

- biogas
- biometano
- eolico
- fotovoltaico
- efficienza energetica

Relazione geotecnica e sismica - Indagini geofisiche

Progetto definitivo

Impianto eolico in agro di Matera

Comune di Matera (MT)

Località "Annunziata"

N. REV.	DESCRIZIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO	IT/EOL/E-MATE/PDF/C/RS/23-a
a	Immissione	Raffaele Sassone	Raffaele Sassone	Asja Ambiente S.p.A.	20/08/2022 Via Ivrea, 70 (To) Italia T +39 011.9579211 F +39 011.9579241 info@asja.energy



Dott. Raffaele SASSONE
Via dei Mori, 22 -70023 Gioia del Colle BA
E-mail: r.sassone@yahoo.it
PEC: r.sassone@pec.epap.it
Ordine Regionale dei Geologi della Puglia
sezione A n. 664

INDICE

1. Premessa	pag. 1
2. Normativa di riferimento	pag. 1
3. Localizzazione progetto	pag. 2
3.1 Inquadramento topografico	pag. 2
3.2 Inquadramento geologico	pag. 2
3.3 Inquadramento idrogeologico	pag. 3
3.4 Strumenti di pianificazione	pag. 3
4. Indagini eseguite	pag. 4
5. Risultati indagini geofisiche	pag. 5
5.1 Acquisizioni sismiche a rifrazione e MASW	pag. 5
5.2 Indagine sismica a rifrazione	pag. 5
5.3 Indagine sismica M.A.S.W.	pag. 5
6. Modello geologico del sottosuolo	pag. 5
7. Sismicità dell'area	pag. 5
7.1 Categoria di sottosuolo	pag. 6
7.2 Categoria topografica	pag. 6
7.3 Pericolosità sismica del sito	pag. 6
7.4 Stabilità nei confronti della liquefazione	pag. 7
8. Modellazione geotecnica	pag. 8
9. Prescrizioni	pag. 10

Allegato 1: Indagini sismiche a rifrazione e MASW per la caratterizzazione del sottosuolo di fondazione per l'installazione di aerogeneratori

1. Premessa

Su incarico dello Studio STIM ENGINEERING s.r.l., in qualità di progettista dell'impianto eolico di proprietà di ASJA AMBIENTE ITALIA S.P.A., alla luce di specifiche indagini geognostiche condotte dallo scrivente, la presente relazione contiene gli esiti di tale campagna e il modello geotecnico necessario per il dimensionamento delle nuove opere in progetto (Figg.1.1, 1.2, 2.1, 2.2 e 2.3 e Tab.1).

Tabella 1 - Ubicazione dell'opera in progetto		
WTG 1	Riferimento IGM	Foglio 189 - Tav. III SO "Madonna di Picciano"
	Quota media s.l.m.	425 m
	Coordinate geografiche WGS84 UTM 33N	Long.: 16.498804 Lat.: 40.738124
WTG 2	Riferimento IGM	Foglio 189 - Tav. III SO "Madonna di Picciano"
	Quota media s.l.m.	424 m
	Coordinate geografiche WGS84 UTM 33N	Long.: 16.501038 Lat.: 40.729432
WTG 3	Riferimento IGM	Foglio 189 - Tav. III SO "Madonna di Picciano"
	Quota media s.l.m.	420 m
	Coordinate geografiche WGS84 UTM 33N	Long.: 16.508344 Lat.: 40.728456
WTG 4	Riferimento IGM	Foglio 189 - Tav. III SO "Madonna di Picciano"
	Quota media s.l.m.	423 m
	Coordinate geografiche WGS84 UTM 33N	Long.: 16.51715 Lat.: 40.731664
WTG 5	Riferimento IGM	Foglio 189 - Tav. III SO "Madonna di Picciano"
	Quota media s.l.m.	425 m
	Coordinate geografiche WGS84 UTM 33N	Long.: 16.523057 Lat.: 40.733301
WTG 6	Riferimento IGM	Foglio 189 - Tav. III SO "Madonna di Picciano"
	Quota media s.l.m.	412 m
	Coordinate geografiche WGS84 UTM 33N	Long.: 16.516566 Lat.: 40.741422
WTG 7	Riferimento IGM	Foglio 189 - Tav. III SO "Madonna di Picciano"
	Quota media s.l.m.	425 m
	Coordinate geografiche WGS84 UTM 33N	Long.: 16.495605 Lat.: 40.746415
WTG 8	Riferimento IGM	Foglio 189 - Tav. III NO "Altamura"
	Quota media s.l.m.	425 m
	Coordinate geografiche WGS84 UTM 33N	Long.: 16.500853 Lat.: 40.760653

I dati esposti in questo elaborato sono stati riscontrati direttamente sul cantiere e nelle aree circostanti.

2. Normativa di riferimento

- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1 (Regole generali).
- Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5 (Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici).
- 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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", G.U. 01.06.1988, n. 127. S.O.

- Circolare 09.01.1996 n. 218/24/3 del Ministero dei lavori pubblici "L. 02.02.1974, n. 64. Decreto del Ministro dei lavori pubblici 11.03.1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica", G.U. 29.02.1996, n. 50.
- D.G.R. Puglia n. 1214 del 31/05/2011.

3. Localizzazione progetto

3.1 Inquadramento topografico

Da un punto di vista topografico, l'area di interesse è situata nella parte settentrionale della Tavoletta III SO "Madonna di Picciano" del Foglio 189 e nella parte meridionale della Tavoletta III NO "Altamura" del Foglio 189 della Carta Topografica d'Italia.

L'impianto oggetto di intervento è posto ad una distanza di circa 7 Km a nord ovest dal centro abitato di Matera, ad una quota media di circa 420 m sul livello del mare a una distanza dalla costa di circa 35 Km. Presenta pendenze piuttosto omogenee e mediamente inferiore al 10%. In dettaglio:

- Pendenza versante WTG1: 11,90% (fig. 3.1)
- Pendenza versante WTG2: 10,60% (fig. 3.2)
- Pendenza versante WTG3: 1,15% (fig. 3.3)
- Pendenza versante WTG4: 4,60% (fig. 3.4)
- Pendenza versante WTG5: 4,30% (fig. 3.5)
- Pendenza versante WTG6: 4,20% (fig. 3.6)
- Pendenza versante WTG7: 6,95% (fig. 3.7)
- Pendenza versante WTG8: 0,60% (fig. 3.8)

3.2 Inquadramento geologico

L'area in studio ricade nel Foglio 189 "Altamura", scala 1:100000 (Fig. 4) della Carta Geologica d'Italia. La successione stratigrafica, riferita alle formazioni affioranti nell'area in studio, è la seguente:

- a²: depositi alluvionali attuali (Olocene);
- af: depositi alluvionali terrosi e ciottolosi sul fondo dei solchi erosivi (Pleistocene-Olocene);
- fl: depositi alluvionali terrazzati di ambiente fluvio lacustre siltosi sabbiosi (Pleistocene);
- l: depositi alluvionali terrazzati di ambiente fluvio lacustre sabbioso ciottolosi (Pleistocene);
- q¹_{cg}: conglomerato di Irsina (Pleistocene);
- q¹_s: sabbie dello staturo (Pleistocene);
- q¹_a: argille calcigne (Pleistocene);
- Q^c_s: sabbie di M. Marano (Pleistocene);
- Q^c_{cs}: calcareniti di M. Castiglione (Pleistocene);
- Q^c_a: argille di Gravina (Pleistocene);
- Q^c: tufo di Gravina (Pleistocene);
- Q^c_{ca}: tufi delle Murge (Pleistocene).

Su tutta l'area destinata all'impianto fotovoltaico prossima all'abitato di Matera affiorano delle unità argillose limose grigio-azzurrate più o meno sabbiose relative alla Formazione delle Argille calcigne (q^1_a , Villafranchiano) con sottili inclusioni delle sabbie dello staturo (q^1_s , Villafranchiano) dei conglomerati di Irsina (q^1_{cg} , Villafranchiano) (cfr. figura 4 - Carta Geologica d'Italia 189 "Altamura" e figure 5.1, ..., 5.8 - carta geologica di dettaglio scala 1:2000).

Nelle aree immediatamente limitrofe al luogo in studio non sono state osservate discontinuità correlabili a faglie attive.

3.3 Inquadramento idrogeologico

L'idrografia superficiale è rappresentata principalmente dal Can.le dei Vignoli che costeggia, ad est, l'intero parco eolico e secondariamente da una rete di piccoli tributari minori a carattere più stagionale. Il Can.le Vignoli, dirigendosi verso sud-ovest, convoglia le proprie acque nel Canale di Bonifica e, più a sud quest'ultimo si congiunge con il Torrente Gravina di Matera.

Nelle aree di progetto risultano assenti forme perenni di scorrimento superficiale, soprattutto nelle immediate vicinanze dei siti di intervento (Figg. 1.1, 1.2, 2.1, 2.2 e 2.3).

Tuttavia, dal rilevamento in campo e dal confronto dell'ortofoto con la carta dei reticoli idrografici della regione Basilicata (Fig. 6.1, ..., 6.2) è stata evidenziata la presenza di diversi piccoli impluvi incisi nei terreni argillosi a carattere prettamente stagionale, caratterizzati da alvei stretti e molto profondi. Questi intersecano il cavidotto nell'area perimetrata dal parco eolico in 3 punti in prossimità della WTG8.

3.4 Strumenti di pianificazione

3.4.1 Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico

L'area di interesse, attraverso l'analisi delle ultime perimetrazioni del PAI aggiornate al 2022 su cartografia ufficiale non ricade in nessuna delle quattro zone a rischio frana (R1, R2, R3 e R4), come definite dal PAI Basilicata (figg. 7.1 e 7.2).

Le aree succitate, attraverso l'analisi delle ultime perimetrazioni sulla cartografia ufficiale del PAI (Figg. 8.1 e 8.2) aggiornate al 2021, non ricadono nelle tre zone classificate come esondabili per tempi di ritorno di 500, 200 e 30 anni, come definite dal Piano d'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale sede Basilicata.

3.4.2 Vincoli imposti dal P.P.R. della Regione Basilicata (figg. 9.1 e 9.2)

La Legge regionale 11 agosto 1999, n. 23 Tutela, governo ed uso del territorio stabilisce all'art. 12 bis che "la Regione, ai fini dell'art. 145 del D. Lgs. n. 42/2004, redige il Piano Paesaggistico Regionale quale unico strumento di tutela, governo ed uso del territorio della Basilicata sulla base di quanto stabilito nell'Intesa sottoscritta da Regione, Ministero dei Beni e delle attività Culturali e del Turismo e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare". Il Piano Paesaggistico Regionale (PPR) è rivolto a tutti i soggetti, pubblici e privati, e, in particolare, agli enti competenti in materia di programmazione, pianificazione e gestione del territorio e del paesaggio. Il PPR persegue le finalità di tutela e valorizzazione, nonché di recupero e

riqualificazione dei paesaggi della Basilicata. Il PPR persegue, in particolare, la promozione e la realizzazione di uno sviluppo socioeconomico autosostenibile e durevole e di un uso consapevole del territorio regionale, anche attraverso la conservazione ed il recupero degli aspetti e dei caratteri peculiari dell'identità sociale, culturale e ambientale, la tutela della biodiversità, la realizzazione di nuovi valori paesaggistici integrati, coerenti e rispondenti a criteri di qualità e sostenibilità.

Quadro Conoscitivo

Componenti storiche e culturali	Presenza del vincolo nell'area in studio
Impianti eolici di grande generazione – in esercizio	NO
Impianti eolici di grande generazione – autorizzati	NO
Impianti idroelettrici – in esercizio ed in corso di autorizzazione	NO
Inventario dei fenomeni franosi	NO

Beni Culturali

Componenti storiche e culturali	Presenza del vincolo nell'area in studio
Monumentali	NO
Archeologici - Aree	NO
Archeologici - Tratturi	NO

Beni Paesaggistici

Componenti geomorfologiche	Presenza del vincolo nell'area in studio
Montagne eccedenti i 1200 m s.l.m.	NO
Territori Costieri	NO
Vulcani	NO
Geositi	NO

Componenti idrologiche	Presenza del vincolo nell'area in studio
Fiumi, torrenti e corsi d'acqua	NO
Laghi ed invasi artificiali	NO
Ghiacciai	NO

Componenti botanico-vegetazionali	Presenza del vincolo nell'area in studio
Zone umide	NO
Foreste e boschi	SI
Parchi e riserve	NO
Alberi monumentali	NO

Componenti culturali e insediative	Presenza del vincolo nell'area in studio
Zone di interesse archeologico	NO
Zone gravate da usi civici	NO
Immobili ed aree di notevole interesse pubblico	NO

4, Indagini eseguite

Nell'ambito della progettazione definitiva per la realizzazione dell'impianto eolico in oggetto, è stata eseguita una specifica campagna di indagini, svolta dallo scrivente al fine di individuare la natura, le proprietà (fisiche, meccaniche e idrauliche) e la disposizione stratigrafica dei terreni costituenti il sottosuolo. Nello specifico sono state svolte le seguenti attività:

- n. 8 indagini sismiche con la tecnica sia della rifrazione che della MASW (cfr. relazione geologica).

5. Risultati indagini geofisiche

5.1 Acquisizioni sismiche a rifrazione e MASW

Le indagini in loco sono consistite nelle seguenti acquisizioni:

- realizzazione di n. 8 rilievi sismici a rifrazione in onda P (sigle: S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 e S8, Figg. 10.1, ..., 10.8) con interpretazione tomografica dei dati di velocità delle onde P;
- esecuzione di n. 8 prospezioni sismiche con metodo M.A.S.W. (Multi-channel Analysis of Surface Waves) sulla stessa traccia dei rilievi sismici a rifrazione (S1, ..., S8), al fine di ottenere i profili verticali delle onde S (Vs) nella posizione baricentrica degli allineamenti.

5.2 Indagine sismica a rifrazione

Con le n. 8 sismiche a rifrazione è stato possibile individuare i rifrattori presenti nei terreni esaminati, individuando i tempi dei primi arrivi delle onde P prodotte da una massa battente di 8 kg su di una piastra in lega d'alluminio. L'elaborazione tomografica dei segnali rifratti ha permesso di investigare il terreno fino a circa 8-9 m dal p.c.

5.3 Indagine sismica M.A.S.W.

Attraverso l'indagine MASW è stato possibile ricostruire la colonna di velocità di taglio (onde S) e determinare il parametro V_{seq} secondo la normativa vigente, ovvero, è stato calcolato il parametro V_{s30} quando il bedrock (substrato rigido con Vs maggiori o uguali a 800 m/s) è risultato più profondo rispetto ai 30 m dal p.c. delle indagini.

Per maggiori dettagli sui risultati delle indagini eseguite, si rimanda alla relazione geologica o al report allegato alla presente relazione.

6. Modello geologico del sottosuolo (fig. 11)

Sulla base delle informazioni e dei risultati ottenuti dalle indagini effettuate, e in accordo con quanto nella Relazione Geologica, è possibile definire il seguente modello geologico dell'area d'interesse:

Modello geologico di riferimento per il parco eolico		
Profondità (dal p.c.)		Litologia
da -0,00 m	a -0,50 m	terreno vegetale
da -0,50 m	a -2,00 m	argille debolmente alterate, addensate e compatte
da -2,00 m	a -5,00 m	argille poco alterate, molto compatte e ben addensate
da -5,00 m	in poi	argille molto compatte e ben addensate

7. Sismicità dell'area

In questo paragrafo viene riassunta l'analisi della sismicità dell'area oggetto di intervento, condotta secondo le direttive delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17-01-2018.

7.1 Categoria di sottosuolo

In accordo alla Normativa italiana di riferimento, la classificazione del sottosuolo viene eseguita in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori, ottenuti mediante specifiche prove, della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_{seq} .

Le indagini M.A.S.W. hanno consentito la stima dei valori delle velocità medie delle onde sismiche di taglio e, da queste, il calcolo della V_{seq} risultante.

Stendimento sismico	V_{seq}	Categoria di sottosuolo
WTG1	290 m/s	C
WTG2	310 m/s	C
WTG3	275 m/s	C
WTG4	290 m/s	C
WTG5	310 m/s	C
WTG6	270 m/s	C
WTG7	285 m/s	C
WTG8	310 m/s	C

Sulla base della V_{seq} calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alle Categorie:

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

7.2 Categoria topografica

L'area interessata può essere ritenuta stabile e geomorfologicamente idonea alle opere in progetto, e vista la conformazione morfologica, praticamente sub orizzontale, come da paragrafo 3.2.2 "Condizioni topografiche" del D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media uguale o inferiore a 15°), si attribuisce la Categoria Topografica T1.

7.3 Pericolosità sismica del sito

Per il progetto del nuovo impianto eolico in oggetto, sono stati assunti i parametri sismici relativi al Comune di Matera. Pertanto per le opere in progetto si è assunto:

- Classe dell'edificio: Presenza occasionale di persone, edifici agricoli...;
- una vita nominale $VN = 50$ anni;
- una classe d'uso I (coefficiente d'uso $CU = 0,7$);
- categoria topografica T1;
- categoria di sottosuolo di tipo C.

Ne derivano i seguenti valori dei parametri sismici per i diversi stati limite:

Stato Limite	T_r [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.037	2.492	0.276
Danno (SLD)	35	0.040	2.492	0.287
Salvaguardia vita (SLV)	332	0.103	2.535	0.382
Prevenzione collasso (SLC)	682	0.131	2.579	0.405

7.4 Stabilità nei confronti della liquefazione

I parametri caratterizzanti l'azione sismica da assumere per l'applicazione dei metodi "semplificati" all'analisi di liquefazione sono l'accelerazione massima e la magnitudo attese al sito in un dato periodo di riferimento V_R , con una data probabilità di superamento P_{VR} .

Il periodo di riferimento V_R e la probabilità di superamento P_{VR} sono legati al tipo di struttura e alla condizione di stato limite da verificare.

Di seguito si elencano i dati attinenti alla struttura forniti dal progettista:

- Classe Edificio: I – Presenza occasionale di persone [...];
- V_N (vita nominale): 50 anni (Tabella 2.4.I delle NTC-18);
- C_U (Coefficiente d'uso corrispondente): 0,7;
- V_R (Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \cdot C_U$): 35 anni (NTC-18 §2.4.3);
- Stato Limite considerato: SLD.

Stato limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

- P_{VR} , (probabilità di superamento dell'evento sismico, $f V_R$): 10% (Tabella 3.2.I delle NTC-18);

Fissati quindi V_R e P_{VR} è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica, T_R espresso in anni, mediante la relazione (NTC-18 §3.2.1):

$$T_R = - V_R / \ln (1 - P_{VR})$$

Stato limite		Valori in anni del periodo di ritorno T_R al variare del periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	$T_R = 0,60 \times V_R$
	SLD	$T_R = V_R$
Stati limite ultimi	SLV	$T_R = 9,50 \times V_R$
	SLC	$T_R = 19,50 \times V_R$

Nel caso in oggetto, $T_R = 35$ anni.

In relazione alle verifiche di stabilità del sito (NTC18) lo stato limite di riferimento è SLD, pertanto ai fini della suscettibilità alla liquefazione sono condotte solo verifiche nei confronti di quest'ultimo stato limite e di conseguenza si ricavano i valori dei parametri necessari per la definizione dell'azione sismica contenuti nelle NTC18:

- l'accelerazione orizzontale massima su terreno rigido orizzontale a_g , espressa in g;
- il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, F_0 , adimensionale;
- il valore del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale, TC^* , espresso in secondi.
- $A_g = 0,040$
- $F_0 = 2,493$
- $TC^* = 0,287$
- $A_{max} [m/s^2] = 0,588$

L'accelerazione massima al suolo a_{gmax} ($A_{max}/9.81 \text{ m/s}^2$ - amplificazione sismica in superficie) è pari a 0.059. Pertanto, in accordo con le condizioni specificate dalla norma vigente [NTC18 – 7.11.3.4.2], essendo $a_{gmax} < 0.1$, la verifica a liquefazione dei terreni di fondazione può essere omessa:

nel DECRETO 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»” al capitolo 7.11.3.4.2 “Esclusione della verifica a liquefazione” è riportato:

“... La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;*
- 2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;*
- 3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;*
- 4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5...$ ”.*

8. Modellazione geotecnica

La verifica a carico limite delle fondazioni superficiali o profonde richiede la definizione del modello geotecnico di sottosuolo partendo dal modello geologico

Le indagini geologiche e le indagini geotecniche sono concettualmente diverse tra loro sia perché interessano aree e volumi diversi sia perché hanno finalità diverse. Le indagini geologiche interessano aree e volumi di sottosuolo più ampi e sono finalizzate alla definizione del modello geologico.

Le indagini geotecniche interessano generalmente aree e volumi più ridotti (i volumi significativi) e sono finalizzate alla definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo specifici per la singola opera.

I risultati delle indagini geologiche e i contenuti della relazione geologica consentono al progettista strutturale di creare il modello geologico del sottosuolo, ovvero un modello in cui vengono individuati i diversi strati di terreno e le loro caratteristiche fisiche e meccaniche.

Ai fini della verifica per carico limite della fondazione sarà necessario definire il modello geotecnico del sottosuolo, ovvero un semispazio costituito da una successione di strati omogenei orizzontali le cui caratteristiche meccaniche siano rappresentative degli strati di sottosuolo ricadenti nel volume significativo del terreno di fondazione.

In sostanza il progettista strutturale per definire il modello geotecnico dovrà definire una successione di strati omogenei caratterizzati da:

- angolo di resistenza al taglio ϕ' (anche definito come angolo d'attrito);
- coesione c' ;
- coesione non drenata c_u (nel caso di terreni a grana fine, in presenza di falda e in condizioni non drenate);

- peso dell'unità di volume (γ);
- peso dell'unità di volume del terreno saturo (γ_{sat}).

Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da permettere al progettista strutturale di definire il piano delle indagini geotecniche e deve definire i seguenti caratteri dell'area in esame:

- litologici;
- stratigrafici;
- strutturali;
- idrogeologici;
- geomorfologici.

La caratterizzazione e modellazione geologica del sito deve essere esposta nella relazione geologica. Tale documento costituisce parte integrante del progetto.

Per modello geotecnico di sottosuolo si intende uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno al di sotto della fondazione, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico. Nel modello geotecnico di sottosuolo devono essere definiti:

- la successione stratigrafica;
- il regime delle pressioni interstiziali;
- i valori caratteristici dei parametri geotecnici, intesi come una stima cautelativa dei singoli parametri, per ogni stato limite considerato.

La Normativa Tecnica definisce il volume significativo nel modo seguente:

Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso (par. 6.2.2 – NTC2018).

In sostanza il volume significativo è quella porzione di terreno che si estende fino ad una profondità tale per cui gli incrementi di tensione, dovuti all'applicazione dei carichi in superficie, diventano trascurabili ovvero dell'ordine del 10% del carico applicato.

In via semplificata la profondità del volume significativo può essere definita in funzione della dimensione dell'opera di fondazione.

Le indagini geotecniche devono riguardare il volume significativo di terreno. La Circolare 2019 elenca nella tabella C6.2.1 i mezzi di indagine e le prove geotecniche in sito di uso più frequente.

Come prescritto dalle NTC2018, la definizione delle indagini geotecniche e del modello geotecnico spetta al progettista strutturale: *Della definizione del piano delle indagini geotecniche, della caratterizzazione e della modellazione geotecnica è responsabile il progettista (par. 6.2.2 – NTC2018).*

Tale concetto viene ribadito anche nella Circolare 2019:

E' compito e responsabilità del progettista definire il piano delle indagini geotecniche e, sulla base dei risultati ottenuti, individuare i modelli geotecnici di sottosuolo più appropriati alla tipologia di opera e/o intervento, tenendo conto delle tecnologie e delle modalità costruttive previste [...]

Definito il quadro geologico di riferimento, le indagini geotecniche, logicamente consequenziali, sono programmate dal progettista sulla base della conoscenza dell'opera e dei suoi possibili stati limite (par. C6 – Circolare 2019).

In questa fase progettuale (progetto definitivo) si cercherà di ricostruire un modello geotecnico del sottosuolo con l'ausilio dei soli dati ottenuti dalla campagna geologica.

Una dettagliata e completa campagna di indagini geotecniche saranno eseguite in una fase successiva in accordo con quanto prescritto dal progettista delle strutture.

Con i dati attualmente acquisiti: indagine geofisica, dati ricavati dai sopralluoghi e cartografia geologica ufficiale, è possibile ricostruire un modello geologico costituito da quattro litologie sovrapposte:

- terreno vegetale;
- argille debolmente alterate, addensate e compatte
- argille poco alterate, molto compatte e ben addensate
- argille molto compatte e ben addensate.

Per l'analisi dell'interazione tra le nuove opere in progetto e il terreno e per il dimensionamento e la verifica delle stesse, si è definito un modello geotecnico di riferimento:

- Unità A: terreno eterogeneo;
- Unità B: argille debolmente alterate, addensate e compatte;
- Unità C: argille poco alterate, molto compatte e ben addensate;
- Unità D: argille molto compatte e ben addensate.

La falda è risultata assente.

L'interpretazione dei dati dell'indagine ha portato alla compilazione della tabella seguente nella quale si riportano i parametri elasto-dinamici del sottosuolo, mentre, i parametri geologico-tecnici fondamentali ricavati dalla bibliografia o estrapolati da relazioni empiriche sono riportati nella successiva tabella 3.

Descrizione	Mod. di Poisson	Mod. di Bulk [MPa]	Mod. di Young [MPa]	Mod. di shear [MPa]	Peso unità di volume [m]	Angolo di attrito (°)	Coesione (KPa)
Unità A	0,46	200	40	15	1500	20	---
Unità B	0,44	450	200	70	1600	37	15
Unità C	0,45	900	300	100	1650	29	30
Unità D	0,45	2000	550 1	90	1700	32	40

9. Prescrizioni

Su tutta l'area destinata all'impianto eolico prossima all'abitato di Matera affiorano delle unità argilloso limose grigio-azzurrastrare più o meno sabbiose relative alla Formazione delle Argille calcigne (q^1_a , Villafranchiano) con sottili inclusioni delle sabbie dello staturo (q^1_s , Villafranchiano) dei conglomerati di Irsina (q^1_{cg} , Villafranchiano).

Nelle aree immediatamente limitrofe al luogo in studio non sono state osservate discontinuità correlabili a faglie attive.

L'idrografia superficiale è rappresentata principalmente dal Can.le dei Vignoli che costeggia, ad est, l'intero parco eolico e secondariamente da una rete di piccoli tributari minori a carattere più stagionale.

Nelle aree di progetto risultano assenti forme perenni di scorrimento superficiale, soprattutto nelle immediate vicinanze dei siti di intervento.

Sulla base della V_{Seq} calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alle Categorie:

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

L'area interessata può essere ritenuta stabile e geomorfologicamente idonea alle opere in progetto, e vista la conformazione morfologica, praticamente sub orizzontale, come da paragrafo 3.2.2 "Condizioni topografiche" del D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media uguale o inferiore a 15°), si attribuisce la Categoria Topografica T1.

L'osservazione della cartografia "P.A.I." redatta dall'Autorità di Bacino della Basilicata mostra che:

Descrizione	Livello	Vincolo
Pericolosità Geomorfologica	R1	NO
	R2	NO
	R3	NO
	R4	NO
Pericolosità Idraulica	Alluvioni Tr 500 anni	NO
	Alluvioni Tr 200 anni	NO
	Alluvioni Tr 30 anni	NO

Pertanto non è richiesto lo studio di compatibilità geologica e geotecnica.

In accordo con le condizioni specificate dalla norma vigente [NTC18 – 7.11.3.4.2], essendo $a_{gmax} < 0.1$, la verifica a liquefazione dei terreni di fondazione può essere omessa.

Per l'analisi dell'interazione tra le nuove opere in progetto e il terreno e per il dimensionamento e la verifica delle stesse, si è definito un modello geotecnico di riferimento:

- Unità A: terreno eterogeneo;
- Unità B: argille debolmente alterate, addensate e compatte;
- Unità C: argille poco alterate, molto compatte e ben addensate;
- Unità D: argille molto compatte e ben addensate.

La falda è risultata assente.

Gioia del Colle, agosto 2022

il Geologo

Dott. Raffaele SASSONE



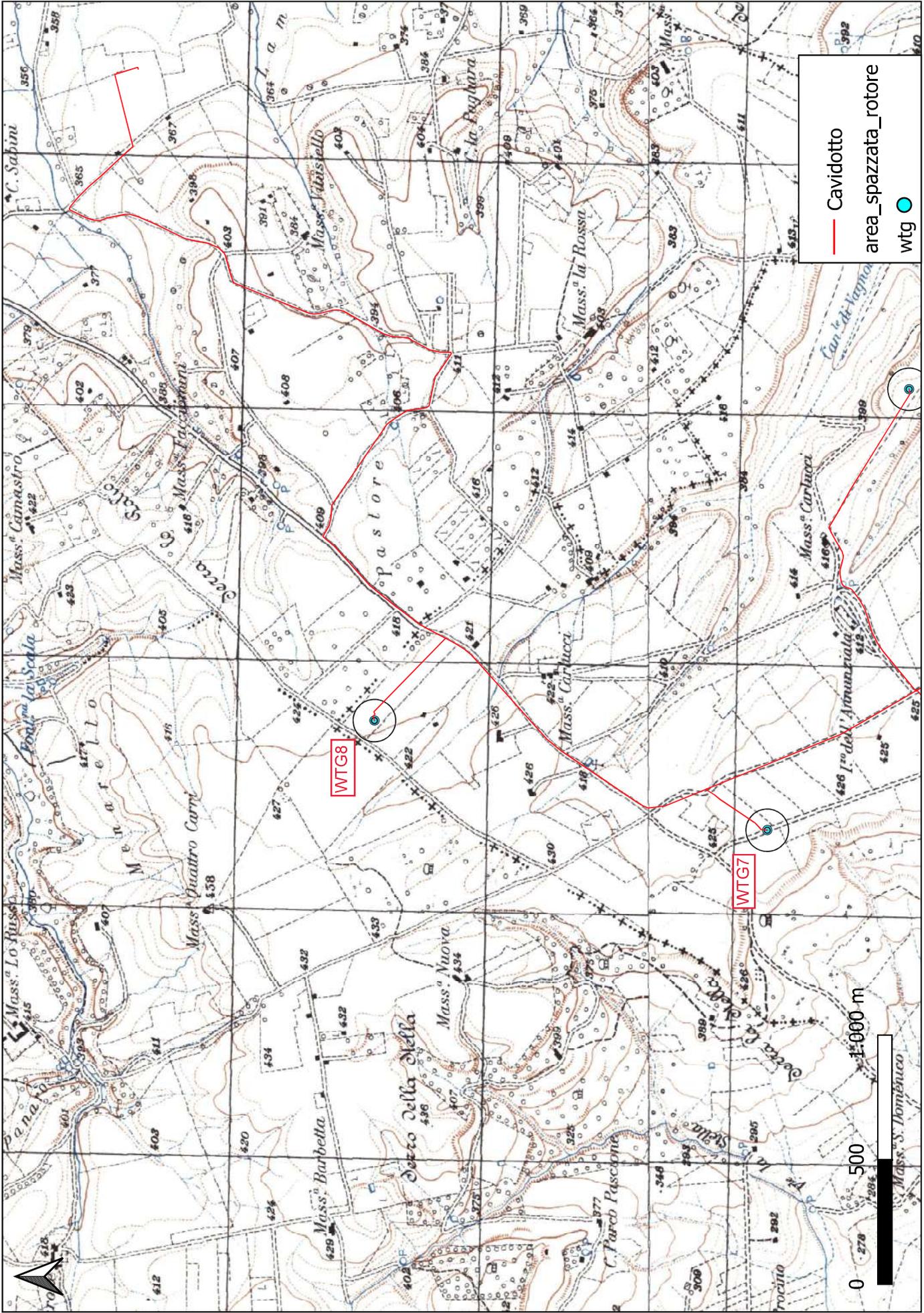


Figura 1.1: ubicazione aerogeneratori e cavidotto su base cartografica IGM scala 1:25000

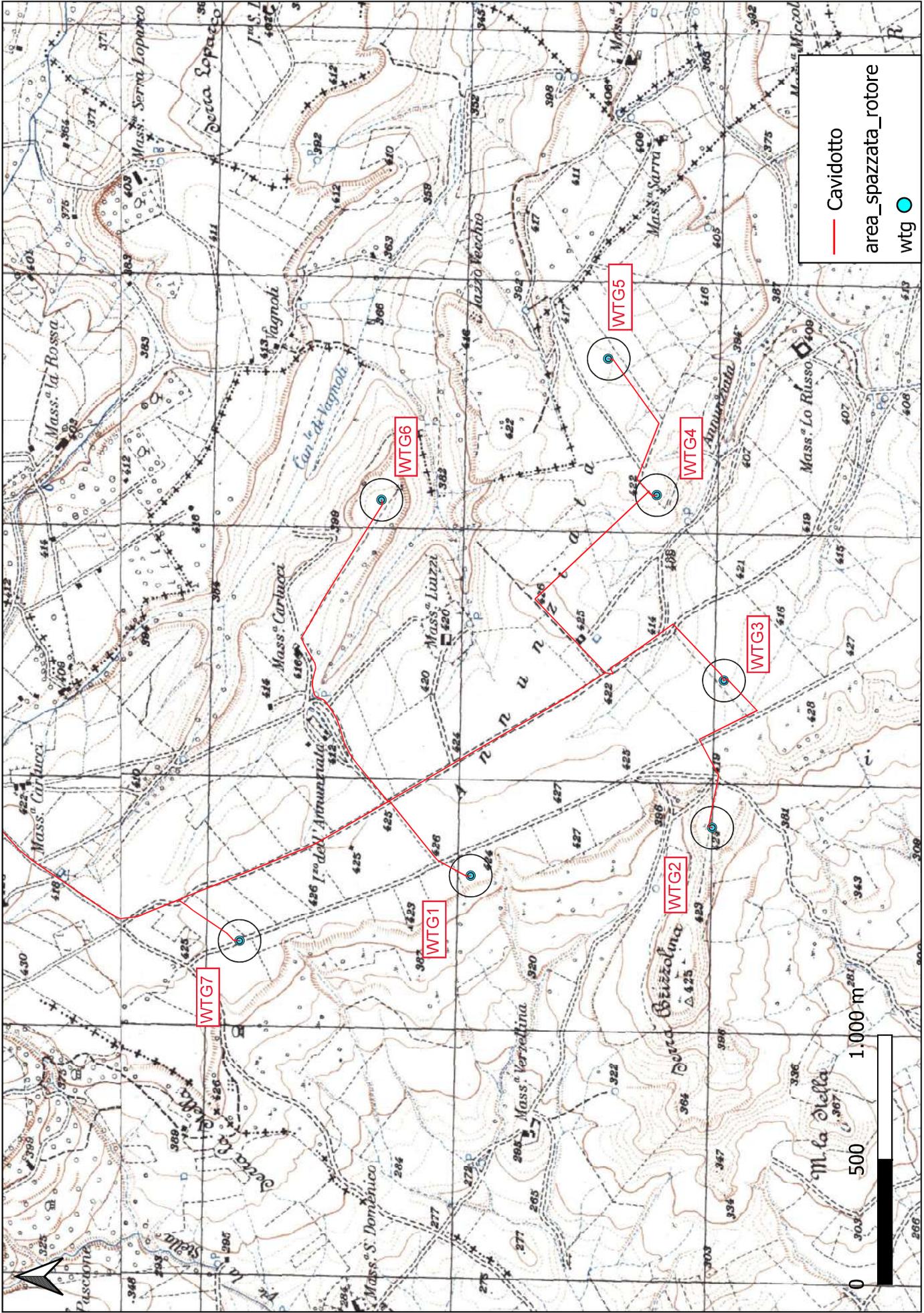


Figura 1.2: ubicazione aerogeneratori e cavidotto su base cartografica IGM scala 1:25000

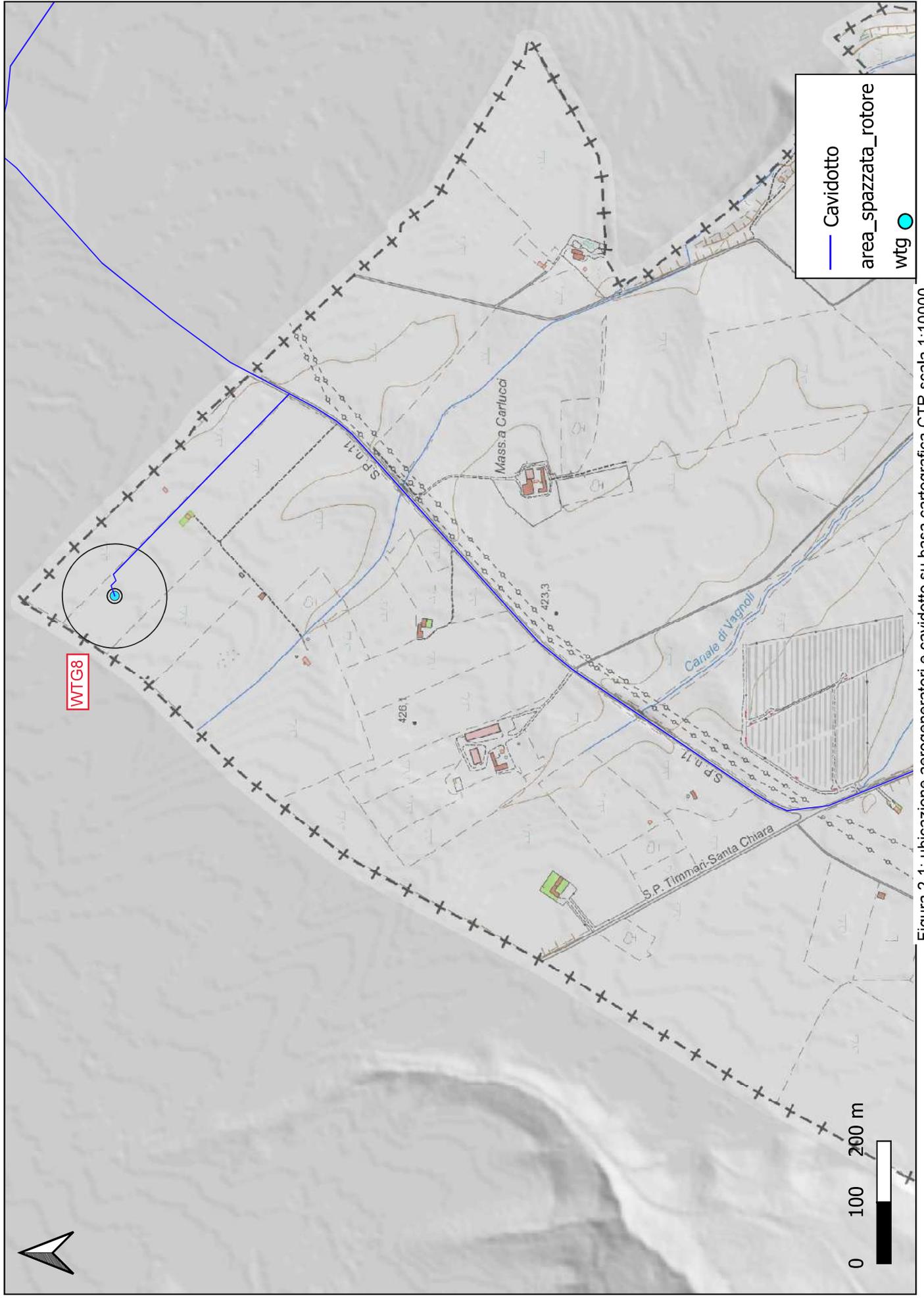


Figura 2.1: ubicazione aerogeneratori e cavidotto su base cartografica CTR scala 1:10000

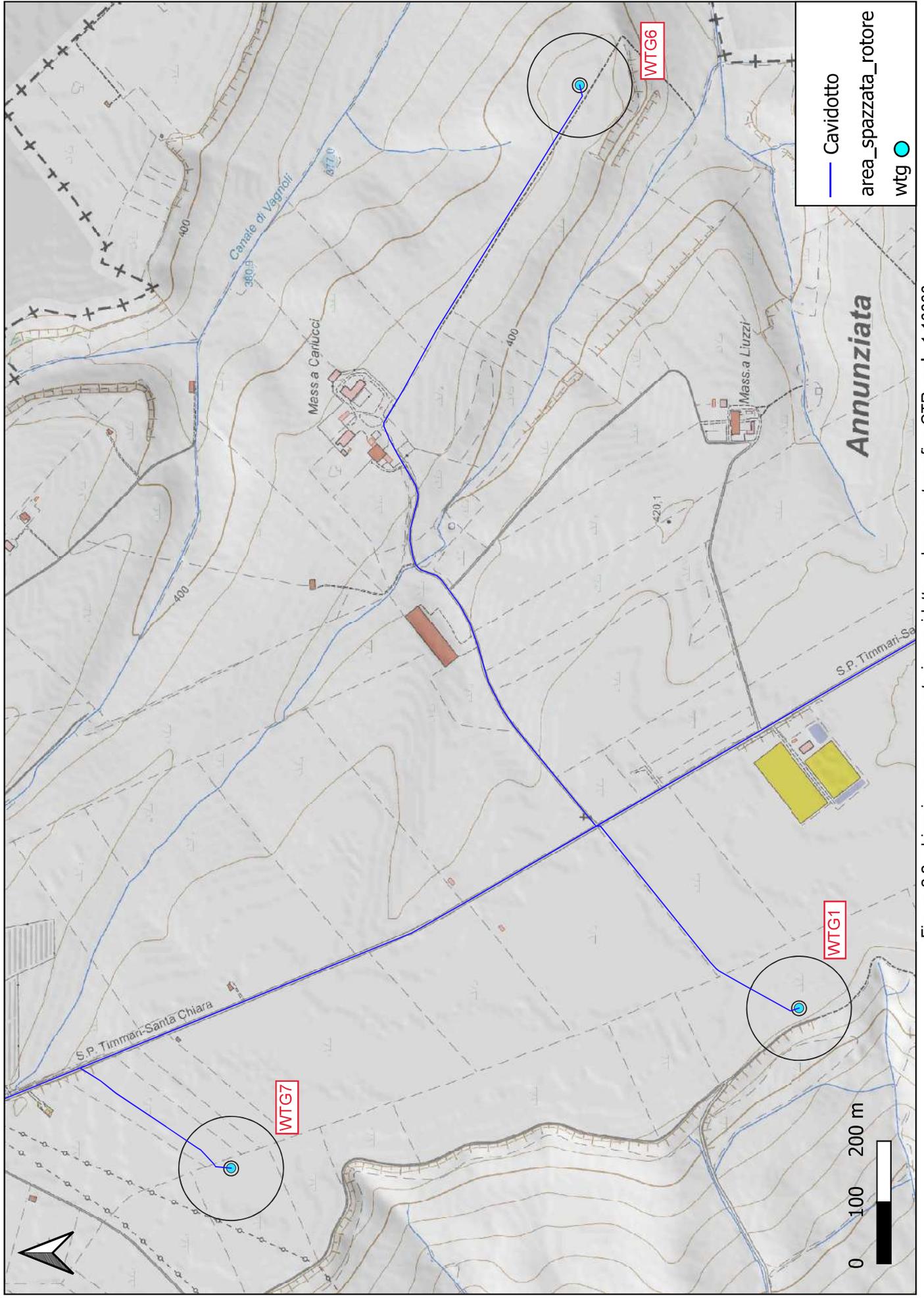


Figura 2.2: ubicazione aerogeneratori e cavidotto su base cartografica CTR scala 1:10000

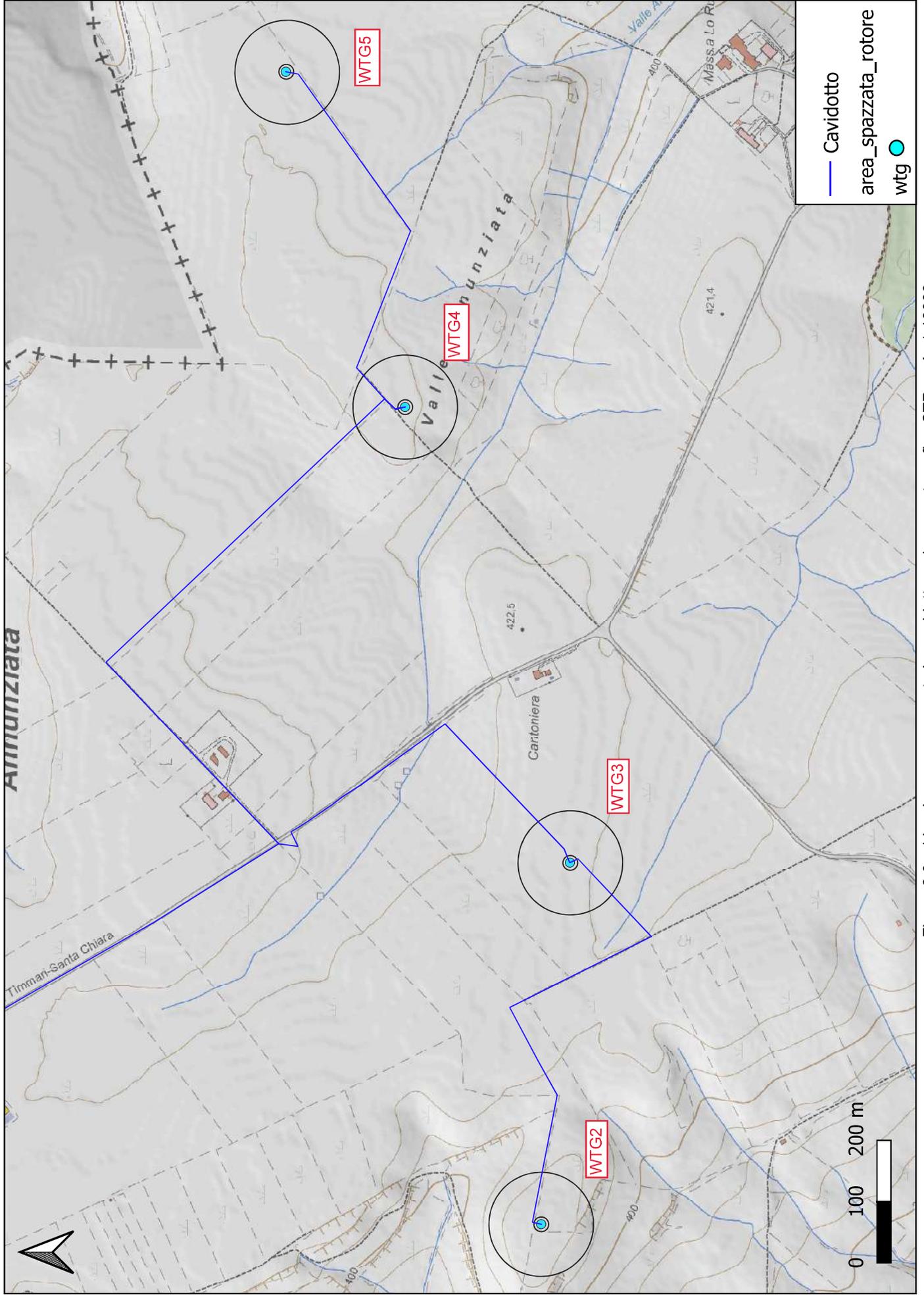


Figura 2.3: ubicazione aerogeneratori e cavidotto su base cartografica CTR scala 1:10000

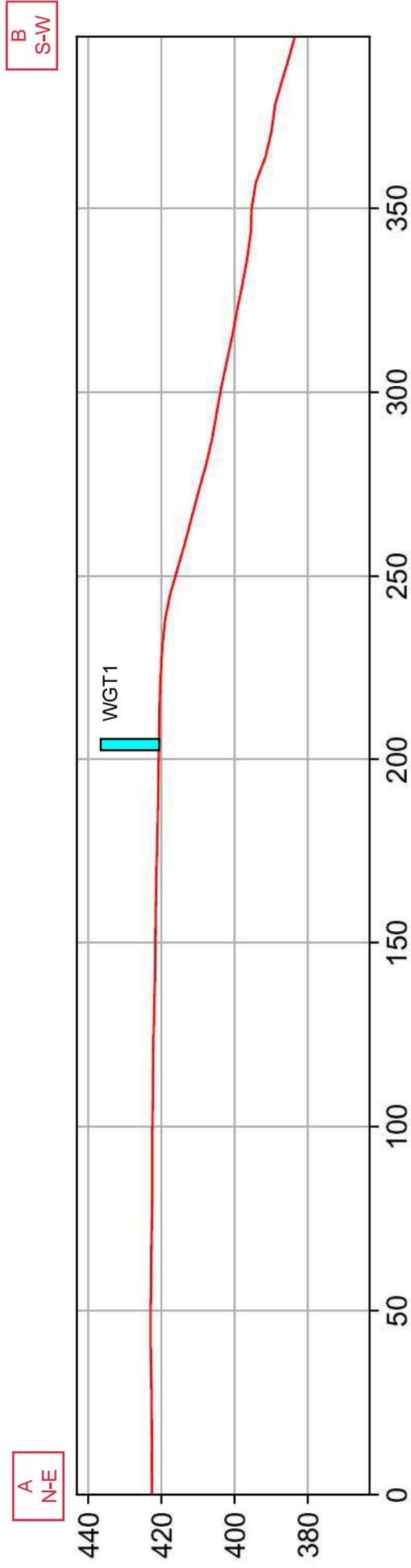
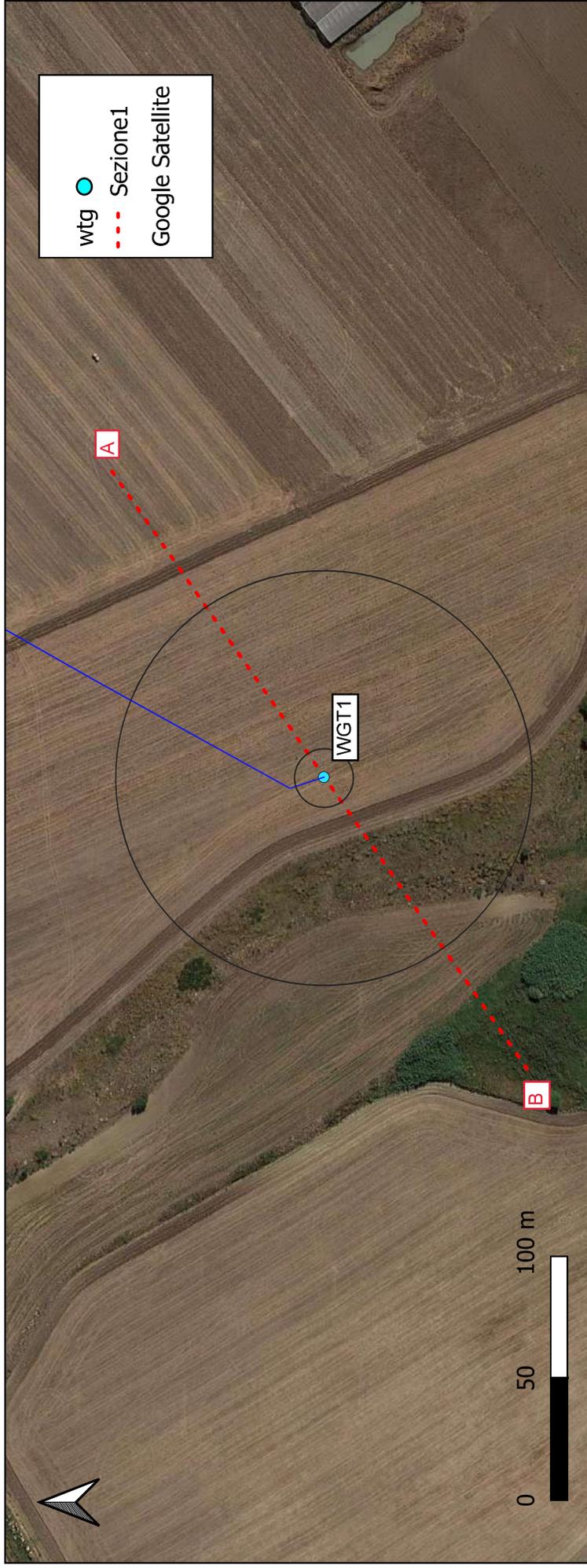


Figura 3.1: ubicazione traccia "A-B" su stralcio ortofoto scala 1:3000 e profilo topografico con ubicazione dell'aerogeneratore WTG1

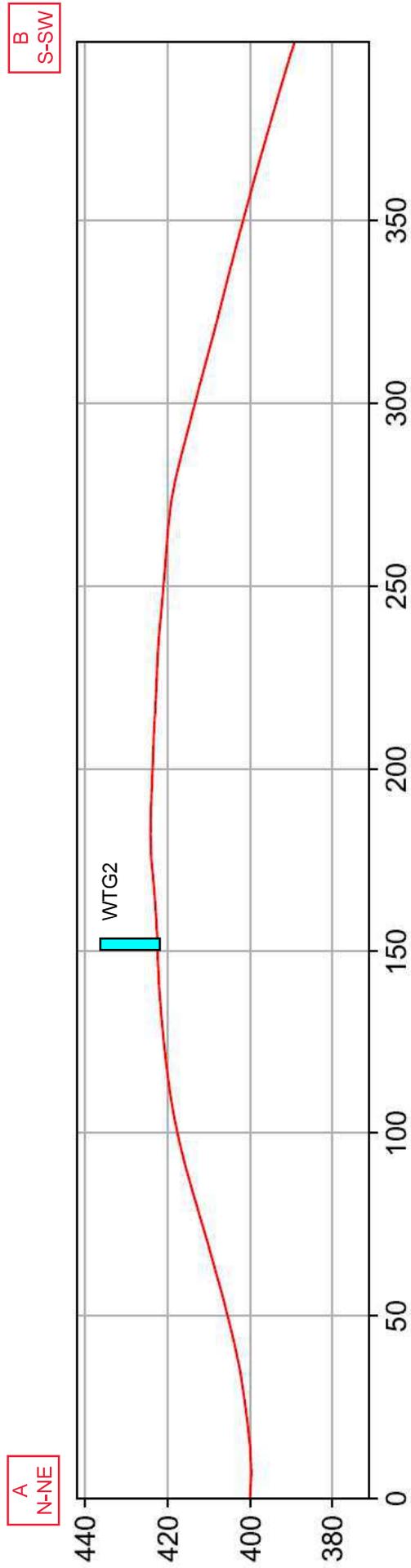
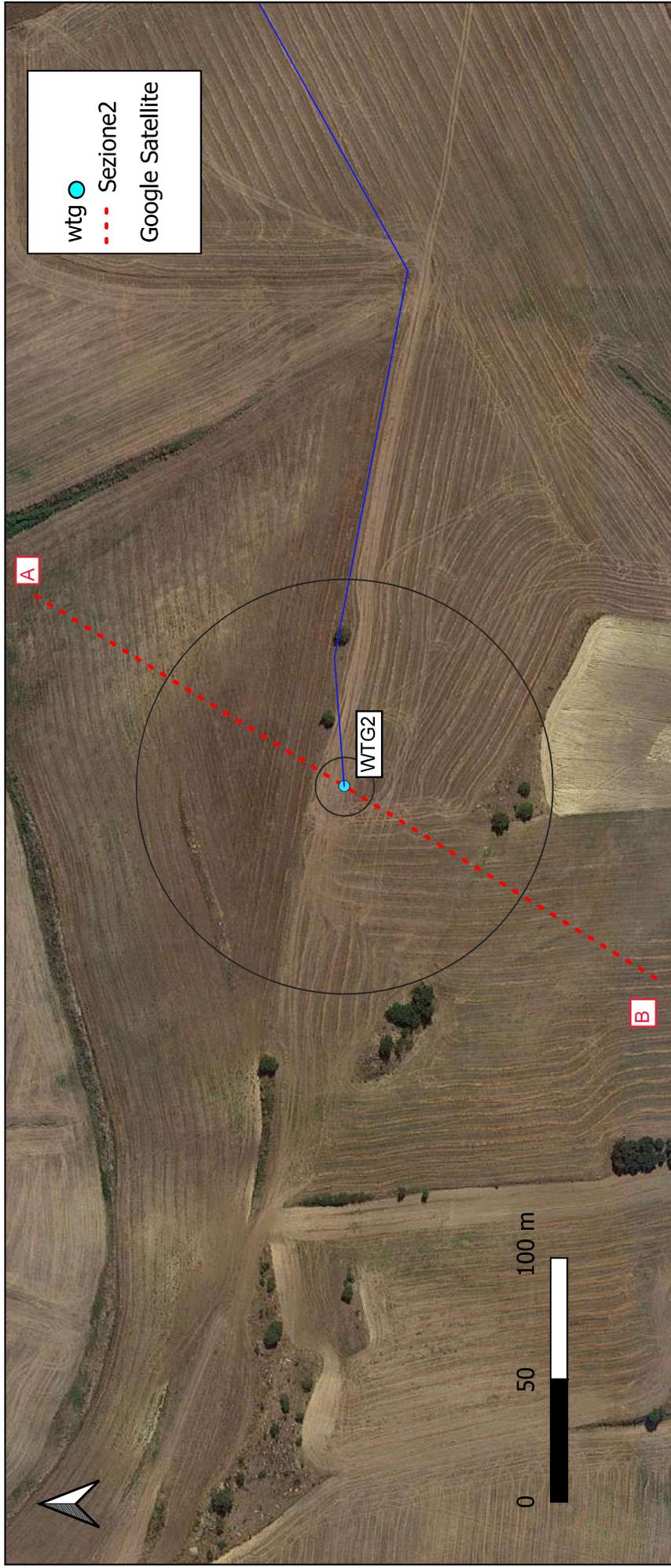


Figura 3.2: ubicazione traccia "A-B" su stralcio ortofoto scala 1:3000 e profilo topografico con ubicazione dell'aerogeneratore WTG2

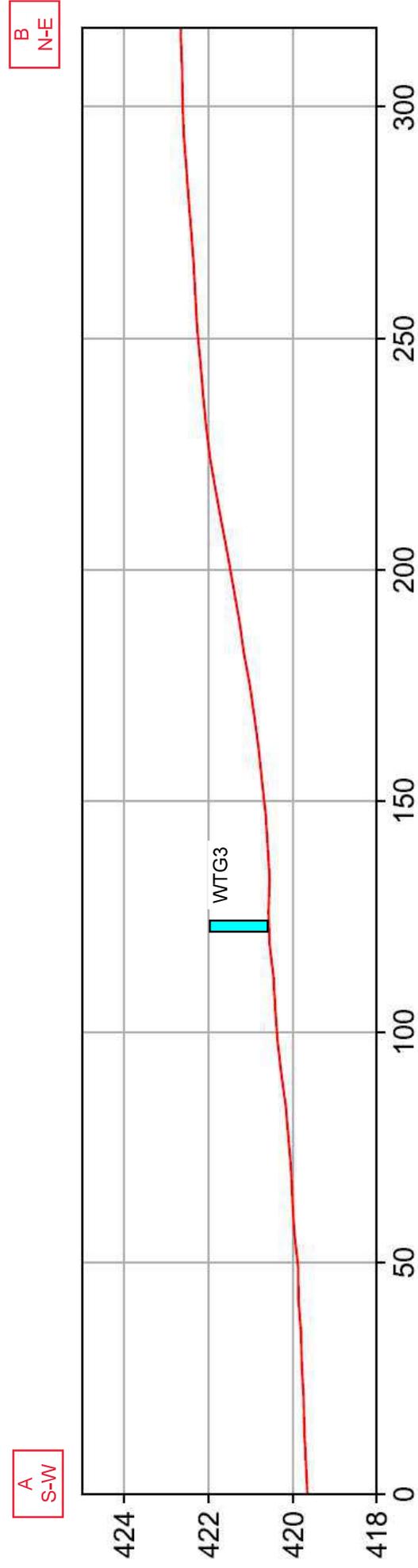
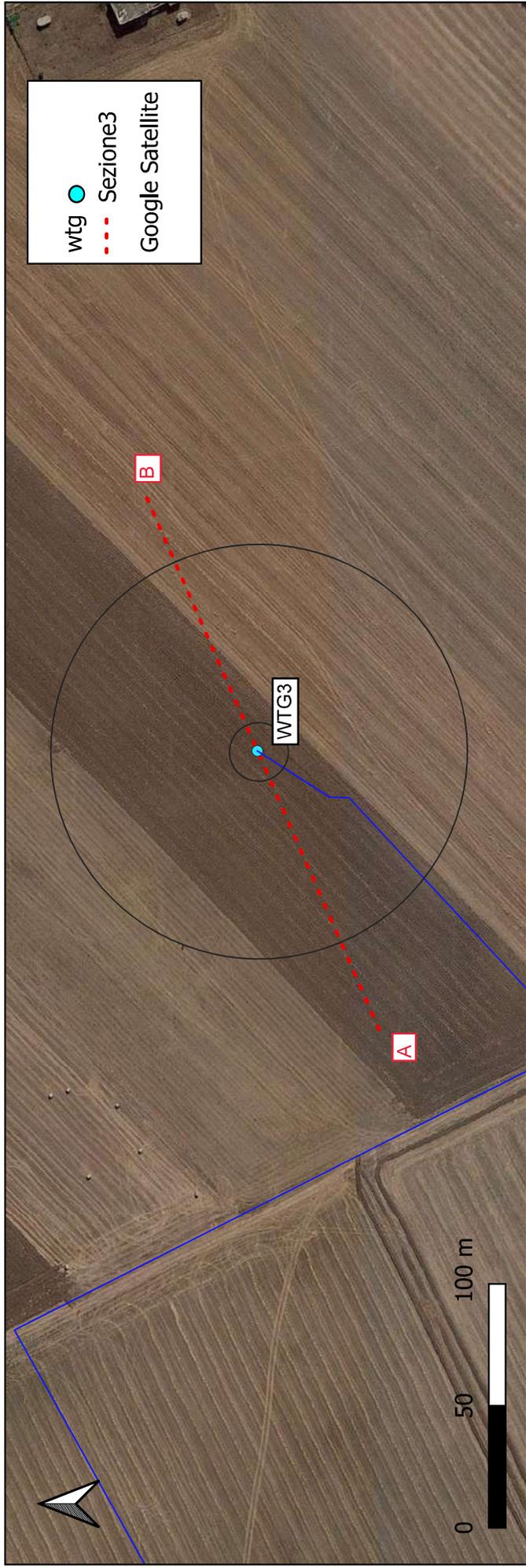


Figura 3.3: ubicazione traccia "A-B" su stralcio ortofoto scala 1:3000 e profilo topografico con ubicazione dell'aerogeneratore WTG3

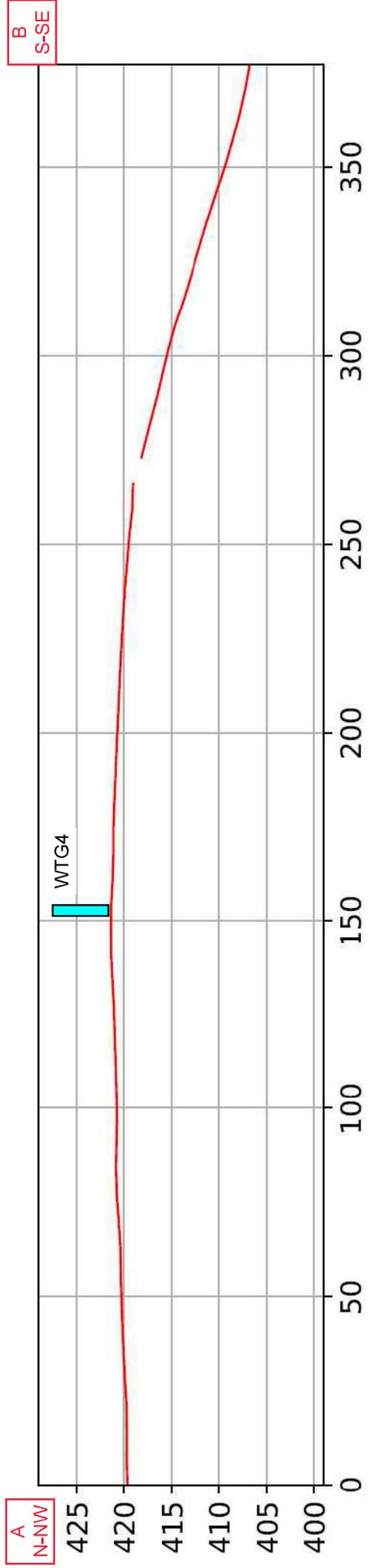
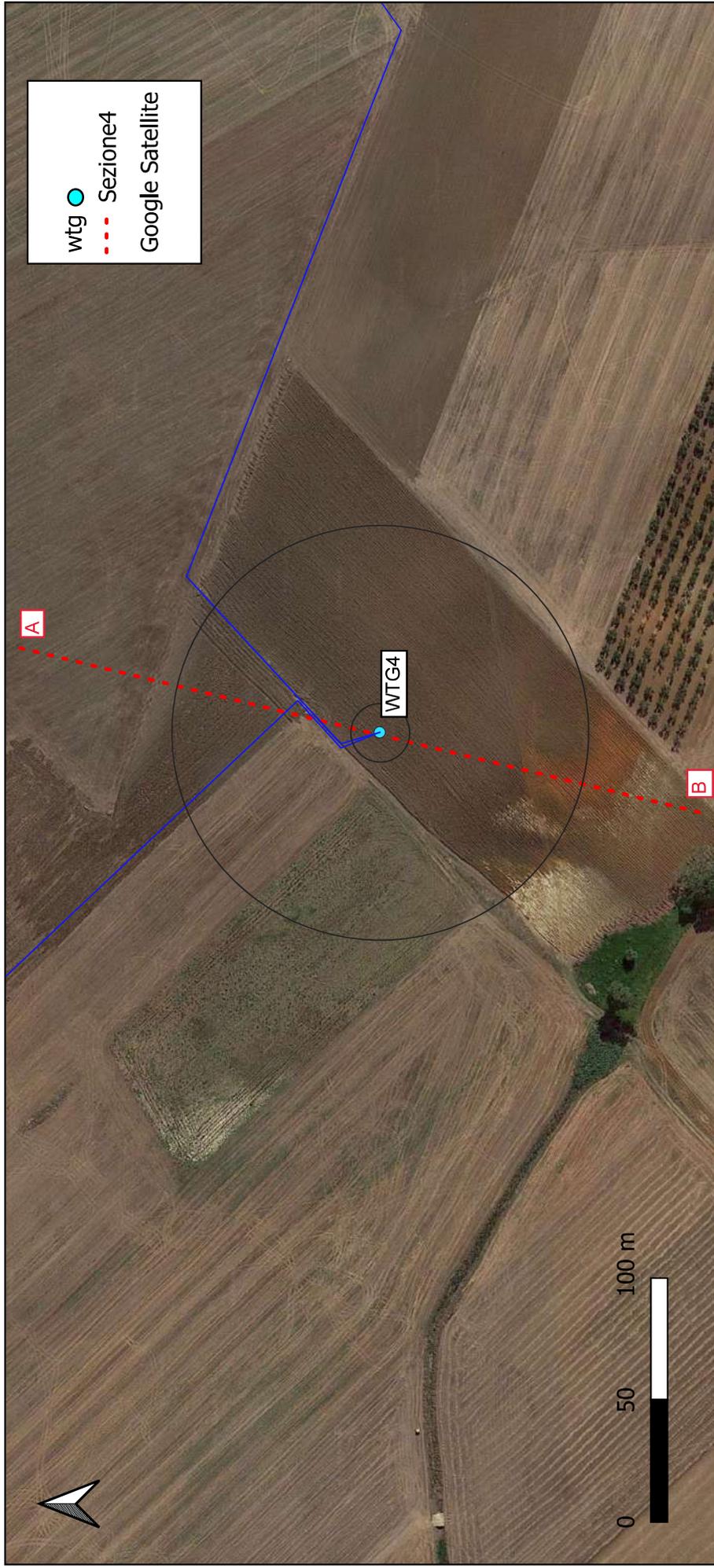


Figura 3.4: ubicazione traccia "A-B" su stralcio ortofoto scala 1:3000 e profilo topografico con ubicazione dell'aerogeneratore WTG4

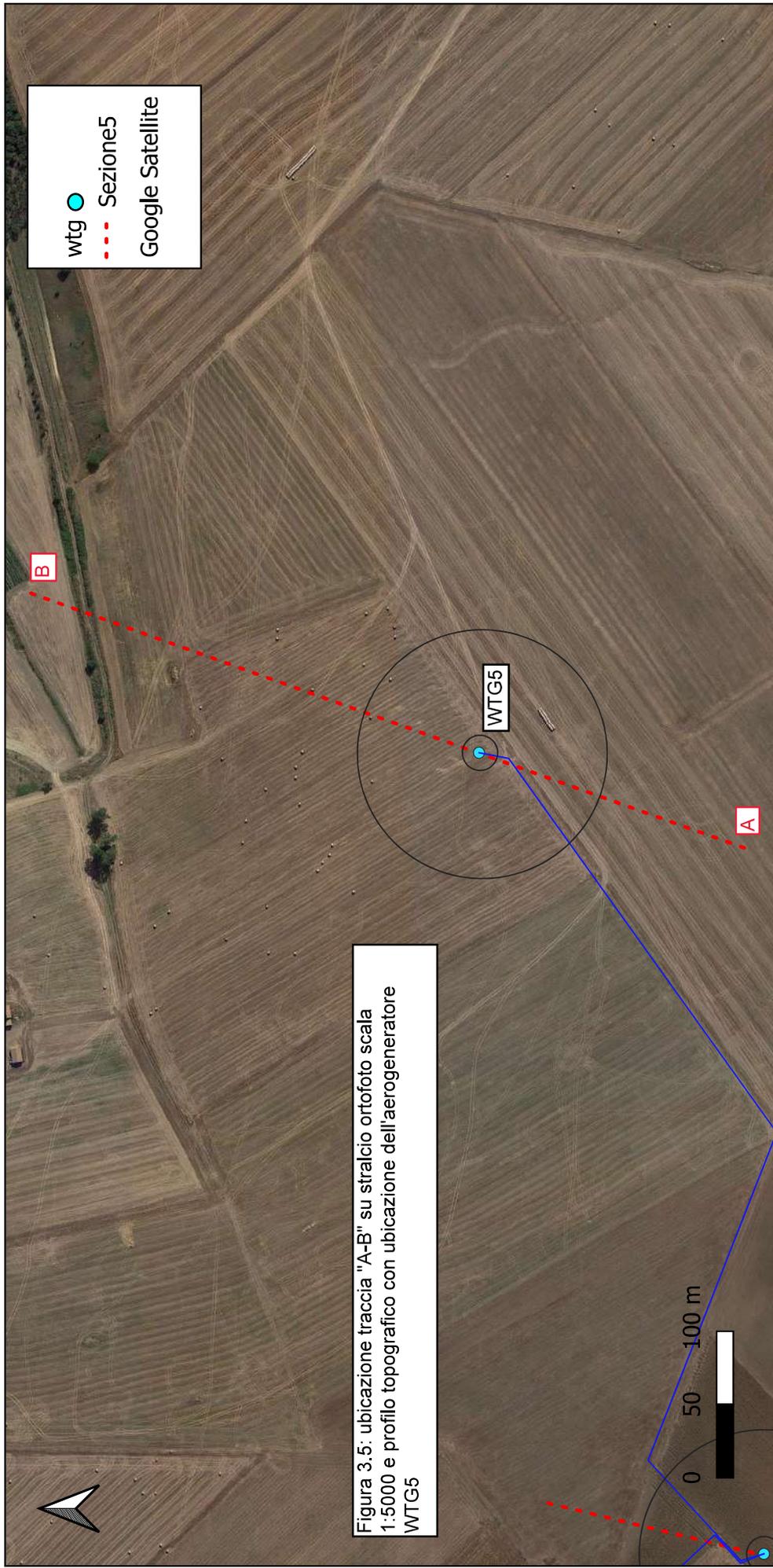
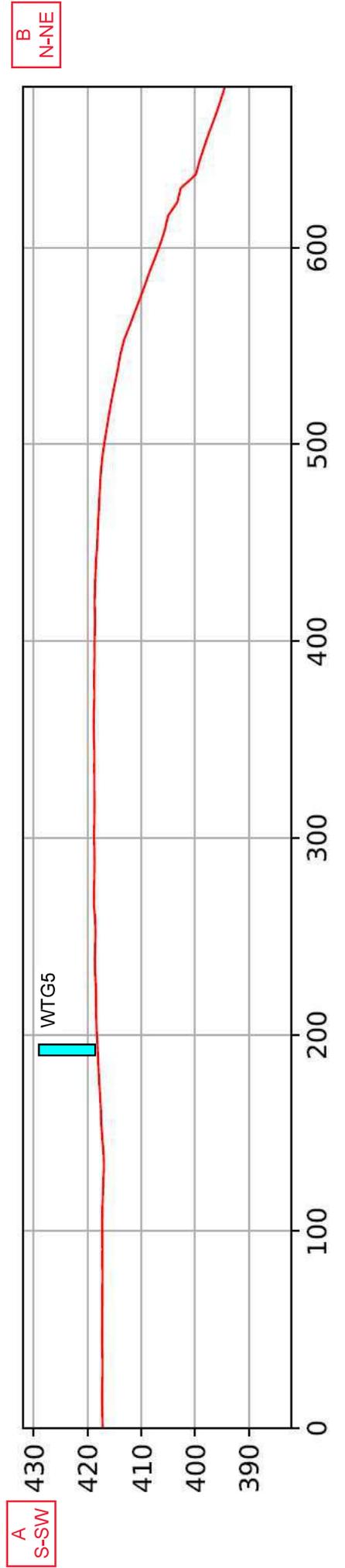


Figura 3.5: ubicazione traccia "A-B" su stralcio ortofoto scala 1:5000 e profilo topografico con ubicazione dell'aerogeneratore WTG5



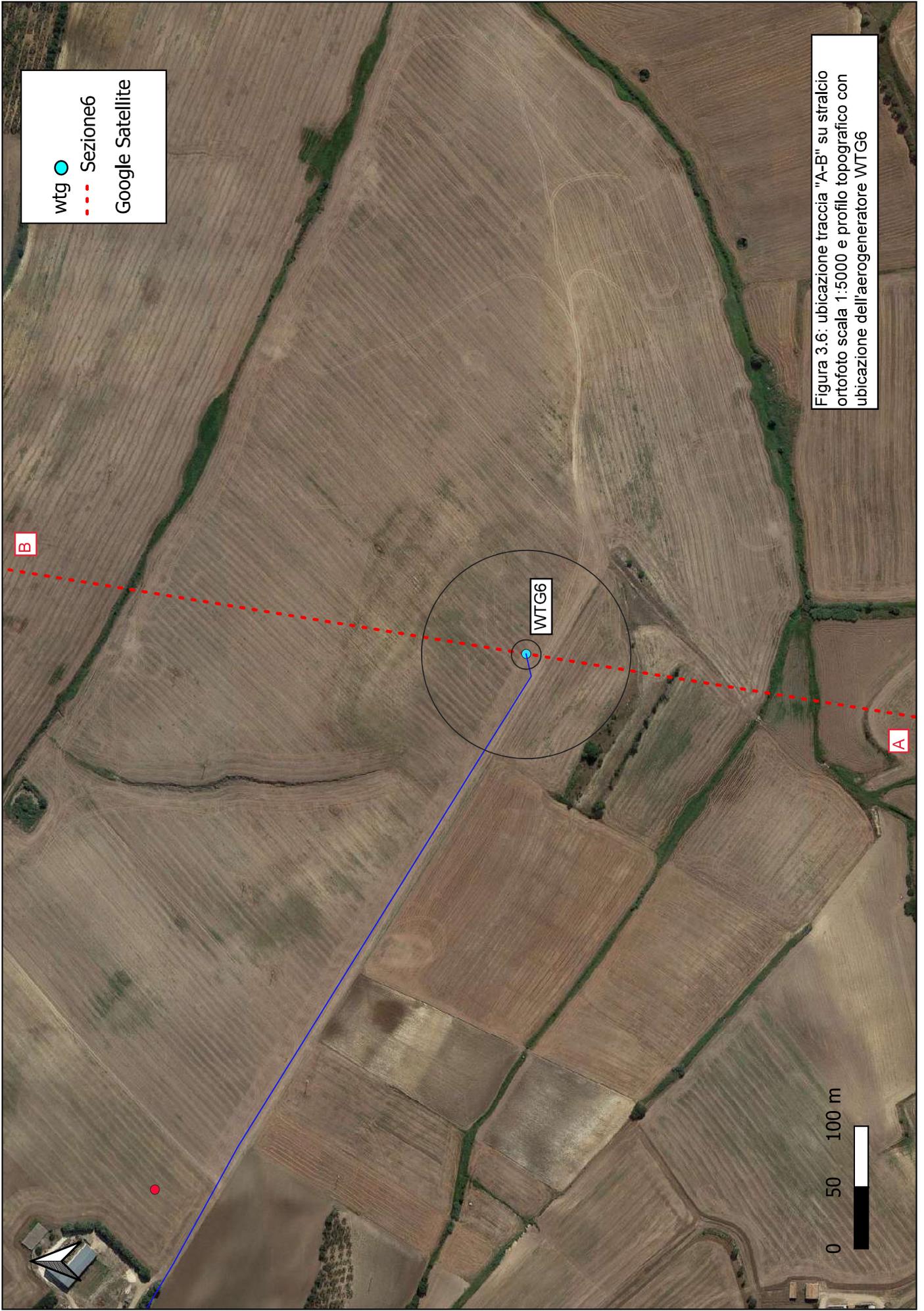
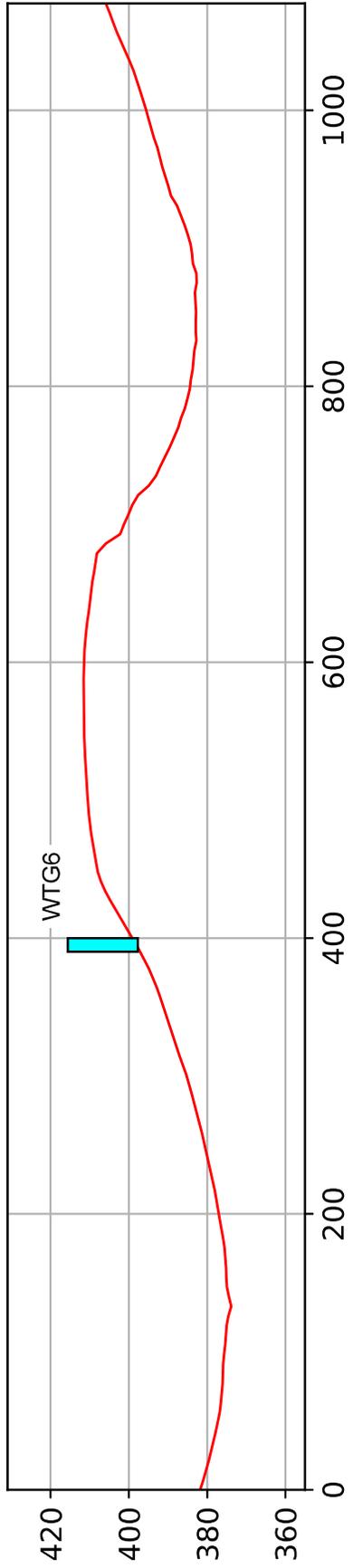


Figura 3.6: ubicazione traccia "A-B" su stralcio ortofoto scala 1:5000 e profilo topografico con ubicazione dell'aerogeneratore WTG6

B
N-NE

A
S-SW



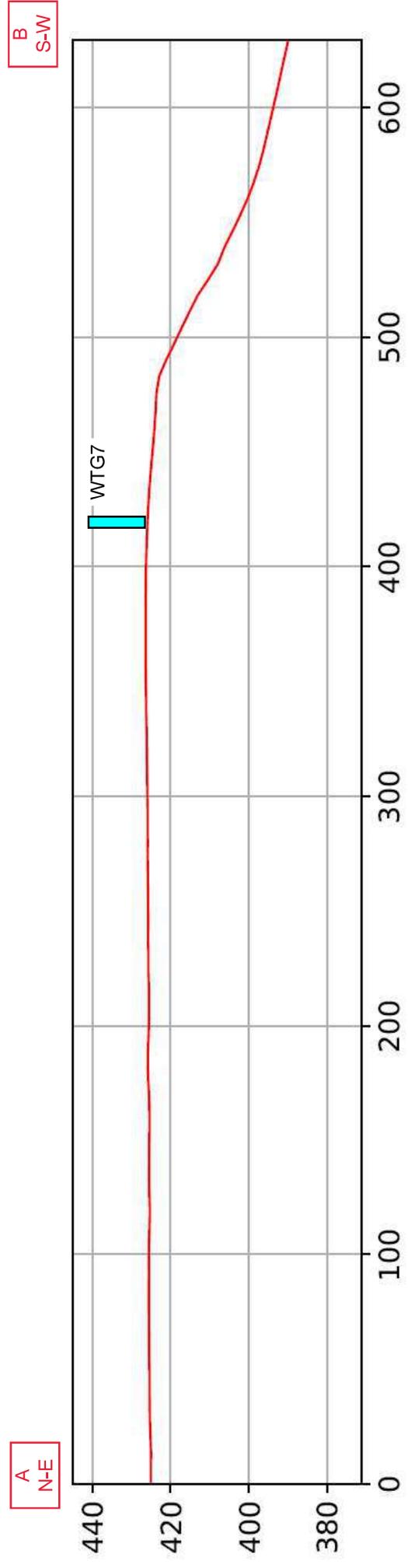
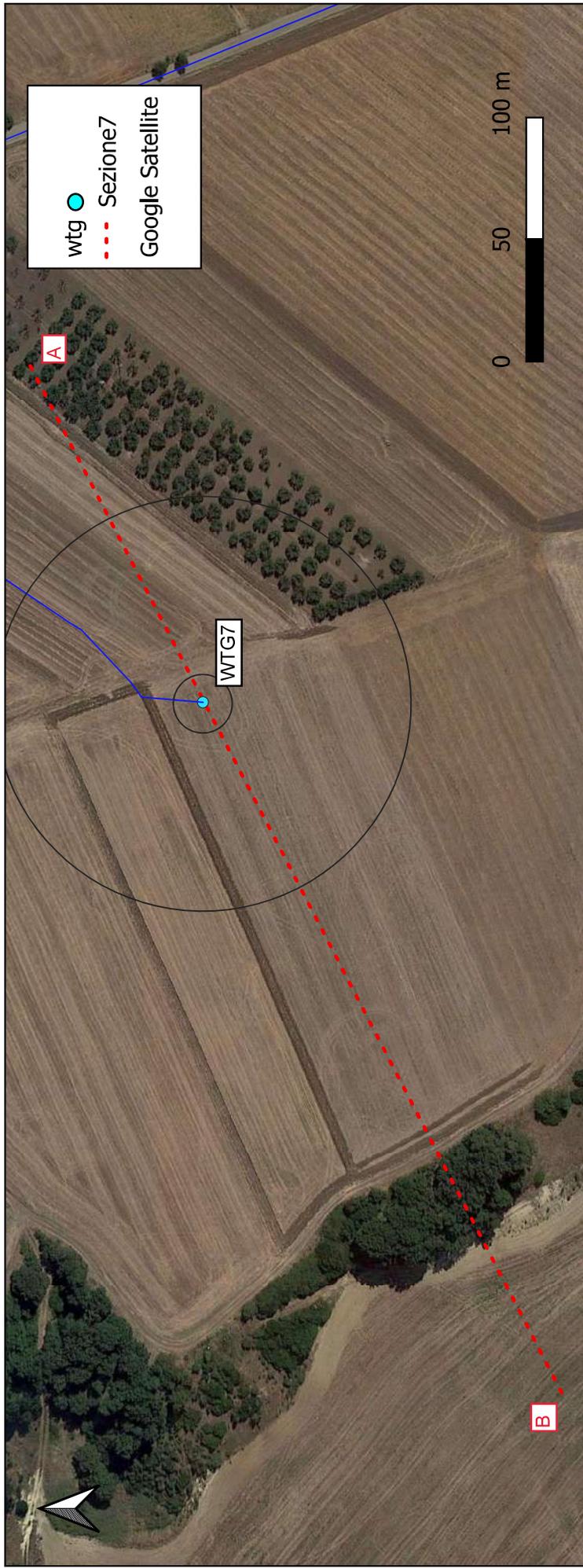


Figura 3.7: ubicazione traccia "A-B" su stralcio ortofoto scala 1:3000 e profilo topografico con ubicazione dell'aerogeneratore WTG7

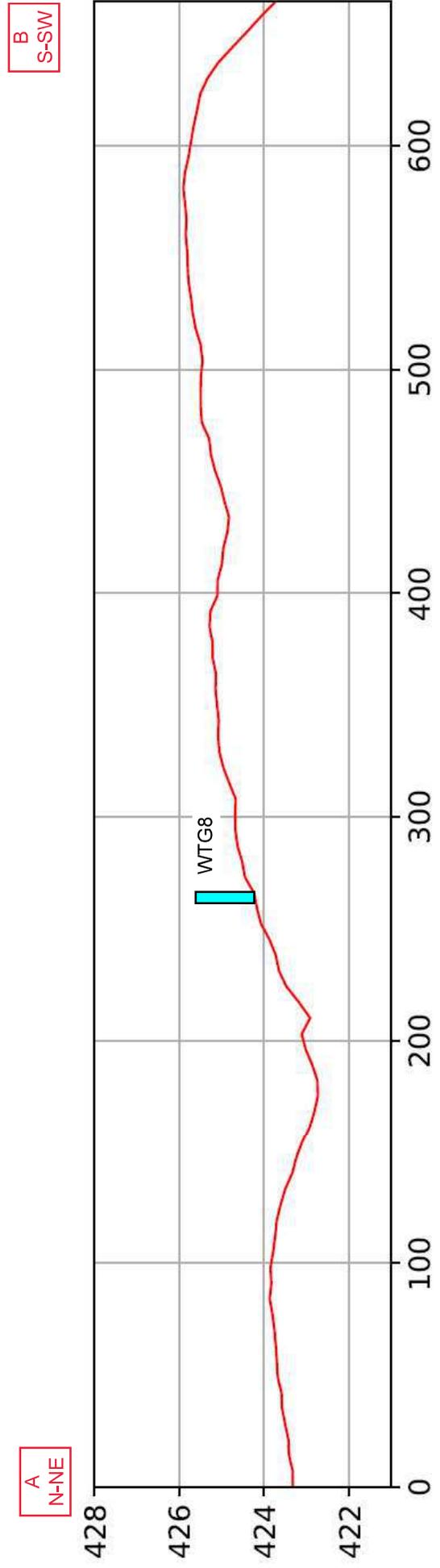
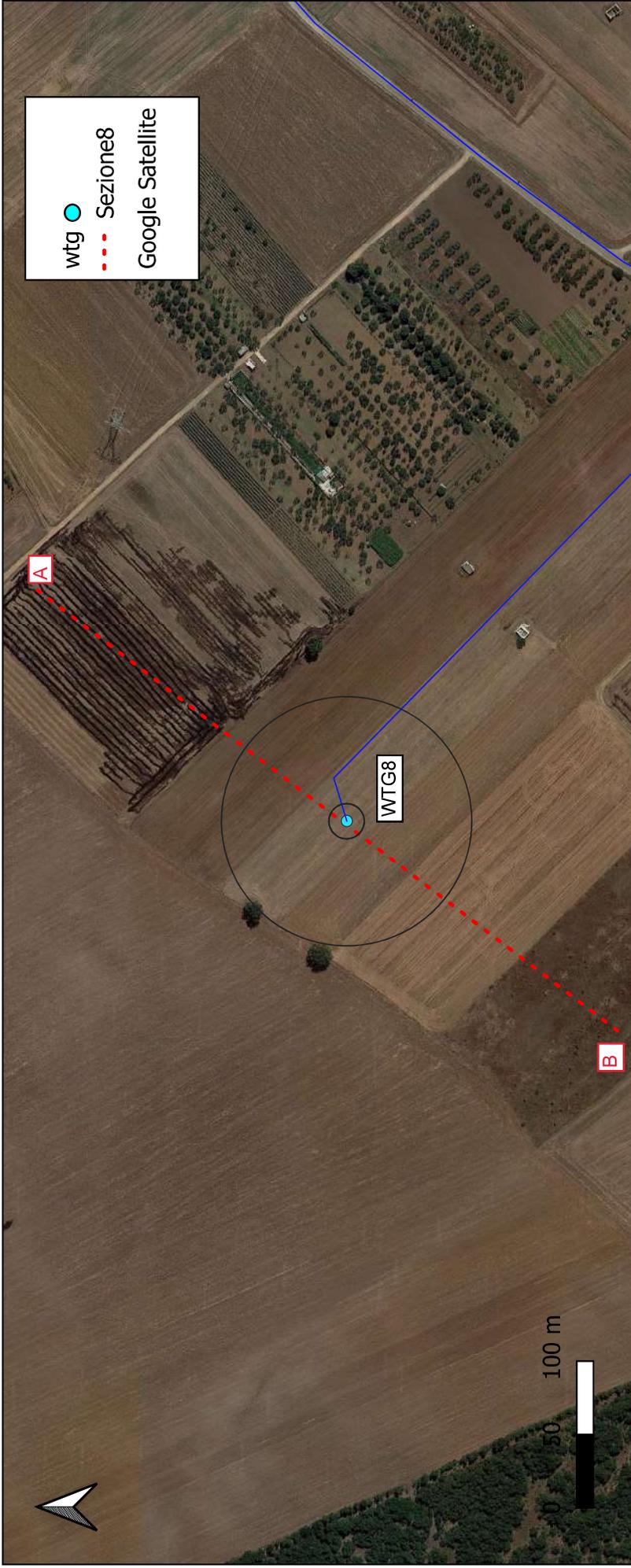


Figura 3.8: ubicazione traccia "A-B" su stralcio ortofoto scala 1:5000 e profilo topografico con ubicazione dell'aerogeneratore WTG8

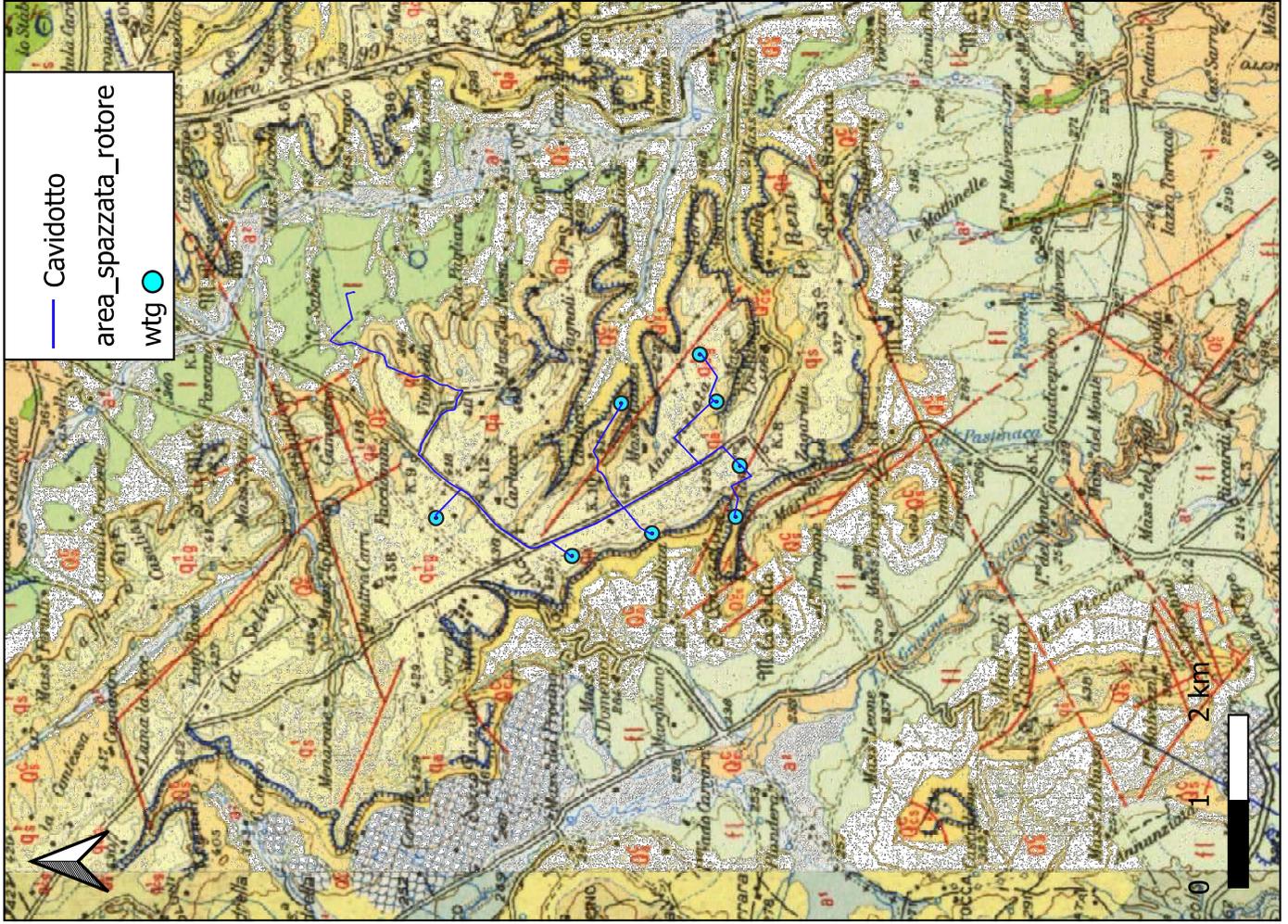
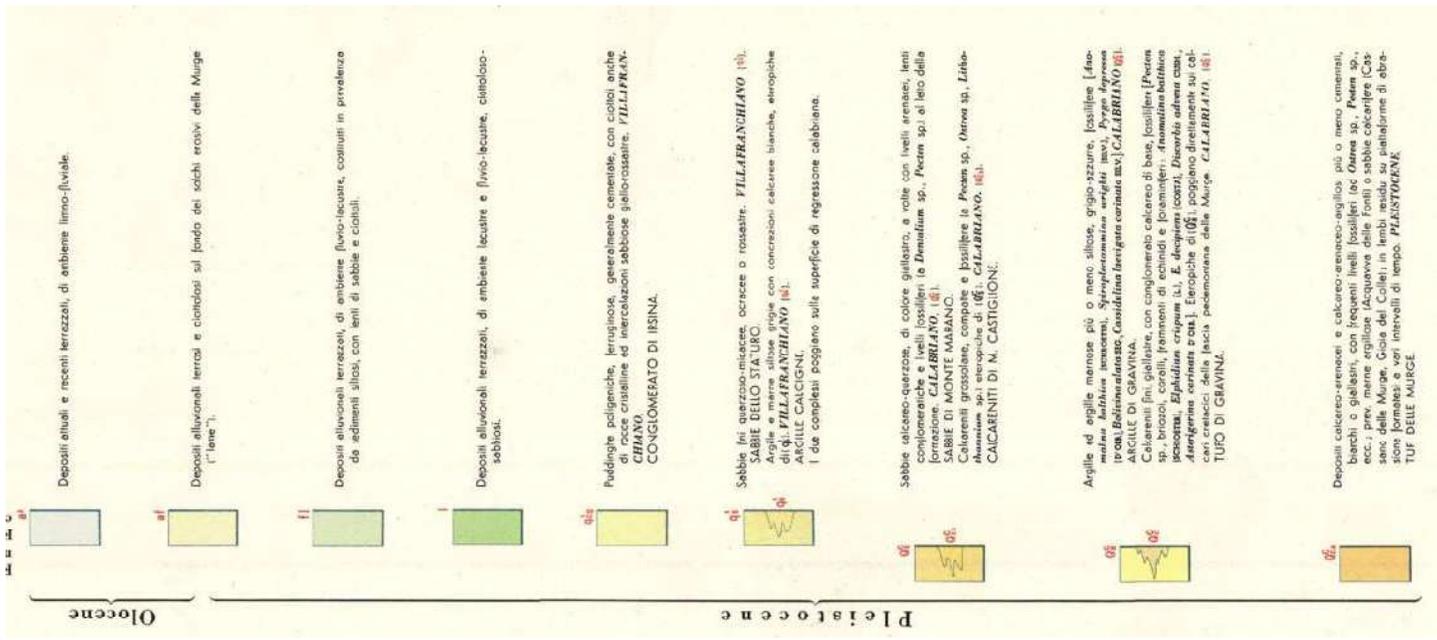
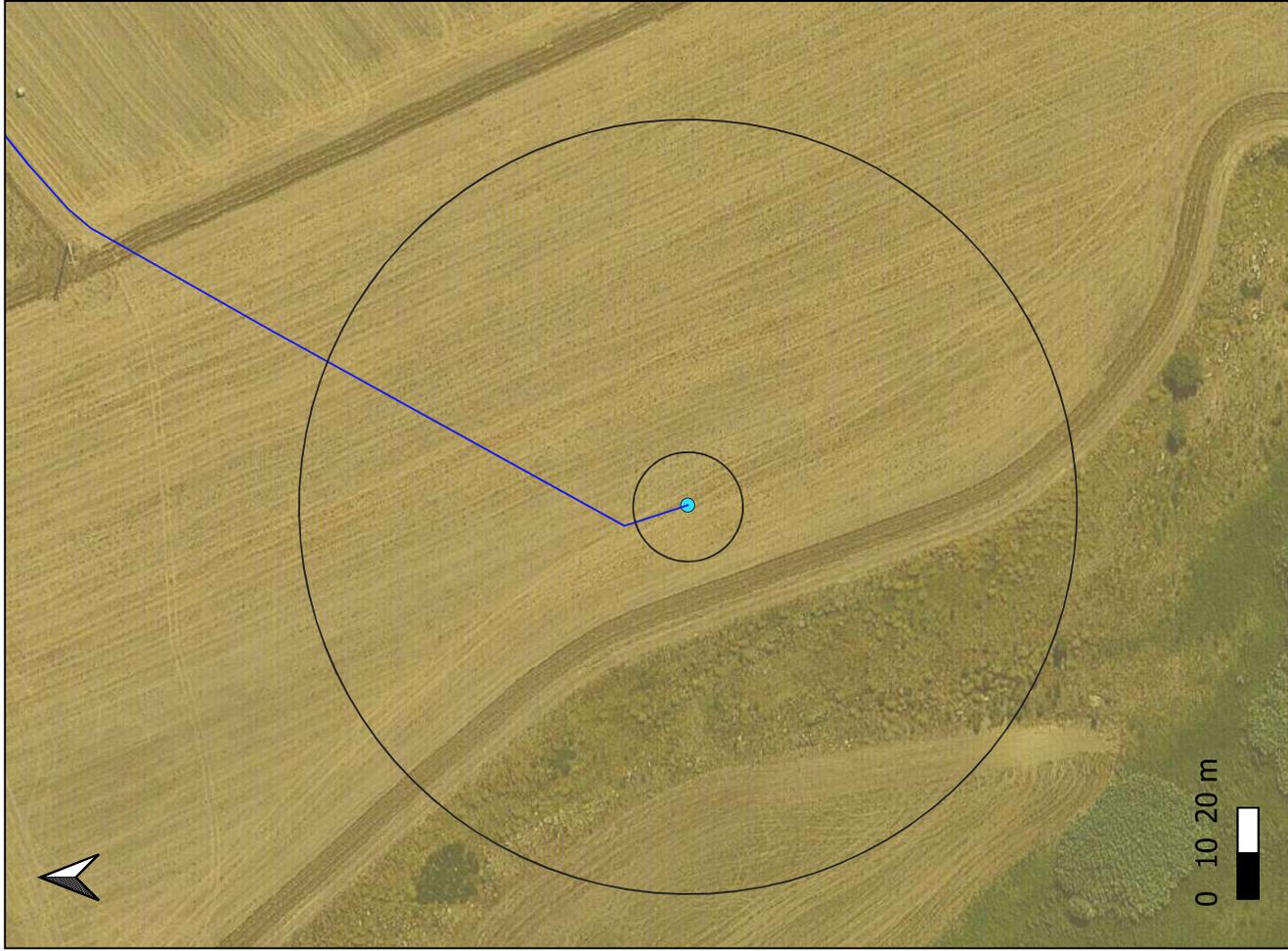


Figura 4: ubicazione aerogeneratori e cavidotto su Carta Geologica d'Italia 189 Altamura scala 1:100000





Depositi argilloso sabbiosi di colore grigio-marrone



Figura 5.1: carta geologica di dettaglio scala 1:2000 ricavata sia dal rilievo geologico di dettaglio che dai risultati della campagna geognostica



Depositi argilloso sabbiosi di colore grigio-marrone



Figura 5.2: carta geologica di dettaglio scala 1:2000 ricavata sia dal rilievo geologico di dettaglio che dai risultati della campagna geognostica



Depositi argilloso sabbiosi di colore grigio-marrone

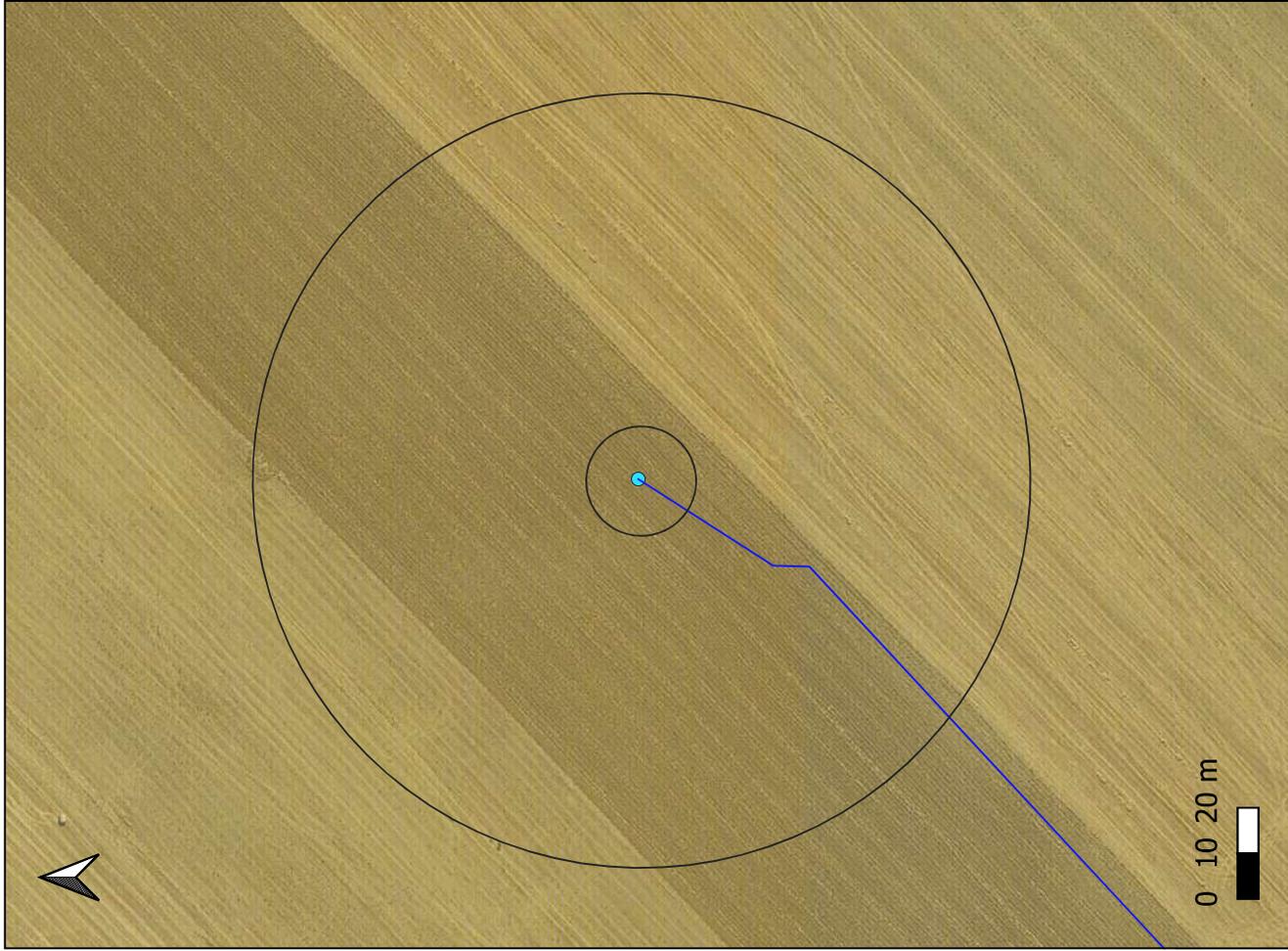
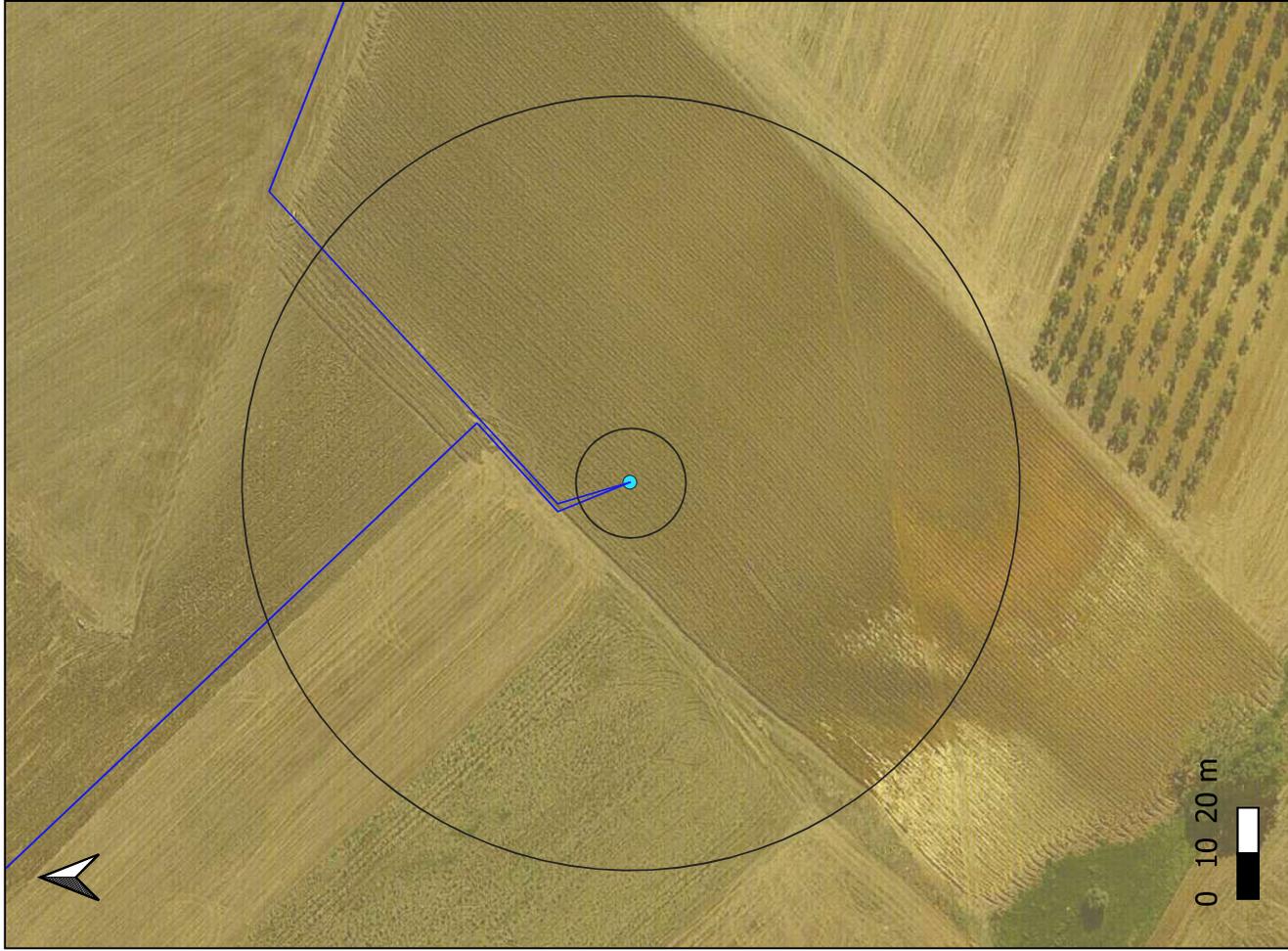
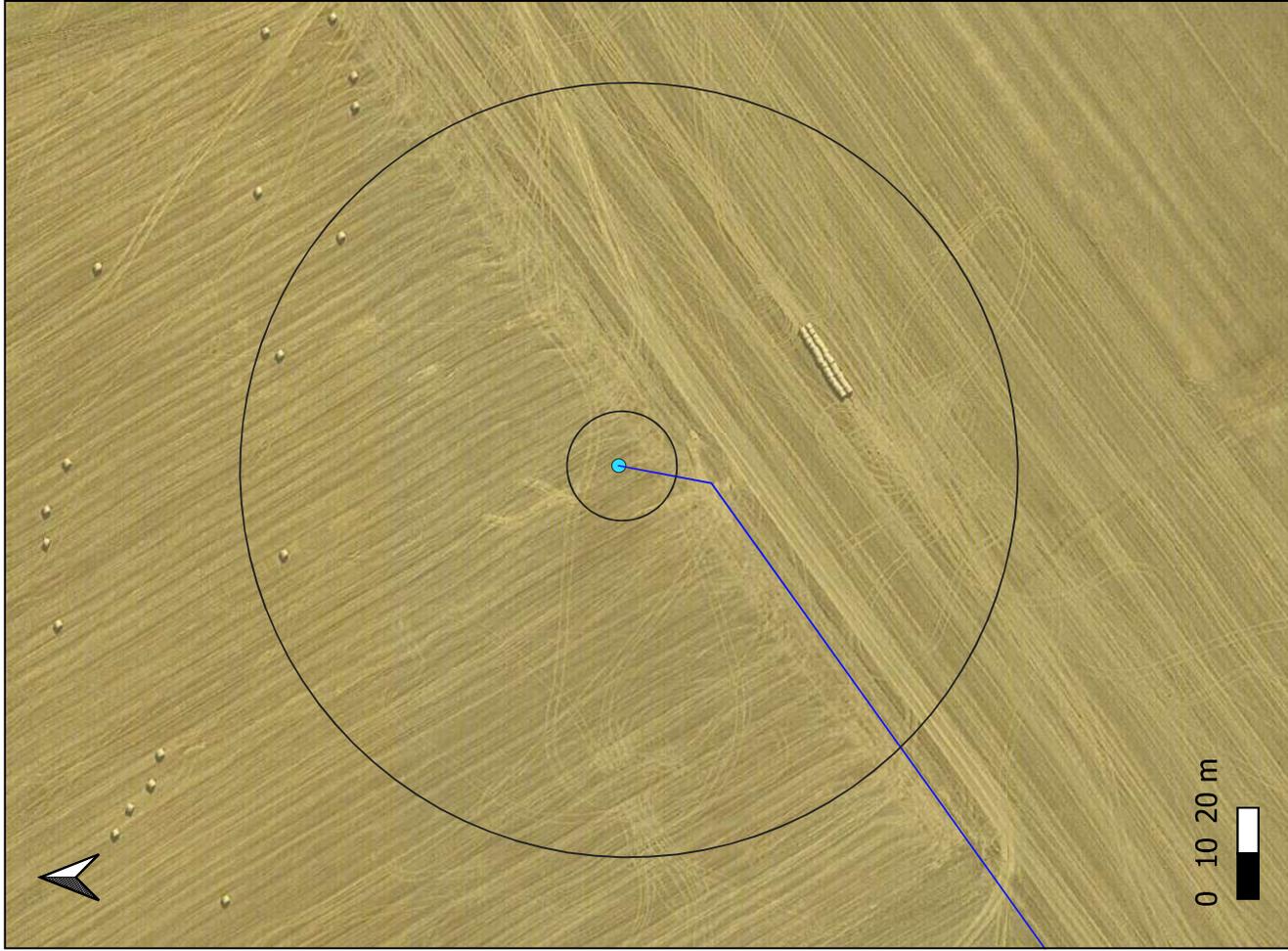


Figura 5.3: carta geologica di dettaglio scala 1:2000 ricavata sia dal rilievo geologico di dettaglio che dai risultati della campagna geognostica



Depositi argilloso sabbiosi di colore grigio-marrone

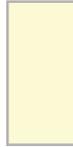
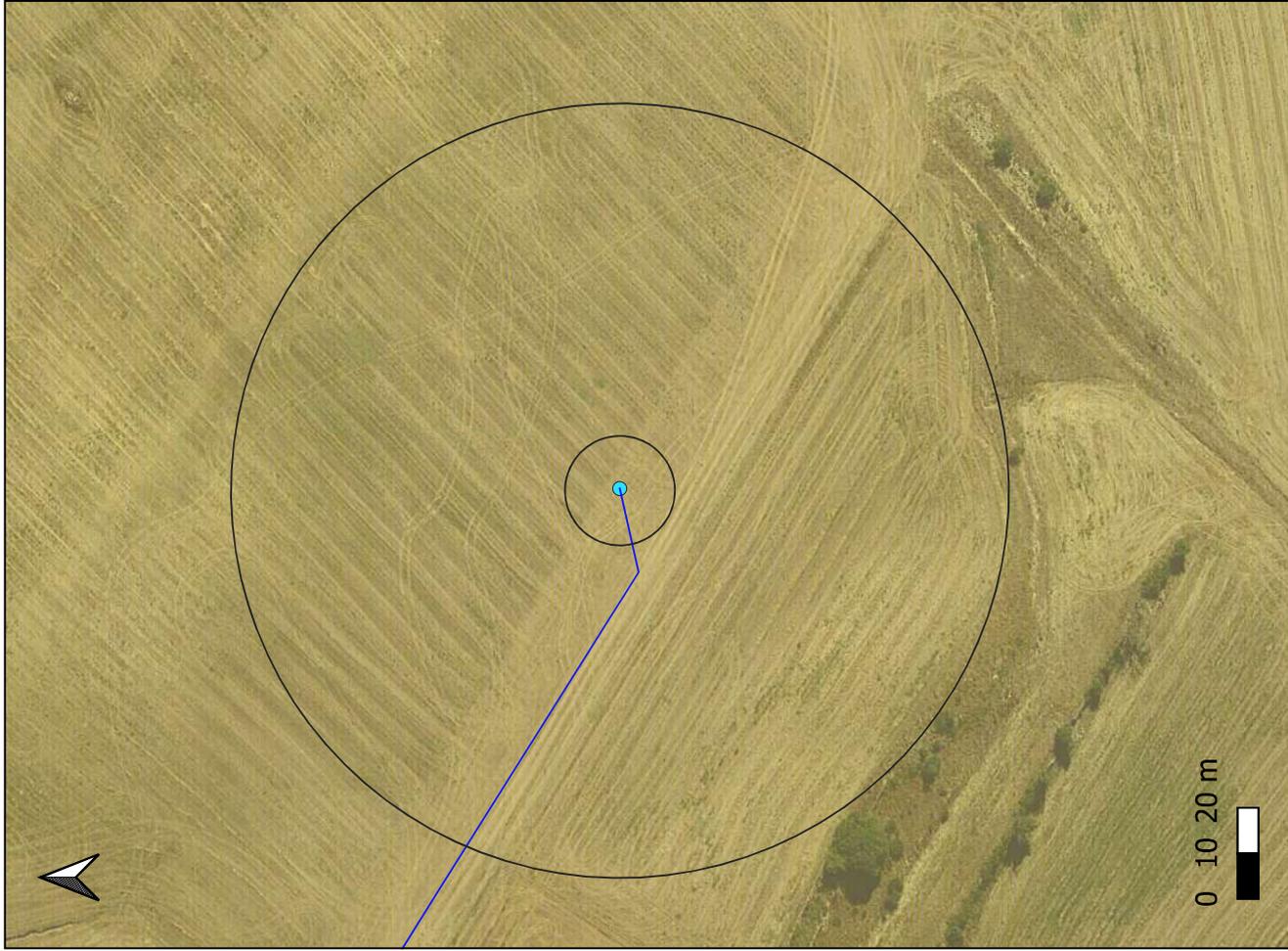
Figura 5.4: carta geologica di dettaglio scala 1:2000 ricavata sia dal rilievo geologico di dettaglio che dai risultati della campagna geognostica



Depositi argilloso sabbiosi di colore grigio-marrone

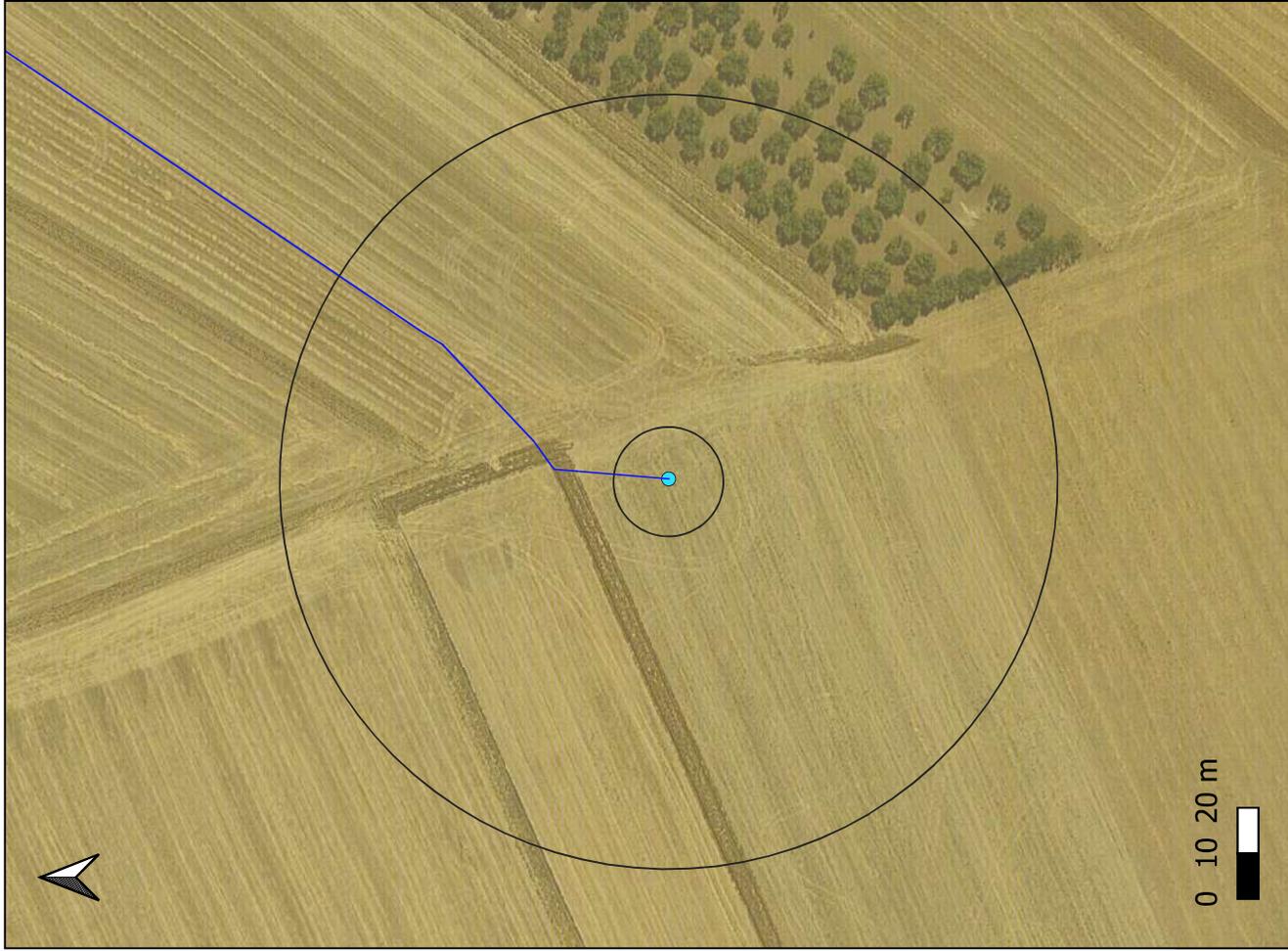


Figura 5.5: carta geologica di dettaglio scala 1:2000 ricavata sia dal rilievo geologico di dettaglio che dai risultati della campagna geognostica



Depositi argilloso sabbiosi di colore grigio-marrone

Figura 5.6: carta geologica di dettaglio scala 1:2000 ricavata sia dal rilievo geologico di dettaglio che dai risultati della campagna geognostica



Depositi argilloso sabbiosi di colore grigio-marrone



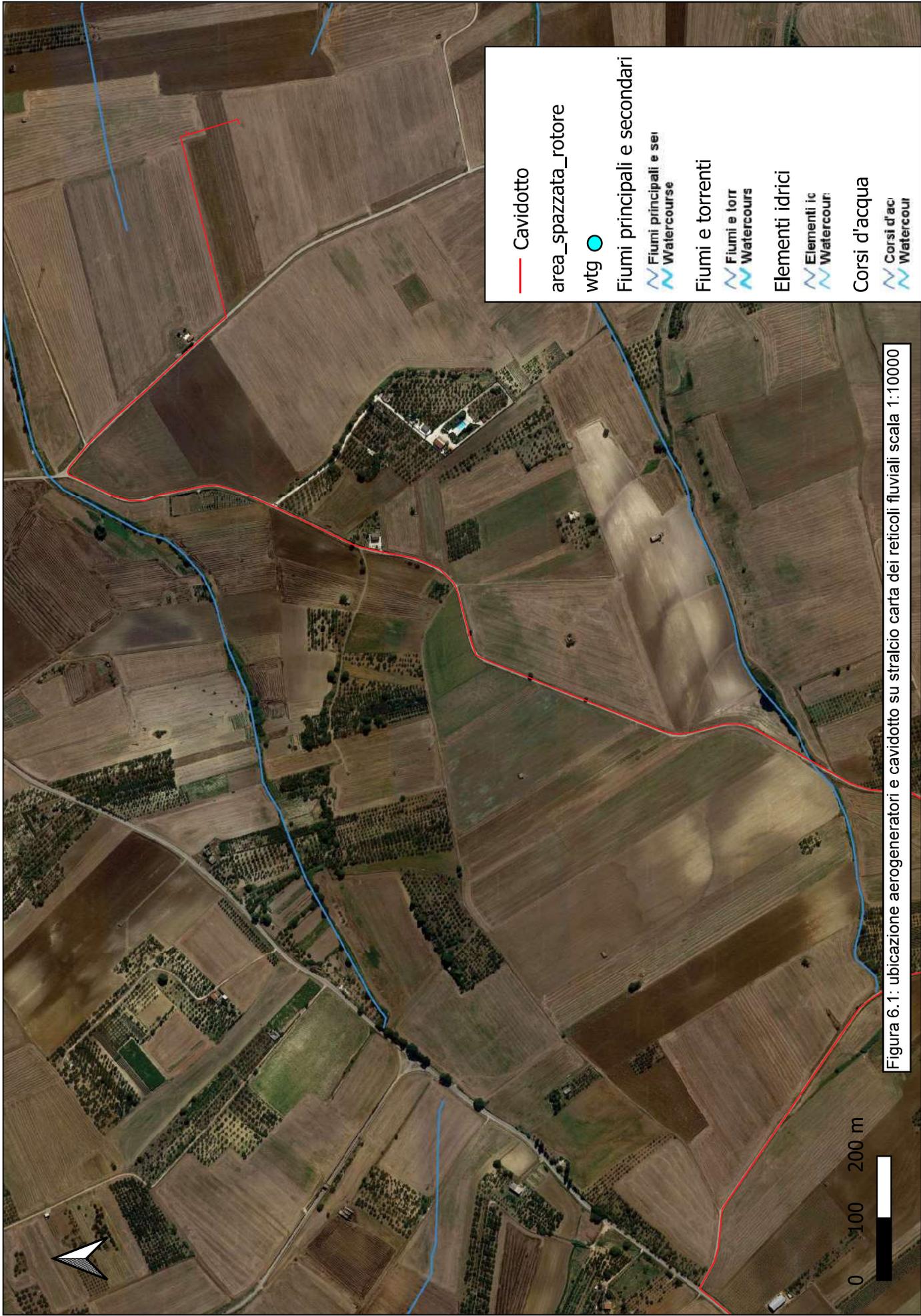
Figura 5.7: carta geologica di dettaglio scala 1:2000 ricavata sia dal rilievo geologico di dettaglio che dai risultati della campagna geognostica



Depositi argilloso sabbiosi di colore grigio-marrone



Figura 5.8: carta geologica di dettaglio scala 1:2000 ricavata sia dal rilievo geologico di dettaglio che dai risultati della campagna geognostica



- Cavidotto
- area_spazzata_rotore
- wtg ●
- Fiumi principali e secondari
- ~ Fiumi principali e sei Watercourse
- Fiumi e torrenti
- ~ Fiumi e torr Watercours
- Elementi idrici
- ~ Elementi ic Watercour
- Corsi d'acqua
- ~ Corsi d'ac Watercour

Figura 6. 1: ubicazione aerogeneratori e cavidotto su stralcio carta dei reticoli fluviali scala 1:10000

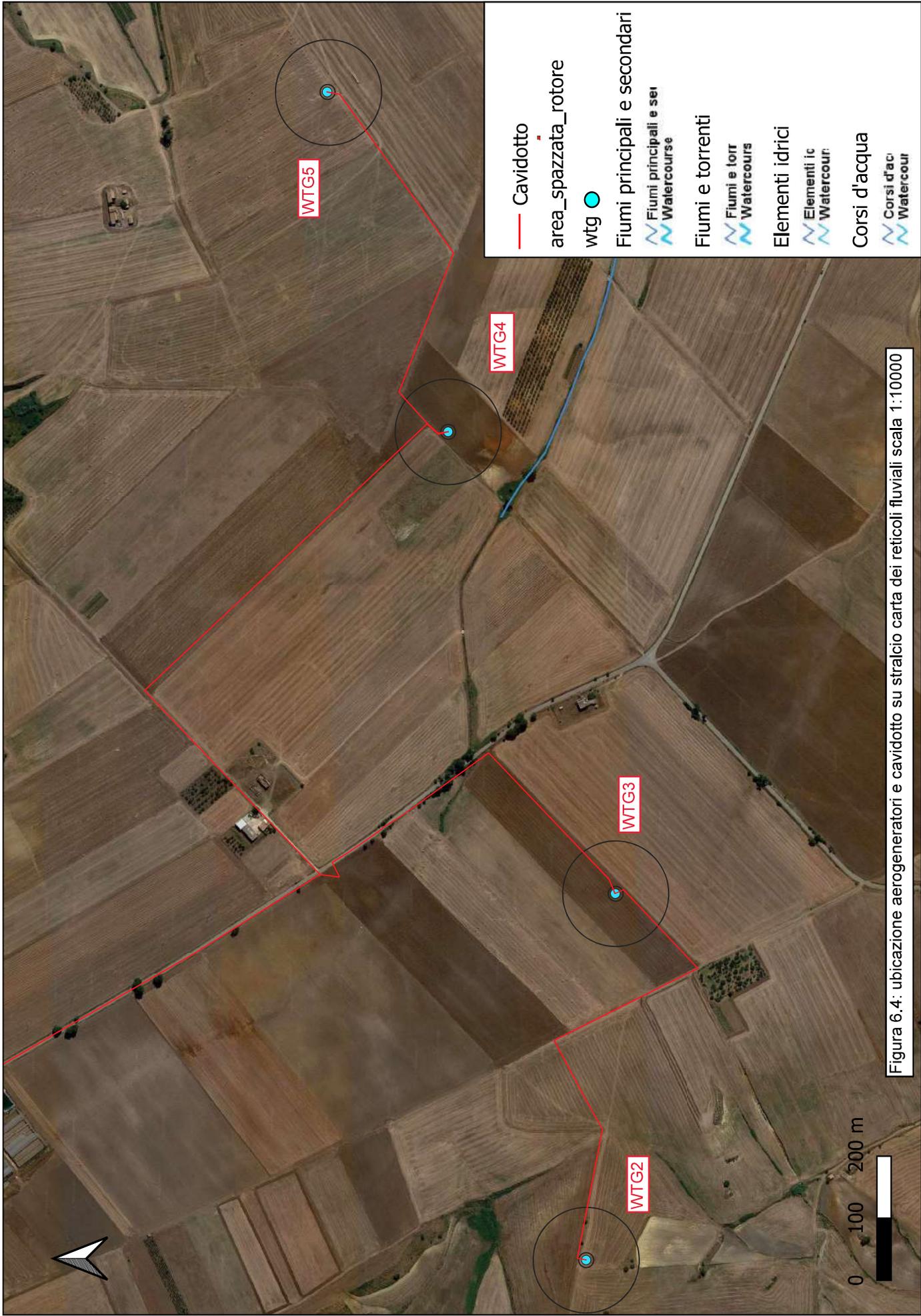




Figura 6.2: ubicazione aerogeneratori e cavidotto su stralcio carta dei reticoli fluviali scala 1:10000

Figura 6.3: ubicazione aerogeneratori e cavidotto su stralcio carta dei reticoli fluviali scala 1:10000





- Cavidotto
- wtg
- ~ Fiumi principali e secondari
- ~ Fiumi principali e sei
- ~ Fiumi e torrenti
- ~ Fiumi e torr
- ~ Elementi idrici
- ~ Elementi ic
- ~ Corsi d'acqua
- ~ Corsi d'ac

Figura 6.4: ubicazione aerogeneratori e cavidotto su stralcio carta dei reticoli fluviali scala 1:10000

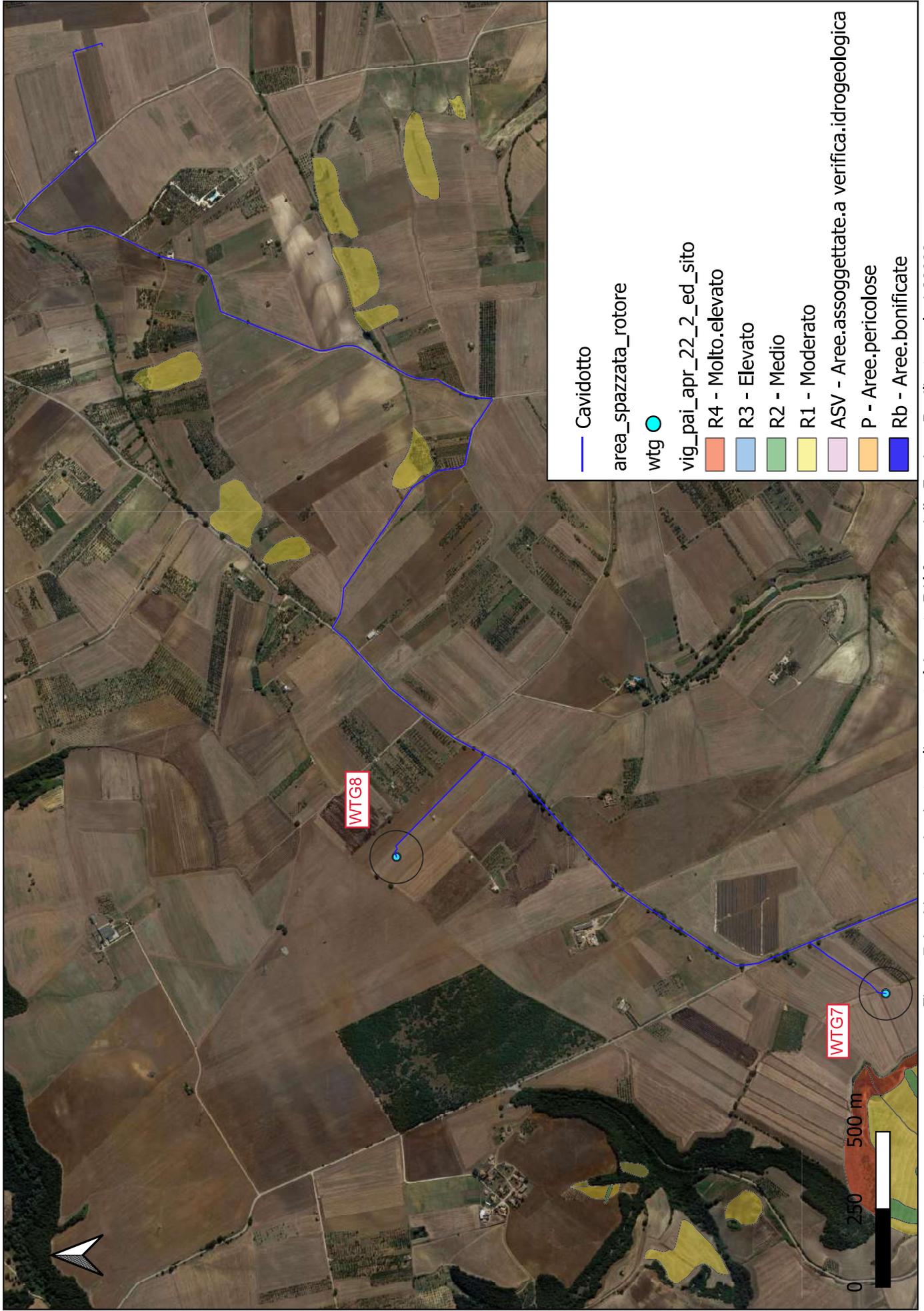


Figura 7.1: ubicazione impianto eolico su stralcio carta PAI frane della Regione Basilicata scala 1:20000

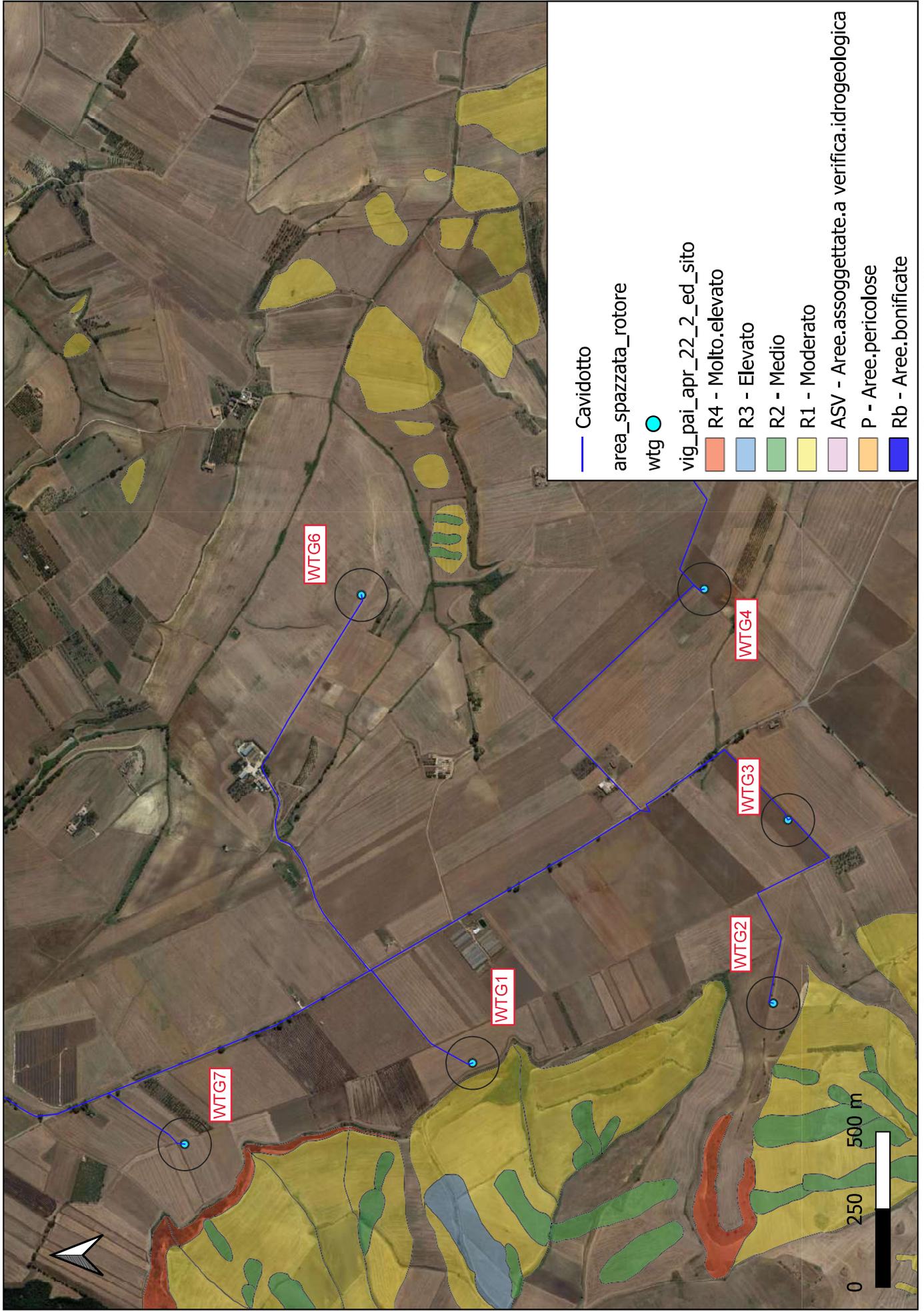


Figura 7.2: ubicazione impianto eolico su stralcio carta PAI franedella Regione Basilicata scala 1:20000



Figura 8.1: ubicazione impianto eolico su stralcio carta PAI alluvioni della Regione Basilicata scala 1:20000

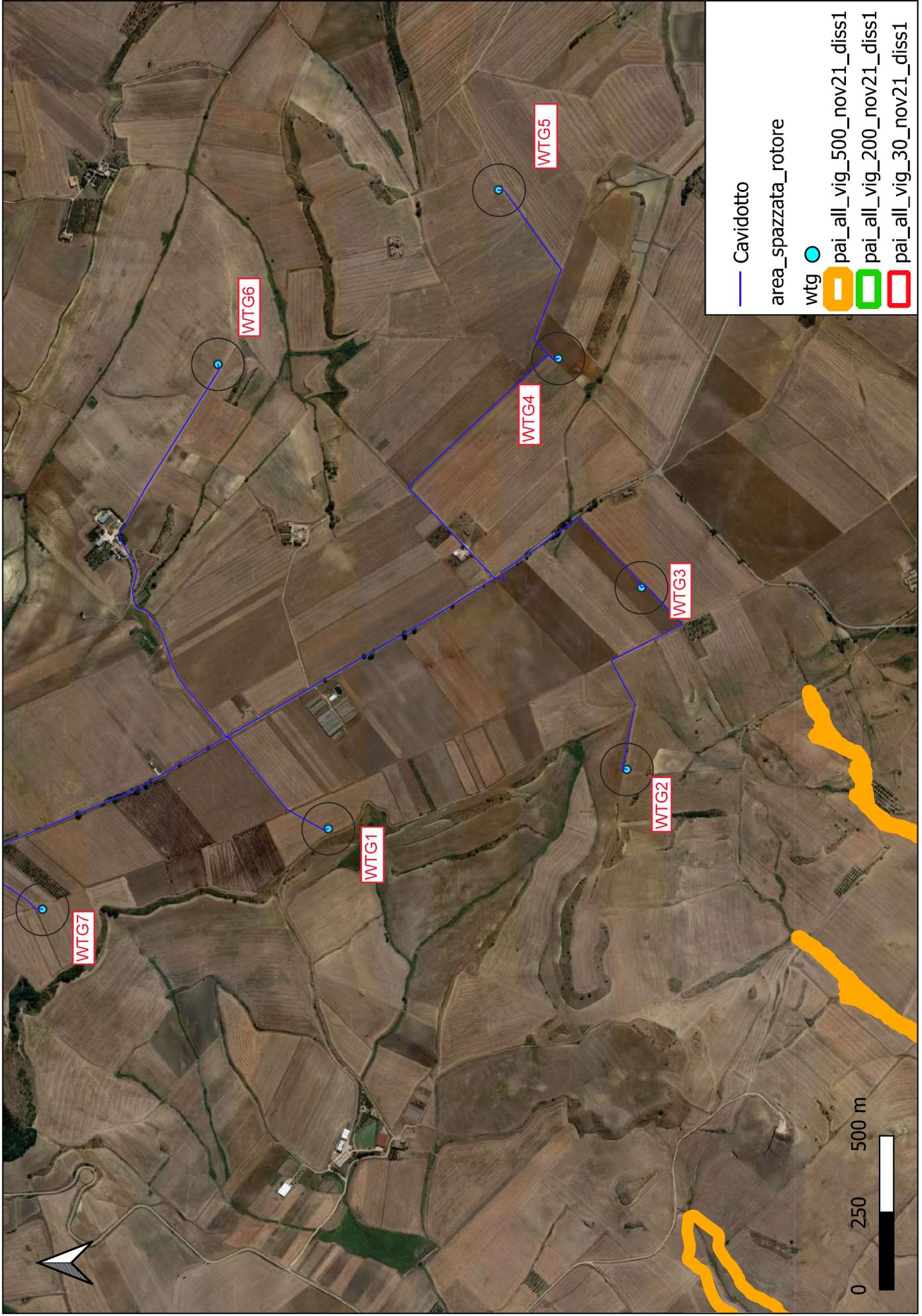


Figura 8.2: ubicazione impianto eolico su stralcio carta PAI alluvioni della Regione Basilicata scala 1:20000



Figura 9.1: ubicazione impianto eolico su stralcio carta PPR della Regione Basilicata scala 1:20000



Figura 9.2: ubicazione impianto eolico su stralcio carta PPR della Regione Basilicata scala 1:20000

— Cavidotto

area_spazzata_rotore

wtg

Area di notevole interesse pubblico (proposta in corso di approvazione)



Beni di Interesse Archeologico - Articolo 10

 Tutela diretta (art. 10.1.3 D.lgs. 42/2004)

 Tutela indiretta (art. 45 D.lgs 42/2004)

Beni di Interesse Archeologico - Articolo 10 - Tratturi

 Tratturi

Beni Monumentali - Articolo 10

 Tutela diretta (Art. 10 D.lgs 42/2004)

 Tutela indiretta (Art. 45 D.lgs 42/2004)

Beni Paesaggistici - Articolo 136



Beni Paesaggistici - Articolo 142 f

 Parchi

 Riserve

Beni Paesaggistici - Articolo 142 i - Zone umide



Beni Paesaggistici - Articolo 142 l - Vulcani



Beni Paesaggistici - Articolo 142a - BUFFER

 Articolo 142a - BUFFER

Beni Paesaggistici - Articolo 142b - BUFFER

 Articolo 142b - BUFFER

Beni Paesaggistici - Articolo 142c - BUFFER

 Articolo 142c - BUFFER

Beni Paesaggistici - Articolo 142d

 Articolo 142d

Beni Paesaggistici - Articolo 142g

 Foreste e boschi

Beni Paesaggistici - Articolo 143



Beni Paesaggistici - Articolo 143 GeoSiti



Fotovoltaico grande generazione



In Autorizzazione

Autorizzato

In Esercizio

Fotovoltaico in esercizio



Impianti eolici di grande generazione



Impianti eolici di grande generazione in autorizzazione



Minieolico



Inventario fenomeni franosi - IFFI



Parchi e Viali della Rimembranza



Rete Natura 2000

 Single symbol

Sorgenti



Zone di interesse archeologico di nuova istituzione – let. m



Zone di interesse archeologico ope legis – let m



Ambiti di Paesaggio

 Ambiti di paesaggio

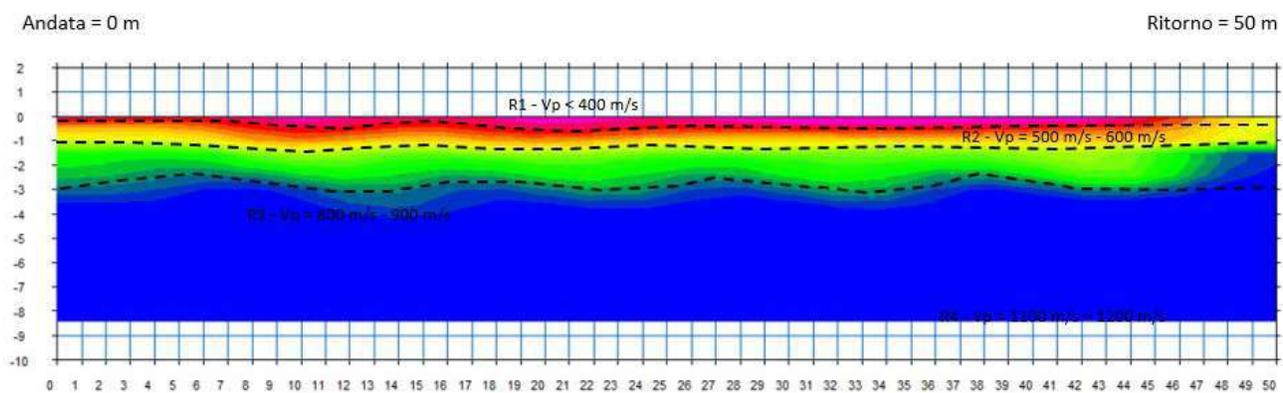


Figura 10.1: ubicazione dell'indagine sismica S1 e modello del terreno sismo-stratigrafico ottenuto con la tomografia in rifrazione



Andata = 0 m

Ritorno = 50 m

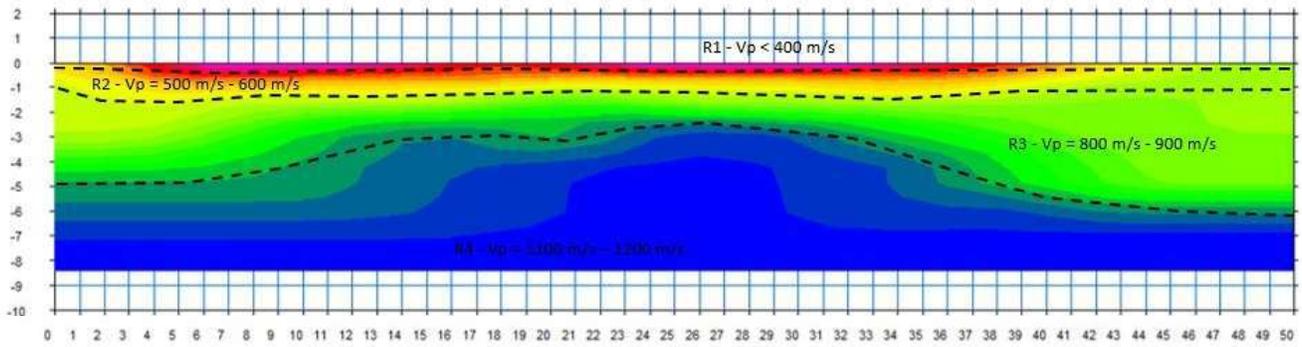


Figura 10.2: ubicazione dell'indagine sismica S2 e modello del terreno sismo-stratigrafico ottenuto con la tomografia in rifrazione



Andata = 0 m

Ritorno = 50 m

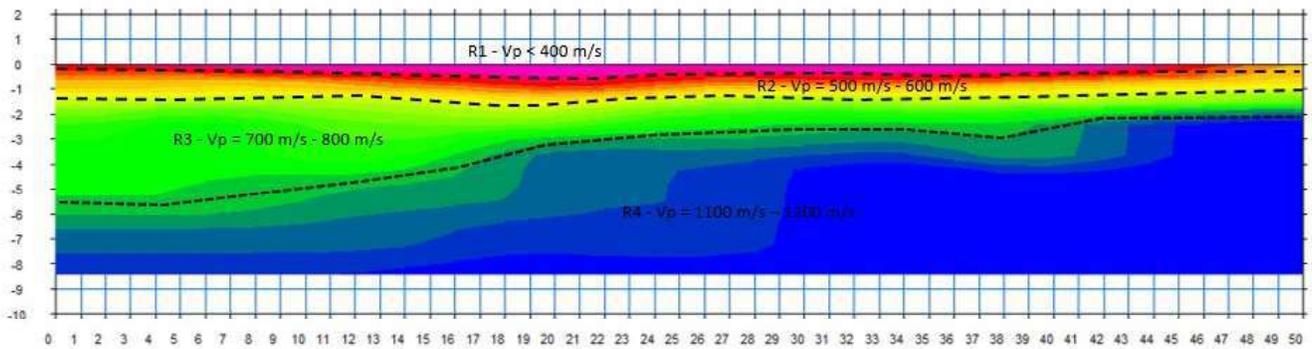


Figura 10.3: ubicazione dell'indagine sismica S3 e modello del terreno sismo-stratigrafico ottenuto con la tomografia in rifrazione



Andata = 0 m

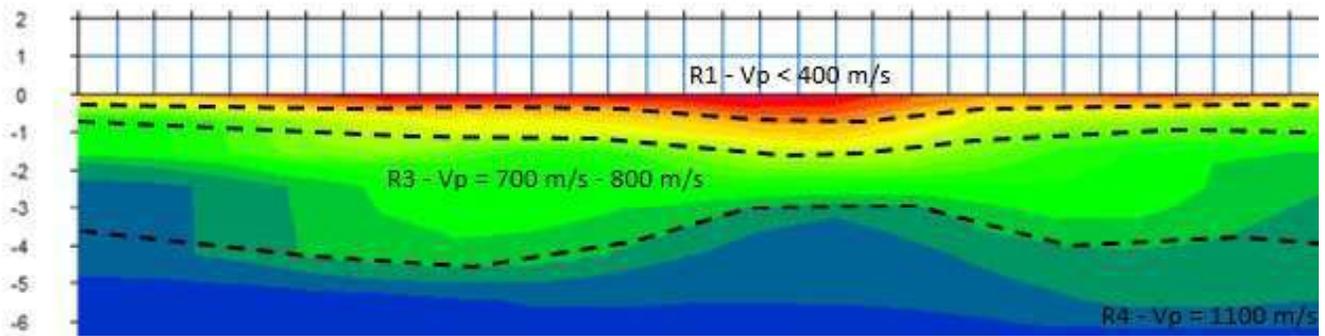


Figura 10.4: ubicazione dell'indagine sismica S4 e modello del terreno sismo-stratigrafico ottenuto con la tomografia in rifrazione



Andata = 0 m

Ritorno = 50 m

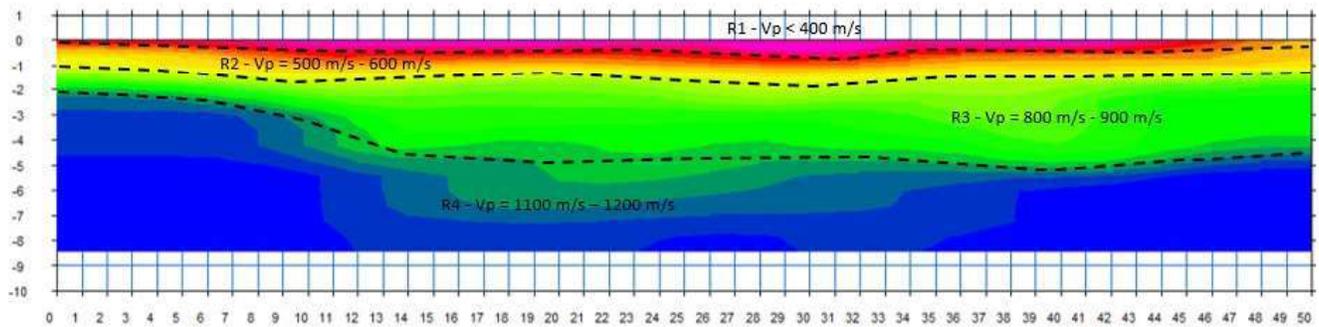


Figura 10.5: ubicazione dell'indagine sismica S5 e modello del terreno sismo-stratigrafico ottenuto con la tomografia in rifrazione

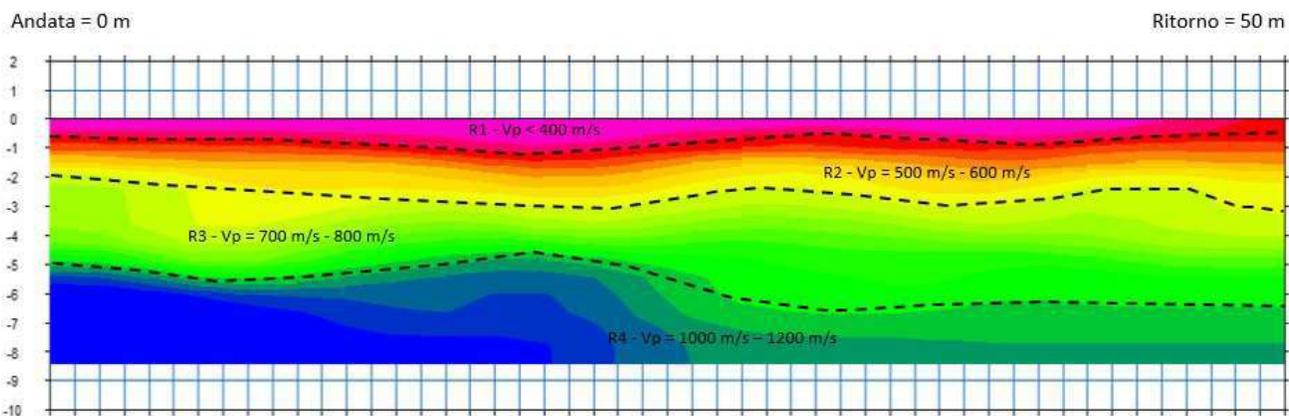


Figura 10.6: ubicazione dell'indagine sismica S6 e modello del terreno sismo-stratigrafico ottenuto con la tomografia in rifrazione



Andata = 0 m

Ritorno = 50 m

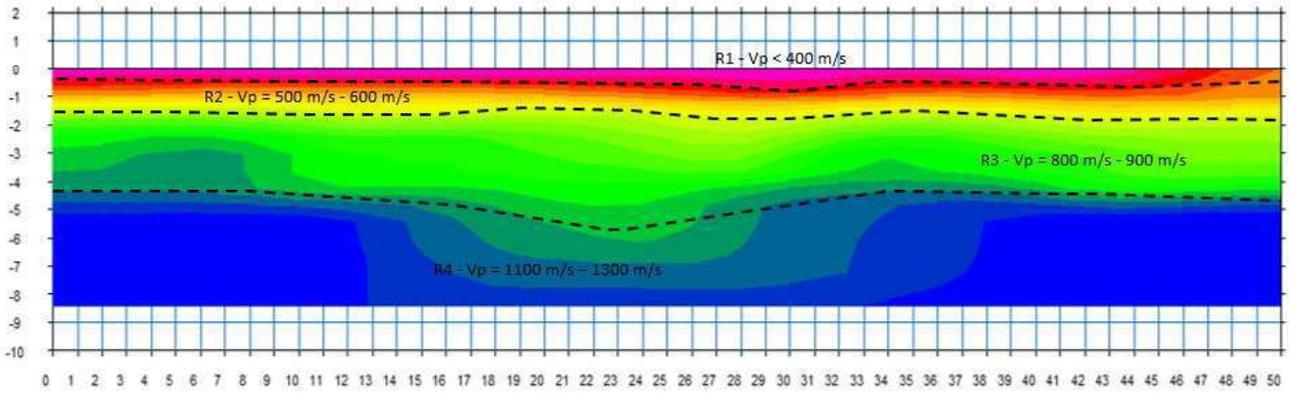


Figura 10.7: ubicazione dell'indagine sismica S7 e modello del terreno sismo-stratigrafico ottenuto con la tomografia in rifrazione

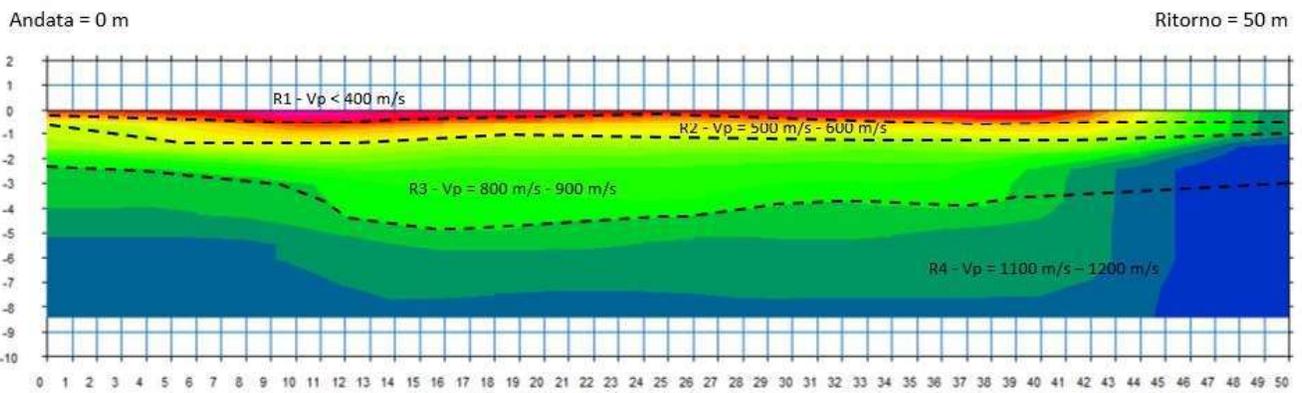


Figura 10.8: ubicazione dell'indagine sismica S8 e modello del terreno sismo-stratigrafico ottenuto con la tomografia in rifrazione

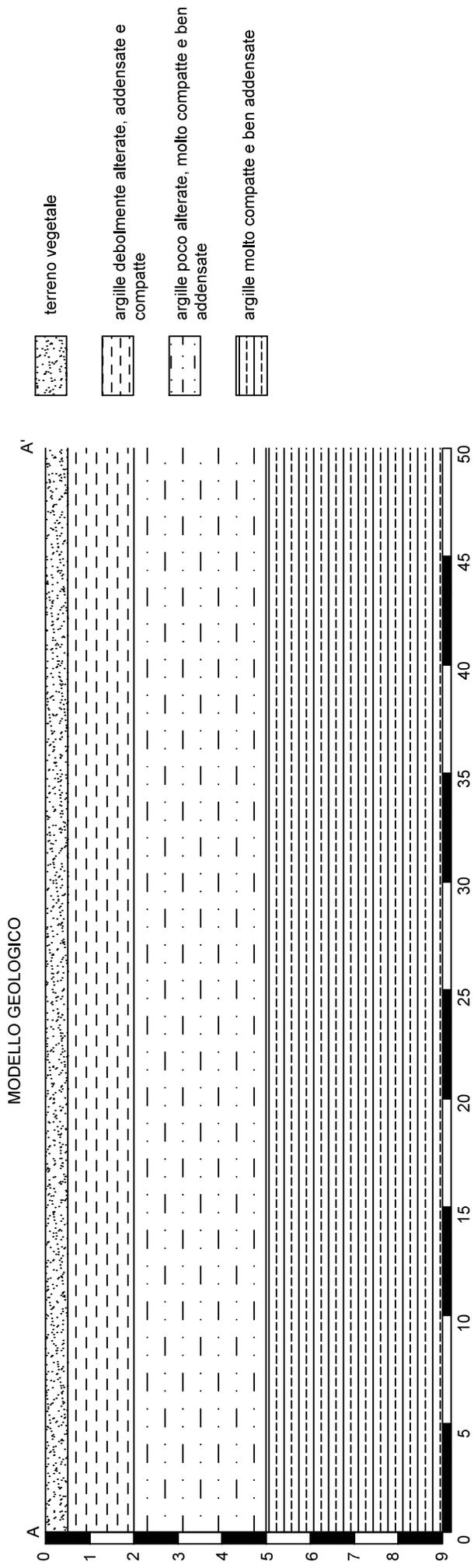


Figura 11: modello geologico di riferimento

Allegato 1

**Indagini sismiche a rifrazione e MASW per la caratterizzazione del sottosuolo di fondazione
per l'installazione di aerogeneratori**

Geologo Pellegrini Vito

Via Chiantera n.41 – 70044 Polignano a Mare (BA)

☎ 389.4391434 - 📧 geo.pellegrini@libero.it - P. IVA 07284740722



PELLEGRINI
STUDIO DI GEOLOGIA
vito.pellegrini14@gmail.com

<u>Committenti:</u> <u>RAFFAELE SASSONE</u>	<u>Incarico:</u> Indagini sismiche a rifrazione e MASW per la caratterizzazione del sottosuolo di fondazione per l'installazione di aerogeneratori
<u>Relatore:</u> <i>Geologo</i> PELLEGRINI Vito	<u>Ubicazione:</u> MATERA (MT) C.da Serra della Stella o C.da Selva
	<u>Riferimenti catastali:</u>
	<u>Coordinate geografiche (WGS84):</u> Latitudine: 40° 44' 40,00'' Nord Longitudine: 16° 30' 25,00'' Est
<u>Luogo e Data:</u>	<i>Polignano a Mare, luglio 2022</i>

Indice

<u>Premessa e inquadramento del sito di indagine</u>	<u>pag. 02</u>
<u>Premessa alle indagini sismiche</u>	<u>pag. 04</u>
Indagine sismica a rifrazione – S1	pag. 06
Indagine sismica MASW – S1	pag. 07
Allegati fotografici – S1	pag. 09
Indagine sismica a rifrazione – S2	pag. 10
Indagine sismica MASW – S2	pag. 11
Allegati fotografici – S2	pag. 13
Indagine sismica a rifrazione – S3	pag. 14
Indagine sismica MASW – S3	pag. 15
Allegati fotografici – S3	pag. 17
Indagine sismica a rifrazione – S4	pag. 18
Indagine sismica MASW – S4	pag. 19
Allegati fotografici – S4	pag. 21
Indagine sismica a rifrazione – S5	pag. 22
Indagine sismica MASW – S5	pag. 23
Allegati fotografici – S5	pag. 25
Indagine sismica a rifrazione – S6	pag. 26
Indagine sismica MASW – S6	pag. 27
Allegati fotografici – S6	pag. 29
Indagine sismica a rifrazione – S7	pag. 30
Indagine sismica MASW – S7	pag. 31
Allegati fotografici – S7	pag. 33
Indagine sismica a rifrazione – S8	pag. 34
Indagine sismica MASW – S8	pag. 35
Allegati fotografici – S8	pag. 37
<u>Moduli elasto-dinamici e caratterizzazione del terreno</u>	<u>pag. 38</u>
<u>Classificazione del suolo di fondazione</u>	<u>pag. 39</u>
<u>Ubicazione delle indagini sismiche</u>	<u>pag. 40</u>

Premessa e inquadramento del sito di indagine

Su incarico conferito allo scrivente Geologo Vito Pellegrini, iscritto all’Ordine dei Geologi della Puglia con matr. n. 777, dal Geologo Raffaele Sassone, iscritto all’Ordine dei Geologi della Puglia con matr. n. 664, è stato redatto il seguente report geofisico riguardante n. 8 indagini di tipo sismico con la tecnica della tomografia in rifrazione con onde P e con la tecnica della MASW.

Il sito di indagine, interessato dalla futura installazione di un parco eolico, è ubicato nell’agro di Matera (MT), nel territorio compreso appunto tra Matera (MT) a SE, Altamura (BA) a NE e Gravina in Puglia (BA) a NO; il sito di interesse è grossomodo ricompreso tra la S.P. n. 11 e la S.P. n. 201.

L’indagine svolta ha avuto lo scopo di ricostruire la sismo-stratigrafia dei terreni investigati e di calcolare i moduli elasto-dinamici del sottosuolo di fondazione e alcuni parametri geologico-tecnici, nonché, ha permesso di individuare la Categoria di Suolo di fondazione in ottemperanza alle vigenti normative in materia di anti-sismica (NTC2018).

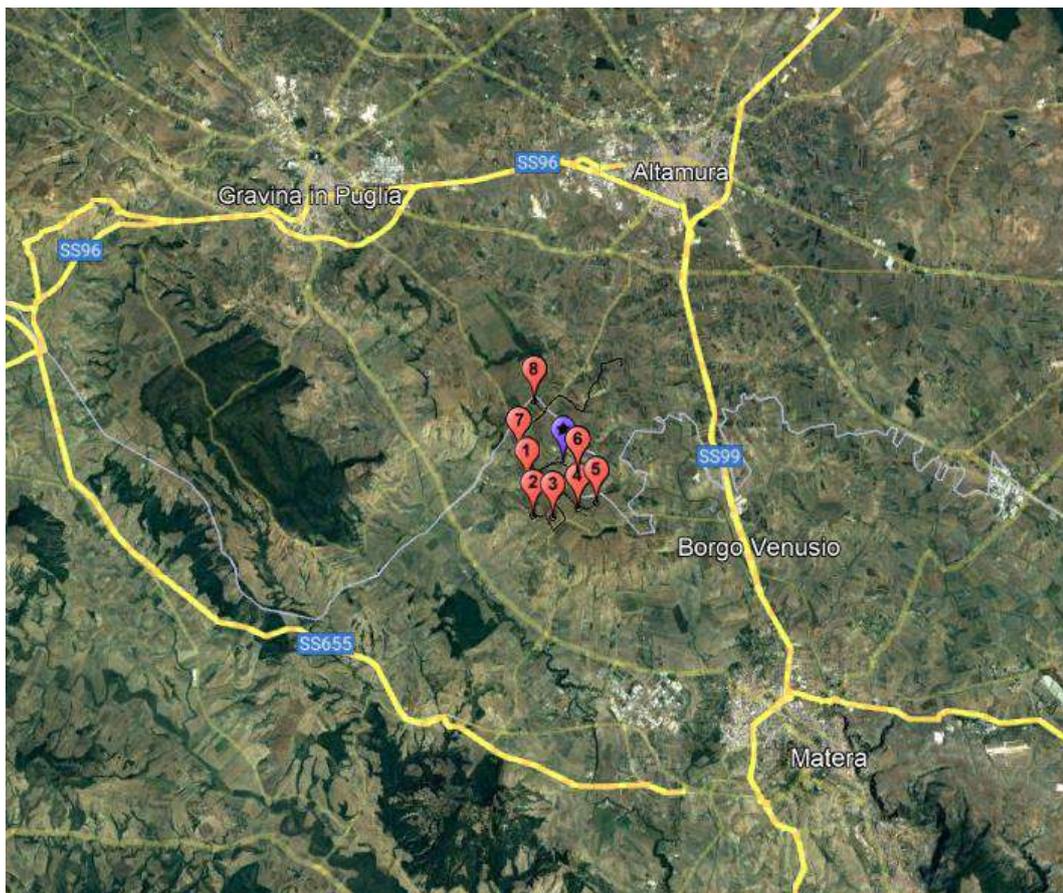


Fig. 1 – Foto aerea generale del sito investigato; segnati in rosso e numerati i siti di indagine oggetto dell’installazione degli aerogeneratori e segnato in blu il sito di installazione dell’anemometro a servizio del parco eolico e non oggetto del report.

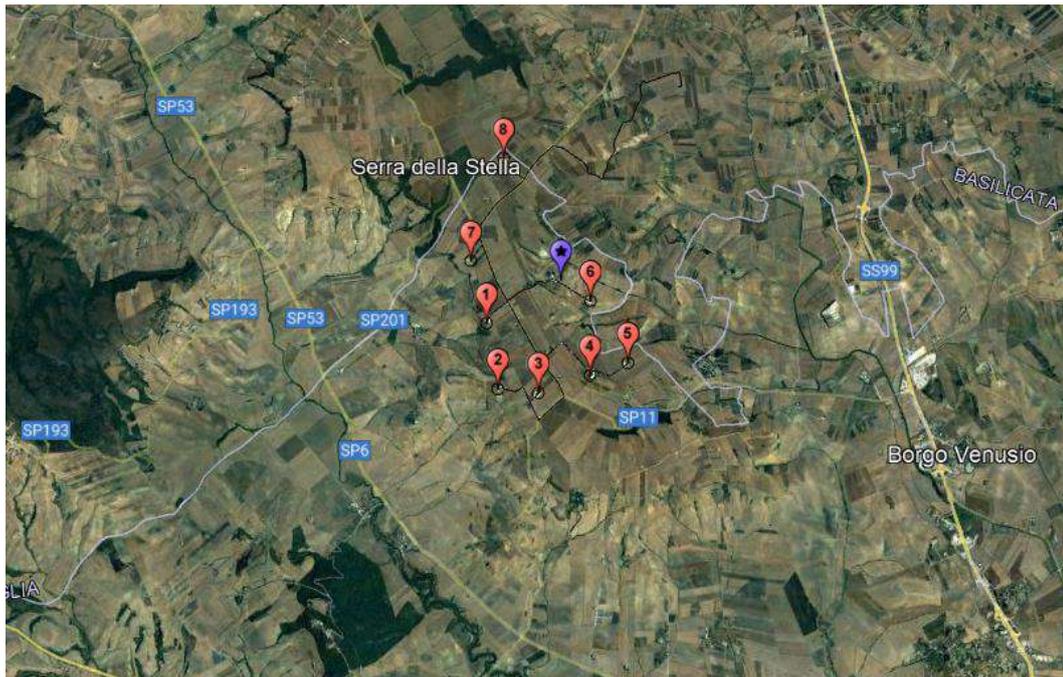


Fig. 2 – Foto aerea generale del sito investigato; segnati in rosso e numerati i siti di indagine oggetto dell'installazione degli aerogeneratori e segnato in blu il sito di installazione dell'anemometro a servizio del parco eolico e non oggetto del report.

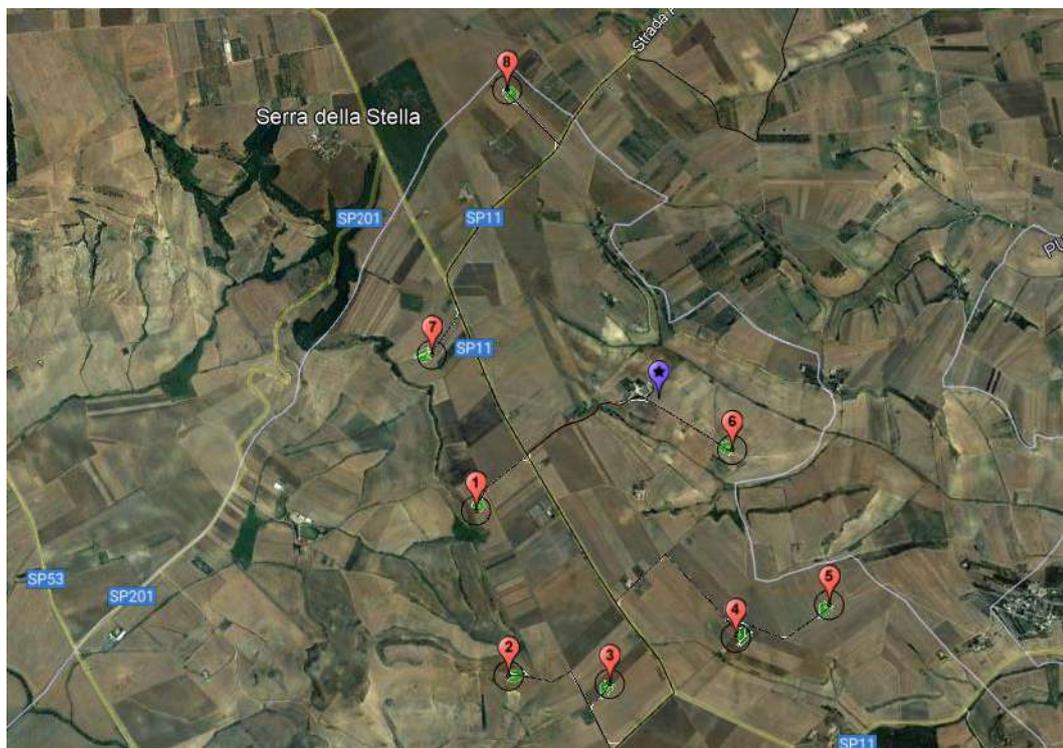


Fig. 3 – Foto aerea di dettaglio del sito investigato; segnati in rosso e numerati i siti di indagine oggetto dell'installazione degli aerogeneratori e segnato in blu il sito di installazione dell'anemometro a servizio del parco eolico e non oggetto del report.

Premessa alle indagini sismiche

Per ricostruire la sismo-stratigrafia del terreno di fondazione e per poter estrapolare i moduli elasto-dinamici e definire la categoria del suolo di fondazione, come da vigente normativa antisismica, sono state eseguite indagini sismiche con la tecnica della tomografia in rifrazione e della MASW.

Nella prospezione sismica a rifrazione si utilizza la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) per individuare gli spessori e le geometrie dei diversi sismo-strati del sottosuolo; la registrazione del segnale si ottiene con una serie di geofoni disposti a intervalli regolari lungo il profilo sismico. L'equidistanza tra i geofoni ed il loro numero sono in funzione del dettaglio e del target e con la misura dei tempi di arrivo delle onde P ai diversi geofoni si può ricostruire l'andamento e la profondità dei rifrattori. La prospezione consiste nel generare un'onda sismica di compressione attraverso una sorgente energizzante e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo fino ai geofoni; tale procedura è regolata dalle leggi di rifrazione dell'ottica cioè dal fatto che l'onda sismica si rifrange su superfici di separazione tra due materiali a densità e quindi a modulo elastico differente. Il sismografo registra l'istante di inizio della perturbazione elastica ed i tempi di primo arrivo delle onde a ciascun geofono e così è possibile osservare in fase di elaborazione i "primi arrivi" sui geofoni posti a distanze diverse e crescenti dalla sorgente energizzante; in tal modo è possibile costruire una curva tempo/distanza (dromocrona) rappresentante la variazione del minimo percorso in funzione del tempo. Attraverso questi metodi si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali (V_p) dei mezzi attraversati ed il loro spessore.

L'indagine sismica MASW consiste nel misurare anziché il tempo di primo arrivo ai geofoni l'intero segnale sismico. Le misure del moto in superficie sono elaborate per calcolare la velocità di fase apparente sperimentale delle onde di Rayleigh (curva di dispersione sperimentale) in sito e successivamente determinare il profilo di velocità delle onde di taglio V_s attraverso un processo di inversione. Il metodo consiste nell'assumere un profilo di velocità iniziale di primo tentativo e attraverso un opportuno programma di elaborazione dati calcolare la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh corrispondente al profilo stratigrafico di velocità ipotizzato (curva di dispersione teorica). Dal confronto tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica è possibile modificare opportunamente gli spessori e le velocità del modello per minimizzare la distanza tra le due curve.

Il processo di identificazione e modellazione del terreno si conclude quando si raggiunge una sovrapposizione ottimale fra la curva sperimentale misurata in sito e la curva teorica elaborata con il software; infine, con il parametro V_{Seq} (NTC2018) si individua la categoria del suolo di fondazione.

Le indagini sono state condotte con il sismografo A6000/SE della MAE S.R.L. che ha la possibilità di stack degli impulsi sismici e di utilizzo di filtri analogici e digitali programmabili, di guadagno verticale del segnale e una sensibilità tra 6 decibel e 92 decibel, infine, permette di registrare dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit. Per il caso specifico, sono stati adoperati geofoni verticali per onde P con una frequenza pari a 4,5 Hz e un sistema di energizzazione adeguato alla lunghezza dello stendimento e costituito da un martello lasciato cadere con violenza su una piastra metallica appoggiata al suolo.

Nel nostro caso l'indagine è stata eseguita sempre con 24 geofoni verticali con spaziatura di 2 m per una lunghezza di 50 m e con 6 punti di scoppio alle progressive 0 m, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m e 50 m. L'ubicazione dei singoli stendimenti è stata praticamente sempre circa centrale all'impronta di fondazione degli aerogeneratori.

Per quanto concerne la natura del sottosuolo nei siti di interventi ci si è basati sui dati geologici ufficiali, ossia, su quanto riportato in affioramento secondo la Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 per il Foglio n. 189 denominato "Altamura" (Fig. 4) benché per alcuni siti vi sia una incertezza legata alla larga scala della cartografia disponibile e ci si è avvalsi anche del rilevamento in sito per il riconoscimento, laddove possibile, della natura dei terreni.

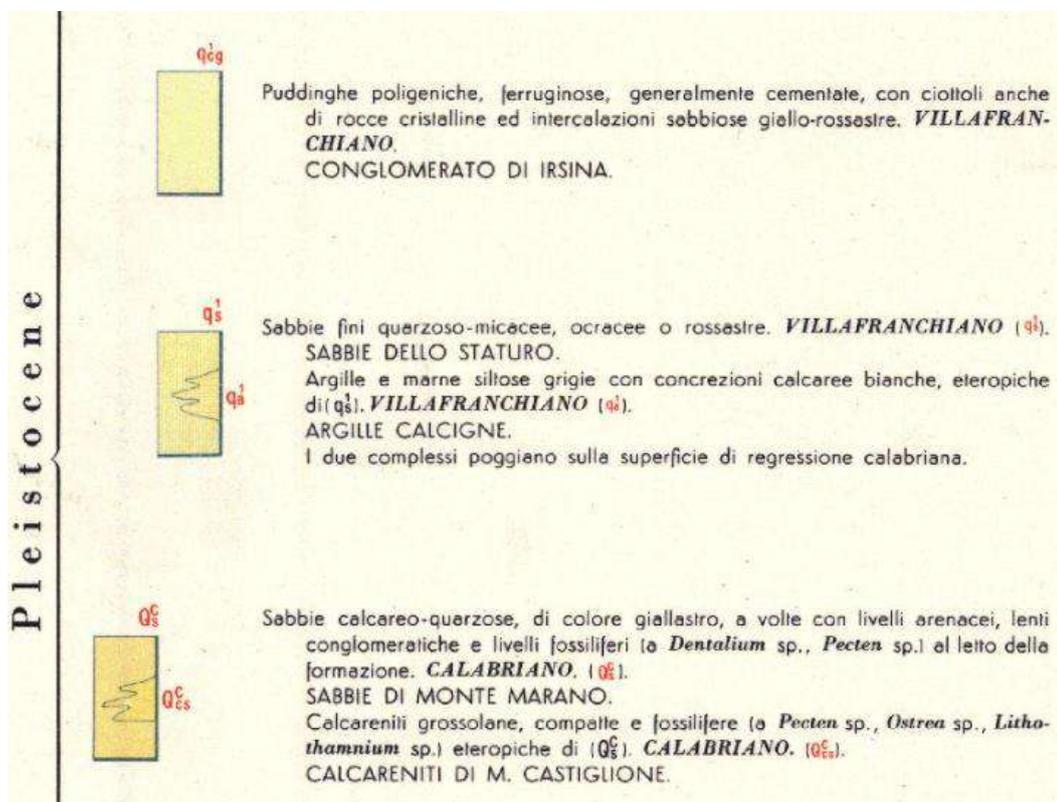


Fig. 4 – Stralcio della Legenda del Foglio n. 189 "Altamura" con le Formazioni affioranti.

Indagine sismica a rifrazione – S1

Per definire la successione stratigrafica del terreno investigato, la profondità dei diversi rifrattori presenti e per poter successivamente ricavare, anche grazie alla MASW, le caratteristiche elasto-dinamiche del terreno di fondazione, è stata eseguita una indagine sismica con la tecnica della rifrazione in onde P. Con la sismica a rifrazione è stato possibile individuare i rifrattori presenti nel terreno esaminato, individuando i tempi dei *primi arrivi* delle onde P prodotte da una massa battente di 8 kg su di una piastra in lega d'alluminio. L'elaborazione tomografica del segnale rifratto ha permesso di investigare il terreno fino a circa 8-9 m dal p.c., ottenendo il modello geofisico del terreno di seguito riportato:

R1: il primo rifratore ha uno spessore di qualche decimetro e con V_p minori di 400 m/s è associabile terreno vegetale aerato e alla porzione superficiale dei depositi sciolti molto poco addensati e di conseguenza anch'essi aerati.

R2: il secondo rifratore si ritrova fino a una profondità pari a circa 1 m dal p.c. con un rifratore regolare e piano; con V_p tra 500 m/s e 600 m/s è associabile a depositi sciolti poco addensati e poco compatti.

R3: il terzo rifratore si ritrova fino a una profondità pari a circa 1 m dal p.c. con un rifratore alquanto irregolare; con V_p tra 800 m/s e 900 m/s è correlabile con depositi sciolti da poco a mediamente addensati.

R4: è il semi-spazio di chiusura del modello geofisico e con V_p pari a 1100 m/s – 1200 m/s è correlabile con depositi sciolti mediamente addensati.

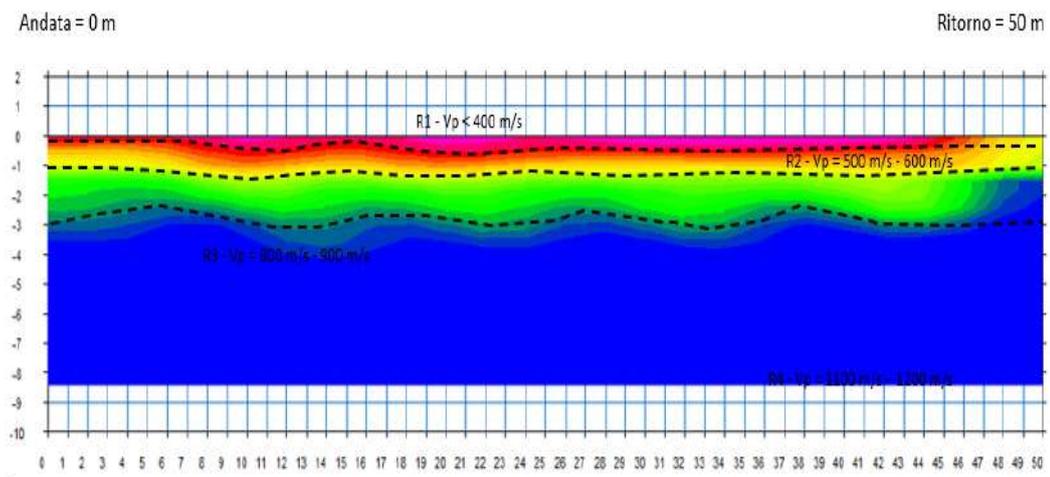


Fig. 5 – Modello del terreno sismo-stratigrafico ottenuto con la tomografia in rifrazione.

Indagine sismica MASW – S1

Attraverso l'indagine MASW è stato possibile ricostruire la colonna di velocità di taglio (onde S) e determinare il parametro V_{seq} secondo la normativa vigente, ovvero, è stato calcolato il parametro V_{s30} quando il bedrock (substrato rigido con V_s maggiori o uguali a 800 m/s) è risultato più profondo rispetto ai 30 m dal p.c. delle indagini.

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si erano concentrati sulla propagazione delle onde profonde considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità. Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. In pratica l'analisi di Fourier è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio $f-k$ è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

L'indagine MASW ha avuto i seguenti parametri:

- Numero tracce: 24
- Numero di scoppi mediati per la traccia d'acquisizione: 3
- Inter-distanza dei geofoni: 2 m
- Frequenza dei geofoni: 4,5 Hz / verticali
- Durata acquisizione: 2 s
- Intervallo acquisizione per l'elaborazione: 1 s
- Periodo di campionamento: 2 ms
- Frequenza di elaborazione: 4,5 Hz - 60 Hz
- Velocità minima di elaborazione: 1 m/s
- Velocità massima di elaborazione: 1000 m/s
- Intervallo di velocità: 1 m/s

L'indagine MASW eseguita nel sito di interesse ha permesso di ricostruire il seguente profilo delle velocità delle onde S (V_s) con la profondità che si mostra in progressivo aumento nel sottosuolo: dal p.c. a 0,5 m la V_s è di 120 m/s; da 0,5 m a 1,5 m la V_s è di 170 m/s; da 1,5 m a 3,7 m la V_s è di 190 m/s; da 3,7 m a 9,8 m la V_s è di 260 m/s, da 9,8 m a 13 m la V_s è di 280 m/s, da 13 m a 17 m la V_s è di 310, infine, dai 17 m ai 24 la V_s è di 370 m/s e fino ai 30 m la V_s è di 400 m/s.

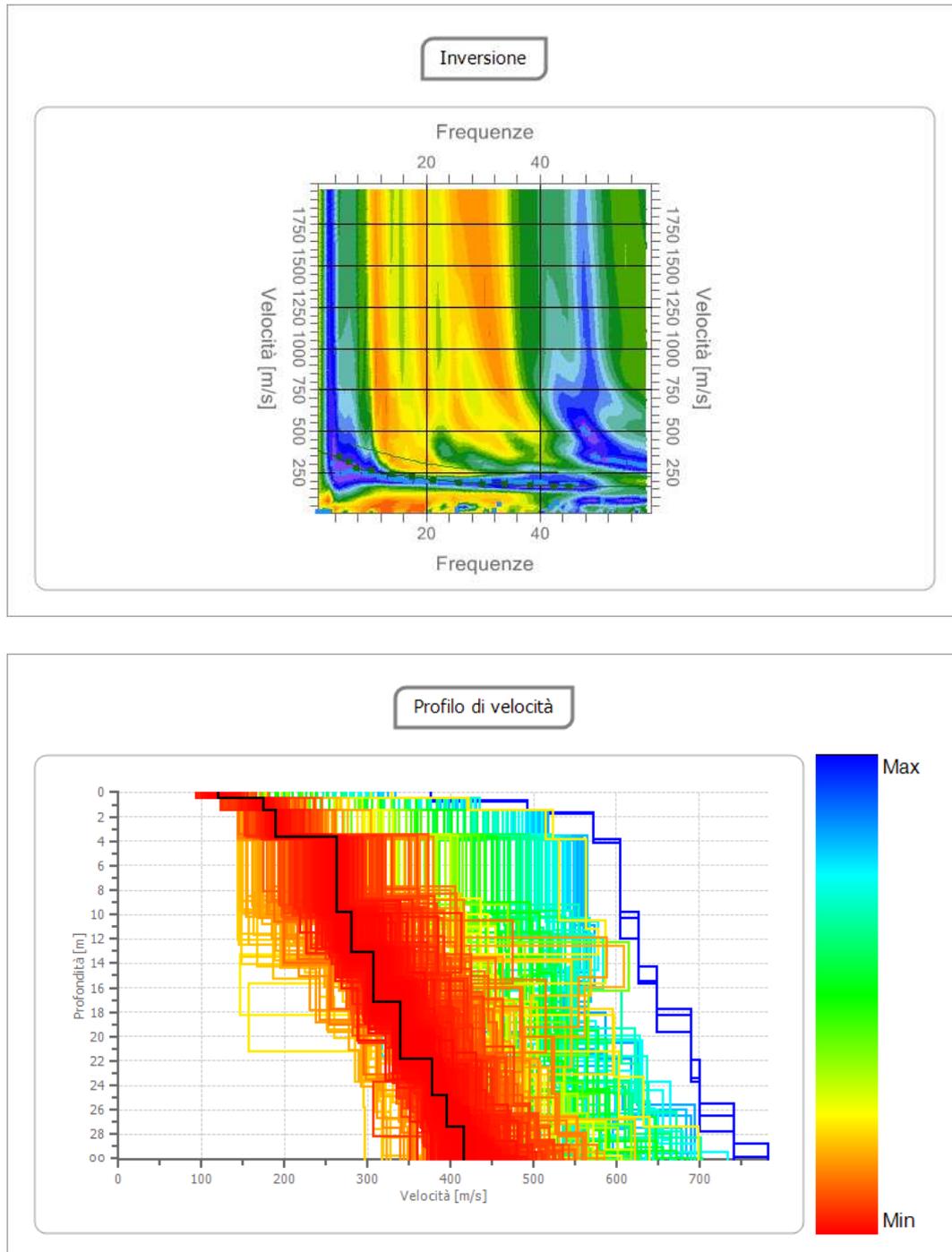


Fig. 6 – Profilo profondità/ V_s della indagine MASW eseguita nel sito di interesse.

Allegati fotografici – S1



Foto 1 e Foto 2 – Vista dello stendimento sismico S1 e della strumentazione utilizzata.

Indagine sismica a rifrazione – S2

Per definire la successione stratigrafica del terreno investigato, la profondità dei diversi rifrattori presenti e per poter successivamente ricavare, anche grazie alla MASW, le caratteristiche elasto-dinamiche del terreno di fondazione, è stata eseguita una indagine sismica con la tecnica della rifrazione in onde P. Con la sismica a rifrazione è stato possibile individuare i rifrattori presenti nel terreno esaminato, individuando i tempi dei *primi arrivi* delle onde P prodotte da una massa battente di 8 kg su di una piastra in lega d'alluminio. L'elaborazione tomografica del segnale rifratto ha permesso di investigare il terreno fino a circa 8-9 m dal p.c., ottenendo il modello geofisico del terreno di seguito riportati:

- R1:** il primo rifratore ha uno spessore di qualche decimetro e con V_p minori di 400 m/s è associabile terreno vegetale aerato e alla porzione superficiale dei depositi sciolti molto poco addensati e di conseguenza anch'essi aerati.
- R2:** il secondo rifratore si ritrova fino a una profondità pari a circa 1 m dal p.c. con punte fino a 1,5 m e con un rifratore regolare; con V_p tra 500 m/s e 600 m/s è associabile a depositi sciolti poco addensati e poco compatti.
- R3:** il terzo rifratore si ritrova a una profondità pari a valori massimi di circa 5-6 m dal p.c. e a valori minimi di 3 m dal p.c. tra le progressive 12-36 m circa; con V_p tra 800 m/s e 900 m/s è correlabile con depositi sciolti da poco a mediamente addensati.
- R4:** è il semi-spazio di chiusura del modello geofisico e con V_p pari a 1100 m/s – 1200 m/s è correlabile con depositi sciolti mediamente addensati.

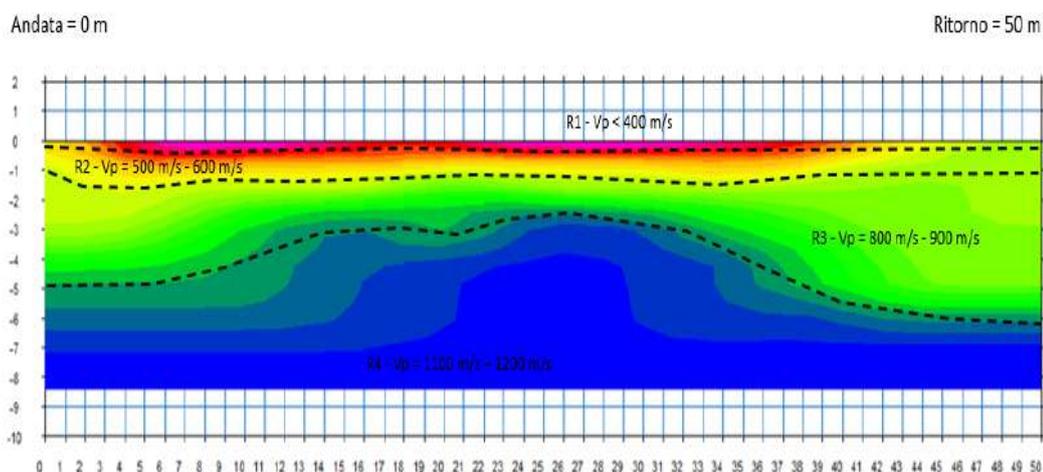


Fig. 7 – Modello del terreno sismo-stratigrafico ottenuto con la tomografia in rifrazione.

Indagine sismica MASW – S2

Attraverso l'indagine MASW è stato possibile ricostruire la colonna di velocità di taglio (onde S) e determinare il parametro V_{seq} secondo la normativa vigente, ovvero, è stato calcolato il parametro V_{s30} quando il bedrock (substrato rigido con V_s maggiori o uguali a 800 m/s) è risultato più profondo rispetto ai 30 m dal p.c. delle indagini.

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si erano concentrati sulla propagazione delle onde profonde considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità. Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. In pratica l'analisi di Fourier è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio $f-k$ è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

L'indagine MASW ha avuto i seguenti parametri:

- Numero tracce: 24
- Numero di scoppi mediati per la traccia d'acquisizione: 3
- Inter-distanza dei geofoni: 2 m
- Frequenza dei geofoni: 4,5 Hz / verticali
- Durata acquisizione: 2 s
- Intervallo acquisizione per l'elaborazione: 1 s
- Periodo di campionamento: 2 ms
- Frequenza di elaborazione: 4,5 Hz - 60 Hz
- Velocità minima di elaborazione: 1 m/s
- Velocità massima di elaborazione: 1000 m/s
- Intervallo di velocità: 1 m/s

L'indagine MASW eseguita nel sito di interesse ha permesso di ricostruire il seguente profilo delle velocità delle onde S (V_s) con la profondità che si mostra in progressivo aumento nel sottosuolo: dal p.c. a 0,5 m dal p.c. la V_s è di 120 m/s; da 0,5 m a 1,5 m dal p.c. la V_s è di 160 m/s; da 1,5 m a 3,6 m dal p.c. la V_s è di 300 m/s; da 3,6 m a 11,4 m dal p.c. la V_s è di 320 m/s, infine, dagli 11,4 m dal p.c. ai 30 m dal p.c. la V_s è di 350 m/s.

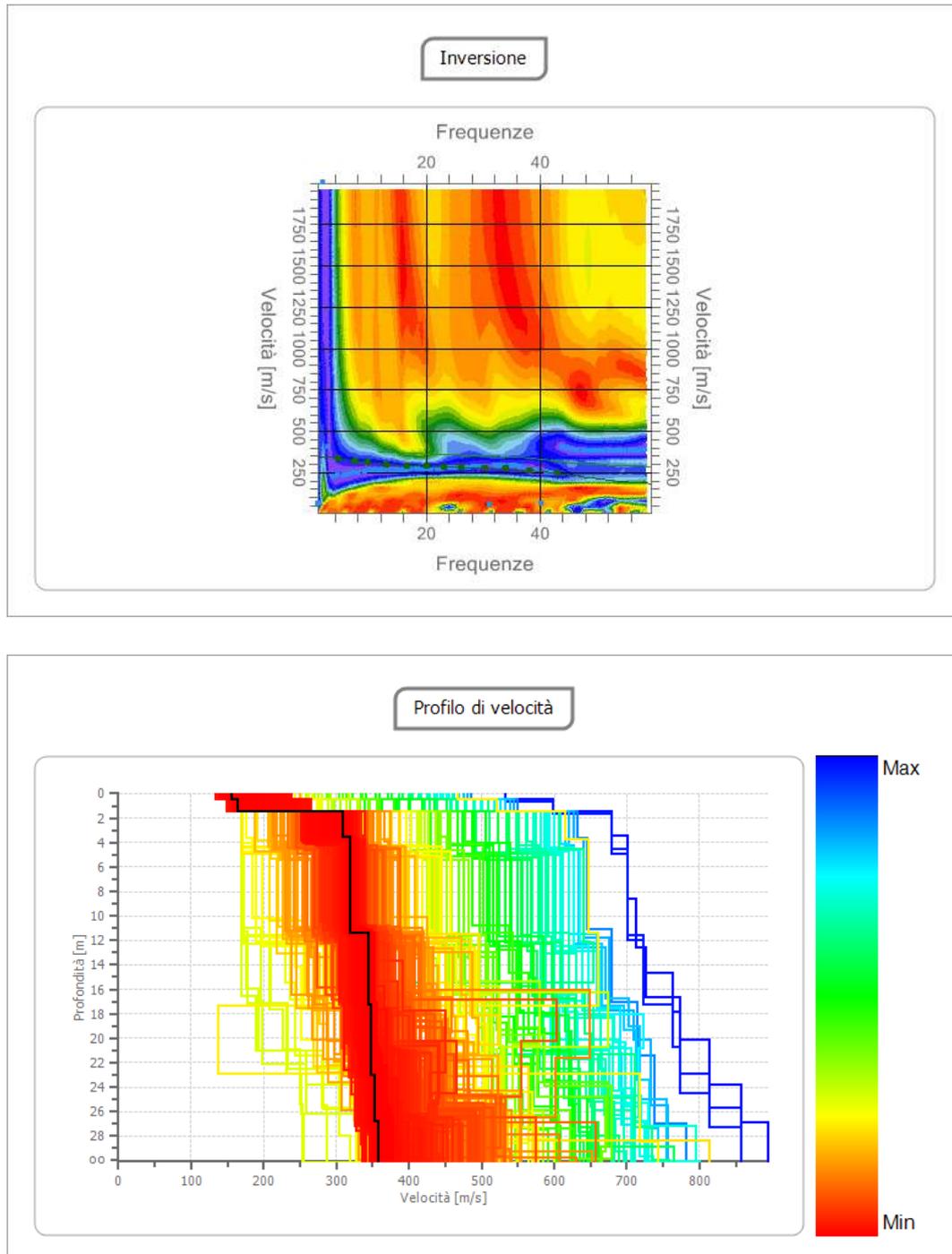


Fig. 8 – Profilo profondità/ V_s della indagine MASW eseguita nel sito di interesse.

Allegati fotografici – S2



Foto 3 e Foto 4 – Vista dello stendimento sismico S2 e della strumentazione utilizzata.

Indagine sismica a rifrazione – S3

Per definire la successione stratigrafica del terreno investigato, la profondità dei diversi rifrattori presenti e per poter successivamente ricavare, anche grazie alla MASW, le caratteristiche elasto-dinamiche del terreno di fondazione, è stata eseguita una indagine sismica con la tecnica della rifrazione in onde P. Con la sismica a rifrazione è stato possibile individuare i rifrattori presenti nel terreno esaminato, individuando i tempi dei *primi arrivi* delle onde P prodotte da una massa battente di 8 kg su di una piastra in lega d'alluminio. L'elaborazione tomografica del segnale rifratto ha permesso di investigare il terreno fino a circa 8-9 m dal p.c., ottenendo il modello geofisico del terreno di seguito riportati:

R1: il primo rifrattore ha uno spessore compreso tra qualche decimetro e 0,5 m circa con V_p minori di 400 m/s è associabile terreno vegetale aerato e alla porzione superficiale dei depositi sciolti molto poco addensati.

R2: il secondo rifrattore si ritrova fino a una profondità pari a circa 1-1,5 m dal p.c. e con un rifrattore regolare; le V_p sono comprese tra 500 m/s e 600 m/s ed è associabile a depositi sciolti poco addensati e poco compatti.

R3: il terzo rifrattore si ritrova a una profondità variabile tra 5-6 m verso l'andata e 2 m verso il ritorno con una evidente superficializzazione dalla progressiva 5 m circa; con V_p tra 700 m/s e 800 m/s è correlabile con depositi sciolti da poco a mediamente addensati.

R4: è il semi-spazio di chiusura del modello geofisico e con V_p pari a 1000 m/s – 1100 m/s è correlabile con depositi sciolti mediamente addensati.

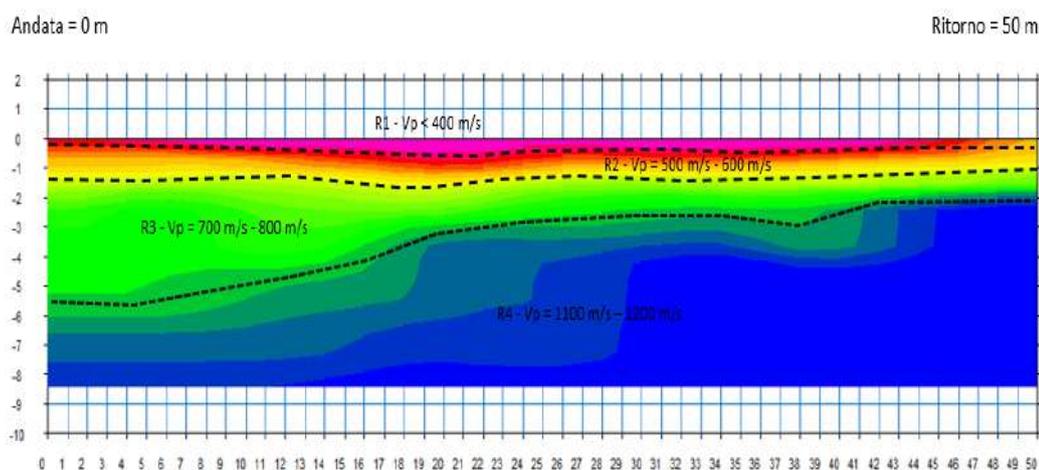


Fig. 9 – Modello del terreno sismo-stratigrafico ottenuto con la tomografia in rifrazione.

Indagine sismica MASW – S3

Attraverso l'indagine MASW è stato possibile ricostruire la colonna di velocità di taglio (onde S) e determinare il parametro V_{seq} secondo la normativa vigente, ovvero, è stato calcolato il parametro V_{s30} quando il bedrock (substrato rigido con V_s maggiori o uguali a 800 m/s) è risultato più profondo rispetto ai 30 m dal p.c. delle indagini.

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si erano concentrati sulla propagazione delle onde profonde considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità. Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. In pratica l'analisi di Fourier è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio $f-k$ è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

L'indagine MASW ha avuto i seguenti parametri:

- Numero tracce: 24
- Numero di scoppi mediati per la traccia d'acquisizione: 3
- Inter-distanza dei geofoni: 2 m
- Frequenza dei geofoni: 4,5 Hz / verticali
- Durata acquisizione: 2 s
- Intervallo acquisizione per l'elaborazione: 1 s
- Periodo di campionamento: 2 ms
- Frequenza di elaborazione: 4,5 Hz - 60 Hz
- Velocità minima di elaborazione: 1 m/s
- Velocità massima di elaborazione: 1000 m/s
- Intervallo di velocità: 1 m/s

L'indagine MASW eseguita nel sito di interesse ha permesso di ricostruire il seguente profilo delle velocità delle onde S (V_s) con la profondità che si mostra in progressivo aumento nel sottosuolo: dal p.c. a 0,5 m la V_s è di 150 m/s, fino a 1,5 m di profondità la V_s è 200 m/s, fino a 4,3 m la V_s è di 210 m/s, fino a 10,2 m la V_s è di 230 m/s, fino a 12 m/s la V_s arriva a valori di 260 m/s, infine, ai 18 m di profondità la V_s è di 320 m/s, dai 18 m ai 23 m è di 330 m/s e ai 30 m è 340 m/s.

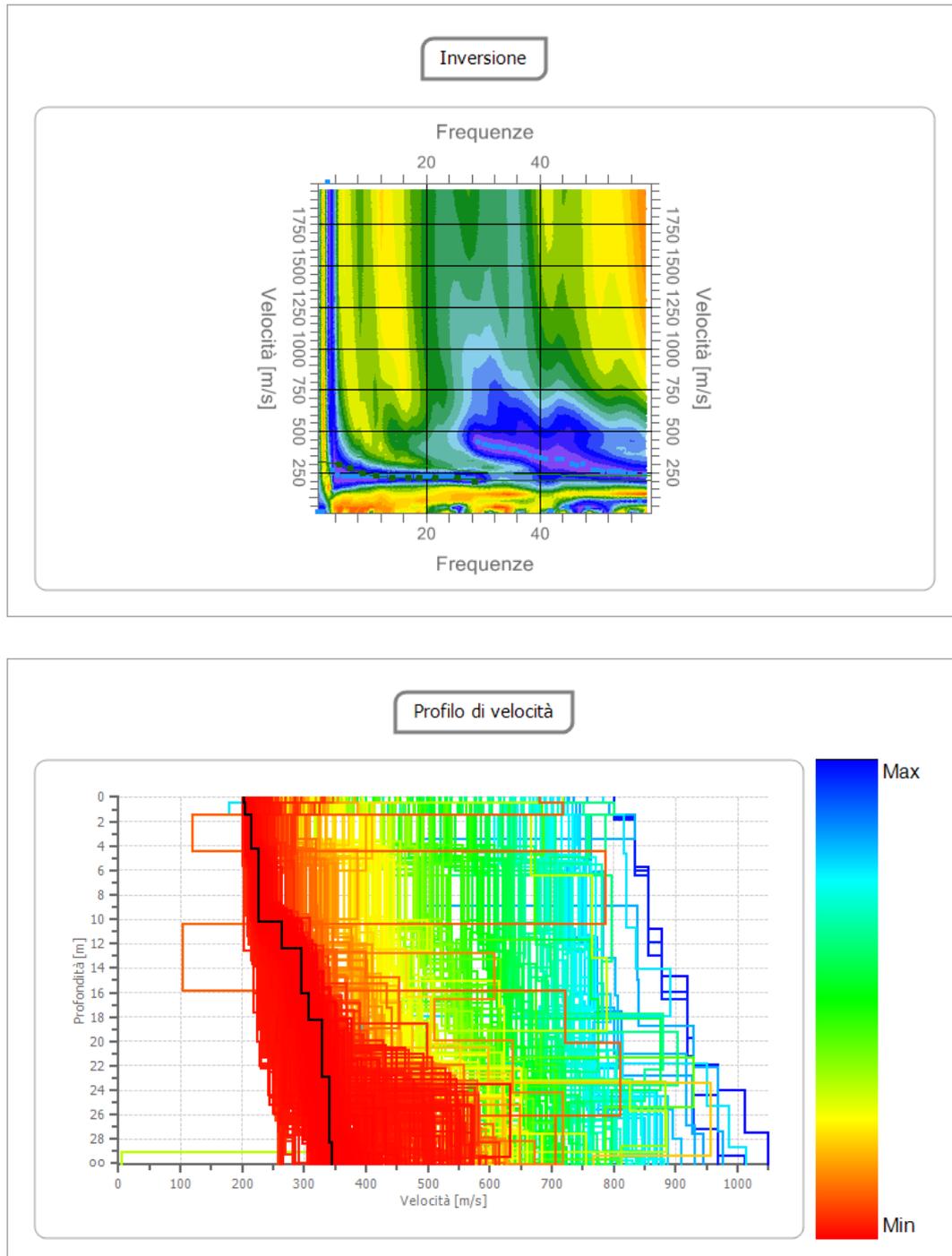


Fig. 10 – Profilo profondità/ V_s della indagine MASW eseguita nel sito di interesse.

Allegati fotografici – S3



Foto 5 e Foto 6 – Vista dello standimento sismico S3 e della strumentazione utilizzata.

Indagine sismica a rifrazione – S4

Per definire la successione stratigrafica del terreno investigato, la profondità dei diversi rifrattori presenti e per poter successivamente ricavare, anche grazie alla MASW, le caratteristiche elasto-dinamiche del terreno di fondazione, è stata eseguita una indagine sismica con la tecnica della rifrazione in onde P. Con la sismica a rifrazione è stato possibile individuare i rifrattori presenti nel terreno esaminato, individuando i tempi dei *primi arrivi* delle onde P prodotte da una massa battente di 8 kg su di una piastra in lega d'alluminio. L'elaborazione tomografica del segnale rifratto ha permesso di investigare il terreno fino a circa 8-9 m dal p.c., ottenendo il modello geofisico del terreno di seguito riportati:

R1: il primo rifrattore ha uno spessore di qualche decimetro e con V_p minori di 400 m/s è associabile terreno vegetale aerato e alla porzione superficiale dei depositi sciolti molto poco addensati e di conseguenza anch'essi aerati.

R2: il secondo rifrattore si ritrova fino a una profondità pari a circa 1 m dal p.c. e con un rifrattore circa regolare; con V_p tra 500 m/s e 600 m/s è associabile a depositi sciolti poco addensati e poco compatti.

R3: il terzo rifrattore si ritrova fino a una profondità di circa 3-4 m dal p.c. e mostra un rifrattore alquanto irregolare con approfondimenti e superficializzazioni; con V_p tra 700 m/s e 800 m/s è correlabile con depositi sciolti da poco a mediamente addensati.

R4: è il semi-spazio di chiusura del modello geofisico e con V_p pari a 1100 m/s – 1200 m/s è correlabile con depositi sciolti mediamente addensati.

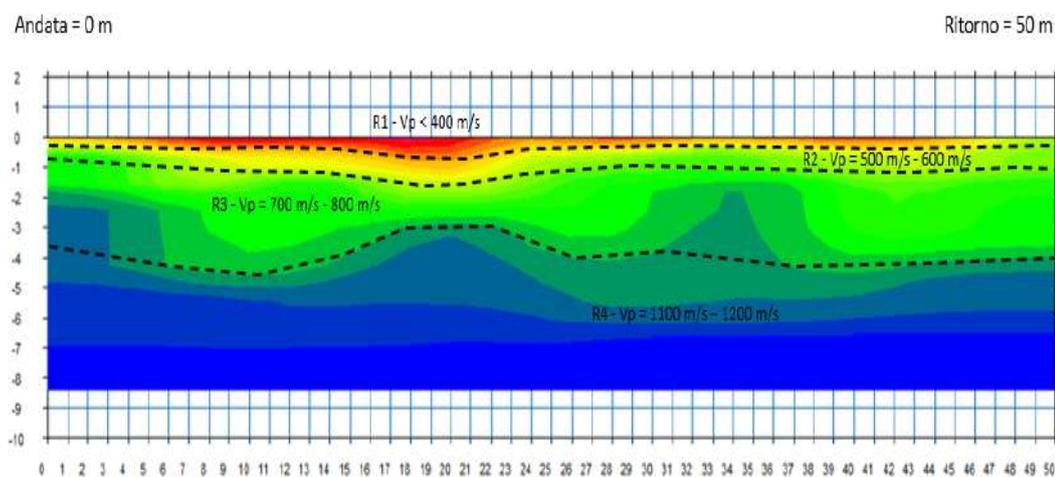


Fig. 11 – Modello del terreno sismo-stratigrafico ottenuto con la tomografia in rifrazione.

Indagine sismica MASW – S4

Attraverso l'indagine MASW è stato possibile ricostruire la colonna di velocità di taglio (onde S) e determinare il parametro V_{seq} secondo la normativa vigente, ovvero, è stato calcolato il parametro V_{s30} quando il bedrock (substrato rigido con V_s maggiori o uguali a 800 m/s) è risultato più profondo rispetto ai 30 m dal p.c. delle indagini.

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si erano concentrati sulla propagazione delle onde profonde considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità. Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. In pratica l'analisi di Fourier è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio $f-k$ è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

L'indagine MASW ha avuto i seguenti parametri:

- Numero tracce: 24
- Numero di scoppi mediati per la traccia d'acquisizione: 3
- Inter-distanza dei geofoni: 2 m
- Frequenza dei geofoni: 4,5 Hz / verticali
- Durata acquisizione: 2 s
- Intervallo acquisizione per l'elaborazione: 1 s
- Periodo di campionamento: 2 ms
- Frequenza di elaborazione: 4,5 Hz - 60 Hz
- Velocità minima di elaborazione: 1 m/s
- Velocità massima di elaborazione: 1000 m/s
- Intervallo di velocità: 1 m/s

L'indagine MASW eseguita nel sito di interesse ha permesso di ricostruire il seguente profilo delle velocità delle onde S (V_s) con la profondità che si mostra in progressivo aumento nel sottosuolo: dal p.c. a 0,5 m dal p.c. la V_s è di 150 m/s; da 10,5 m a 1 m dal p.c. la V_s è di 220 m/s; da 1 m a 3 m dal p.c. la V_s è di 260 m/s; da 3 m a 19,5 m dal p.c. la V_s è di 290 m/s, infine, dai 19,5 m dal p.c. fino ai 30 m di profondità la V_s è di 310 m/s.

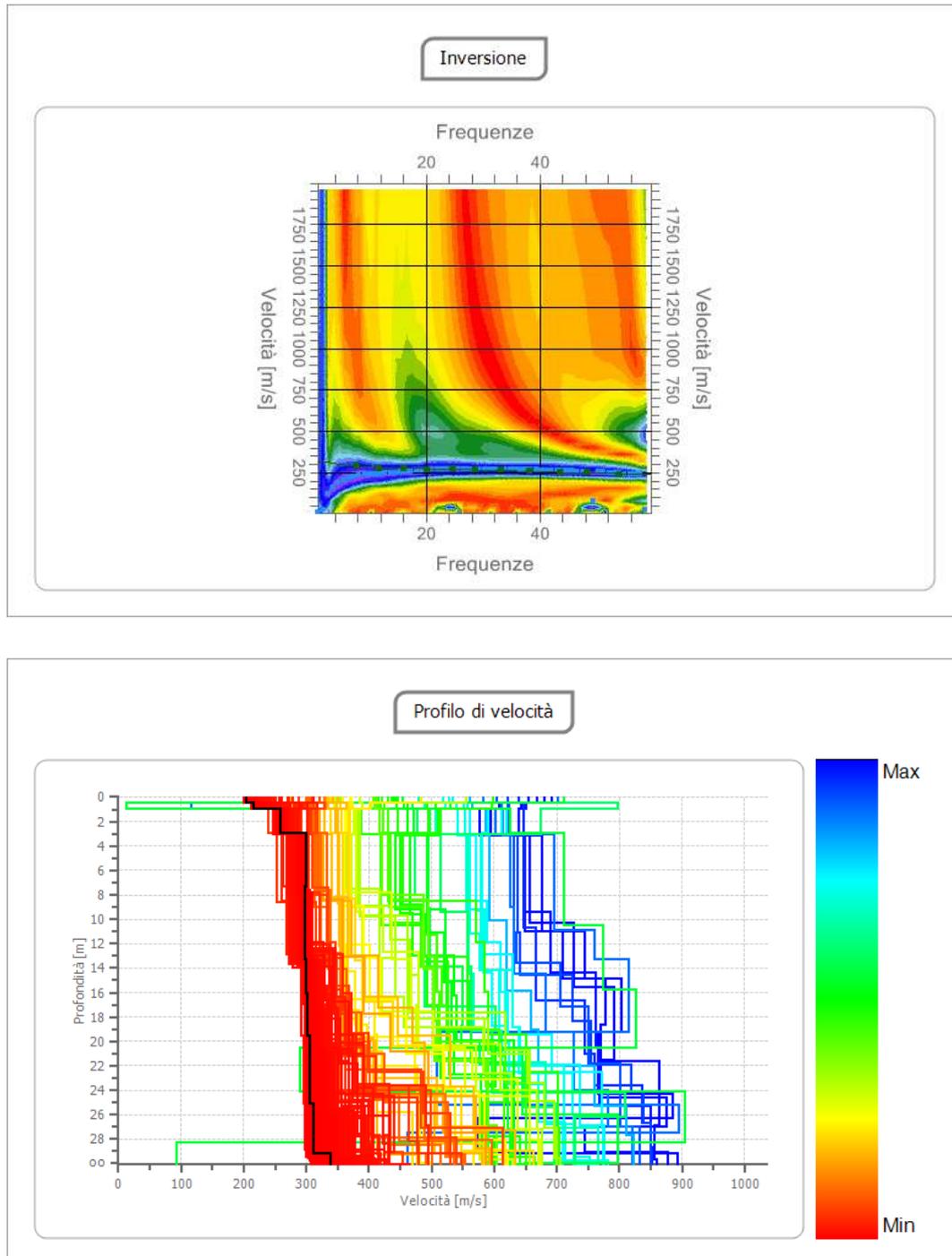


Fig. 12 – Profilo profondità/ V_s della indagine MASW eseguita nel sito di interesse.

Allegati fotografici – S4



Foto 7 e Foto 8 – Vista dello stendimento sismico S4 e della strumentazione utilizzata.

Indagine sismica a rifrazione – S5

Per definire la successione stratigrafica del terreno investigato, la profondità dei diversi rifrattori presenti e per poter successivamente ricavare, anche grazie alla MASW, le caratteristiche elasto-dinamiche del terreno di fondazione, è stata eseguita una indagine sismica con la tecnica della rifrazione in onde P. Con la sismica a rifrazione è stato possibile individuare i rifrattori presenti nel terreno esaminato, individuando i tempi dei *primi arrivi* delle onde P prodotte da una massa battente di 8 kg su di una piastra in lega d'alluminio. L'elaborazione tomografica del segnale rifratto ha permesso di investigare il terreno fino a circa 8-9 m dal p.c., ottenendo il modello geofisico del terreno di seguito riportati:

R1: il primo rifrattore ha uno spessore di qualche decimetro e con V_p minori di 400 m/s è associabile terreno vegetale aerato e alla porzione superficiale dei depositi sciolti molto poco addensati e di conseguenza anch'essi aerati.

R2: il secondo rifrattore si ritrova fino a una profondità pari a circa 1 – 1,5 m dal p.c. e con un rifrattore circa regolare; con V_p tra 500 m/s e 600 m/s è associabile a depositi sciolti poco addensati e poco compatti.

R3: il terzo rifrattore si ritrova a una profondità di 2 m dal p.c. tra le progressive 0 m e 7-8 m con un approfondimento a circa 4-5 m dal p.c. fino alla progressiva 50 m; con V_p tra 800 m/s e 900 m/s è correlabile con depositi sciolti da poco a mediamente addensati.

R4: è il semi-spazio di chiusura del modello geofisico e con V_p pari a 1100 m/s – 1200 m/s è correlabile con depositi sciolti mediamente addensati.

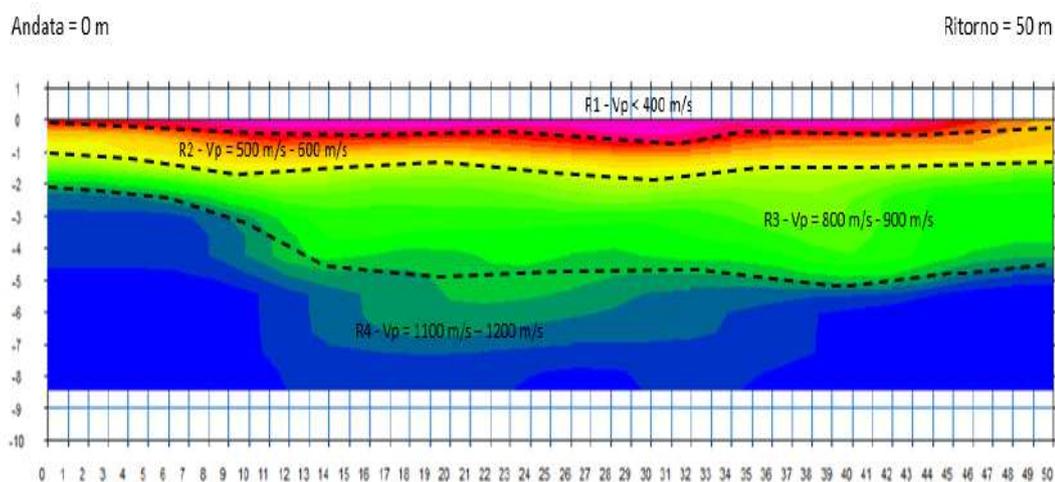


Fig. 13 – Modello del terreno sismo-stratigrafico ottenuto con la tomografia in rifrazione.

Indagine sismica MASW – S5

Attraverso l'indagine MASW è stato possibile ricostruire la colonna di velocità di taglio (onde S) e determinare il parametro V_{seq} secondo la normativa vigente, ovvero, è stato calcolato il parametro V_{s30} quando il bedrock (substrato rigido con V_s maggiori o uguali a 800 m/s) è risultato più profondo rispetto ai 30 m dal p.c. delle indagini.

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si erano concentrati sulla propagazione delle onde profonde considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità. Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. In pratica l'analisi di Fourier è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio $f-k$ è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

L'indagine MASW ha avuto i seguenti parametri:

- Numero tracce: 24
- Numero di scoppi mediati per la traccia d'acquisizione: 3
- Inter-distanza dei geofoni: 2 m
- Frequenza dei geofoni: 4,5 Hz / verticali
- Durata acquisizione: 2 s
- Intervallo acquisizione per l'elaborazione: 1 s
- Periodo di campionamento: 2 ms
- Frequenza di elaborazione: 4,5 Hz - 60 Hz
- Velocità minima di elaborazione: 1 m/s
- Velocità massima di elaborazione: 1000 m/s
- Intervallo di velocità: 1 m/s

L'indagine MASW eseguita nel sito di interesse ha permesso di ricostruire il seguente profilo delle velocità delle onde S (V_s) con la profondità che si mostra in progressivo aumento nel sottosuolo: dal p.c. a 0,5 m dal p.c. la V_s è di 100 m/s; da 0,5 m a 1 m dal p.c. la V_s è di 160 m/s; da 1 m a 3 m dal p.c. la V_s è di 240 m/s; da 3 m a 23 m dal p.c. la V_s è di 340 m/s, infine, dai 23 m dal p.c. ai 30 m di profondità dal p.c. la V_s è di 360 m/s.

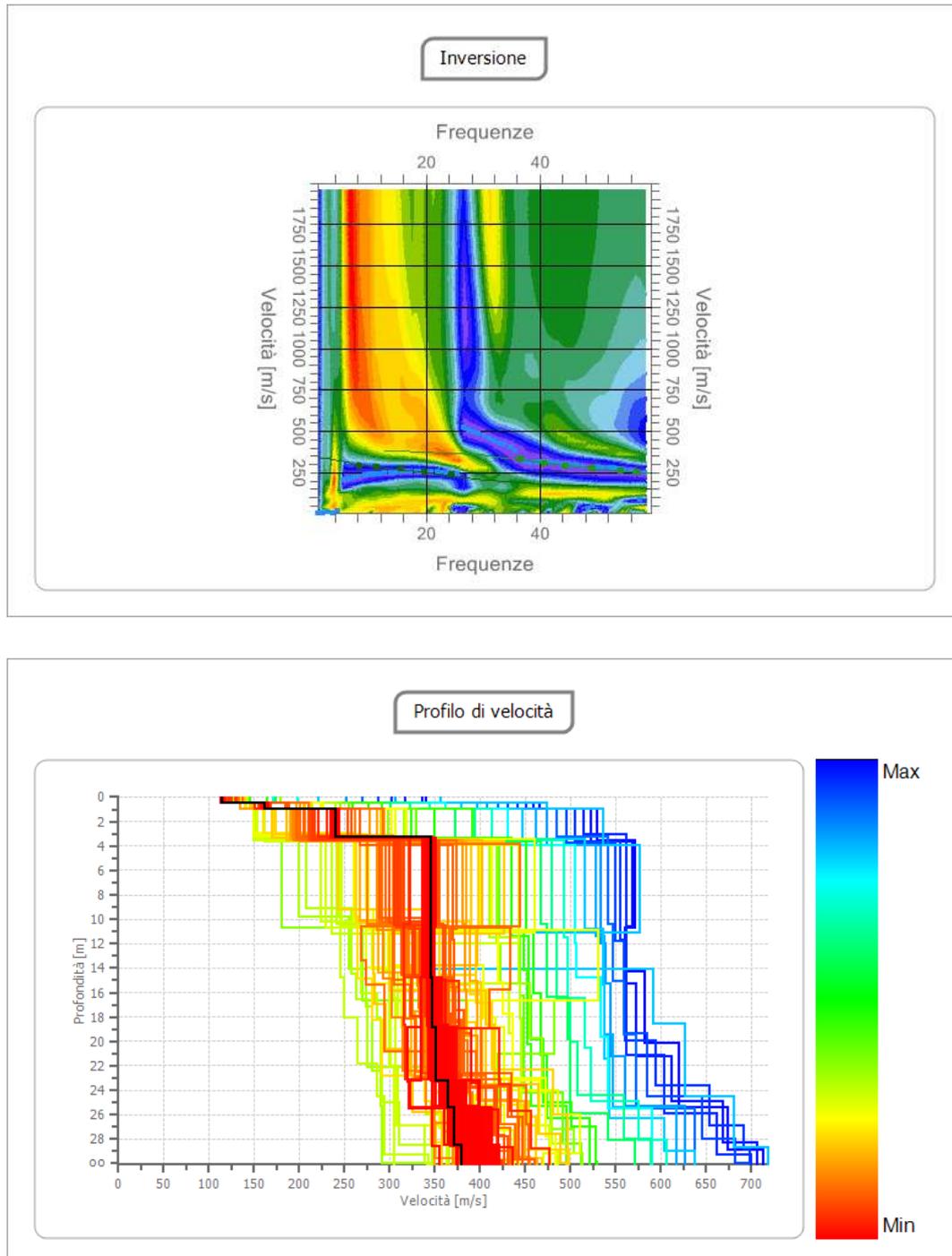


Fig. 14 – Profilo profondità/ V_s della indagine MASW eseguita nel sito di interesse.

Allegati fotografici – S5



Foto 9 e Foto 10 – Vista dello stendimento sismico S5 e della strumentazione utilizzata.

Indagine sismica a rifrazione – S6

Per definire la successione stratigrafica del terreno investigato, la profondità dei diversi rifrattori presenti e per poter successivamente ricavare, anche grazie alla MASW, le caratteristiche elasto-dinamiche del terreno di fondazione, è stata eseguita una indagine sismica con la tecnica della rifrazione in onde P. Con la sismica a rifrazione è stato possibile individuare i rifrattori presenti nel terreno esaminato, individuando i tempi dei *primi arrivi* delle onde P prodotte da una massa battente di 8 kg su di una piastra in lega d'alluminio. L'elaborazione tomografica del segnale rifratto ha permesso di investigare il terreno fino a circa 8-9 m dal p.c., ottenendo il modello geofisico del terreno di seguito riportati:

R1: il primo rifrattore ha uno spessore compreso tra 0,5 m e poco meno di 1 m e con V_p minori di 400 m/s è associabile terreno vegetale aerato e alla porzione superficiale dei depositi sciolti molto poco addensati e di conseguenza anch'essi aerati.

R2: il secondo rifrattore si ritrova fino a una profondità compresa all'incirca tra 2 m dal p.c. e 3 m dal p.c. e con V_p tra 500 m/s e 600 m/s è associabile a depositi sciolti poco addensati e poco compatti.

R3: il terzo rifrattore si ritrova fino a una profondità compresa all'incirca tra 5 m dal p.c. e 6 m dal p.c. e con V_p tra 700 m/s e 800 m/s è correlabile con depositi sciolti da poco a mediamente addensati.

R4: è il semi-spazio di chiusura del modello geofisico e con V_p pari a 1000 m/s – 1200 m/s è correlabile con depositi sciolti mediamente addensati.

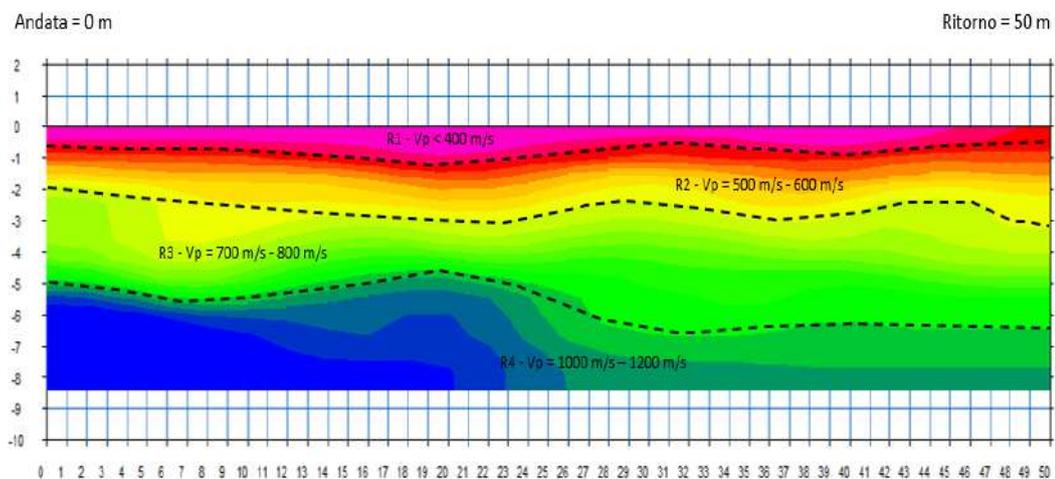


Fig. 15 – Modello del terreno sismo-stratigrafico ottenuto con la tomografia in rifrazione.

Indagine sismica MASW – S6

Attraverso l'indagine MASW è stato possibile ricostruire la colonna di velocità di taglio (onde S) e determinare il parametro V_{seq} secondo la normativa vigente, ovvero, è stato calcolato il parametro V_{s30} quando il bedrock (substrato rigido con V_s maggiori o uguali a 800 m/s) è risultato più profondo rispetto ai 30 m dal p.c. delle indagini.

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si erano concentrati sulla propagazione delle onde profonde considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità. Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. In pratica l'analisi di Fourier è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio $f-k$ è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

L'indagine MASW ha avuto i seguenti parametri:

- Numero tracce: 24
- Numero di scoppi mediati per la traccia d'acquisizione: 3
- Inter-distanza dei geofoni: 2 m
- Frequenza dei geofoni: 4,5 Hz / verticali
- Durata acquisizione: 2 s
- Intervallo acquisizione per l'elaborazione: 1 s
- Periodo di campionamento: 2 ms
- Frequenza di elaborazione: 4,5 Hz - 60 Hz
- Velocità minima di elaborazione: 1 m/s
- Velocità massima di elaborazione: 1000 m/s
- Intervallo di velocità: 1 m/s

L'indagine MASW eseguita nel sito di interesse ha permesso di ricostruire il seguente profilo delle velocità delle onde S (V_s) con la profondità che si mostra in progressivo aumento nel sottosuolo: dal p.c. a 1 m dal p.c. la V_s è di 110 m/s; da 1 m a 3 m dal p.c. la V_s è di 220 m/s; da 3 m a 6,5 m dal p.c. la V_s è di 270 m/s; da 6,5 m a 27 m dal p.c. la V_s è di 290 m/s, infine, dai 27 m dal p.c. ai 30 m dal p.c. la V_s è di 340 m/s.

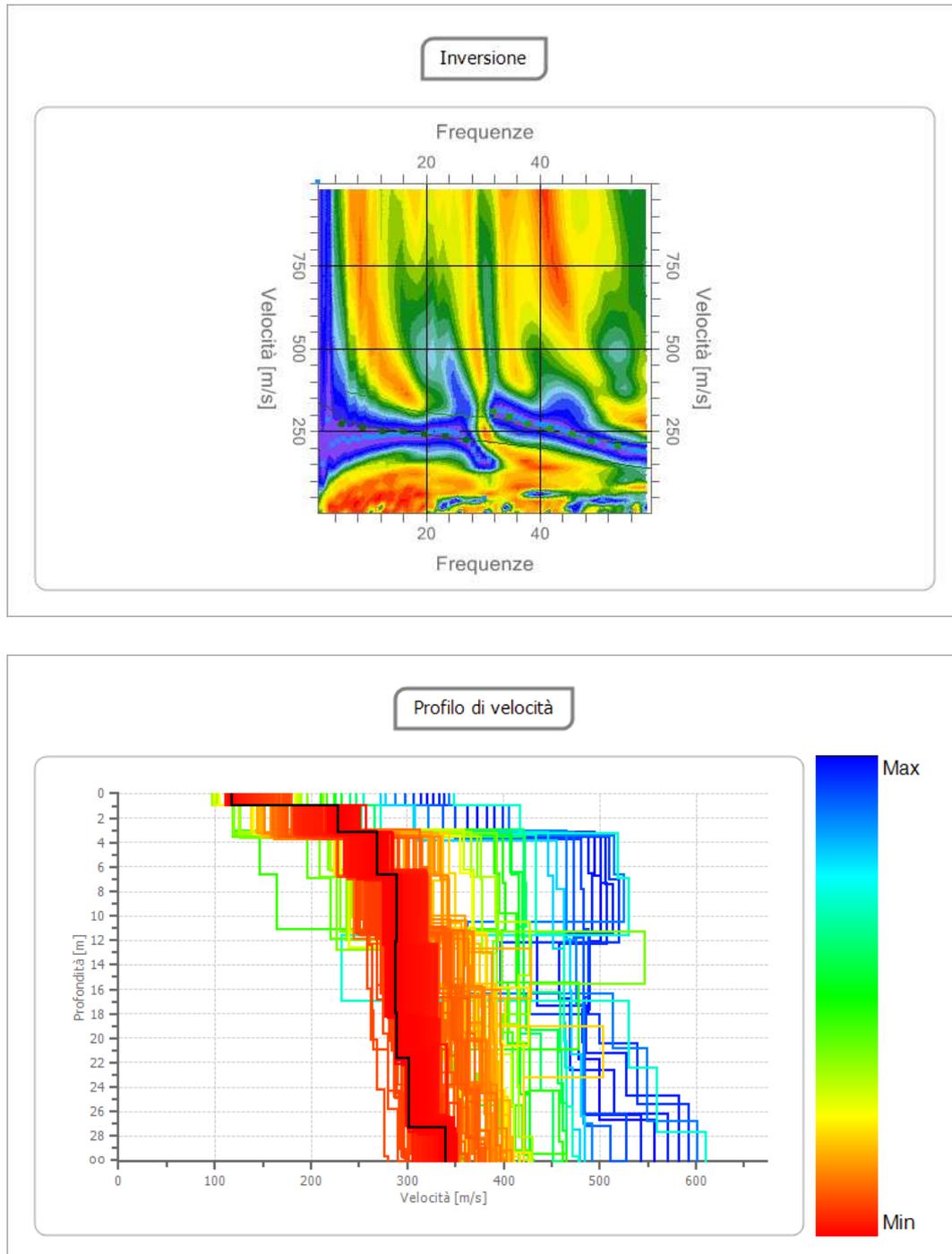


Fig. 16 – Profilo profondità/ V_s della indagine MASW eseguita nel sito di interesse.

Allegati fotografici – S6



Foto 11 e Foto 12 – Vista dello stendimento sismico S6 e della strumentazione utilizzata.

Indagine sismica a rifrazione – S7

Per definire la successione stratigrafica del terreno investigato, la profondità dei diversi rifrattori presenti e per poter successivamente ricavare, anche grazie alla MASW, le caratteristiche elasto-dinamiche del terreno di fondazione, è stata eseguita una indagine sismica con la tecnica della rifrazione in onde P. Con la sismica a rifrazione è stato possibile individuare i rifrattori presenti nel terreno esaminato, individuando i tempi dei *primi arrivi* delle onde P prodotte da una massa battente di 8 kg su di una piastra in lega d'alluminio. L'elaborazione tomografica del segnale rifratto ha permesso di investigare il terreno fino a circa 8-9 m dal p.c., ottenendo il modello geofisico del terreno di seguito riportati:

R1: il primo rifrattore ha uno spessore medio di 0,5 m con punte fino a poco meno di 1 m e con V_p minori di 400 m/s è associabile terreno vegetale aerato e alla porzione superficiale dei depositi sciolti molto poco addensati e di conseguenza anch'essi aerati.

R2: il secondo rifrattore si ritrova fino a una profondità mediamente pari a 2 m dal p.c. o poco meno e con V_p tra 500 m/s e 600 m/s è associabile a depositi sciolti poco addensati e poco compatti.

R3: il terzo rifrattore si ritrova fino a una profondità compresa all'incirca tra 4 m dal p.c. e 5 m dal p.c. e con V_p tra 800 m/s e 900 m/s è correlabile con depositi sciolti da poco a mediamente addensati.

R4: è il semi-spazio di chiusura del modello geofisico e con V_p pari a 1100 m/s – 1300 m/s è correlabile con depositi sciolti mediamente addensati.

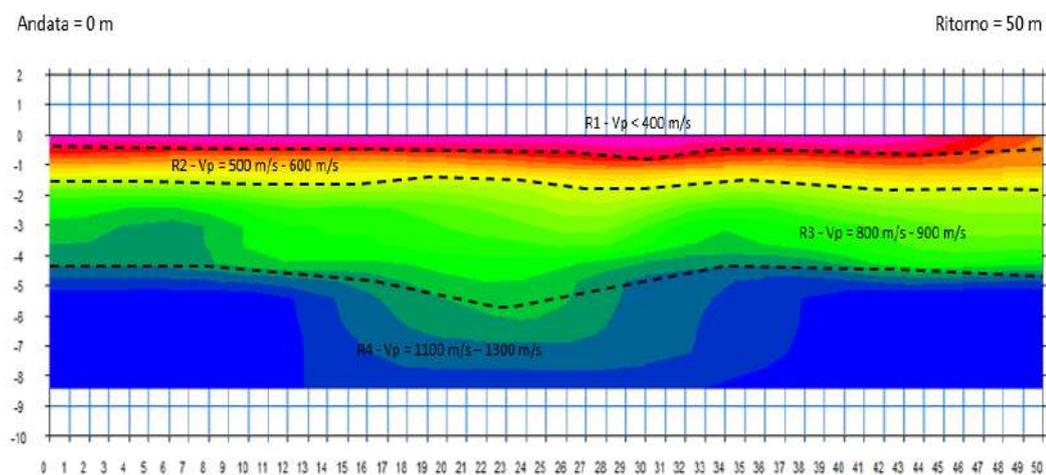


Fig. 17 – Modello del terreno sismo-stratigrafico ottenuto con la tomografia in rifrazione.

Indagine sismica MASW – S7

Attraverso l'indagine MASW è stato possibile ricostruire la colonna di velocità di taglio (onde S) e determinare il parametro V_{seq} secondo la normativa vigente, ovvero, è stato calcolato il parametro V_{s30} quando il bedrock (substrato rigido con V_s maggiori o uguali a 800 m/s) è risultato più profondo rispetto ai 30 m dal p.c. delle indagini.

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si erano concentrati sulla propagazione delle onde profonde considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità. Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. In pratica l'analisi di Fourier è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio $f-k$ è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

L'indagine MASW ha avuto i seguenti parametri:

- Numero tracce: 24
- Numero di scoppi mediati per la traccia d'acquisizione: 3
- Inter-distanza dei geofoni: 2 m
- Frequenza dei geofoni: 4,5 Hz / verticali
- Durata acquisizione: 2 s
- Intervallo acquisizione per l'elaborazione: 1 s
- Periodo di campionamento: 2 ms
- Frequenza di elaborazione: 4,5 Hz - 60 Hz
- Velocità minima di elaborazione: 1 m/s
- Velocità massima di elaborazione: 1000 m/s
- Intervallo di velocità: 1 m/s

L'indagine MASW eseguita nel sito di interesse ha permesso di ricostruire il seguente profilo delle velocità delle onde S (V_s) con la profondità che si mostra in progressivo aumento nel sottosuolo: dal p.c. a 0,5 m dal p.c. la V_s è di 120 m/s; da 0,5 m a 1,5 m dal p.c. la V_s è di 200 m/s; da 1,5 m a 4,5 m dal p.c. la V_s è di 220 m/s, infine, dai 4,5 m e fino ai 30 m la V_s è di 310 m/s.

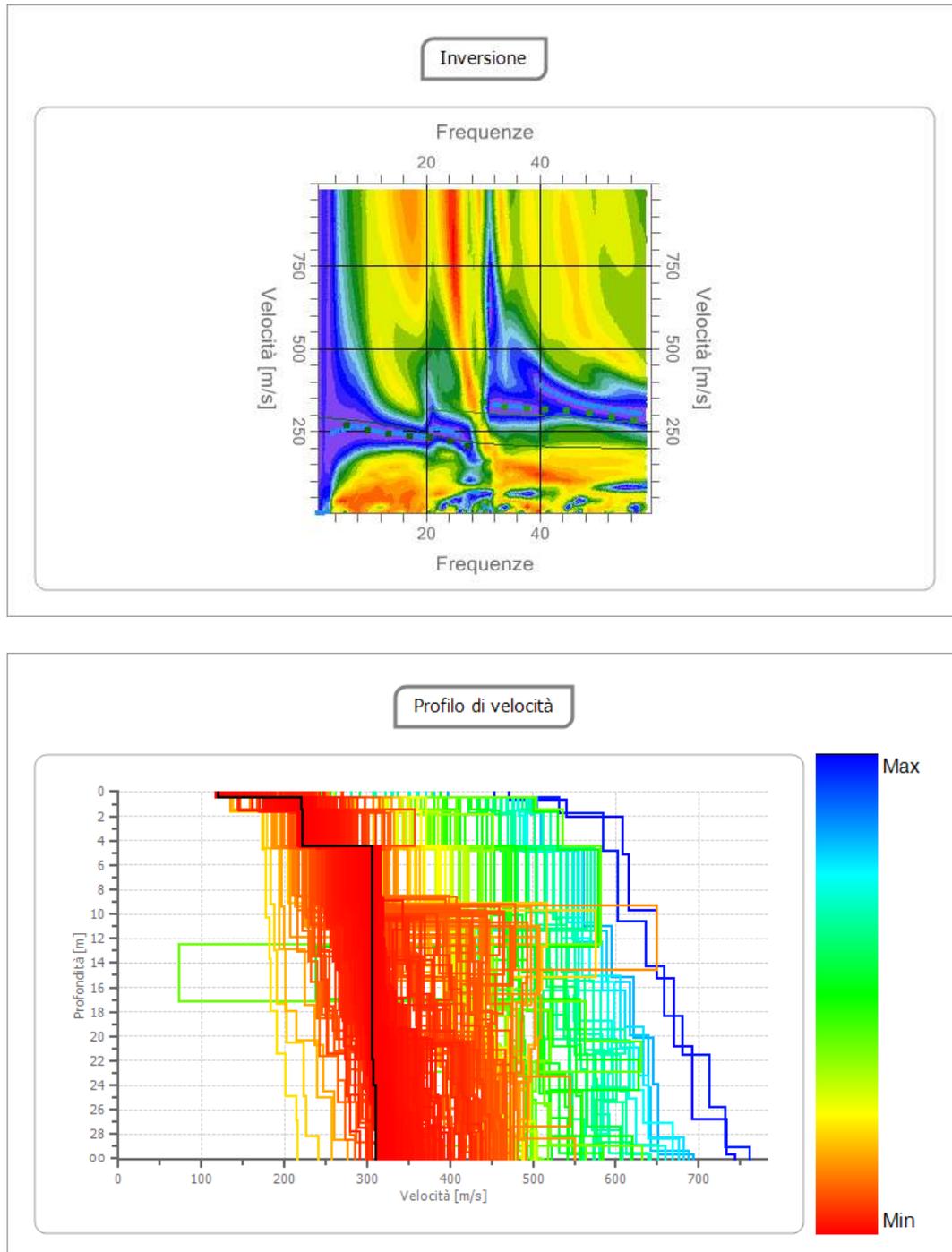


Fig. 18 – Profilo profondità/ V_s della indagine MASW eseguita nel sito di interesse.

Allegati fotografici – S7



Foto 13 e Foto 14 – Vista dello stendimento sismico S7 e della strumentazione utilizzata.

Indagine sismica a rifrazione – S8

Per definire la successione stratigrafica del terreno investigato, la profondità dei diversi rifrattori presenti e per poter successivamente ricavare, anche grazie alla MASW, le caratteristiche elasto-dinamiche del terreno di fondazione, è stata eseguita una indagine sismica con la tecnica della rifrazione in onde P. Con la sismica a rifrazione è stato possibile individuare i rifrattori presenti nel terreno esaminato, individuando i tempi dei *primi arrivi* delle onde P prodotte da una massa battente di 8 kg su di una piastra in lega d'alluminio. L'elaborazione tomografica del segnale rifratto ha permesso di investigare il terreno fino a circa 8-9 m dal p.c., ottenendo il modello geofisico del terreno di seguito riportati:

R1: il primo rifratore ha uno spessore mediamente pari a 0,5 m e con V_p minori di 400 m/s è associabile terreno vegetale aerato e alla porzione superficiale dei depositi sciolti molto poco addensati e di conseguenza anch'essi aerati.

R2: il secondo rifratore si ritrova fino a una profondità mediamente pari a 1 m dal p.c. o poco più e con V_p tra 500 m/s e 600 m/s è associabile a depositi sciolti poco addensati e poco compatti.

R3: il terzo rifratore si ritrova a una profondità di 2 m dal p.c. tra le progressive 0 m e 10-12 m con un approfondimento a circa 4,5 m dal p.c. nella porzione centrale dello stendimento e una successiva superficializzazione a circa 3 m dal p.c. fino alla progressiva 50 m; con V_p tra 800 m/s e 900 m/s è correlabile con depositi sciolti da poco a mediamente addensati.

R4: è il semi-spazio di chiusura del modello geofisico e con V_p pari a 1100 m/s – 1200 m/s è correlabile con depositi sciolti mediamente addensati.

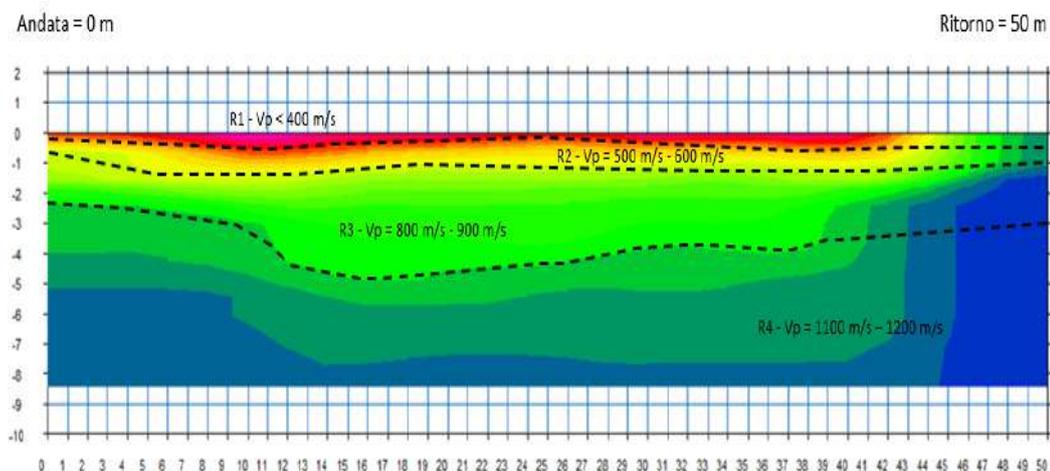


Fig. 19 – Modello del terreno sismo-stratigrafico ottenuto con la tomografia in rifrazione.

Indagine sismica MASW – S8

Attraverso l'indagine MASW è stato possibile ricostruire la colonna di velocità di taglio (onde S) e determinare il parametro V_{seq} secondo la normativa vigente, ovvero, è stato calcolato il parametro V_{s30} quando il bedrock (substrato rigido con V_s maggiori o uguali a 800 m/s) è risultato più profondo rispetto ai 30 m dal p.c. delle indagini.

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si erano concentrati sulla propagazione delle onde profonde considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità. Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. In pratica l'analisi di Fourier è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio $f-k$ è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

L'indagine MASW ha avuto i seguenti parametri:

- Numero tracce: 24
- Numero di scoppi mediati per la traccia d'acquisizione: 3
- Inter-distanza dei geofoni: 2 m
- Frequenza dei geofoni: 4,5 Hz / verticali
- Durata acquisizione: 2 s
- Intervallo acquisizione per l'elaborazione: 1 s
- Periodo di campionamento: 2 ms
- Frequenza di elaborazione: 4,5 Hz - 60 Hz
- Velocità minima di elaborazione: 1 m/s
- Velocità massima di elaborazione: 1000 m/s
- Intervallo di velocità: 1 m/s

L'indagine MASW eseguita nel sito di interesse ha permesso di ricostruire il seguente profilo delle velocità delle onde S (V_s) con la profondità che si mostra in progressivo aumento nel sottosuolo: dal p.c. a 0,5 m dal p.c. la V_s è di 170 m/s; da 0,5 m a 1,5 m dal p.c. la V_s è di 260 m/s; da 1,5 m a 12 m dal p.c. la V_s è di 280 m/s; da 12 m a 16 m dal p.c. la V_s è di 300 m/s, da 16 m dal p.c. a 22 m dal p.c. la V_s è di 350 m/s, infine, dai 22 m e fino ai 30 m di profondità la V_s è di 370 m/s.

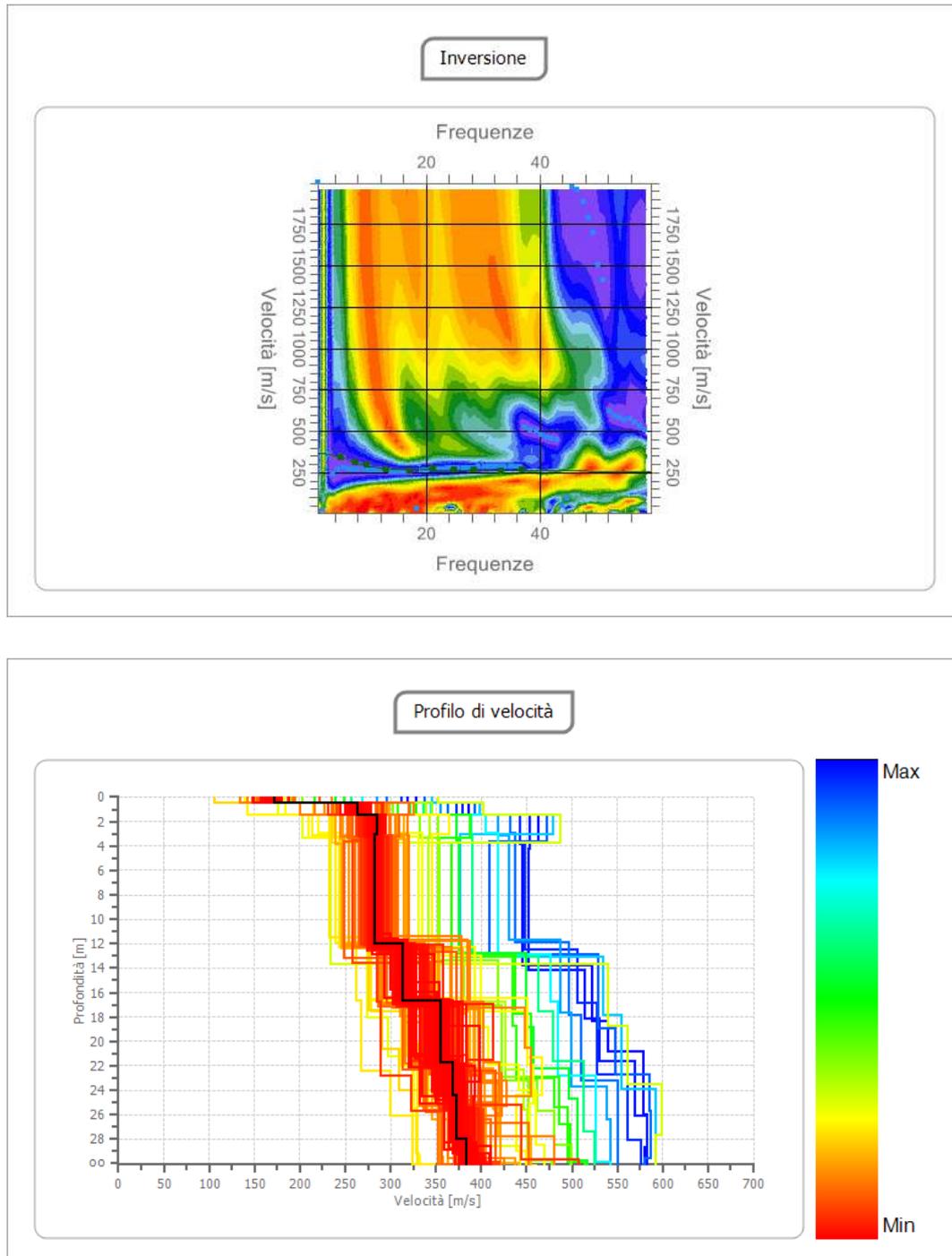


Fig. 20 – Profilo profondità/ V_s della indagine MASW eseguita nel sito di interesse.

Allegati fotografici – S8



Foto 15 e Foto 16 – Vista dello stendimento sismico S8 e della strumentazione utilizzata.

Moduli elasto-dinamici e caratterizzazione del terreno

Nella Tab.1 sono riportati i moduli elasto-dinamici ottenuti dall'elaborazione dei dati dei sondaggi sismici. L'interpretazione dei dati dell'indagine ha portato alla compilazione della Tab. 1 nella quale si riportano i elasto-dinamici del sottosuolo, mentre, i parametri geologico-tecnici fondamentali ricavati dalla bibliografia o estrapolati da relazioni empiriche sono riportati nella successiva Tab. 2.

È doveroso far notare che, se pur attendibili per la progettazione preliminare, i dati riportati in Tab. 2 sono comunque affetti da un certo errore e che per ottenere parametri geologico-tecnici precisi e idonei per la progettazione definitiva ed esecutiva è indispensabile effettuare idonee prove di laboratorio su campioni di terreno prelevati in loco; ***ovvero, i parametri riportati in Tab. 2 non possono in nessun caso essere considerati sostitutivi dei valori ottenuti con idonee prove di laboratorio per la caratterizzazione fisico-meccanica, geotecnica e geologico-tecnica dei terreni.***

n.	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Mod. di Poisson	Mod. di Bulk [MPa]	Mod. di Young [MPa]	Mod. di shear [MPa]
R1	< 400	100-170	0,46	200	40	15
R2	500-600	160-260	0,44	450	200	70
R3	700-900	210-300	0,45	900	300	100
R4	1000-1300	230-340	0,45	2000	550	190

Tab. 1 – Parametri elasto-dinamici medi per i siti investigati con le indagini sismiche.

n.	Peso unità di volume [m]	Angolo di attrito (°)	Coesione (KPa)
R1	1500	20	---
R2	1600	37	15
R3	1650	29	30
R4	1700	32	40

Tab. 2 – Parametri geologico-tecnici medi per i siti investigati con le indagini sismiche.

Per gli spessori dei singoli sismo-strati nei vari siti di indagine si faccia riferimento ai modelli riportati nelle Figg. 5-7-9-11-13-15-17-19.

Classificazione del suolo di fondazione

Tramite l'esecuzione delle indagini MASW è stata misurata la velocità delle onde sismiche superficiali a diverse frequenze ed è stato calcolato il parametro V_{seq} ; il piano di posa delle fondazioni è stato considerando in corrispondenza del p.c. per sviluppare un calcolo conservativo e favorevole per la sicurezza.

Il sottosuolo per gli stendimenti in esame rientra nella categoria di suolo di fondazione "C", come da NTC 2018 (Tab. 3.2. II - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato), essendo: *"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"*.

Sito	V_{seq}	Sito	V_{seq}
MT01	290 m/s	MT05	310 m/s
MT02	310 m/s	MT06	270 m/s
MT03	275 m/s	MT07	285 m/s
MT04	290 m/s	MT08	310 m/s

Tab. 3 – Valori di V_{seq} misurati nei siti di indagine.

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

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

Tanto in ottemperanza dell'incarico ricevuto.

=====

Polignano a Mare, luglio 2022

Geologo **Vito Pellegrini**

Ubicazione delle indagini sismiche

Identificativo stendimento: MT01

Data esecuzione indagine: 27.07.2022



Coordinate punto Andata (0 m)

Latitudine: 40° 44' 18,20'' Nord

Longitudine: 16° 29' 54,65'' Est

Coordinate punto Centrale (25 m)

Latitudine: 40° 44' 17,50'' Nord

Longitudine: 16° 29' 55,10'' Est

Coordinate punto Ritorno (50 m)

Latitudine: 40° 44' 16,75'' Nord

Longitudine: 16° 29' 55,55'' Est

Le coordinate geografiche riportate possono essere affette da minimi errori.

Identificativo stendimento: MT02

Data esecuzione indagine: 27.07.2022



Coordinate punto Andata (0 m)

Latitudine: 40° 43' 46,10'' Nord

Longitudine: 16° 30' 02,65'' Est

Coordinate punto Centrale (25 m)

Latitudine: 40° 43' 46,00'' Nord

Longitudine: 16° 30' 03,70'' Est

Coordinate punto Ritorno (50 m)

Latitudine: 40° 43' 45,90'' Nord

Longitudine: 16° 30' 04,75'' Est

Le coordinate geografiche riportate possono essere affette da minimi errori.

Identificativo stendimento: MT03

Data esecuzione indagine: 27.07.2022



Coordinate punto Andata (0 m)

Latitudine: 40° 43' 43,60'' Nord

Longitudine: 16° 30' 28,40'' Est

Coordinate punto Centrale (25 m)

Latitudine: 40° 43' 44,20'' Nord

Longitudine: 16° 30' 29,15'' Est

Coordinate punto Ritorno (50 m)

Latitudine: 40° 43' 44,80'' Nord

Longitudine: 16° 30' 29,85'' Est

Le coordinate geografiche riportate possono essere affette da minimi errori.

Identificativo stendimento: MT04

Data esecuzione indagine: 28.07.2022



Coordinate punto Andata (0 m)

Latitudine: 40° 43' 52,65'' Nord

Longitudine: 16° 31' 59,35'' Est

Coordinate punto Centrale (25 m)

Latitudine: 40° 43' 53,25'' Nord

Longitudine: 16° 31' 00,10'' Est

Coordinate punto Ritorno (50 m)

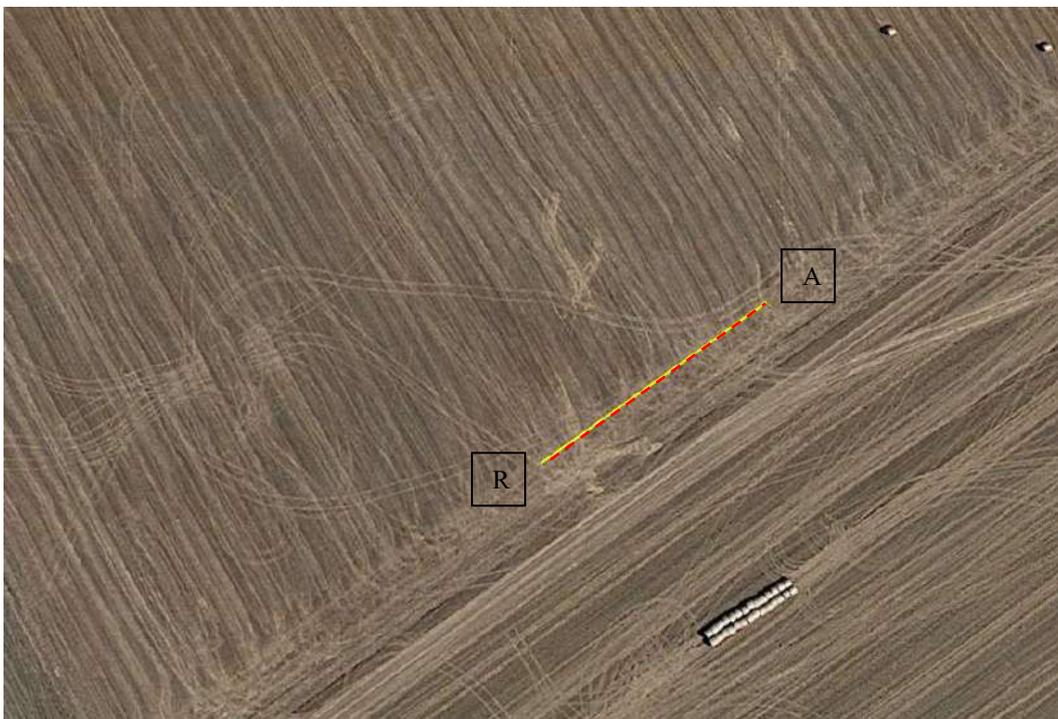
Latitudine: 40° 43' 53,80'' Nord

Longitudine: 16° 31' 00,85'' Est

Le coordinate geografiche riportate possono essere affette da minimi errori.

Identificativo stendimento: MT05

Data esecuzione indagine: 28.07.2022



Coordinate punto Andata (0 m)

Latitudine: 40° 43' 59,75'' Nord

Longitudine: 16° 31' 25,05'' Est

Coordinate punto Centrale (25 m)

Latitudine: 40° 43' 59,25'' Nord

Longitudine: 16° 31' 24,20'' Est

Coordinate punto Ritorno (50 m)

Latitudine: 40° 43' 58,80'' Nord

Longitudine: 16° 31' 23,30'' Est

Le coordinate geografiche riportate possono essere affette da minimi errori.

Identificativo stendimento: MT06

Data esecuzione indagine: 26.07.2022



Coordinate punto Andata (0 m)

Latitudine: 40° 44' 28,85'' Nord

Longitudine: 16° 30' 59,05'' Est

Coordinate punto Centrale (25 m)

Latitudine: 40° 44' 28,45'' Nord

Longitudine: 16° 30' 59,95'' Est

Coordinate punto Ritorno (50 m)

Latitudine: 40° 44' 28,00'' Nord

Longitudine: 16° 31' 00,90'' Est

Le coordinate geografiche riportate possono essere affette da minimi errori.

Identificativo stendimento: MT07

Data esecuzione indagine: 26.07.2022



Coordinate punto Andata (0 m)

Latitudine: 40° 44' 47,95'' Nord

Longitudine: 16° 29' 44,10'' Est

Coordinate punto Centrale (25 m)

Latitudine: 40° 44' 47,15'' Nord

Longitudine: 16° 29' 44,45'' Est

Coordinate punto Ritorno (50 m)

Latitudine: 40° 44' 46,45'' Nord

Longitudine: 16° 29' 44,85'' Est

Le coordinate geografiche riportate possono essere affette da minimi errori.

Identificativo stendimento: MT08

Data esecuzione indagine: 28.07.2022



Coordinate punto Andata (0 m)

Latitudine: 40° 45' 38,90'' Nord

Longitudine: 16° 30' 03,80'' Est

Coordinate punto Centrale (25 m)

Latitudine: 40° 45' 38,25'' Nord

Longitudine: 16° 30' 03,10'' Est

Coordinate punto Ritorno (50 m)

Latitudine: 40° 45' 37,70'' Nord

Longitudine: 16° 30' 03,35'' Est

Le coordinate geografiche riportate possono essere affette da minimi errori.