Tutela delle Acque ai sensi dell'articolo 121 del Decreto legislativo n. 152/2006, strumento finalizzato al raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici e, più in generale, alla protezione dell'intero sistema idrico superficiale e sotterraneo.

Con tale Piano vengono adottate alcune misure di salvaguardia distinte 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 (area di rispetto del canale principale dell'Acquedotto pugliese).

Si tratta di prescrizioni a carattere immediatamente vincolanti per le Amministrazioni, per gli Enti Pubblici, nonché per i soggetti privati.

Con riferimento alle cartografie allegate al Piano, l'area di indagine ricade in "aree interessate da contaminazione salina".

Inoltre il perseguimento dell'obiettivo di Tutela quali-quantitativa dei corpi idrici, ha portato all'individuazione di particolari perimetrazioni a Protezione Speciale Idrogeologica, il cui obiettivo è quello di ridurre, mitigare e regolamentare le attività antropiche che si svolgono o che si potranno svolgere in tali aree.

Sulla base di tali prescrizioni, è possibile affermare che l'area di indagine non ricade in alcuna Area a Protezione Speciale Idrogeologica.

#### **4. CONDIZIONI DI COMPATIBILITÀ IDRO-GEOMORFOLOGICA DEL SITO INTERESSATO**

La Regione Puglia, nella veste dell'Autorità di Bacino che ha redatto il P.A.I. (Piano di bacino stralcio per l'Assetto Idrogeologico), ha provveduto alla perimetrazione delle aree a pericolosità/rischio idraulico e geomorfologico. Il P.A.I., ai sensi dell'articolo 17 comma 6 *ter* della Legge 18 maggio 1989, n. 183, 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 ed alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

L'area di indagine, ubicata in agro di Brindisi, non rientra in alcuna fascia di pertinenza fluviale, né in alcuna classe a pericolosità/rischio idraulico e geomorfologico, come si evince dalla carta del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico allegata al presente studio, non essendovi fenomeni di allagamento di particolare rilievo neppure nei periodi di massima registrazione delle precipitazioni, né fenomeni legati a movimenti franosi.

Nelle aree che non rientrano nelle perimetrazioni del P.A.I. sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica/geomorfologica in relazione alla natura dell'intervento, poc'anzi citata ed al contesto territoriale.

Pertanto l'intervento proposto risulta del tutto compatibile con le prescrizioni previste dalle N.T.A. del P.A.I. (Piano di bacino stralcio per l'Assetto Idrogeologico).

#### **5. CAMPAGNA D'INDAGINI GEOGNOSTICHE PRESE IN RIFERIMENTO**

##### ***5.1 Sondaggio geognostico***

Le caratteristiche litologiche e stratigrafiche della zona interessata dal presente progetto, sono state ricavate da un sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 15,0 metri da p.c. eseguito in agro di Tutturano dallo scrivente sulle stesse litologie interessate dal progetto in esame.

Le litologie riscontrate nella perforazione effettuata rispecchiano fedelmente quelle riscontrate nello studio della Carta Geologica, riconducibili alla "Formazione di Gallipoli" e, dall'alto verso il basso, possono essere descritte nel modo seguente:

- alternanza di limo sabbioso e sabbia limosa di colore bianco-giallastro con presenza di clasti calcarei derivanti da disgregazione di un substrato calcareo, fino a una profondità di circa 5,5 m da p.c.;
- sabbie da fini a finissime di colore beige alternate a livelli arenitici e presenza di calcari di tipo "panchina", fino a fondo foro.

## **5.2    *Prospezioni geofisiche***

Oltre al sondaggio geognostico, è stata presa in riferimento una campagna di prospezioni geofisiche realizzata nella stessa area del sondaggio, con gli obiettivi di determinare i principali parametri elasto-meccanici delle rocce costituenti il piano di sedime dell'opera in progetto e caratterizzare il suolo di fondazione ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 e alla Circolare esplicativa del 21 gennaio 2019 n° 7 C.S.LL.PP.

Le indagini geofisiche sono state articolate nelle modalità seguenti di esecuzione:

- n. 1 profilo sismico a rifrazione con acquisizione di tipo MASW per la determinazione della Vs30.

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da **24** geofoni, lungo **69** m con spaziatura pari a **3 m** (partendo da 0 m). Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit.

Nell'esecuzione della prova MASW è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico.

### **5.2.1 *Sismica a rifrazione***

L'onda P (onda di compressione) è stata generata percuotendo verticalmente un piattello metallico, appoggiato parallelamente al piano campagna, in cinque punti differenti dello stendimento sismico, di cui due esterni e tre intermedi.

Questo metodo permette di ricostruire con più precisione il diagramma delle velocità complementari e di ricavare l'andamento medio dei rifrattori consentendo di definire un modello sismostratigrafico del sottosuolo. L'onda S (onda di taglio) è stata generata percuotendo la "faccia", disposta verticalmente rispetto al piano campagna, di un parallelepipedo in ferro, assicurato al terreno tramite alette metalliche solidali con il parallelepipedo ed infisse nel terreno. In questo caso sono stati effettuati due scoppi coniugati esterni allo stendimento sismico.

Il metodo della sismica a rifrazione mediante profili a scoppi coniugati (e cioè con energizzazioni del terreno in andata e ritorno relativamente alla lunghezza del profilo stesso) e l'utilizzo di software dedicato per l'interpretazione dei dati ottenuti, ha permesso di determinare la geometria degli orizzonti (sismostrati) a differente comportamento elasto-meccanico per una profondità di circa 20 metri.

Per una corretta comprensione dei risultati della indagine sismica è opportuno ricordare che un sismostrato non corrisponde necessariamente ad uno strato litologicamente omogeneo.

### **5.2.2 MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*)**

Per la determinazione della struttura di velocità delle onde S (informazione essenziale per lo studio degli effetti sismici locali) è stato utilizzato il metodo MASW, che permette di ottenere tale informazione attraverso misure delle onde superficiali generate attraverso energizzazioni di vario tipo (ad es. massa battente parallelamente all'array) in un punto del terreno di fondazione.

La tecnica consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 5 e 80 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità) in funzione della rigidità del suolo e della lunghezza dello stendimento.

### **5.2.3 Interpretazione dei dati**

Quanto emerso dalle indagini indirette eseguiti, opportunamente correlato con i dati di campagna e letteratura sul sito, nonché le conoscenze acquisite dallo scrivente in seguito a precedenti lavori in aree contermini, ha permesso di ricostruire con buon dettaglio la stratigrafia del sottosuolo. Gli orizzonti sismici individuati sono da mettere in relazione sia ai differenti gradi di fratturazione e fessurazione del litotipo roccioso, sia a locali difformità legate alla estensione del sito.

E' stato possibile individuare prevalentemente tre orizzonti:

**SISMOSTRATO 1: da 0,0 a circa 7 m dal p.c.**

*riferibile a terreno vegetale e sabbie argillose poco consistenti;*

**SISMOSTRATO 2: da 7 m a 14 m dal p.c.**

*riferibile a sabbie argillose da mediamente a molto addensate;*

**SISMOSTRATO 3: da 14 m a 20 m dal p.c.**

*riferibile a marne argillose molto addensate o calcari/calcareniti.*

## 6. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Secondo il D.M. del 17 gennaio 2018, per la definizione delle azioni sismiche di progetto secondo l'approccio semplificato riconducibile alle cinque categorie di sottosuolo, si fa riferimento alla cosiddetta **V<sub>s,eq</sub>** valutato dalla seguente espressione:

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

dove:

h<sub>i</sub> = spessore dell'i-esimo strato

V<sub>s,i</sub> = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

N = numero di strati

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

Il valore della **V<sub>s,eq</sub>** è stato determinato in base delle indagini indirette succitate prese in riferimento. Tale indagine ha fornito un valore sperimentale di **750 m/s** tale da poter attribuire il suolo su cui ricadrà l'opera in progetto alla **CATEGORIA "B"**, che, in base alla nuova definizione fornita dal D.M. del 14 gennaio 2008, rientra nella classificazione di "Rocce tenere o depositi di terreni a grana grossa fortemente addensati o a grana fina fortemente consistenti", caratterizzati da valori di V<sub>S30</sub> compreso tra 360 m/s e 800 m/s.

### 6.1 Stima della pericolosità sismica del sito

La pericolosità sismica di un sito, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche; essa deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le **NTC** e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle **NTC**, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (*reticolo di riferimento*) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un *intervallo di riferimento* compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;

Per le categorie di sottosuolo di fondazione (**categoria B** per il sito in esame) definite dal D.M. 17/01/2018 al comma 3. 2. 2, i coefficienti **S<sub>s</sub>** e **C<sub>c</sub>** possono essere calcolati in funzione dei valori di **F<sub>0</sub>** e **T<sub>c</sub>**, relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tabella 3.2.V, nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Inoltre, poiché l'area in esame presenta pendenze nulle, si attribuisce ad essa la Categoria topografica T1 e pertanto il coefficiente da considerare vale 1,0.

Di seguito vengono inseriti i dati utili allo studio della pericolosità sismica del sito:

Denominazione parametro sismico	Valore di input
<b>Vita nominale (anni)</b>	30
<b>Classe d'uso</b>	I
<b>Categoria di sottosuolo</b>	B
<b>Categoria topografica</b>	T1
<b>Coordinate geografiche</b>	Latitudine: 40.5564
	Longitudine: 17.9362

Per determinare, in via del tutto teorica e approssimativa, i valori di  $F_0$ ,  $T^*_c$  e  $A_g$  utili alla definizione dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali, sempre secondo le Norme tecniche del D.M. 17/01/2018, le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$ , ricavato per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_n$  per il coefficiente d'uso  $C_u$ .

Nel caso in esame, come detto, si è fatto quindi riferimento ad una **Vita Nominale di 3 anni** e ad un coefficiente di **Classe d'uso I** che ha valore pari ad **0,7**.

Pertanto i valori delle forme spettrali da considerarsi sono i seguenti:

Tabella 3: Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*_c$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati ai vari **SL**

Stato Limite	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_c^*$ [s]
Operatività (SLO)	30	0.014	2.328	0.153
Danno (SLD)	35	0.015	2.319	0.167
Salvaguardia vita (SLV)	332	0.041	2.472	0.418
Prevenzione collasso (SLC)	682	0.051	2.545	0.485

## 7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Come è stato ampiamente descritto nell'inquadramento geologico generale, i litotipi affioranti nella carta geologica allegata alla presente sono rappresentati dalle diverse litologie proprie della Formazione di Gallipoli. Di seguito sono riportate le principali caratteristiche fisico-meccaniche di tale Formazione provenienti dalle indagini sismiche e dalle prove SPT eseguite nel foro di sondaggio:

### Limo sabbioso

- Peso dell'unità di volume ( $\gamma$ ) 1.6 ÷ 2.1 g/cm<sup>3</sup>
- Velocità onde sismiche longitudinali ( $V_p$  medio) 600 m/s
- Coeff. di Poisson 0.40
- Modulo di rigidità (G) 1115 ÷ 1435 Kg/cm<sup>2</sup>
- Modulo di incompressibilità (K) 5360 ÷ 6700 Kg/cm<sup>2</sup>

- Modulo di Young (E)	230 Kg/cm <sup>2</sup>
- Modulo Edometrico (E <sub>ed</sub> )	105 Kg/cm <sup>2</sup>
- Coesione non drenata (Cu)	1.55 Kg/cm <sup>2</sup>

Sabbie fini addensate con intercalazioni arenitiche

- Peso dell'unità di volume	$\gamma = 2.0 \div 2.2 \text{ g/cm}^3$
- Velocità onde sismiche longitudinali:	$V_p = 600 \div 1.200 \text{ m/s}$
- Coeff. di Poisson	0.28

Si ribadisce che tali dati derivano comunque da indagini di tipo puntuale e che di contro, le formazioni litologiche interessate, sono caratterizzate da una variabilità di comportamento fisico-meccanico da punto a punto.

Pertanto, in fase esecutiva, nelle operazioni di scavo per le fondazioni dovrà essere verificata la corrispondenza descrittiva e geotecnica di tutta la porzione di terreno coinvolta dall'opera di progetto, differendo, in caso contrario, la tipologia o la profondità delle fondazioni preventivate.

## 8. CONCLUSIONI

Il programma di studi e le indagini eseguite in sito, hanno consentito di caratterizzare sotto il profilo geologico, stratigrafico-strutturale e geotecnico il sottosuolo, nonché i terreni di fondazione, interessati dall'opera di progetto, da realizzarsi in agro del comune di Brindisi.

Sulla base delle indagini geognostiche eseguite in sito e dal rilevamento geologico di superficie, unitamente alla consultazione della Carta Geologica ufficiale, è risultato che il terreno di sedime è costituito principalmente, oltre che dalla coltre di terreno vegetale, costituita da limi sabbiosi nella parte più alta (5 metri circa), che sovrastano sabbie beige-giallastre, a granulometria da fine a molto fine, a luoghi debolmente limose, con intercalazioni di livelli arenacei e biocalcarenitici ben cementati. In profondità tali litologie poggiano su marne argillose molto addensate.

Le caratteristiche fisico - meccaniche generali di tale Formazione risultano essere da discrete a buone.



Dal punto di vista idrogeologico, il livello di falda superficiale nel sito di progetto è ubicato mediamente in corrispondenza dell'altezza piezometrica di circa 35-40 metri sul livello del mare. La direzione preferenziale del deflusso sotterraneo risulta essere orientata da Nord verso Sud.

Dalle indagini sismiche realizzate prese in riferimento, si è riscontrato un valore sperimentale di **750 m/s** tale da poter attribuire il suolo su cui ricadrà l'opera in progetto alla **CATEGORIA "B"**, che, in base alla nuova definizione fornita dal D.M. del 17 gennaio 2018, rientra nella classificazione di "Rocce tenere o depositi di terreni a grana grossa fortemente addensati o a grana fina fortemente consistenti", caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compreso tra 360 m/s e 800 m/s.

Dalla consultazione della cartografia PAI redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia, sulle aree interessate dall'opera in progetto non vi sono segnalazioni di alcun tipo di Rischio Idrogeologico, né di Frana né di Inondazione.

L'insieme delle risultanze acquisite permettono di dare un giudizio positivo sulla stabilità dell'opera.

Pur tenendo in considerazione quanto scaturisce dal presente lavoro non si potrà prescindere, in fase esecutiva, dall'effettuare ulteriori sopralluoghi e controlli, per meglio contribuire alla scelta progettuale dell'opera da realizzare, che comunque spetta al Progettista nonché al Direttore dei Lavori che più compiutamente, sulla base delle caratteristiche tecniche-strutturali e dei carichi di esercizio dei fabbricati, potranno valutare l'opportunità di scelte specifiche più idonee a garantire un buon grado di sicurezza.

Non essendo stati riscontrati impedimenti riguardo eventuali amplificazioni sismiche dovute alla presenza di falde superficiali, di elementi tettonici attivi nelle immediate vicinanze del sito in esame, ed ancora l'assenza di fenomeni erosivi degni di rilievo e di problemi di instabilità quali frane e smottamenti, si esprime parere favorevole alla realizzazione dell'opera di progetto.

Palo del Colle, settembre 2019

**Il Geologo**

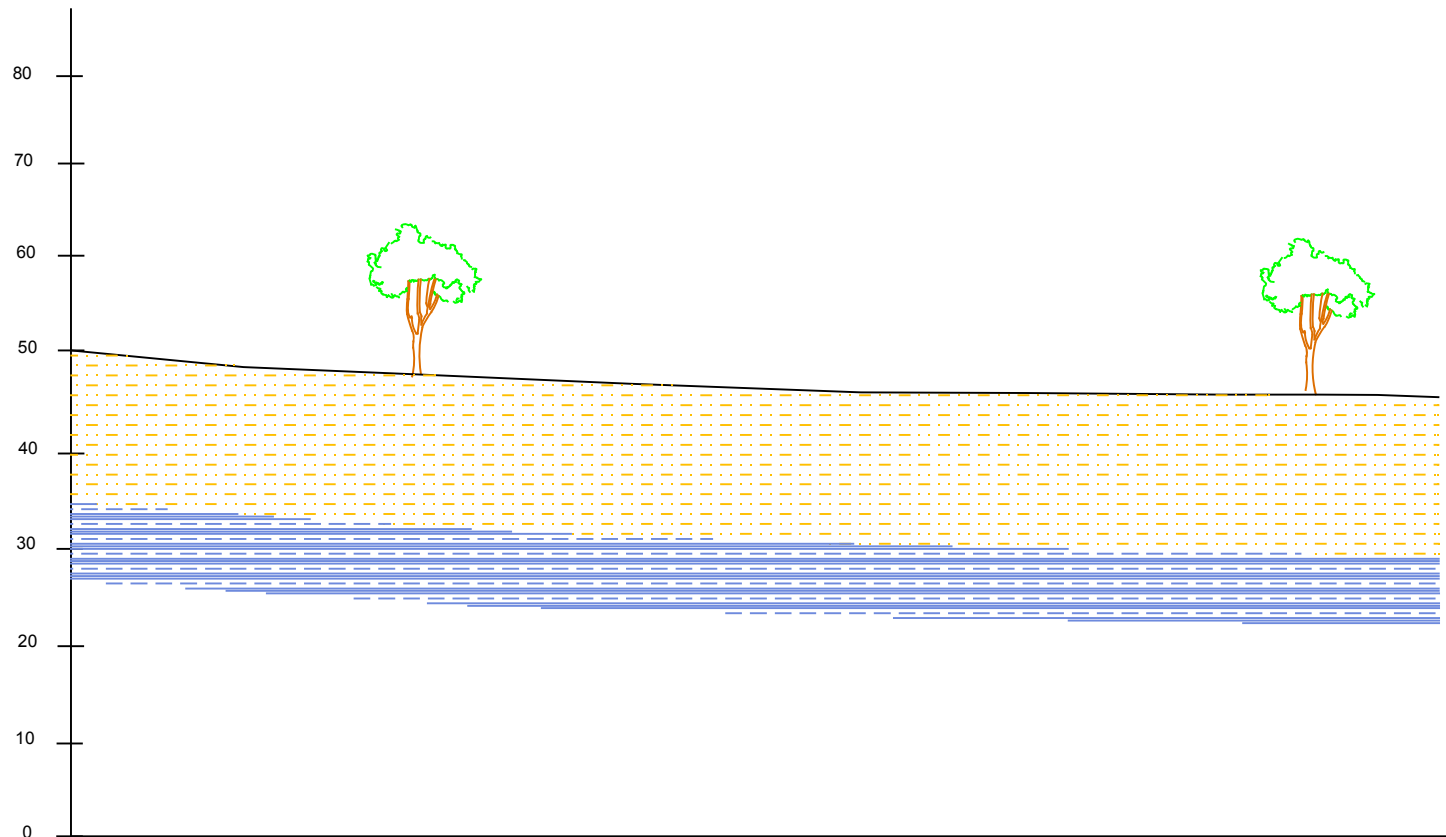
**Dott. Michele Valerio**




**ALLEGATI**

# MODELLAZIONE GEOLOGICA SCHEMATICA DEL SITO





Quota  
(m s.l.m.)



 Sabbie, sabbie limose  
e limi sabbiosi

 Marne argillose

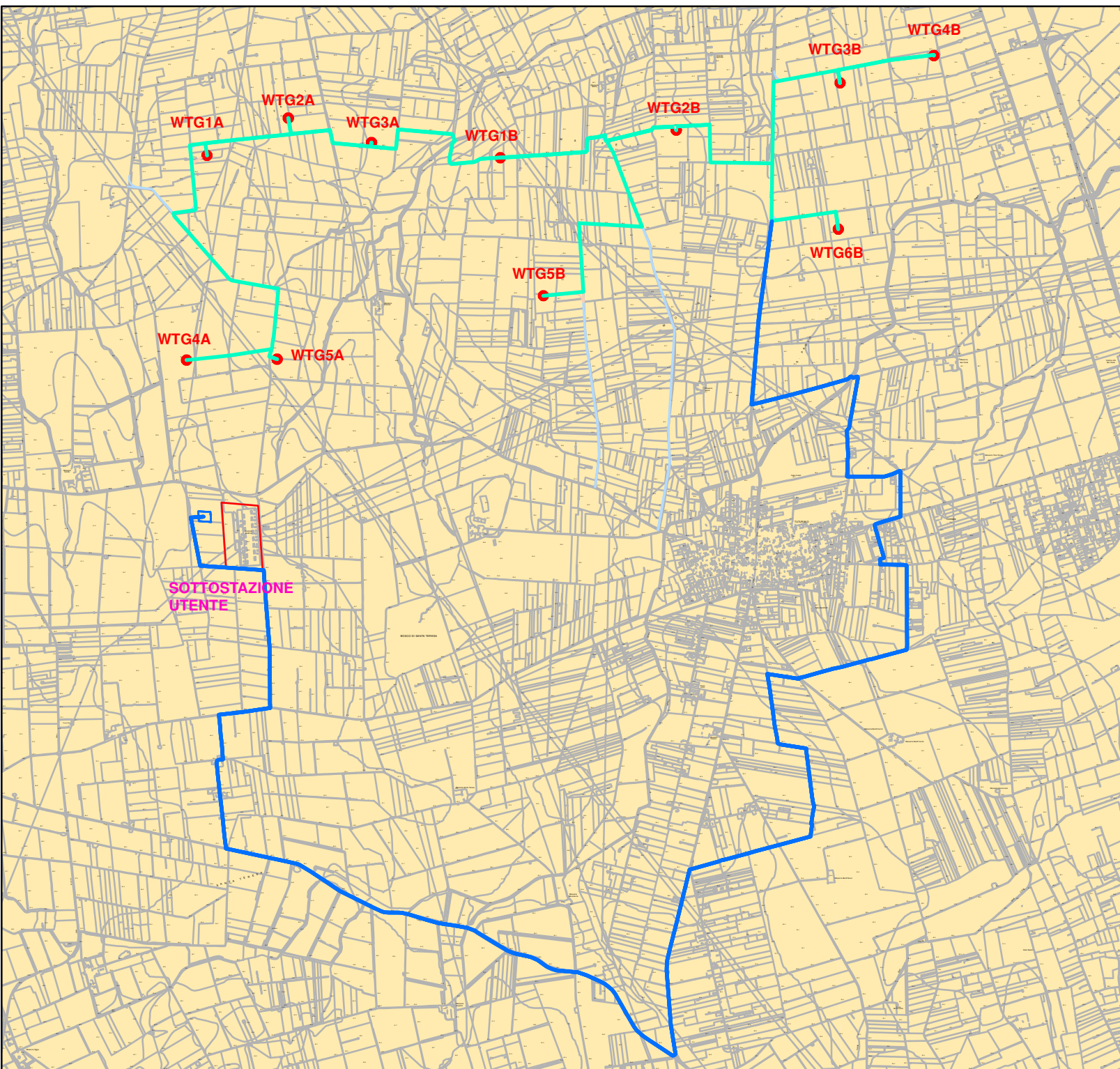
## Legenda

-  aerogeneratori
-  cavidotto esterno
-  cavidotto interno
-  Formazione di Gallipoli  
Sabbie argillose giallastre passanti inferiormente  
a marne argillose grigio-azzurrastre. Permeabili.






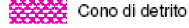
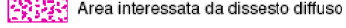
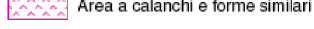

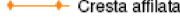




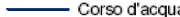



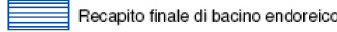

## Carta Geologica



scala 1:35.000



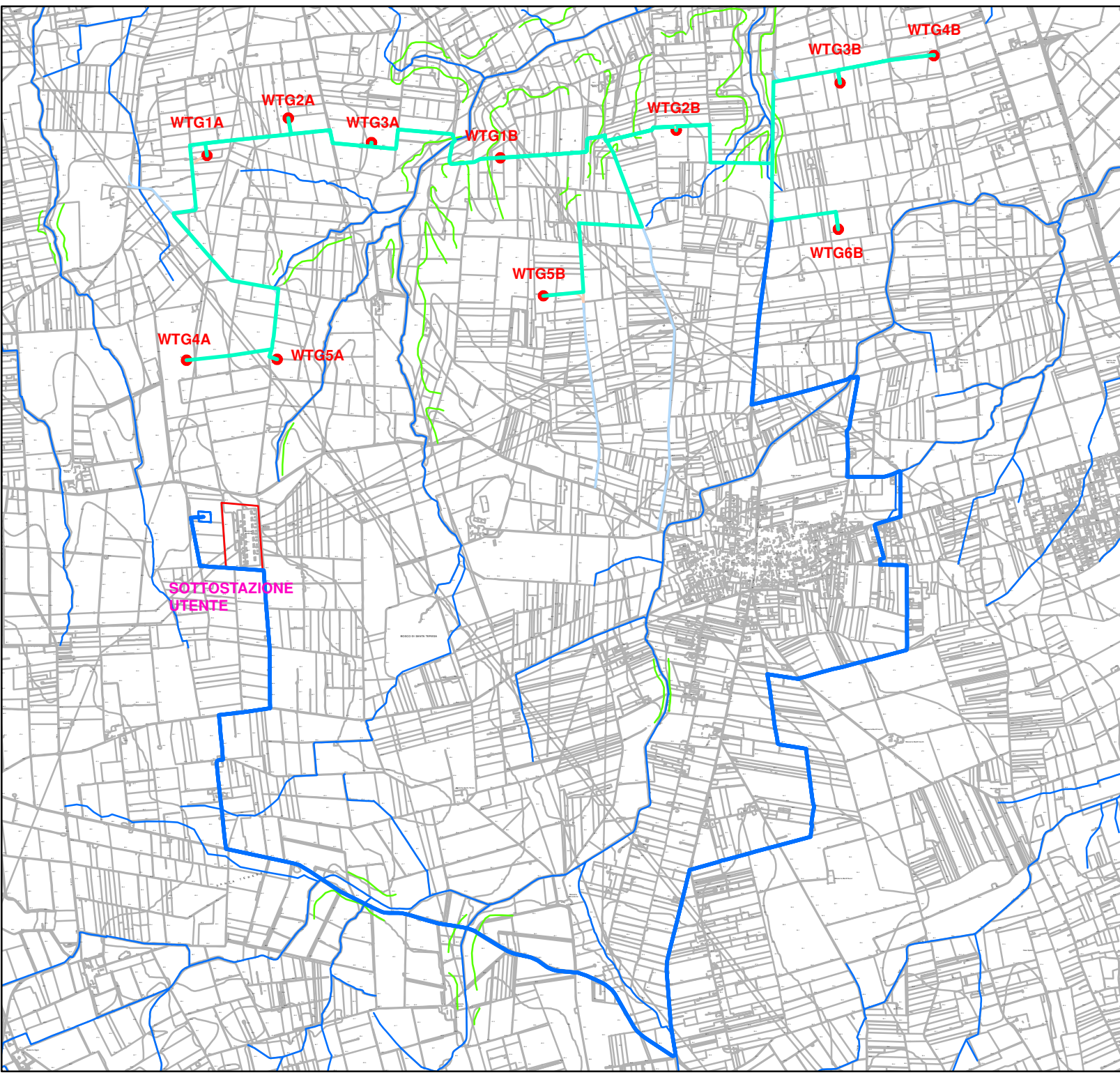
## Legenda

-  aerogeneratori
-  cavidotto esterno
-  cavidotto interno
- FORME DI VERSANTE**
  -  Nicchia di distacco
  -  Corpo di frana
  -  Cono di detrito
  -  Area interessata da dissesto diffuso
  -  Area a calanchi e forme similari
  -  Orlo di scarpata delimitante forme semispianate
  -  Cresta affilata
  -  Cresta smussata
  -  Asse di displuvio
- FORME DI MODELLAMENTO DI CORSO D'ACQUA**
  -  Ripa di erosione
  -  Ciglio di sponda
- FORME ED ELEMENTI LEGATI ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE**
  -  Corso d'acqua
  -  Corso d'acqua episodico
  -  Corso d'acqua obliterato
  -  Corso d'acqua tombato
  -  Recapito finale di bacino endoreico
  -  Sorgente




## Carta Idrogeomorfologica







scala 1:35.000






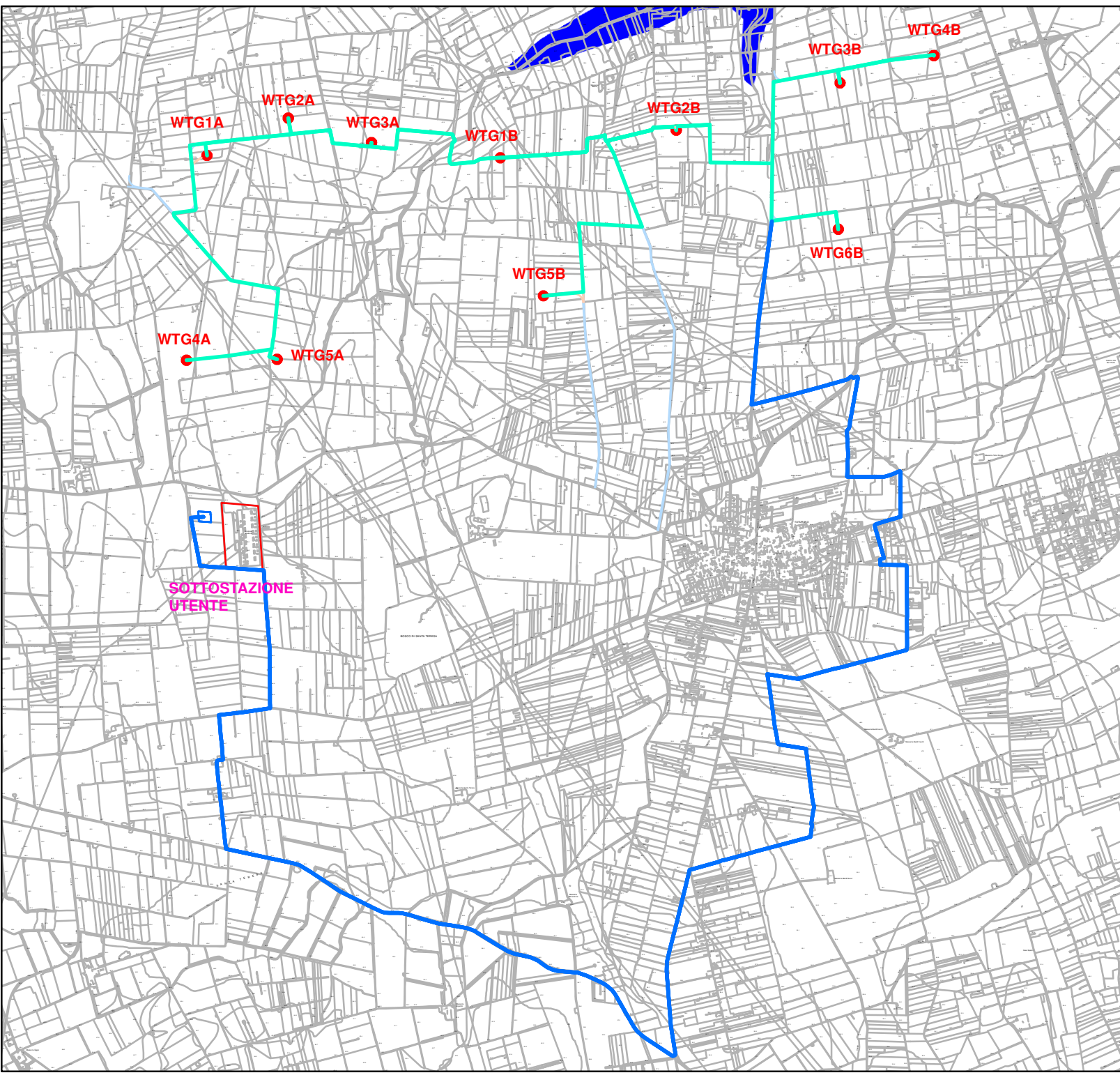
# Legenda

-  aerogeneratori
-  cavidotto esterno
-  cavidotto interno

- Aree a rischio
-  R4 Rischio molto elevato
  -  R3 Rischio elevato
  -  R2 Rischio medio

- Aree a Pericolosità Idraulica
-  AP Alta Probabilità di inondazione
  -  MP Moderata Probabilità di inondazione
  -  BP Bassa Probabilità di inondazione

- Aree a Pericolosità da frana
-  PG3 Pericolosità Geomorfologica molto elevata
  -  PG2 Pericolosità Geomorfologica elevata
  -  PG1 Pericolosità Geomorfologica media e moderata



## Carta del Piano per l'Assetto Idrogeologico



scala 1:35.000