



REGIONE SICILIA

PROVINCIA DI CATANIA

COMUNE DI CALTAGIRONE



LOCALITÀ ALTOBRANDO

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVENTE POTENZA DI PICCO PARI A 45.12 MWp E POTENZA NOMINALE PARI A 39.75 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE



Sezione:

SEZIONE A - RELAZIONI GENERALI



Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

Scala:

Nome file stampa:

FV.CLT01.PD.R.A.02.pdf

Codifica Regionale:

RS06REL0002A0

Formato di stampa:

Nome elaborato:

FV.CLT01.PD.R.A.02

Tipologia:

R

A4

Proponente:

ALTOBRANDO S.r.l.

Via Chiese, 72
20126 Milano (MI)
P.IVA. 12458390965

Ing. Stefano Scazzola

ALTOBRANDO S.r.l.
Via Chiese, 72
20126 Milano (MI)
P.IVA. 12458390965

**ALTOBRANDO
S.R.L.**

Progettista:

E WAY FINANCE SPA

P.zza S. Lorenzo in Lucina, 4
00185 Roma
P.IVA. 15773121007
ing. Antonio Bottone



CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
FV.CLT01.PD.R.A.02	00	04/2023	A. Cauceglia	A. Bottone	A. Bottone

*PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI
UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVENTE POTENZA DI PICCO PARI A
45.12 MW_p E POTENZA NOMINALE PARI A 39.75 MW E RELATIVE
OPERE DI CONNESSIONE IN LOCALITA'*

ALTOBRANDO DI CALTAGIRONE

proponente	progettazione
------------	---------------

ALTOBRANDO S.r.l.

Via Chiese, 72
20126 Milano (MI)
P.IVA. 12458390965
ing. Stefano Scazzola

**ALTOBRANDO
S.R.L.**

E WAY FINANCE SPA

P.zza S. Lorenzo in Lucina, 4
00185 Roma
P.IVA. 15773121007
ing. Antonio Bottone



RELAZIONE GEOLOGICA

INDICE

PREMESSA	2
DESCRIZIONE DEL PROGETTO	3
1.1 Localizzazione e descrizione impianto	3
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
1.2 Sintesi metodologica per la caratterizzazione geologica e litostratigrafica dell'area parco ai fini della risoluzione del Modello Geologico di Riferimento (MGR) ai sensi delle NTC 2018 §6.2.1.....	6
3. CARATTERI GEOLOGICI	7
4. CARATTERI GEOMORFOLOGICI	13
5. CARATTERI IDROGEOLOGICI	21
6. CAMPAGNA GEOGNOSTICA INVESTIGATIVA	23
6.1 Cenni Prove Penetrometriche pesanti (DPSH)	24
Esiti Prova DPSH	25
6.2 Prospezioni sismiche.....	27
6.1.1. Sezione Sismica SS1 e SS2	28
6.1.2 MASW M1 e M2	31
7. CARATTERI SISMICI	36
7.1 Normativa Vigente	36
7.3-Accelerazione orizzontale massima attesa ag	38
7.4. Sorgenti Sismogenetiche prossime l'area di progetto	42
7.5 Categoria Sismica Suolo di Fondazione.....	43
7.5 Coefficiente di amplificazione topografica	45
7.6 Definizione dell'azione sismica	46
8. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DI RIFERIMENTO (MGR)	50
9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	54

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CLTO1.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	2 di 58

PREMESSA

Il presente elaborato è riferito al progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agrivoltaico di produzione di energia elettrica da fonte solare, denominato "Altoブランド", sito in agro di Caltagirone (CT).

In particolare, l'impianto in progetto ha una potenza di picco pari a 45.12 MWp e una potenza nominale di 39.75 MW ed è costituito dalle seguenti sezioni principali:

1. Un campo agrivoltaico suddiviso in 7 sottocampi, costituiti da moduli fotovoltaici bifacciali aventi potenza nominale pari a 600 Wp cadauno ed installati su strutture ad inseguimento monoassiale (tracker);
2. Una stazione di conversione e trasformazione dell'energia elettrica detta "Power Station" per ogni sottocampo dell'impianto;
3. Linee elettriche in MT a 36 kV in cavo interrato necessarie per l'interconnessione delle Power Station alla Cabina di Raccolta e Misura;
4. Una Cabina di Raccolta e Misura in Media Tensione a 36 kV;
5. Una linea elettrica in MT a 36 kV in cavo interrato necessaria per l'interconnessione della Cabina di Raccolta e Misura con la sezione a 36 kV della futura SE di trasformazione 150/36 kV della RTN;

Titolare dell'iniziativa proposta è la società Altoブランド S.r.l., avente sede legale in Via Chiese n. 72 - CAP 20126 (MI), P.IVA 12458390965.

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

DESCRIZIONE DEL PROGETTO

1.1 Localizzazione e descrizione impianto

L'impianto agrivoltaico e le opere di progetto connesse sono ubicate all'interno del territorio comunale di Caltagirone (CT) ed in parte all'interno del comune di Mineo (CT). Il layout d'impianto in particolare si costituisce dei seguenti:

1. strutture tracker sulle quali sono posizionati i moduli fotovoltaici;
2. power station;
3. cabina
4. di raccolta e misura;
5. cavidotto in media tensione (MT);
6. fascia di mitigazione con piante e alberi;
7. strade bianche di progetto;
8. recinzione perimetrale.

Le coordinate dell'area di layout ed i riferimenti catastali sono riportate di seguito:

Tabella 1- Coordinate Area Impianto

Coordinate Parco Agrovoltaiico di progetto - Comune di CALTAGIRONE							
ID PARCO	UTM-WGS84 (m) – FUSO 33		UTM-ED 50 (m) – FUSO 33		GAUSS BOAGA (m)		Quote altimetriche (s.l.m.m.)
	EST	NORD	EST	NORD	EST	NORD	
	459450	4126537	459518	4126729	2479458	4126543	513

Tabella 2- Riferimenti catastali area layout

ID	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLE
AREA LAYOUT	Caltagirone	17	20-25-26-31-40-44-45-46-47-50-54
			55-56-60-65-68-69-71-72-100-101
			106-108-110-113-114-124-125-126-127
			128-133-134-158-159-160-162-163-168-169

Nelle figure seguenti è riportato un inquadramento dell'area d'impianto su ortofoto e su IGM (scala 1:25.000) e su base catastale:

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

CODICE	FV.CL.T01.PD.R.A.02
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	4 di 58

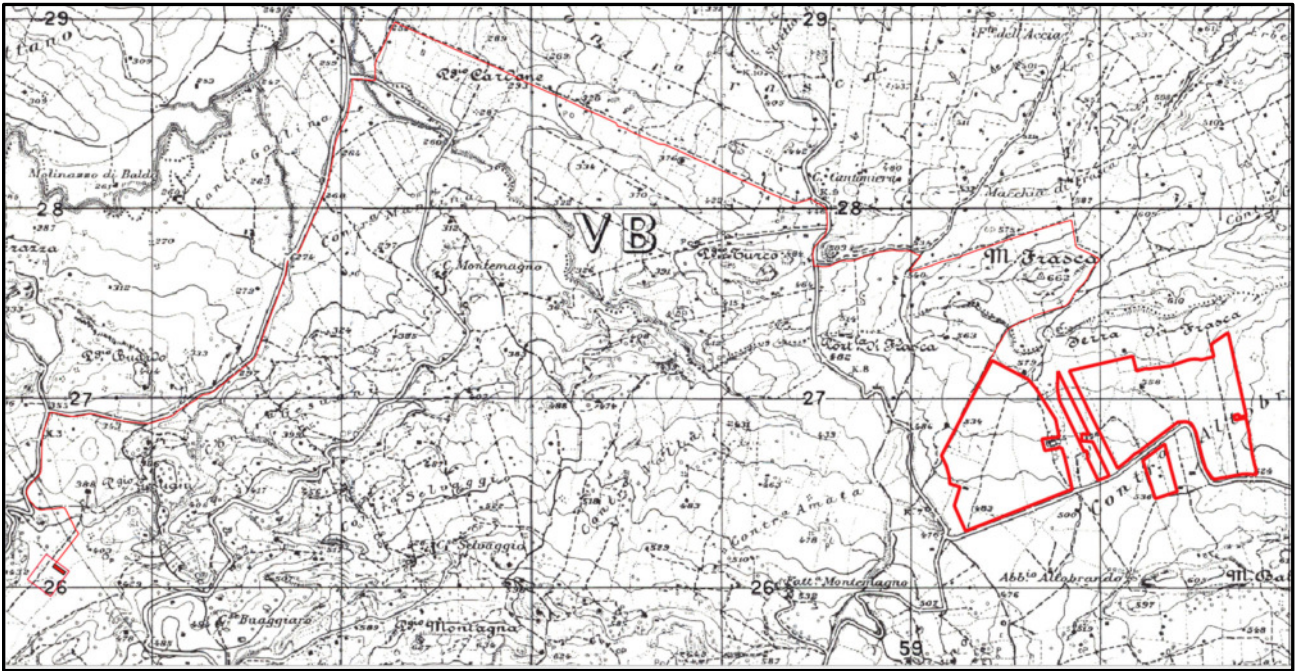


Figura 1 - Inquadramento area impianto e opere connesse su IGM (scala 1:25.000)

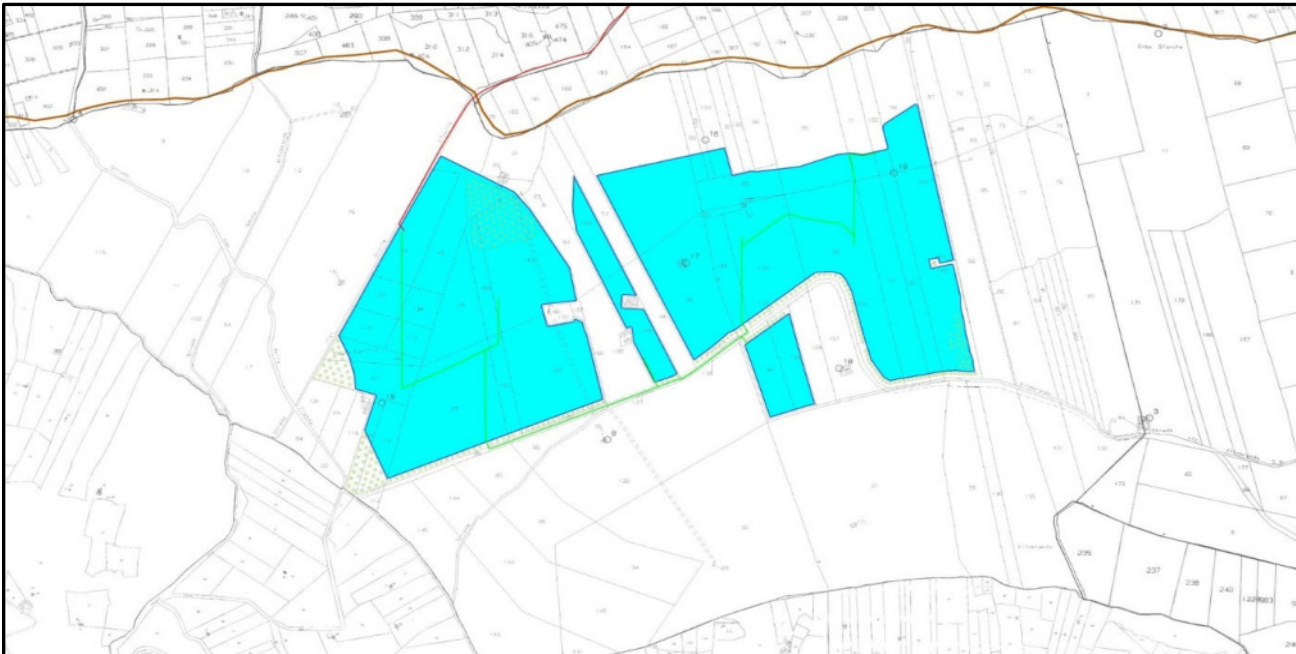


Figura 2 – Inquadramento area layout su base catastale

CODICE	FV.CLTO1.PD.R.A.02
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	5 di 58

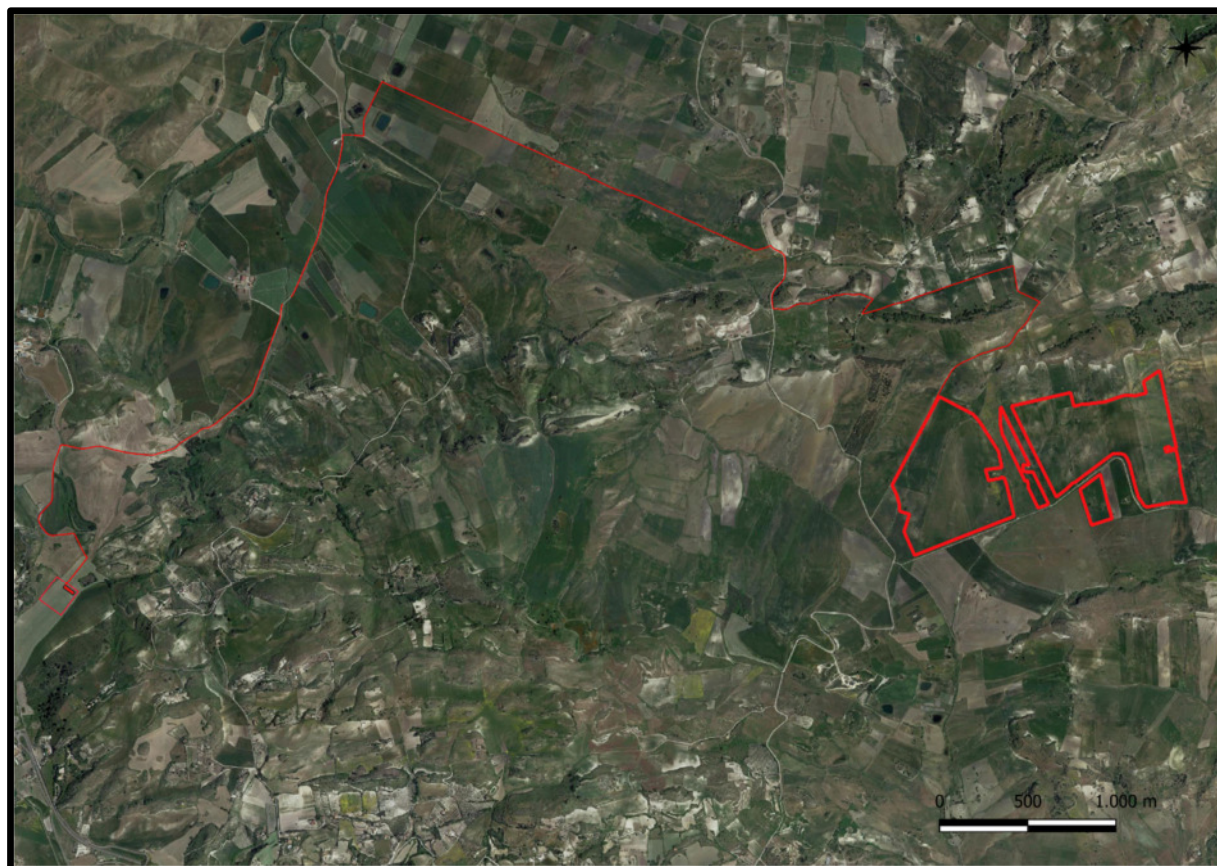


Figura 3 – Inquadramento area impianto e opere connesse su ortofoto

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CLTO1.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	6 di 58

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1.2 Sintesi metodologica per la caratterizzazione geologica e litostratigrafica dell'area parco ai fini della risoluzione del Modello Geologico di Riferimento (MGR) ai sensi delle NTC 2018 §6.2.1.

Le Norme tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) emesse ai sensi delle leggi 5 novembre 1971, n. 1086, e 2 febbraio 1974, n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al DPR 6 giugno 2001, n. 380, e dell'art. 5 del DL 28 maggio 2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27 luglio 2004, n. 186 e ss. mm. ii, raccolgono in un unico organico testo le norme prima distribuite in diversi decreti ministeriali. In funzione del tipo di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera da realizzare, il modello geologico di riferimento deve essere sviluppato in maniera tale da fornire elementi di riferimento per inquadrare eventuali criticità sotto il profilo geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico. Le scelte progettuali devono tener conto, infatti, oltre che delle prestazioni attese delle opere, anche dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali.

In riferimento alla modellazione geologica ai sensi delle NTC 2018 di cui al §6.2.1 la norma recita testualmente: *“Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici... La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento”*.

In aggiunta, lo studio volto alla caratterizzazione geologica contempla, inoltre, *“l'identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche”*. Per ciò che concerne la ricostruzione dei caratteri litostratigrafici e strutturali dell'area in esame è pertanto preso in considerazione il Progetto di Cartografia Geologica (Progetto CARG) ed in particolare il Foglio 273- Caltagirone in scala 1:100.000, all'interno del quale si inseriscono le opere interessate dal presente progetto. Le unità litostratigrafiche identificate nel presente studio sono state poi desunte sulla base dei rilevamenti, delle indagini geognostiche in sito e dei dati riportati dal foglio sopracitato.

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CLTO1.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	7 di 58

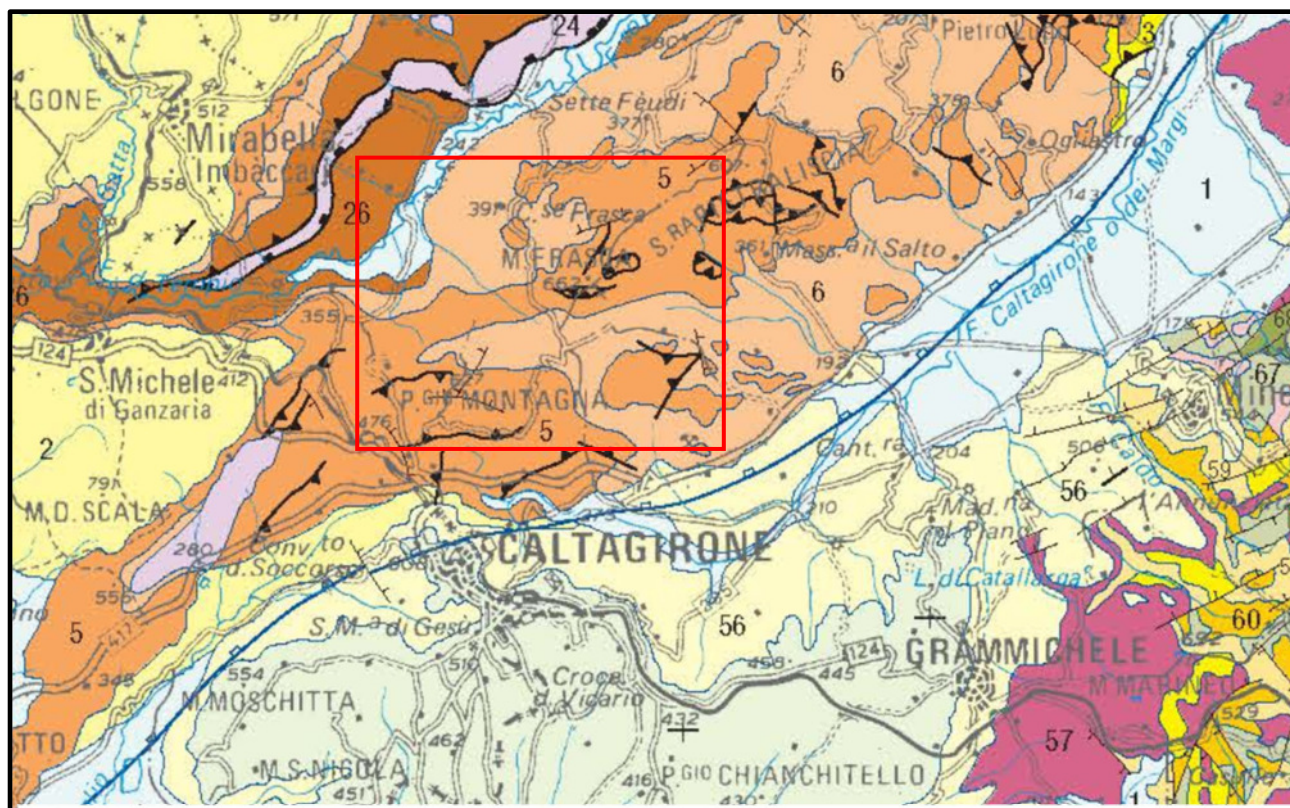
3. CARATTERI GEOLOGICI

L'area interessata dall'installazione dell'impianto si inquadra in un settore appartenente all'edificio della catena Siculo-Maghrebide, formatasi a seguito del processo di collisione del blocco sardo-corso con il margine africano. Tale porzione di territorio è caratterizzata da successioni sedimentarie meso-cenozoiche appartenenti a diversi domini paleogeografici scollati dal loro substrato di appartenenza a partire dall'Oligocene superiore ed impilati in una serie di falde tettoniche sovrapposte. All'interno di questo contesto la Sicilia centro-meridionale rappresenta l'area di avanzamento del fronte dei sovrascorrimenti.

Di fatto, il territorio di Caltagirone si ritrova tra l'avampaese Ibleo – meglio noto come Plateau Ibleo – e l'avanfossa Gela-Catania, costituita da depositi di terreni plio-quadernari. L'avanfossa Gela-Catania rientra all'interno del cosiddetto Bacino di Caltanissetta, situato tra i Mt. Sicani ad ovest ed i Mt. Iblei ad est. Tale bacino a partire dal Miocene superiore ha svolto il ruolo di avanfossa rispetto le aree interne di catena ed è contraddistinto alla base da un complesso arenaceo-argilloso, su cui poggia la serie evaporitica messiniana che precede stratigraficamente i depositi pelagici trasgressivi per un arco temporale che va dal Miocene al Pliocene.

L'areale in esame è stato inoltre interessato da diverse fasi tettoniche che hanno contribuito in maniera : le prime (I, II e III) fasi di raccorciamento hanno portato all'inglobamento delle argille scagliose eoceniche all'interno delle argille brune oligo-mioceniche, ed il raccorciamento ha interessato anche i depositi evaporitici. Le successive fasi compressive (III, IV e V) hanno coinvolto – durante il pliocene- la sequenza dei Trubi, i quali si ritrovano al nucleo dei sistemi plicativi formati. Il ripiegamento di tali sistemi durante le rimanenti fasi (V, VI) ha portato anche alla deformazione delle argille variegata plioceniche e all'attivazione di sovrascorrimenti. L'uplift generato dal sistema di faglie normali che hanno accomodato il generale sollevamento – connesso all'ultima fase tettonica – ha infine consentito una consistente incisione con formazione di superfici terrazzate.

L'area oggetto del presente studio è riportata sulla Carta Geologica della Sicilia in scala 1:250.000 di seguito riportata.



- 5  Depositi pre-evaporitici ed evaporitici, e Trubi: diatomiti (Tripoli), calcari solfiferi, gessi primari e secondari, sali, depositi terrigeni rappresentati da argille, arenarie, conglomerati, gessareniti; olistostromi (argille brecciate) intercalati a più livelli. Calcari marnosi a globigerine (Trubi). MESSINIANO SUPERIORE-PLIOCENE INFERIORE
Pre-evaporitic and evaporitic deposits and Trubi Fm.: diatomites, evaporitic limestones, primary and diagenetic selenitic gypsum, salts, terrigenous deposits (clays, sandstones, conglomerates, gypsarenites), interbedded olistostromes ("argille brecciate"). Globigerinid chalky-limestones (Trubi Fm.). LATE MESSINIAN-EARLY PLIOCENE
- 6  Argille marnose grigio-azzurre (f.ne Licata) LANGHIANO INFERIORE-TORTONIANO SUPERIORE. Argille, sabbie e conglomerati, bioherme a coralli (membro del Landro) (f.ne Terravecchia); biolititi a coralli (f.ne Baucina); olistostromi a vari livelli (argille brecciate). TORTONIANO SUPERIORE-MESSINIANO INFERIORE
Gray-blue marly clays (Licata fm.). EARLY LANGHIAN-LATE TORTONIAN. Clays, sands and conglomerates, reef limestones (Landro member) (Terravecchia fm.); coral biolithites (Baucina fm.); olistostromes ("argille brecciate") intercalations. LATE TORTONIAN-EARLY MESSINIAN

Figura 4 - Stralcio Carta Geologica della Sicilia in scala 1:250.000 con ubicazione dell'area oggetto del presente studio

L'area di progetto si colloca in area cartografata e riportata nella Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Progetto CARG) e ricade nel Foglio N°162 – CORLEONE di cui si riporta uno stralcio di seguito

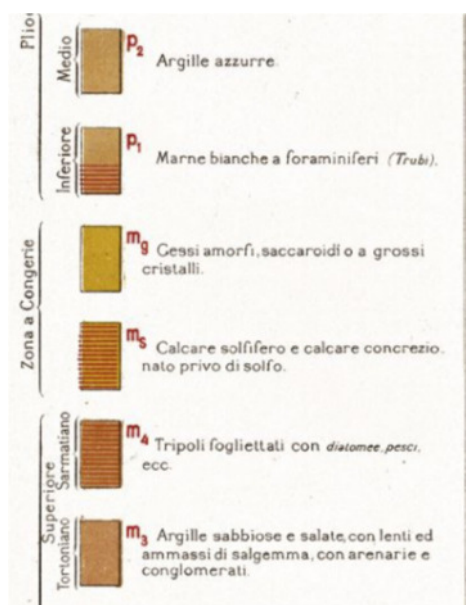


Figura 5 - Stralcio Carta Geologica in scala 1:100.000 – Foglio N.162 Caltagirone, Progetto CARG

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CLTO1.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	10 di 58

Considerata la complessità delle unità litostratigrafiche affioranti nell'intero territorio di Caltagirone, i cui rapporti spaziali ed i limiti formazionali risultano di difficile ricostruzione a causa della mancanza di una base cartografica a scala adeguata – manca infatti il Foglio Geologico in scala 1:50.000 del progetto CARG – di seguito si riporta una descrizione delle sole due unità litostratigrafiche interferenti con l'area parco a partire dal termine più antico:

Argille marnose grigio-azzurre ed argille brecciate: si tratta di argille marnose che presentano colorazione grigia in affioramento e grigio-azzurro lungo superfici di taglio fresco. Da un punto di vista strettamente litologico sono costituite da un'alternanza di marne, marne argillose ed argille marnose con stratificazione non ben evidente. Tali sedimenti argilloso-pelitici rappresentano le facies distali dei sistemi fluvio-deltizi connessi alla deposizione della Fm. di Terravecchia Nel dominio meridionale del Bacino di Caltanissetta infatti, sono preponderanti le marne e le argille marnose qualificate come facies distali della Fm. Terravecchia, attestanti una sedimentazione lontana dalle aree sorgente; più a nord tale formazione è invece caratterizzata da lenti discontinue di arenarie, conglomerati e calcari bioclastici. In corrispondenza dell'area parco su tali argille poggiano in discordanza i sedimenti carbonatici della Serie Solfifera. Tale unità rappresenta l'unità interessata dal parco fotovoltaico di progetto.

Serie Gessoso-Solfifera: E' una successione di sedimenti prevalentemente evaporitici, compresi tra le marne e le Argille del Tortoniano superiore e la Fm. dei Trubi del Pliocene basale (zancleano), depositatisi in corrispondenza alla crisi di salinità messiniana. Qui di seguito vengono elencati, dal basso verso l'alto, i terreni della Serie gessoso-solfifera, affioranti nell'area in esame, e le loro caratteristiche stratigrafiche essenziali:

Tripoli: si presenta generalmente come un'alternanza di strati pulverulenti silicei costituiti da diatomiti bianche, leggere e sottilmente fogliettate contenenti abbondanti resti di pesci e vegetali, in cui si intercalano livelli decimetrici di marne e calcari marnosi ricchi di foraminiferi planctonici (DECIMA & WEZEL, 1971). Tutto il deposito si è formato a seguito di un imponente accumulo di resti organogeni rappresentati da forme faunistiche planctoniche affette da atassia, ovvero di quelle tendenze degenerative che indicano anormali condizioni ambientali. L'associazione microfaunistica oligotipica è riferibile al Messiniano basale. Nell'area in esame lo spessore di questa formazione mostra un massimo di circa 25-30 metri. Il passaggio al sovrastante Calcarea di Base è spesso graduale e caratterizzato da un'alternanza di strati diatomitici e strati calcarei per uno spessore di circa un metro; altrettanto graduale è il passaggio alle sottostanti argille tortoniane segnato da un'alternanza di strati marnosi grigi e strati diatomitici bianchi.

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

Calcare di base: è il deposito iniziale della serie di evaporazione e per tale motivo la formazione è stata definita “Calcare di Base”; deriva da concentrazioni saline tali da impedire la vita animale, tanto da essere privo sia di macro che di microfauna. Corrisponde ad una lunga fase di concentrazione salina di un bacino non chiuso, che ha permesso l’accumulo di CaCO₃ per decine e decine di metri (OGNIBEN, 1954). La sedimentazione primaria è mm-ritmica ma spesso risulta obliterata da fenomeni di risedimentazione la cui litificazione ha prodotto grossi banconi di uno o più metri di breccia calcarea grossolana a vario grado di cementazione, intercalati da sottili zone marnose a straterelli calcarei di sedimentazione primaria. I fenomeni carsici negli strati affioranti sono molto evidenti e dove l’erosione ha raggiunto uno stadio avanzato, il calcare si presenta intensamente fratturato. Presenta una discreta continuità laterale e dove questa sembra mancare è in realtà occultata dai termini trasgressivi sovrastanti (Trubi e Argille marnose azzurre plioceniche).



Figura 6 – Panoramica area parco in cui è possibile identificare le successioni argillose a letto dei sedimenti carbonatici della Serie-Gessoso solfifera



Figura 7 - Area impianto in cui è possibile riconoscere il contatto tra l'unità argillosa e i sovrastanti termini della serie gessoso-solfifera. L'unità argillosa è ricoperta da una sottile coltre eluvio-colluviale in cui sono visibili elementi lapidei provenienti dallo smantellamento dei fronti rocciosi sovrastanti.

Negli allegati a corredo del presente studio è presente la carta geologica in scala 1:5000 per l'area parco.

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CLT01.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	13 di 58

4. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

L'area d'impianto si localizza in corrispondenza di una conca intermontana compresa fra il crinale del Mt. Frasca a nord e quello del Mt. Balchino a sud est. Le quote raggiunte dall'area interessata dalla realizzazione del parco variano da circa 480 m.s.l.m. nelle zone di fondovalle a circa 570 m.s.l.m. nei settori più a monte. Il sito è quindi inserito in un contesto morfo-litologico caratterizzato da pendii argillosi con profili rettilinei e di raccordo alle sovrastanti unità litoidi, quest'ultime ascrivibili alla presenza dei sedimenti evaporitici della serie gessoso-solfifera.

In corrispondenza dei terreni argillosi, i processi di alterazione del substrato risultano più intensi a causa della naturale predisposizione ai processi di disfacimento in condizioni subaeree. Di contro, le sovrastanti unità della serie gessoso-solfifera presentando un carattere litoide risultano meno erodibili. Ciò crea un contesto geomorfologico scomponibile in due distinte geometrie: un elemento ripido sommitale ed uno rettilineo medio e basale, con un elevato rapporto alterazione/rimozione dei sedimenti. I pendii associati a tale contesto possono essere pertanto definiti pendii in erosione. A riprova di quanto appena detto, il reticolo idrografico tende ad essere meno sviluppato laddove affiorano le unità lapidee e – di contro – le unità argillose risultano più incise. Quest'ultime infatti, avendo una ridotta capacità di trattenere le acque meteoriche favoriscono il loro deflusso superficiale, generando una rete di drenaggio piuttosto articolata.

Per una miglior caratterizzazione dei fattori geomorfologici che possono avere una particolare importanza ai fini dell'analisi della stabilità dell'area in esame, sia in termini di suscettibilità al dissesto che di risposta sismica locale, sono stati individuati i processi e le forme connesse a dinamiche gravitative di versante e all'azione delle acque correnti superficiali le quali determinano ruscellamenti diffusi e forme di erosione lineare. A tal proposito, uno dei parametri che influenza maggiormente la suscettibilità all'innesco di suddette fenomenologie, a parità di condizioni litotecniche e giaciture, è la pendenza dei versanti.

La pendenze individuate (Fig.8) sono state calcolate a partire dal Modello Digitale di Terreno (DTM) con risoluzione 10x10 m ottenuto da Tinality (ingv.it) per considerazioni geomorfologiche a scala più ampia. La scelta delle classi di pendenza deriva dal riconoscimento sperimentale di alcuni valori limite in funzione di specifiche finalità operative. Per le considerazioni sulle classi di pendenza sono state definite le seguenti soglie:

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CL.T01.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	14 di 58

- fino a 5°, pendenza bassa
- da 5° a 10°, pendenza medio-bassa
- da 15° a 20°, pendenza moderata
- da 20° a 25°, pendenza media
- dai 25 a 30°, pendenza medio-alta
- da 35° a 40°, pendenza elevata
- da 40° a 45°, pendenza molto elevata

Risulta opportuno osservare che una maggior inclinazione del versante favorisce l'erosione superficiale, con trasporto a valle del materiale detritico asportato dalle acque di corrivazione. Per contro, inclinazioni minori favoriscono i processi di weathering chimico-fisico del substrato roccioso con formazione di suolo, data la maggior permanenza delle acque di ristagno. In genere per pendenze fino ai 10° non si hanno controindicazioni in termini di stabilità dei versanti. Nelle porzioni con pendenze fino ai 35° possono verificarsi stati di instabilità in litologie costituite da sabbie sciolte, argille e limi con basso grado di consistenza, soprattutto se in presenza di falda superficiale. Per classi di pendenza maggiore possono verificarsi dissesti anche in presenza di rocce poco cementate, alterate o fessurate a causa di fenomeni fisico-meccanici e tettonici.

L'area d'impianto si imposta su porzioni da pendenza da medio-bassa (5-10°) a moderata (15-20°). La variazione di acclività lungo l'intero profilo del versante è essenzialmente connessa, nella porzione medio-alta del pendio, al contrasto morfologico tra i calcari della serie evaporitica e le sottostanti unità argillose. Lungo questo tratto si assiste tuttavia a locali incrementi connessi alla presenza di fasce detritiche derivanti dallo smantellamento delle unità calcaree. Quest'ultime infatti si attestano su angoli di riposo più bassi. Dal rilevamento effettuato in campo sono state di fatto identificate aree caratterizzate dalla presenza di accumuli detritici derivanti dai calcari del M. Frasca. Di seguito è riportata la carta delle pendenze calcolate per l'area parco:

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

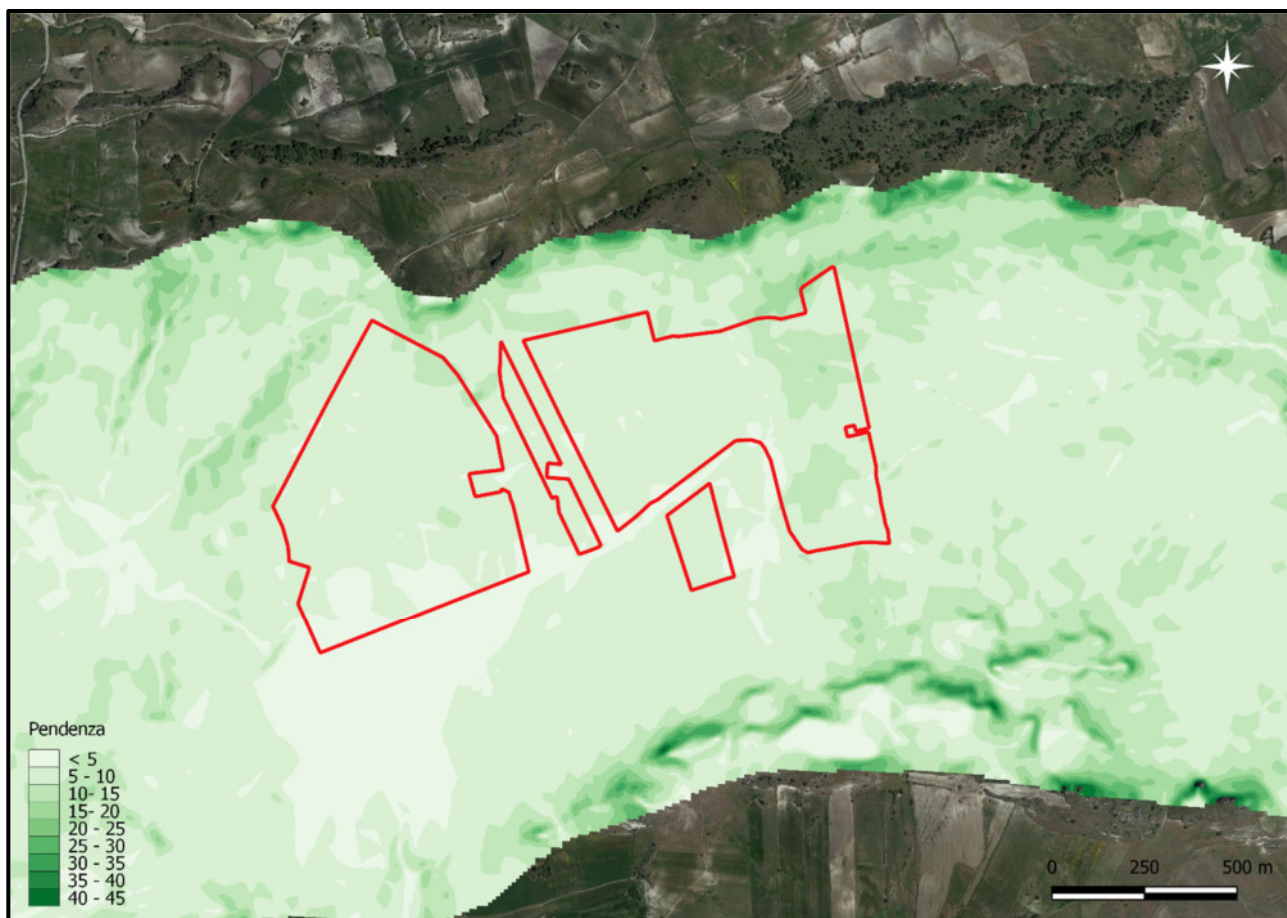


Figura 8 - Pendenze area parco (°)

Sulla base delle considerazioni appena esposte è possibile pertanto identificare gli scenari connessi ai processi morfo-evolutivi imputabili all'attuale assetto geomorfologico:

Nei terreni argilloso-marnosi la dinamica evolutiva è principalmente da riferirsi a processi denudazionali causati dallo smantellamento delle porzioni tenere di substrato ad opera delle acque ruscellanti ed incanalate. Il carattere impermeabile di suddette litologie limita i processi d'infiltrazione, creando le condizioni necessarie per l'imbibizione delle porzioni pellicolari di terreno e favorendo pertanto la loro eventuale fluidificazione.

Nell'areale oggetto del presente studio sono infatti comuni evidenze morfologiche di erosione lineare accelerata connesse all'azione modellatrice delle acque (Fig. 9). Al fine di eludere l'insorgere di fenomeni erosivi spinti in corrispondenza dell'area d'impianto dovrà essere assicurata la corretta regimazione delle

acque attraverso l'allontanamento delle acque poste a monte e circostanti l'area d'impianto, sia mediante la realizzazione di fossi perimetrali in grado di convogliare le acque a valle secondo le naturali linee di sgrondo.

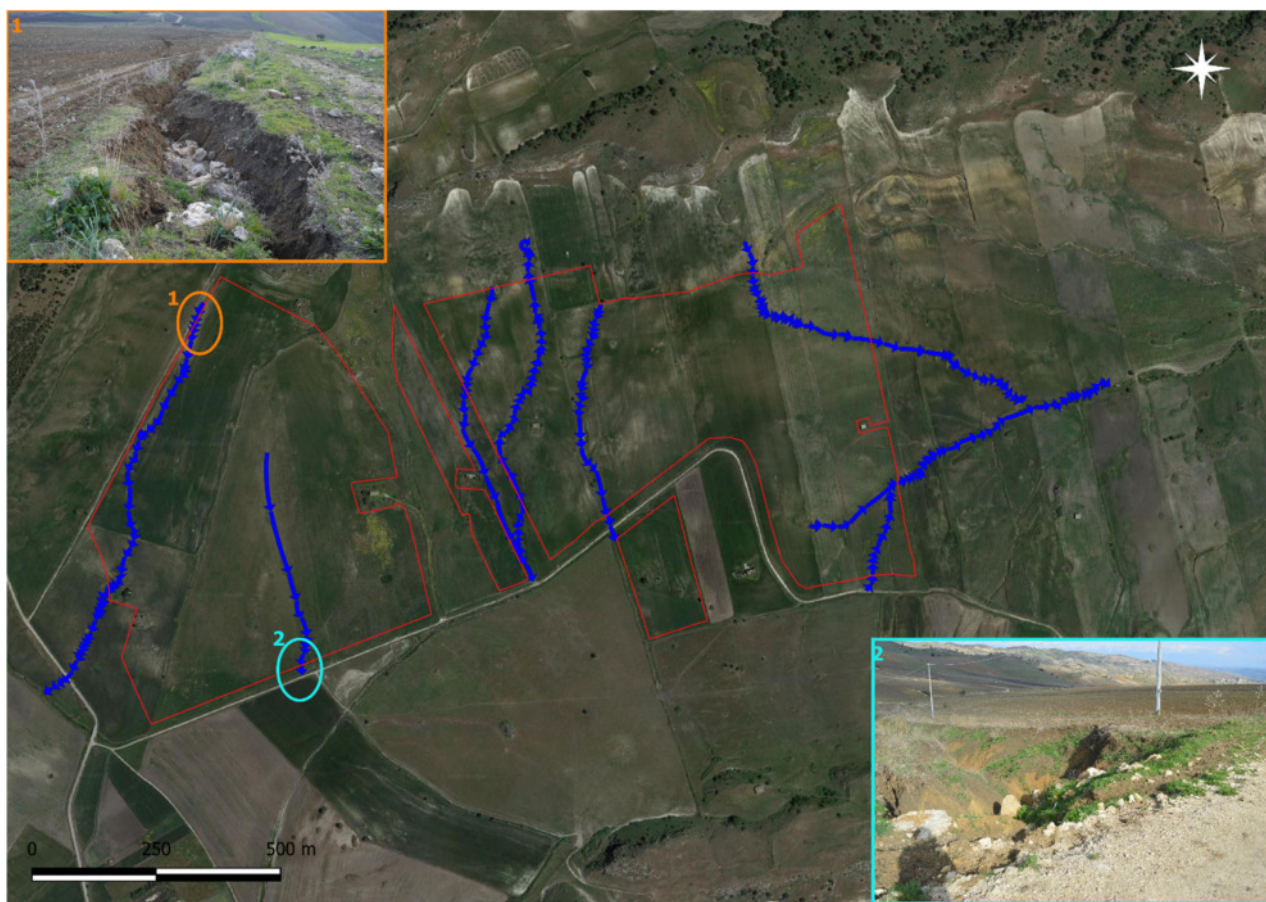


Figura 9- Fenomeni erosivi lineari identificati ed interferenti con l'area d'impianto

La dinamica evolutiva dei termini litoidi presenti a monte dell'area d'impianto è principalmente da riferirsi a processi di modellamento controllati da fenomeni di crollo e/o ribaltamento, quest'ultimi dipendenti dalle caratteristiche meccaniche delle discontinuità presenti negli ammassi rocciosi affioranti. Risulta opportuno sottolineare che l'area di progetto **non insiste direttamente** sulle porzioni di territorio interessate da affioramenti aventi carattere litoide. Considerando tuttavia un ambito geomorfologico significativo, i rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di calcari della serie gessoso-solfifera a circa 200 metri a monte dell'impianto. Quest'ultimi presentano diverse famiglie di discontinuità, la cui intersezione ha provocato l'isolamento di blocchi. Di fatto, la fascia di affioramento di tali fronti rocciosi è identificata dal PAI come fascia

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

a pericolosità geomorfologica elevata (P3). Nonostante non ci sia alcuna interferenza con le aree di impianto, in sede di progettazione esecutiva dovrà essere garantita una caratterizzazione dell'ammasso roccioso attraverso opportune verifiche mirate a quantificare i diversi rischi e potenziali scenari d'intervento, laddove necessari.

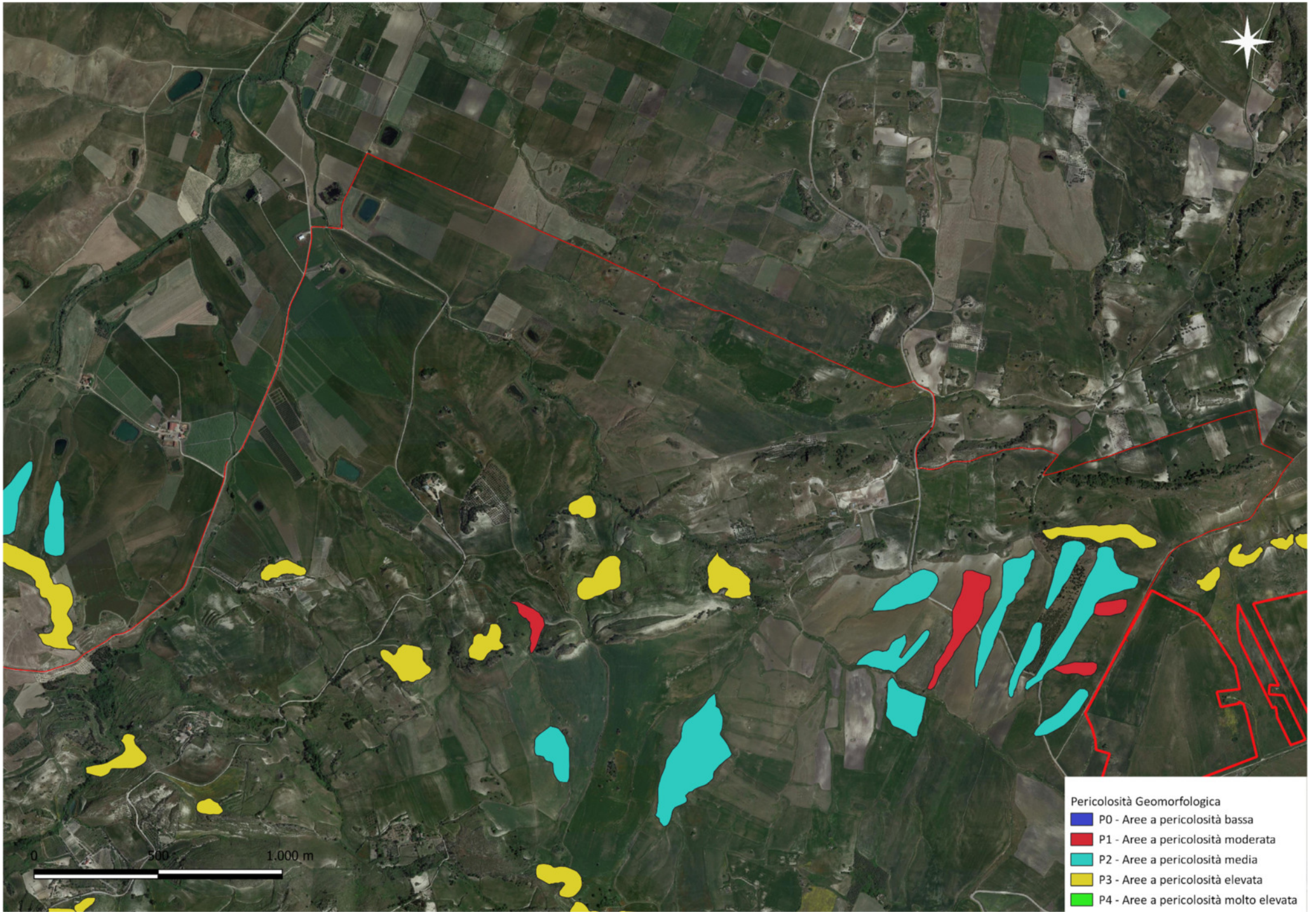


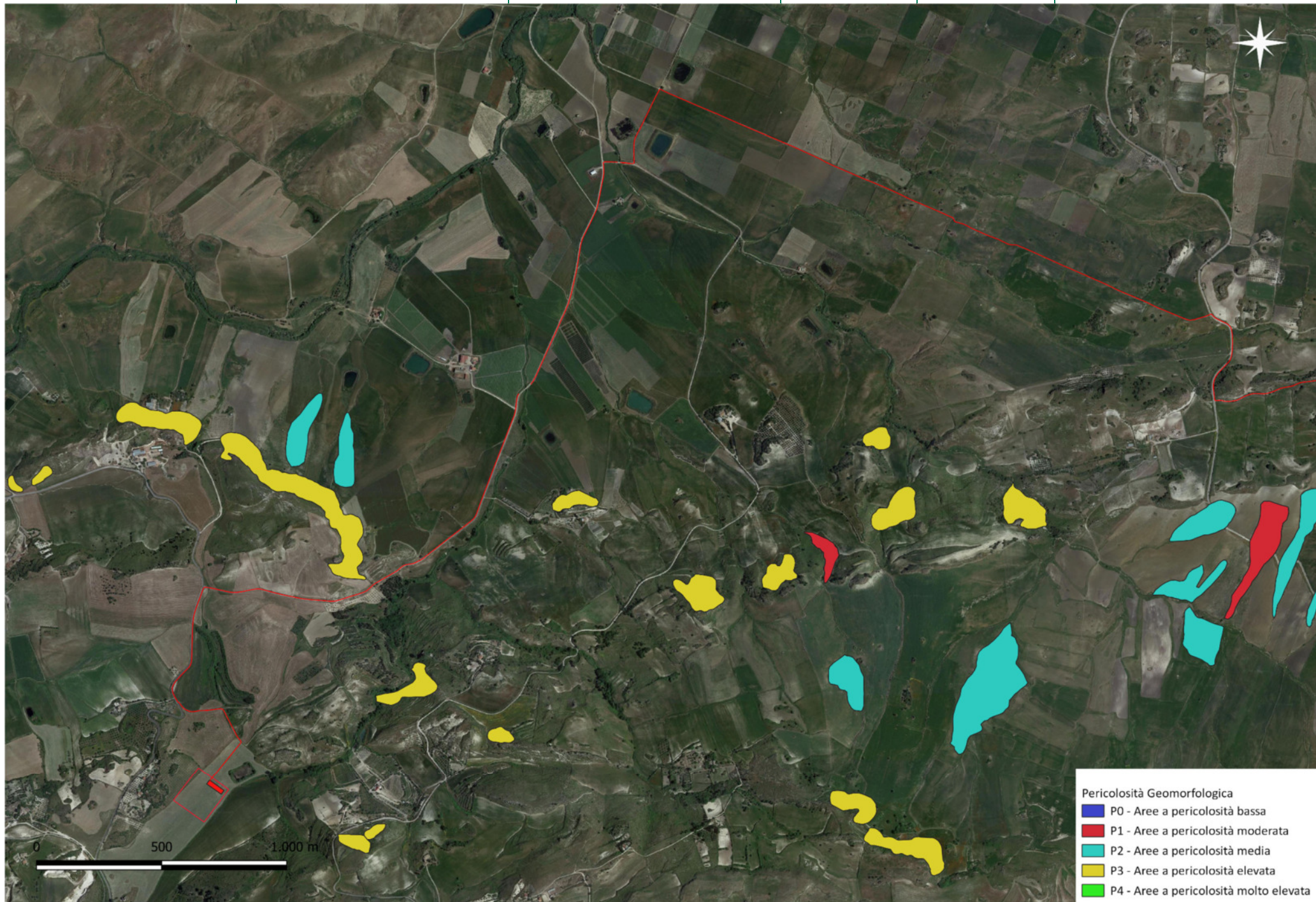
Figura 10 - Area di affioramento dei calcari della serie gessoso-solfifera a monte dell'area d'impianto. L'area è stata classificata dal PAI come area a Pericolosità Geomorfologica Elevata (P3)

Il sito indagato ricade nei piani stralcio per l'assetto idrogeologico dell'**Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia**. Come si evince dalle figure seguenti **l'area d'impianto ed il cavidotto di progetto non interferiscono con aree a Pericolosità Geomorfologica**.



- Pericolosità Geomorfologica
- P0 - Aree a pericolosità bassa
 - P1 - Aree a pericolosità moderata
 - P2 - Aree a pericolosità media
 - P3 - Aree a pericolosità elevata
 - P4 - Aree a pericolosità molto elevata





ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CLTO1.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	21 di 58

5. CARATTERI IDROGEOLOGICI

L'assetto geologico-strutturale dell'areale di progetto si riflette nell'attuale situazione idrogeologica. La circolazione idrica sotterranea è fortemente dipendente dalla permeabilità delle litologie affioranti. Considerando un ambito idrogeologico significativo, la situazione idrogeologica può essere schematizzata mediante la suddivisione in due complessi idrogeologici:

Complesso Idrogeologico Carbonatico: riferibili alle unità litoidi della serie gessoso-solfifera a permeabilità da media ad alta. I valori di permeabilità sono compresi tra $10^{-5} < k > 10^{-2}$ m/s pur risultando comunque variabili in funzione del grado di fratturazione.

Complesso Idrogeologico Argilloso: riferibile alle unità argillose su cui insiste l'area d'impianto. Tale complesso presenta valori di infiltrazione efficace scarsi ed un coefficiente di infiltrazione potenziale di circa 10-20%, con conseguenti valori elevati di ruscellamento superficiale. La circolazione idrica sotterranea risulta esigua in quanto i valori di K sono molto bassi, attestandosi in un range compreso tra i 10^{-7} ai 10^{-9} m/s. Nonostante il carattere impermeabile ascrivibile ad una porosità efficace molto bassa, in quanto i pori non risultano interconnessi pur essendo l'indice dei vuoti in genere molto elevato, è eventuali l'ipotesi di una circolazione idrica di esigua entità che a crearsi entro le fessure degli orizzonti sovraconsolidati oppure in corrispondenza di lenti a granulometria grossolana.

Il complesso idrogeologico carbonatico costituisce l'acquifero principale, all'interno del quale la circolazione è da ritrovarsi in corrispondenza del sistema di fratture superficiali e profonde. Il Complesso Idrogeologico Argilloso funge quindi da idrostruttura impermeabile, tamponando lateralmente e verticalmente la serie carbonatico-evaporitica. **Dal quadro idrogeologico descritto pertanto è stata accertata l'assenza di accumuli idrici significativi nei livelli superficiali, oltre che eventuali falde idriche interagenti con le opere di progetto, in quanto queste risultano allocate principalmente in corrispondenza del Complesso Idrogeologico Argilloso.** Ai fini del presente studio quindi la vulnerabilità idrogeologica può essere considerata da bassa a scarsa poiché l'area parco insiste su terreni impermeabili.

Dallo studio idrogeologico dell'area oggetto del presente studio è stata presa in considerazione anche l'eventuale interferenza con pozzi d'acqua ed eventuali sorgenti presenti. In riferimento a ciò, ai sensi dell'art.94 del D.Lgs. 152/2006, la fascia di rispetto è di 200 metri. Dal censimento dei pozzi e delle sorgenti presenti nell'area non è stata tuttavia identificata alcuna interferenza con le opere di progetto.

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

CODICE	FV.CL01.PD.R.A.02
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	22 di 58

Nella figura seguente sono riportati è riportato un inquadramento su CTR delle opere di progetto rispetto ai pozzi e le sorgenti presenti nel territorio. Come si evince dalla figura, l'impianto ed il cavidotto di progetto sono al di fuori del buffer di 200 metri imposto dalla normativa vigente in merito alla componente acque.

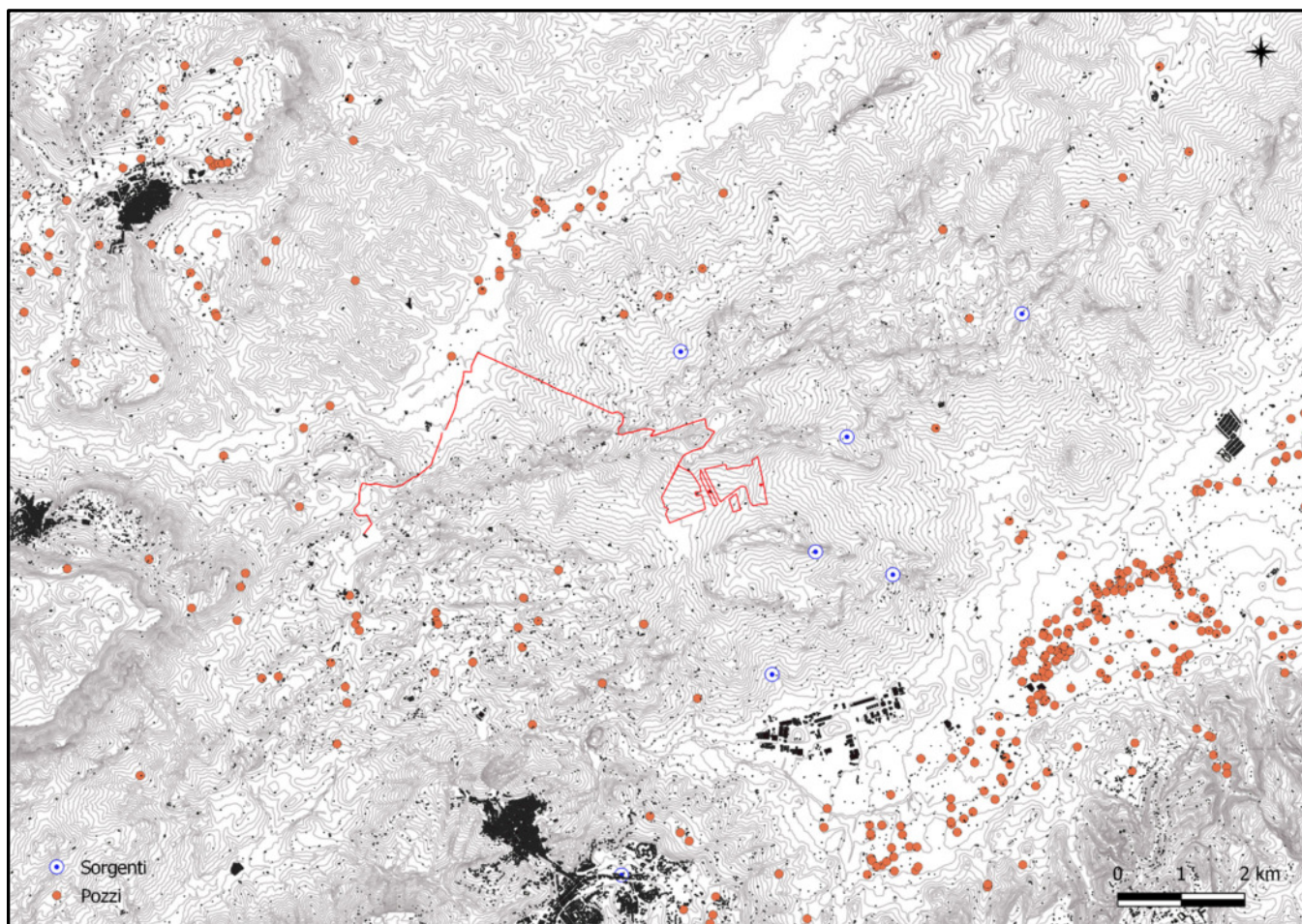


Figura 11- Inquadramento area impianto e cavidotto rispetto i pozzi e le sorgenti presenti

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CLTO1.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	23 di 58

6.CAMPAGNA GEOGNOSTICA INVESTIGATIVA

Nel corso del presente studio geologico, sull'area di progetto sono state eseguite indagini geognostiche, tramite prove di tipo geofisico indiretto, consistenti in prospezioni sismiche di superficie (MASW, Rifrazione), che meccanico diretto, attraverso l'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH)

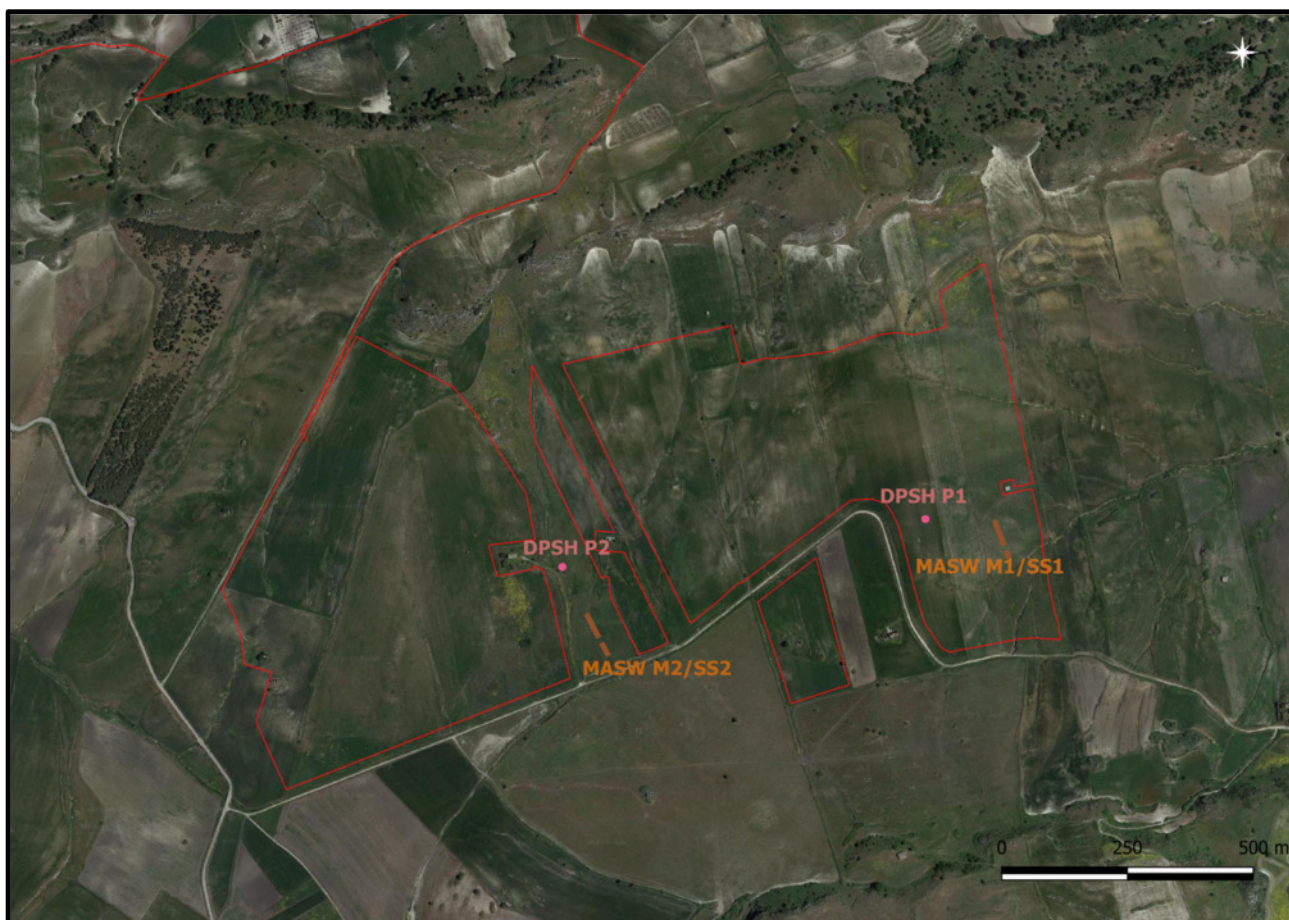
Le indagini sono finalizzate ad accertare la qualità litostratigrafica, geotecnica e macrosismica dei suoli interessati dalla progettazione, verificando la fattibilità delle opere, ed individuando, nel caso, eventuali elementi di debolezza territoriale da approfondire nella successiva fase progettuale.

La campagna geognostica condotta nell'attuale fase progettuale assolve pertanto alla funzione di caratterizzazione geognostica preliminare, e dovrà essere completata nella successiva fase esecutiva, con indagini e caratterizzazioni geotecniche di maggior dettaglio ed approfondimento.

Con tali premesse, nello specifico, le indagini condotte nell'attuale fase sono consistite nell'esecuzione di:

- N. 2 Prove Penetrometriche Pesanti DPSH
- N. 2 Prospezione Sismica MASW
- N.2 Prospezione Sismica Rifrazione

Di seguito si riporta l'ubicazione delle indagini effettuate e la descrizione delle indagini condotte con relativi esiti, rimandando per ulteriori dettagli all'Allegato A.



6.1 Cenni Prove Penetrometriche pesanti (DPSH)

Le prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH) consistono nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un dispositivo a percussione. La registrazione del numero di colpi N viene eseguita ogni qual volta il gruppo di infissione penetra nel terreno di 20 cm.

Le informazioni fornite sono di tipo continuo poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione. Il campo di utilizzazione della prova è molto vasto, essendo eseguite di norma in tutte le tipologie di terreno (coesivi e granulari), oltre che in quelli poco litificati. L'elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente inoltre di catalogare e parametrizzare il suolo attraversato.

CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO

Maglio	63,50 kg
Altezza di caduta	75 cm
Apertura del cono	90°
Diametro del cono alla base	50,5 mm
Testa di battuta	30 kg
Massa delle aste	8 kg/m
Diametro delle aste	35 mm
Lunghezza delle aste	1 m
Penetrazione standard N	20 cm

Esiti Prova DPSH

In data 28/12/2020 si è proceduto all'esecuzione di N.2 prove penetrometriche tipo DPSH al fine di rilevare il grado di addensamento/consistenza dei suoli presenti in sito e determinare la potenza stratigrafica della coltre d'alterazione superficiale, e quindi la quota presumibile di appoggio fondale delle opere, fornendo al contempo una stima dei principali parametri geotecnici dei suoli. Di seguito si riporta il dettaglio delle prove condotte e le loro principali risultanze.

Prova DPSH P1

La prova DPSH P1 si è spinta alla profondità di 8 metri. Di seguito la diagrafia della prova ed i parametri geotecnici estrapolati:

Prof. (m)	Litologia	Nspt	Natura granulare					Natura coesiva			
			DR	Φ'	γ_{sat}	γ_d	E'	Cu	γ_{sat}	W	e
0-1 m	Terreno agrario	2	-	-	-	-	-	-	1.75	47	1.267
1- 2.60 m	Limo Argilloso	3	-	-	-	-	-	0.19	1.78	44	1.194
2.60-4.80	Argilla limosa/sabbiosa	6	-	-	-	-	-	0.38	1.85	37	1.000
4.80-8	Argilla limosa	9	-	-	-	-	-	0.56	1.89	34	0.918

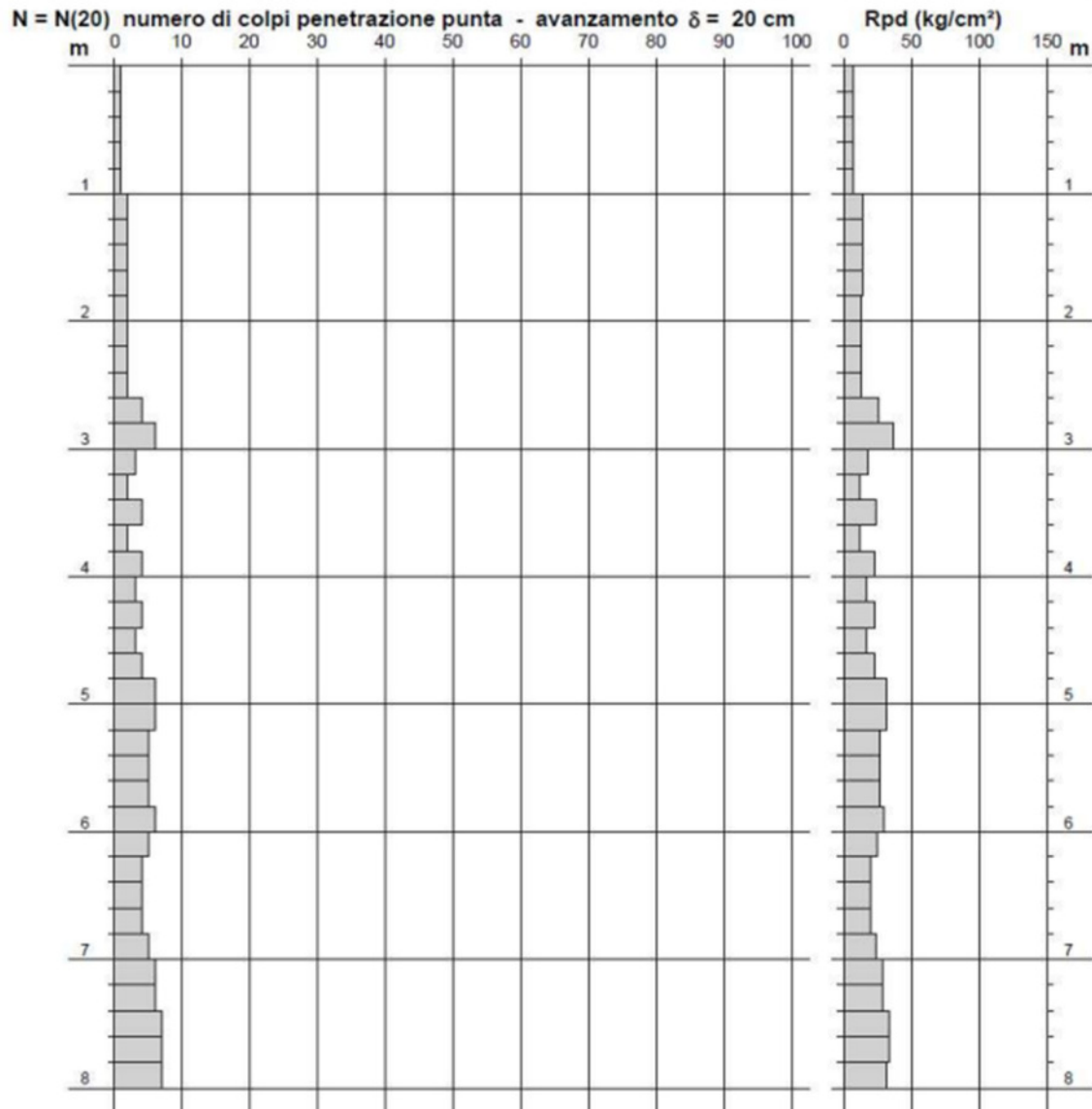
Tabella 3- Parametri geotecnici e litologia estrapolati dalla prova DPSH P1: DR (%)= densità relativa; ϕ' (°)= angolo di attrito efficace; E' (kg/cm2)= modulo di deformazione drenato; W%= contenuto d'acqua, Cu (kg/cm2)=coesione non drenata; e= indice dei vuoti, γ_{sat} e γ_d (t/m³) = peso di volume saturo e secco del terreno

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd****DIN 1**

Scala 1: 50

- committente : E-Way Finance srl
- lavoro : Altobrando
- località : Caltagirone
- note :

- data : 28/12/2020
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

**Prova DPSH P2**

La prova DPSH P2 si è spinta alla profondità di 6.80 metri. Di seguito la diagrafia della prova:

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

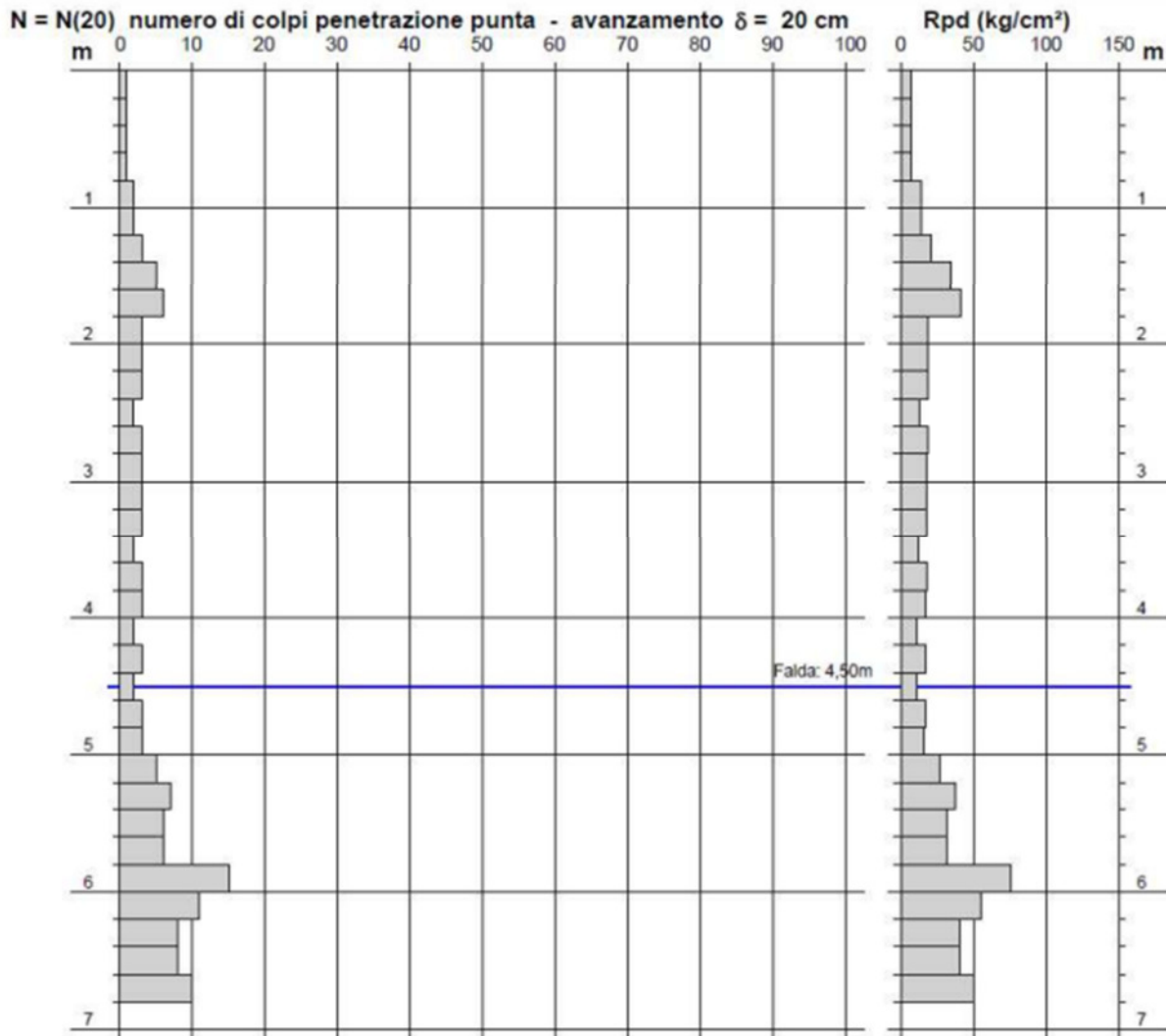
Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd****DIN 2**

Scala 1: 50

- committente : E-Way Finance srl
- lavoro : Altobrando
- località : Caltagirone
- note :

- data : 28/12/2020
- quota inizio :
- prof. falda : 4,50 m da quota inizio
- pagina : 1

**6.2 Prospezioni sismiche**

Nell'area di progetto si è proceduto, oltre all'esecuzione di prove geognostiche dirette, anche all'esecuzione di una campagna di indagini geofisiche.

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CL.T01.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	28 di 58

E' stata eseguita una prospezione sismica a rifrazione di superficie in onde P con lunghezza stendimento pari a 50 metri e con tecnica di acquisizione ed elaborazione GRM (Generalized Reciprocal Method). Gli stendimenti sismici sono stati effettuati attraverso l'utilizzo di 25 geofoni con spaziatura pari a 2.00 metri, per una lunghezza totale di 120.00 metri

Lungo le medesime direttrici di stendimento sono state eseguite prospezioni sismiche MASW al fine di determinare la velocità $V_{s,eq}$ necessaria per la determinazione della categoria sismica dei suoli, imposta dalle NTC 2018 per la caratterizzazione dei suoli. Di seguito è riportata la geometria della linea sismica:

GEOMETRIA ACQUISIZIONE SISMICA A RIFRAZIONE - MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW)			
	N. Canali	Distanza intergeofonica (m)	Tipologia onde sismiche campionate
SISMICA A RIFRAZIONE (Metodo GRM)	12	25	Onde P
Multichannel Analysis Of Surface Waves (MASW)	12	25	Onde di Rayleigh

6.1.1. Sezione Sismica SS1 e SS2

In corrispondenza dell'area di realizzazione dell'impianto è stato eseguito uno stendimento sismico a rifrazione della lunghezza di 25 m con una disposizione sul terreno che ha previsto l'utilizzo di 12 geofoni con distanza intergeofonica pari a 2.00 m; in tutti gli stendimenti sono stati eseguiti, oltre allo scoppio diretto, coniugato e centrale, anche due scoppi intermedi interni. Tale indagine è realizzata avvalendosi del metodo sismico a rifrazione, che utilizza la determinazione della velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) nel sottosuolo. Tali onde vengono generate e si propagano nel terreno, ogni qualvolta quest'ultimo viene sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale che artificiale.

Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla probabile composizione litologica di massima dei terreni, nonché alla geometria delle prime unità simostratigrafiche presenti nel sottosuolo. Un limite invece è costituito dal fenomeno di mascheramento dovuto all'impossibilità di rivelare strati a bassa velocità sottostanti strati ad alta velocità, o di rivelare strati di scarso spessore. La presenza di uno strato a bassa velocità introduce errori nella valutazione della profondità dei rifrattori più profondi. Tali errori possono

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CL01.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	29 di 58

correggersi tramite alcuni elementi di taratura forniti da sondaggi geognostici o da altri tipi di indagini dirette e indirette.

In base alle distanze tra il punto di energizzazione e quello di ricezione e ai tempi di arrivo dei segnali sismici, vengono ricavate le dromocrone (curve tempi – distanze), dalle quali si risale, tramite opportuno programma di calcolo, alle velocità reali nei singoli strati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione. Per l'acquisizione dei dati in sito è stata utilizzato un sismografo multicanale PASI GEA 24.

L'algoritmo utilizzato dal programma di calcolo è stato pubblicato nel 1986 da Dereck e Palmer in un articolo dal titolo "The Generalized Reciprocal Methods of Seismic Refraction Interpretation" (Society of Exploration Geophysicists). Mediante questa procedura di analisi dei dati è possibile ricostruire la morfologia del contatto tra il materiale di copertura e il substrato veloce e, a differenza di altre procedure, di valutare le variazioni di velocità in direzione orizzontale al suo interno. Per una corretta procedura di analisi è inoltre necessario che la linea sismica sia correttamente dimensionata in relazione alla profondità del rifrattore di interesse. Ciò consente di disporre di ampi tratti di progressive di sezioni in cui il rifrattore viene evidenziato sia con energizzazione diretta sia con energizzazione inversa. Le procedure di filtraggio e l'applicazione delle opportune tecniche di riconoscimento dei primi arrivi consentono di riconoscere il fronte d'onda rifratto e di procedere ad una interpretazione affidabile.

La sezione SS1, eseguita in onde P (l. 25 metri) evidenzia la presenza di due rifrattori principali di cui è stata effettuata interpretazione basata sui valori della velocità delle onde sismiche misurate ed opportunamente integrata con la situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il primo sismostrato, quello più superficiale, ha uno spessore variabile da 2,00 a 3,00 metri, con velocità delle onde P pari a 326 m/s, riferibile a terreno vegetale scarsamente addensato con scarse caratteristiche geotecniche.
- Il secondo sismostrato, con spessore variabile da 3,00 a 8,00 metri e velocità pari a 1070 m/s, riferibile a terreni mediamente addensati con caratteristiche geotecniche intermedie.

La sezione SS2, eseguita in onde P (l. 25 metri) evidenzia la presenza di due rifrattori, mostrando un buon accordo con la sezione SS1. Di seguito la sismostratigrafia ricostruita:

- Il primo sismostrato, quello più superficiale, ha uno spessore variabile da 1,00 a 3,00 metri, con velocità delle onde P pari a 344 m/s, riferibile a terreno vegetale scarsamente addensato con scarse caratteristiche geotecniche.

- Il secondo sismostrato, con spessore variabile da ~3 a 9,00 metri e velocità pari a 1065 m/s, riferibile a terreni mediamente addensati con caratteristiche geotecniche intermedie.

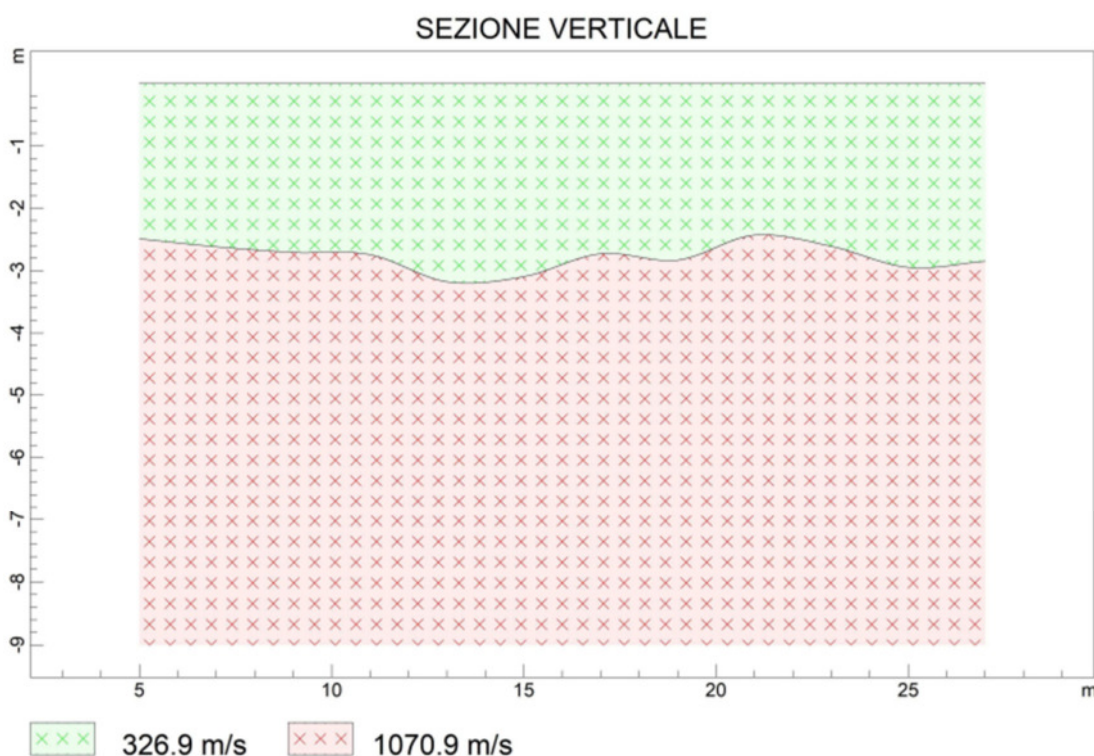
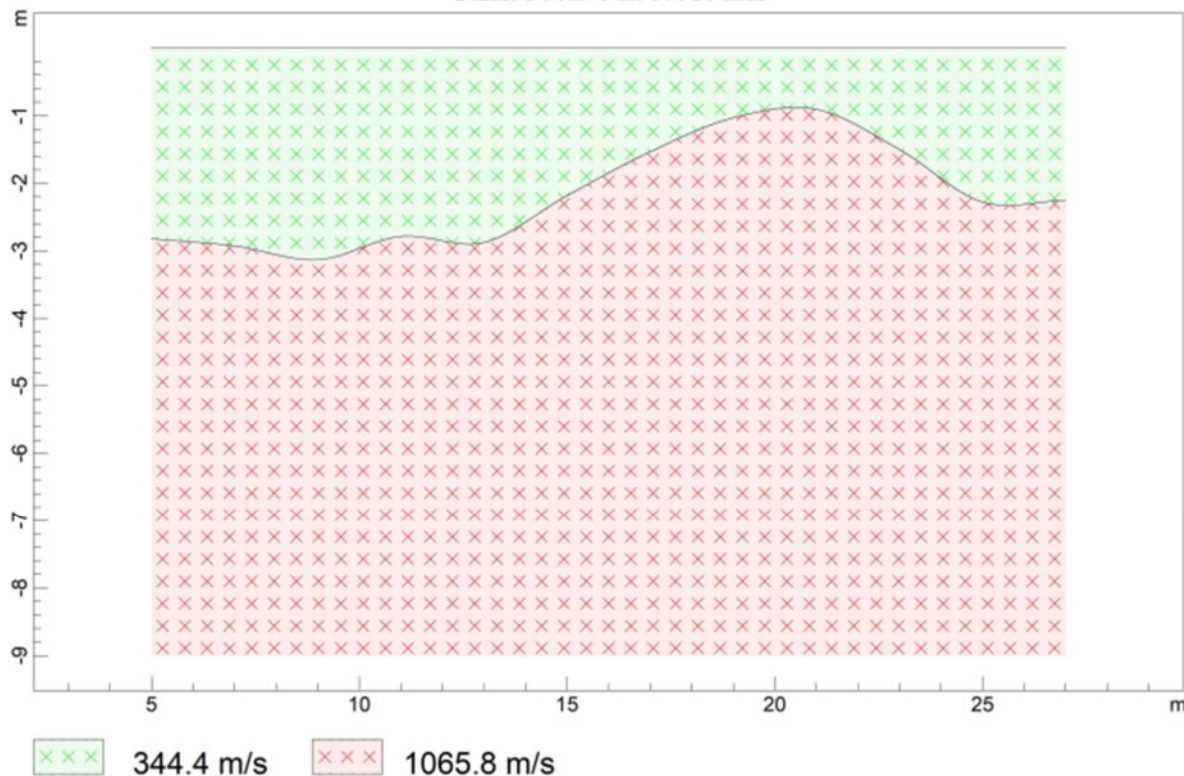


Figura 12 - Sezione verticale sismostratigrafia S1

SEZIONE VERTICALE**Figura 13- Sezione verticale sismostratigrafia S2****6.1.2 MASW M1 e M2**

In corrispondenza dello stendimento sismico a rifrazione è stato eseguito, utilizzando 24 geofoni a bassa frequenza da 4,5 Hz, un profilo sismico tipo MASW per la determinazione delle velocità V_s e del relativo calcolo della V_{Seq}

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , sulla base del quale valutare, così come stabilito dall'NTC 2018, la velocità equivalente delle onde di taglio verticale - V_{seq} , sino alla profondità H del substrato sismico e la corrispondente categoria sismica del sottosuolo. Per substrato sismico si intende quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CL01.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	32 di 58

definita dal parametro Vs30 ottenuto ponendo $H = 30$ m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

La metodologia MASW si basa sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (24 geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D.,1999, Aki, K.and Richerds, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza, con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazione sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi indagano la porzione di suolo più profonda. Nel metodo MASW si usano le sole onde di *Rayleigh* e si trascurano gli effetti dovuti alle onde P e SV. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche le onde P e le onde S oltre alle onde *Rayleigh*, intervengono due aspetti che rendono il contributo delle onde di Rayleigh prevalente sul contributo delle onde P e SV. Il primo aspetto è che le onde Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che allontanandosi dalla sorgente le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV, ciò perché le onde Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, mentre le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici. Mediante l'utilizzo di un opportuno software è possibile ricavare il profilo verticale della Vs tramite inversione della curva di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW. La procedura si sviluppa in tre operazioni svolte in successione:

- determinazione dello spettro di velocità, sul quale verrà identificata la curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione ed individuazione del profilo verticale della Vs, attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici;
- calcolo della velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità Vs30 e quindi individuazione della categoria di suolo sismico secondo quanto indicato dalla nuova normativa sismica OPCM e dall'Eurocodice 8.

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

La sezione M1 ed M2 evidenziano entrambe un graduale aumento della velocità delle onde S con la profondità. L'intervallo di profondità compreso tra 0-5 (M1) e 0-3 (M2) con velocità delle onde S pari a 172 e 197 m/s è ascrivibile alla porzione di terreno agrario con scarse caratteristiche geotecniche. I due sismostrati rilevati a maggiore profondità e con velocità di 223 m/s e 374 m/s per lo stendimento M1, e 215 e 332 m/s per lo stendimento M2 sono ascrivibili invece alle porzioni alterate dell'unità di substrato, le cui caratteristiche meccaniche migliorano a profondità maggiori (> 30 metri).

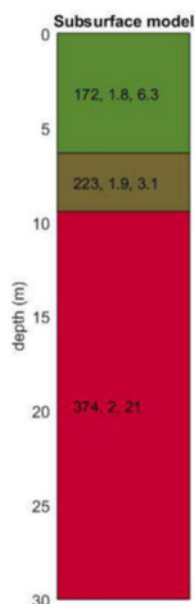


Figura 14 - Sismostratigrafia M1

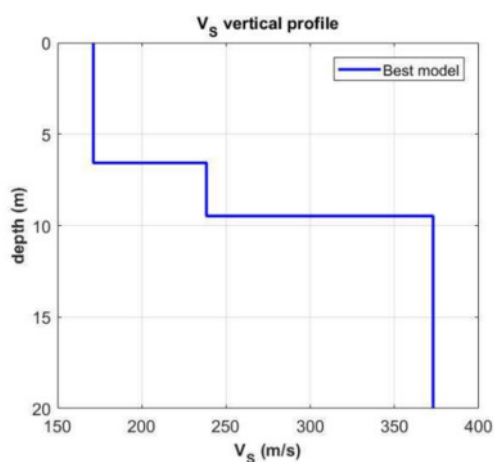


Figura 15 - Profilo verticale Vs, stendimento M1

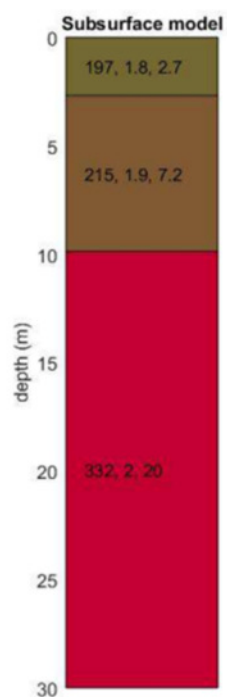


Figura 16- Sismostratigrafia M2

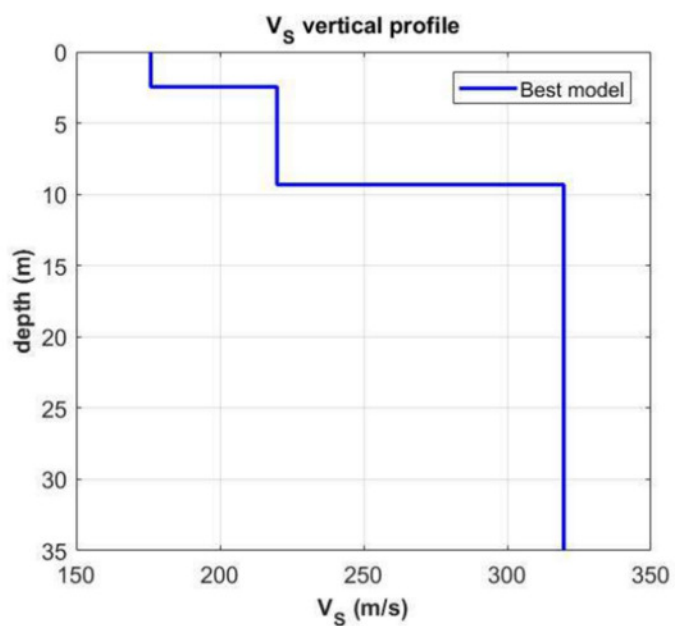


Figura 17- Profilo verticale Vs, stendimento M2

7.CARATTERI SISMICI

7.1 Normativa Vigente

Le azioni sismiche di progetto vengono definite dalle Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC 2018 – D.M. 17/01/2018) e si definiscono a partire dalla Pericolosità Sismica di Base dell'area di indagine e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale ed ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$ con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR. I valori di a_g , F_0 , T^*c sono i parametri su sito rigido orizzontale che definiscono le forme spettrali per ciascuna probabilità di superamento PVR in un determinato periodo di riferimento.

7.2 Sismicità del Comune di Caltagirone

La storia sismica del territorio di Caltagirone (CT) è stata analizzata attraverso la consultazione Database Macrosismico Italiano DMI15 v.4.0, il quale sostituisce la precedente versione 3.0, considerando una copertura temporale maggiore – dalla fine del 2019 alla fine del 2020. Il set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti nel territorio italiano è quindi aggiornato nella finestra temporale 1000- 2020 e sono raccolti in termini di gradi di intensità macrosismica. Nel territorio comunale di Irsina sono riportati 48 eventi sismici avvenuti tra il 1542 ed il 2020, di cui quelli con intensità di 7-8 sono riferiti agli eventi con epicentro a Caltagirone, Monti Iblei Settentrionali e Stretto di Messina.

Tabella 4 – Storia sismica comune di Caltagirone

Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1542 11 30 18 40	Sicilia sud-orientale	3	5	4.16
8	1542 12 10 15 15	Sicilia sud-orientale	32	10	6.68
6	1624 10 03 17	Monti Iblei settentrionali	3	8	5.56
5-6.	1693 01 09 21	Sicilia sud-orientale	30	8-9.	6.07
3	1693 01 11 08	Sicilia sud-orientale	8		
9	1693 01 11 13 30	Sicilia sud-orientale	179	11	7.32
4	1693 04 01 07 50	Ionio meridionale	4	6	4.63
4	1693 04 17 19	Sicilia sud-orientale	4	5	4.16
F	1693 05 12 13 20	Modica	2	6	4.63
4	1693 07 08 17 50	Sicilia sud-orientale	7	6	4.93

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

7-8.	1698 01 01	Monti Iblei settentrionali	6	7-8.	5.66
6	1818 02 20 18 15	Catanese	128	9-10-	6.28
7	1818 03 01 02 45	Monti Iblei	24	7-8.	5.57
4-5.	1878 10 04 00 46	Mineo	7	5-6.	4.29
3	1892 01 22 23 47	Monti Iblei	26	5	4.41
5	1894 11 16 17 52	Calabria meridionale	303	9	6.12
4-5.	1895 04 13 15 01	Monti Iblei?	32	6-7.	4.82
4-5.	1897 02 11 23 33 0	Ionio meridionale	96	5	5.03
4-5.	1897 05 28 22 40 0	Ionio	132	6	5.46
5-6.	1898 11 03 05 59	Calatino	48	5-6.	4.51
5	1903 07 13 08 19	Calatino	46	5	4.14
5	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11-	6.95
NF	1908 12 10 06 20	Monti Peloritani	64	7	5.11
7	1908 12 28 04 20 2	Stretto di Messina	772	11	7.10
7-8.	1909 01 02 01 05	Caltagirone	1	7-8.	5.33
NF	1911 10 29 06 49	Mineo	11	5	4.16
F	1924 08 17 21 40	Monti Iblei	22	5	4.74
4	1934 09 11 01 19	Sicilia centro-settentrionale	28	5-6.	4.84
NF	1947 05 11 06 32 1	Calabria centrale	254	8	5.70
6	1949 10 08 03 08	Sicilia sud-orientale	32	7	5.10
NF	1953 02 25 00 07 4	Vibonese	56	5-6.	4.88
4	1959 12 23 09 29	Piana di Catania	108	6-7.	5.11
5	1978 04 15 23 33 4	Golfo di Patti	330	8	6.03
3-4.	1980 01 23 21	Monti Iblei	122	5-6.	4.39
2-3.	1987 08 13 07 22 0	Etna - Maletto	35	6	4.75
4	1990 10 29 08 16 1	Stretto di Sicilia	40		4.79
6	1990 12 13 00 24 2	Sicilia sud-orientale	304		5.61
2-3.	1990 12 16 13 50 2	Ionio meridionale	105		4.38
3	1997 07 30 16 06 3	Monti Iblei	45	5	4.45
3	1997 12 24 09 40 0	Etna - Versante meridionale	11	6	4.08
4	2002 09 06 01 21 2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
NF	2004 05 05 13 39 4	Isole Eolie	641		5.42
4	2004 12 30 04 04 5	Monti Iblei	48	4	3.82
NF	2005 11 21 10 57 4	Sicilia centrale	255		4.56
3-4.	2006 12 19 14 58 0	Etna - Versante nord- occidentale	28	6	4.19
3	2016 02 08 15 35 4	Monti Iblei	58	5-6.	4.44

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CL.T01.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	38 di 58

3	2018 10 06 00 34 1	Etna - Versante sud-occidentale	44	7-8.	4.72
4-5.	2020 12 22 20 27 2	Ragusano	25	5	4.52

Caltagirone è classificata come **zona sismica 2** dove *possono verificarsi forti terremoti* con valori di pericolosità sismica di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido pari a 0.25g. Ai sensi dell'OPCM 3274/2003 è stato adottato uno studio aggiornato di pericolosità di riferimento per tutto il territorio italiano, dotando le regioni di un modello di pericolosità attraverso l'introduzione di intervalli di accelerazione (a_g) di picco su terreno rigido con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni da assegnare a 4 zone sismiche. Castronovo di Sicilia ricade tra i Comuni per i quali $0.25g > a(g) > 0.15g$. Tali valori di pericolosità non ha però influenza sulla progettazione con l'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni in quanto la definizione dell'azione sismica di riferimento avviene tramite un approccio *sito dipendente* e non più *zona dipendente*, i cui valori di pericolosità sismica di base vengono definiti mediante punti su una maglia quadrata 5x5 estesa in tutto il territorio italiano.

7.3 Accelerazione orizzontale massima attesa a_g

Con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018 (D.M. 17/01/2018), all'OPCM 3274/2003 e 3519/2006, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha redatto una mappa di pericolosità (**Progetto Esse1**) espressa in termini di accelerazione orizzontale massima con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Categoria A; $V_s > 800$ m/s. Per il territorio di Caltagirone i valori di a_g indicati sono compresi tra 0.150 e 0.175 (Fig.18).

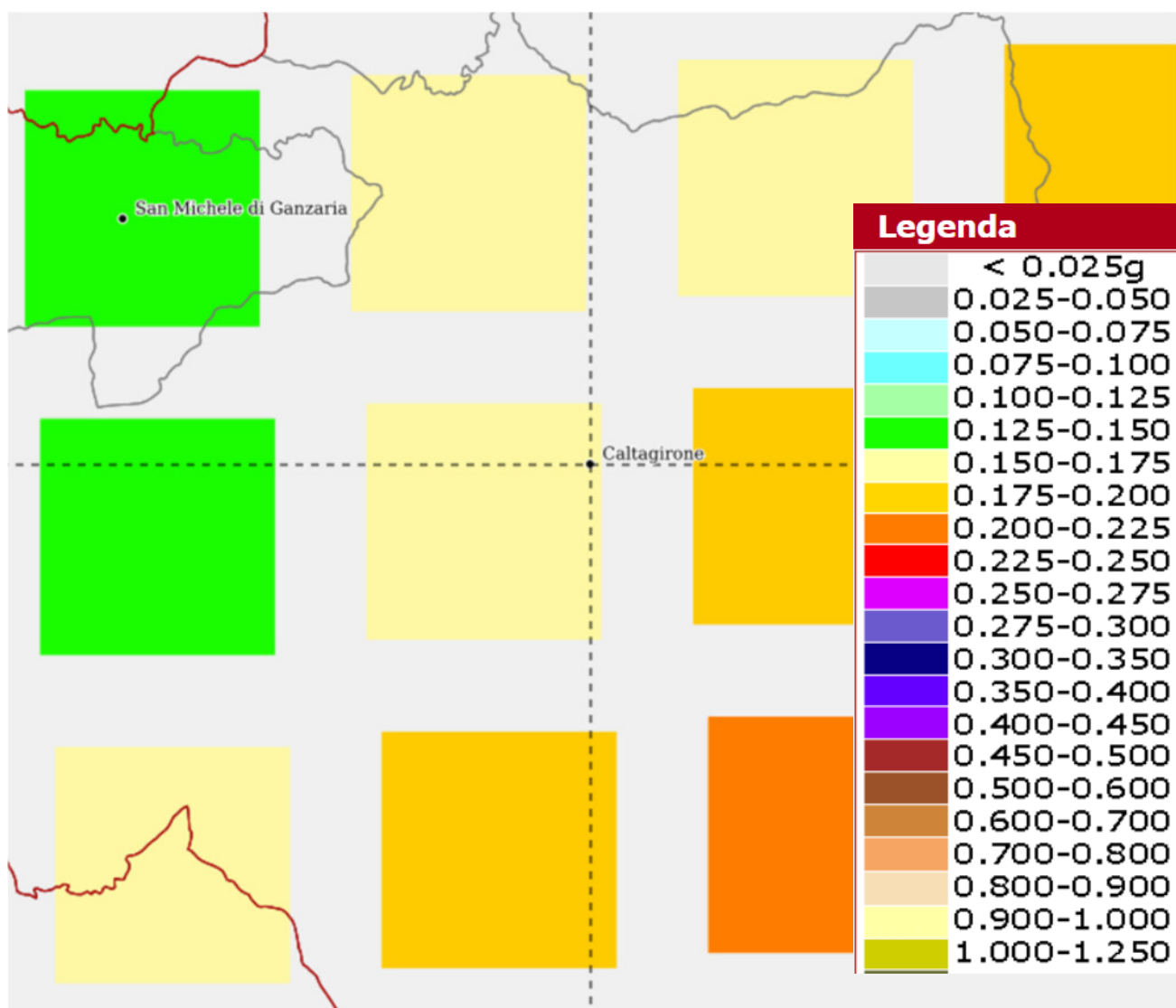


Figura 18 – Modello di Pericolosità sismica (Progetto Esse1)

DISAGGREGAZIONE DI PGA CON PROBABILITA' DI ECCEDEZZA DEL 10% in 50 ANNI

Distanza (km)	Magnitudo (MW)										
	3.5-4	4-4.5	4.5-5	5.0-5.5	5.5-6	6.0-6.5	6.5-7	7.0-7.5	7.5-8	8-8.5	8.5-9
0-10	0.0000	1.7700	5.4700	6.1000	5.5300	4.1800	2.7100	1.5600	0.2120	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.7700	3.6800	6.3000	8.2200	8.6000	7.4000	5.3600	0.8200	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.1700	1.0500	2.3400	3.6100	4.3100	4.1400	0.7390	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.3590	0.0820	0.6420	1.4800	2.3100	2.7900	0.5650	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.1120	0.5480	1.1900	1.7500	0.3930	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0037	0.17900	0.5510	0.9690	0.2380	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0371	0.2460	0.5290	0.1410	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0324	0.0897	0.0256	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0035	0.0011	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0048	0.0019	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0089	0.0043	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0053	0.0036	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022	0.0026	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0014	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CLTO1.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	41 di 58

Tabella 5- Valori medi per la coppia Magnitudo-Distanza (M-R)

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.15	18.2	0.803

Al fine di individuare i contributi delle diverse sorgenti sismogenetiche alla pericolosità del sito oggetto del presente studio sono stati presi in considerazione i valori di disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Tab. 4). È stata presa in considerazione la forma di disaggregazione tridimensionale per la terna Magnitudo-Distanza-Epsilon (M-R-ε), ovvero il contributo delle singole sorgenti sismogenetiche capaci di generare terremoti di magnitudo M ad una distanza R. Il parametro ε rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento, considerato in scala logaritmica, devia il valore mediano predetto da una data legge di attenuazione. In particolare, in questo caso vengono disaggregati i valori mediani di scuotimento espressi in termini di accelerazione orizzontale di picco (PGA) corrispondenti ad un periodo di ritorno di 50 anni. Ciò porta alla determinazione di un *terremoto di scenario*, inteso come evento sismico che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito. Il calcolo del contributo, U, di ciascuna terna M-R- ε è dato dalla seguente formula

$$U(m_1 < M < m_2, r_1 < R < r_2, \epsilon_1 < E < \epsilon_2 | y^*) = \frac{\sum_{i=1}^{N_s} u_i \int_{m_1}^{m_2} \int_{r_1}^{r_2} \int_{\epsilon_1}^{\epsilon_2} f(m) f(r) f(\epsilon) P[Y > y^* | m, r, \epsilon] dr dm d\epsilon}{\lambda_{y^*}}$$

dove:

u_i = numero medio annuo di terremoti con $m > m_{min}$ per ognuna delle N_s sorgenti sismogenetiche;

λ_{y^*} = tasso medio annuo di eccedenza di un prefissato valore, y^* , di un dato parametro di scuotimento Y ;

$f_M(m)$ = funzione densità di probabilità della magnitudo;

$f_R(r)$ = funzione densità di probabilità della distanza;

$f_\epsilon(\epsilon)$ = funzione densità di probabilità del numero di deviazioni standard ϵ , per cui il logaritmo dello scuotimento devia dal logaritmo del valore mediano predetto da una data legge di

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

attenuazione dati M ed R;

$P[Y > y^* | m, r, \varepsilon]$ = probabilità di eccedenza di un dato valore di scuotimento, y^* , dati m , r , ε

L'analisi di disaggregazione della terna M-R- ε viene effettuata per i siti corrispondenti ai nodi della griglia utilizzata per la mappa del territorio nazionale (**Modello MPS04-S1- Progetto Esse1**), di cui è visibile un esempio in Fig.18. Il nodo della griglia analizzato per l'area oggetto del presente studio è quello con **ID: 49189**

Dai dati di disaggregazione di pericolosità sismica (Tab. 5) è emerso che il maggior contributo alla pericolosità (9-11%) è dato da eventi localizzati entro 10-20 km con magnitudo (M_w) comprese tra 5.5 e 7. Gli eventi di magnitudo più elevata compresa tra 7 e 7.5, localizzati tra i 20 ed i 50 km dal nodo della griglia considerato, contribuiscono alla pericolosità con una percentuale esigua (< 3%)

7.4 Sorgenti Sismogenetiche prossime l'area di progetto

Al fine di analizzare le sorgenti sismogenetiche prossime l'area di progetto, si è fatto riferimento al Database delle sorgenti sismogenetiche italiane DISS (Valensise & Pantosti, 2001). Tale database contiene le sorgenti sismogenetiche rappresentate nelle tre dimensioni ed ottenute parametrizzando la geometria e la cinematica di grandi faglie attive ritenute in grado di generare terremoti di magnitudo (M_w) > 5.5. Dalla consultazione del Database DISS è emerso che le sorgenti potenziali di generare eventi sismici con magnitudo maggiori > 5.5 sono connesse al sistema di faglie associate al fronte dei thrust del sistema a fold-and-thrust belt della catena Siculo-Maghrebide con profondità epicentrali < 10 km .

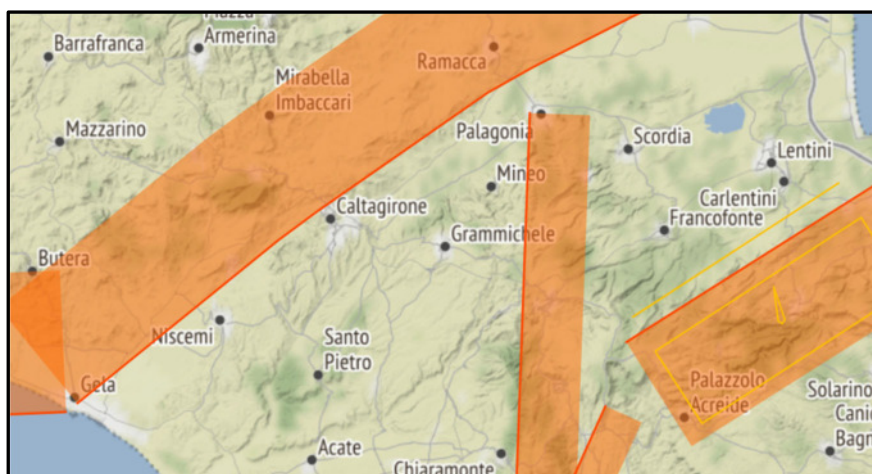


Figura 19- Sorgenti sismogenetiche prossime il territorio di Caltagirone

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CL.T01.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	43 di 58

Tabella 6 – Caratteristiche geometriche sorgente sismogenetica prossima l'area di progetto

Sorgente	DISS- ID	Mw _{max}	Direzione (°)	Immersione (°)	Distanza dall'area di Progetto (km)
Gela-Catania	ITCS- 029	7.1	225-260	20-40	< 10 km

7.5 Categoria Sismica Suolo di Fondazione

Il D.M. 17/01/2018 ha introdotto la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica. Tra le importanti novità relative alle metodologie di calcolo delle strutture è stato introdotto l'uso dei coefficienti per la determinazione dello spettro di risposta elastica, dipendente dalla classificazione dei suoli, i quali vengono ripartiti nelle cinque categorie definite in Tab.8 e distinte sulla base dei parametri V_{seq} , NSPT o C_u

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio > 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie terreni con caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 metri
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche e da valori di velocità equivalente comprese tra 360 m/s e 800 m/s
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con a profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra i 100 m/s e 180 m/s

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

- E** Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite dalle categorie C e/o D, con profondità del substrato non superiore a 30 metri

Il parametro V_{Seq} è definito dalla seguente formula:

$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{V_{s_i}}}$$

Per depositi con profondità H del substrato > 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio è definita dal parametro V_{S30} . Quest'ultimo parametro si ottiene ponendo $H=30$ m considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Nel caso dell'area oggetto di studio sono state prese in considerazione sismostratigrafie delle MASW effettuate in corrispondenza dell'area parco, le quali hanno restituito valori di velocità equivalente rispettivamente di 284 m/s e 273 m/s. Tali valori ricadono all'interno della **categoria sismica di suolo di tipo C**.

Suolo di tipo C:

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche e da valori di velocità equivalente comprese tra 360 m/s e 800 m/s.

7.6 Coefficiente di amplificazione topografica

In riferimento alla definizione di Categoria Topografica, il D.M. 17/01/2018 prevede la classificazione indicata in Tabella 7. Ai fini della definizione della Categoria Topografica, sono stati considerati i lotti di terreno interessati dall'installazione dell'impianto, ognuno dei quali ricade in categoria topografica **T1**

Tabella 7 – Categorie topografiche individuate dalle NTC 2018

Categoria	Caratteristiche Superficie Topografica	S _T
T1	Superficie Pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $\geq 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media pari a 15°	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CL.T01.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	46 di 58

7.7 Definizione dell'azione sismica

Le azioni sismiche di progetto sono valutate in base ai diversi stati limite considerati e vengono definiti a partire dalla pericolosità sismica di base del sito oggetto di studio. Nei confronti delle azioni sismiche, gli stati limite vengono individuati riferendosi alla costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali e non strutturali. Per ciò che concerne gli stati limite di esercizio (SLE), questi sono:

Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso non deve subire danni e interruzioni d'uso significative

Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione subisce danni tali da non mettere a rischio utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature. Per ciò che riguarda gli stati limite ultimi (SLU), questi sono:

Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici, danni dei componenti strutturali ed una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali.

Stato Limite di Prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali e danni molto gravi dei componenti strutturali, la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali. Le probabilità di superamento nel periodo P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati sono riportati nella seguente tabella:

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CL.T01.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	47 di 58

Tabella 8- Probabilità di superamento in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} . Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
<i>SLO</i>	81%
<i>SLD</i>	63%
<i>SLV</i>	10%
<i>SLC</i>	5%

Ai sensi delle NTC 2018 per ogni opera bisogna indicare i valori di accelerazione di picco con relativo spettro di risposta elastico, individuato sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto ed in funzione della vita nominale dell'opera. Considerando una Vita Nominale di 30 anni ed una Classe D'Uso I ($C_u = 0.7$) si ottiene un periodo di riferimento V_r pari a 30. I parametri a_g , F_0 , T_c , riferiti a suolo rigido con morfologia orizzontale da utilizzare per la definizione dell'azione sismica del sito di progetto sono stati calcolati mediante il software Geostru. Sulla base di questi dati è possibile ricavare gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontali e verticali del moto per gli stati limite (SLE e SLU) in funzione della categoria topografica e di sottosuolo. Pertanto, il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s varierà in funzione della categoria di sottosuolo, il coefficiente di amplificazione sarà funzione della categoria topografica per il sito di riferimento.

Tabella 9- Riferimenti spaziali per la definizione dell'azione sismica

Posizione spaziale sito	
<i>Città</i>	Caltagirone
<i>Provincia</i>	Catania
<i>Regione</i>	Sicilia
<i>Latitudine</i>	37.285314
<i>Longitudine</i>	14.549425
<i>Vita Nominale</i>	30
<i>Classe Edificio</i>	I

I valori dei Parametri in Tab.9 per la definizione dell'azione sismica sono stati calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ed i quattro vertici, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

nella quale:

p - il valore del parametro di interesse nel punto in esame;

p_i - valore del parametro di interesse nell'i-esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;

d_i - distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia;

Tabella 10- Parametri sismici calcolati per i diversi stati limite considerati

Stati Limite	Tr (anni)	a _g (g)	F0	Tc* (s)
Operatività (SLO)	30	0.043	2.527	0.257
Danno (SLD)	35	0.047	2.520	0.261
Salvaguardia Vita (SLV)	332	0.107	2.602	0.293
Prevenzione Collasso (SLC)	682	0.135	2.617	0.302
Periodo di riferimento per l'azione sismica			35	

Tabella 11 – Coefficienti per i diversi stati limite considerati

Stati Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1.50	1.50	1.50	1.49
CC coeff. Funz categoria	1.64	1.64	1.57	1.56
ST Amplificazione topografica	1.00	1.00	1.00	1.00

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CLTO1.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	49 di 58

Tabella 12- Coefficienti sismici calcolati per i diversi stati limiti considerati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.014	0.039	0.048
kv	0.007	0.007	0.019	0.024
Amax (m/s ²)	0.638	0.684	1.1579	1.966

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CLTO1.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	50 di 58

8. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DI RIFERIMENTO (MGR)

8.1 Modello Geologico di Riferimento (MGR)

Accertate le principali caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area interessata dalla progettazione è possibile elaborare il modello geologico di riferimento (MGR) cui far riferimento secondo quanto richiesto dalle NTC 2018. Il modello geologico di riferimento (MGR) identifica le principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche locali con particolare attenzione ai potenziali rischi derivanti e/o connessi alla progettazione. Dal confronto dei dati cartografici e bibliografici condotti nel presente studio, unitamente al rilievo in sito, è stato possibile realizzare un modello geologico di sottosuolo per l'aa coinvolta dalla realizzazione dell'impianto:

Le caratteristiche geologico-litostratigrafiche in corrispondenza dell'area parco sono legate alla presenza delle sequenze argillose delle argille marnose grigio-azzurre ed argille brecciate in discordanza a letto dell'unità calcareo-evaporitica della serie gessoso solfifera membri. Tale sequenza rappresenta l'area d'imposta dei tracker. Il contatto, in discordanza, tra le argille ed i sovrastanti termini calcarei del sono individuabili a circa 200 metri a N dal perimetro dell'impianto. A seguito delle indagini geognostiche (DPSH, Sismica a rifrazione e MASW) effettuate è stato accertato che al di sopra delle unità argillose è presente una coltre di terreno con scarse caratteristiche geotecniche e spessore variabile da circa 1 a 3-4 metri. Tali coltri superficiali di terreno, da bypassare nell'applicazione dei carichi, sono costituite da un primo orizzonte di suolo vegetale e da un secondo orizzonte di natura eluvio-colluviale. Risulta opportuno specificare che un quadro senza dubbio più esatto e preciso delle caratteristiche litostratigrafiche locali del sottosuolo sarà possibile solo in fase esecutiva, a seguito dell'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo. Pertanto, in tale fase è stata assegnata schematicamente la seguente successione stratigrafica:

7.8 da 0.00 mt a 2.00/3.00 mt	Terreno vegetale e coltre superficiale d'alterazione
7.9 da 2.00/3.00 mt a 6.00/8.00 mt	Argille grigio-azzurre

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

Le caratteristiche geomorfologiche dell'areale di progetto si caratterizzano per la presenza di morfologie fortemente dipendenti dall'assetto litologico-strutturale. L'area si caratterizza per la presenza di pendii in erosione, con un elemento ripido sommitale costituito da unità lapidee e uno medio-basale caratterizzato da terreni di natura coesiva. In quest'ultimi la dinamica evolutiva è principalmente da riferirsi a processi denudazionali causati dallo smantellamento delle porzioni tenere di substrato ad opera delle acque ruscellanti ed incanalate. Il carattere impermeabile di suddette litologie limitando l'infiltrazione, crea le condizioni necessarie per l'imbibizione delle porzioni pellicolari di terreno, favorendone pertanto la loro eventuale fluidificazione. Il presente studio ha ritenuto fondamentale investigare eventuali interferenze con le aree a pericolosità geomorfologica censite dal PAI dell'AdB territorialmente competente. In riferimento a ciò, non sono state identificate interferenze con aree a pericolosità geomorfologica, sia per quanto riguarda l'area parco che per il cavidotto di progetto. Lo scrivente ha ritenuto importante anche la consultazione della cartografia IFFI (Inventario Fenomeni Franosi), a seguito della quale non sono state individuate frane attive o quiescenti interferenti con le opere in progetto. Bisogna osservare, tuttavia, che nell'areale considerato i movimenti franosi coinvolgono le unità argillose di imposta del presente impianto. Come già detto in precedenza – data la loro bassa permeabilità - risulta pertanto possibile l'instaurarsi di un notevole deflusso superficiale a seguito di eventi piovosi di elevata entità. In fase esecutiva saranno opportune valutazioni più approfondite per la valutazione delle condizioni di stabilità del sito attraverso modelli numerici volti a quantificare il fattore di sicurezza per l'area investigata, anche attraverso ulteriori indagini geognostiche puntuali volte ad una migliore caratterizzazione geologico-tecnica del pendio.

Dal quadro idrogeologico descritto è stata quindi accertata l'assenza di accumuli idrici significativi nei livelli superficiali, oltre che eventuali falde idriche interagenti con le opere di progetto in quanto l'area di impianto ricade all'interno di un complesso idrogeologico argilloso, i cui bassi valori di permeabilità inibiscono i processi di infiltrazione e accumulo di acqua. Va tuttavia specificato che dalle indagini geognostiche condotte è stata intercettato un orizzonte saturo a circa 4.5 metri. Tale orizzonte non è pertanto indicativo della presenza di falde acquifere, quanto di locali variazioni di facies all'interno del complesso argilloso che consentono un accumulo locale d'acqua durante i periodi umidi.

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CL.T01.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	52 di 58

8.2. Modello Geotecnico di riferimento

Accertato l'assetto litostratigrafico areale di massima è possibile procedere alla modellazione geotecnica preliminare riferita all'attuale fase progettuale definitiva, al fine di valutare la qualità geotecnica dell'ammasso fondale in riferimento alla tipologia di opere previste. Fermo restando la modellazione geotecnica esecutiva di dettaglio che dovrà essere effettuata nelle successive fasi esecutive, si è proceduto all'estrapolazione dei principali parametri geotecnici del suolo da considerare per la progettazione. La parametrizzazione di seguito fornita deriva dalla correlazione con le prove penetrometriche DPSH, opportunamente implementate con i dati geofisici acquisiti e bibliografici reperiti.

I parametri geotecnici determinati sono stati forniti in termini di "valori caratteristici", in adempimento alla vigente normativa, calcolando la media dei valori più cautelativi forniti dai test condotti ed allegati al presente studio geologico (Allegato A). Nel corso della presente caratterizzazione si è reso adeguato adottare la seguente relazione:

$$V_k \sim V_m$$

il cui valore caratteristico del singolo parametro può essere assunto pari al valore medio, come riportato dalle NTC 2018, quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Ai fini progettuali-geotecnici risulta quindi schematizzabile, per l'area di progetto, un modello litotecnico composto dalle unità litotecniche (ULT) riportate in tabella:

Tabella 13 - Modello geotecnico di riferimento

Parametri geotecnici	γ - kN/m ³	C_u – kN/m ²	c' - kPa	Φ - °	E' - MPa
ULT1, 0-1 m	17	NON IDONEO			
ULT2, 1 – 4 m	18	30	5	17	5
ULT3, 4-9 m	19	75	15	21	10

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CLTO1.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	53 di 58

Tabella 14 - Confronto tra modello geologico e geotecnico di riferimento

Modello geologico di riferimento	Modello geotecnico di riferimento	Litologia
Terreno vegetale ed orizzonte eluvio-colluviale	ULT1	Limo-argilloso
	ULT2	Argilla limoso-sabbiosa con elementi lapidei calcarei
Argille grigio-azzurre	ULT3	Argilla limosa

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELZIONE GEOLOGICA	CODICE	FV.CL01.PD.R.A.02
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	54 di 58

9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Con il presente studio sono stati esaminati gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e geotecnici per l'installazione di un impianto agrivoltaico di produzione di energia elettrica da fonte solare, denominato "Altobrando", sito in agro di Caltagirone (CT).

L'intera area parco è ubicata in corrispondenza di versanti argillosi, caratterizzati dalla presenza dell'unità delle argille grigio-azzurre e argille brecciate, in discordanza e a letto dei calcari della serie gessoso-solfifera. I processi morfogenetici si limitano – nell'areale di progetto- all'azione erosiva lineare ed areale, ad opera delle acque meteoriche sulle suddette sequenze di natura coesiva. Non sono state infatti individuate interferenze critiche da parte del PAI dell'AdB territorialmente competente, se non per brevi tratti interessati dal cavidotto di progetto.

L'assetto litostratigrafico verticale e le caratteristiche litotecniche dei suoli desunte dalle indagini condotte (DPSH, Sismica) in sito, evidenziano la presenza di orizzonti stratigrafici di natura argilloso-limosa le cui caratteristiche meccaniche mostrano un graduale miglioramento con la profondità. Lo strato vegetale individuato nei primi metri dal p.c. dovrà essere bypassato nell'applicazione dei carichi in quanto presenta caratteristiche geotecniche scadenti.

Le indagini sismiche effettuate sono risultate sufficienti per corroborare l'assetto litostratigrafico ipotizzato attraverso i dati geognostici, ed hanno inoltre fornito un valore di V_{seq} pari a 284 e 273 m/s, collocando i terreni oggetto del presente studio in Categoria C

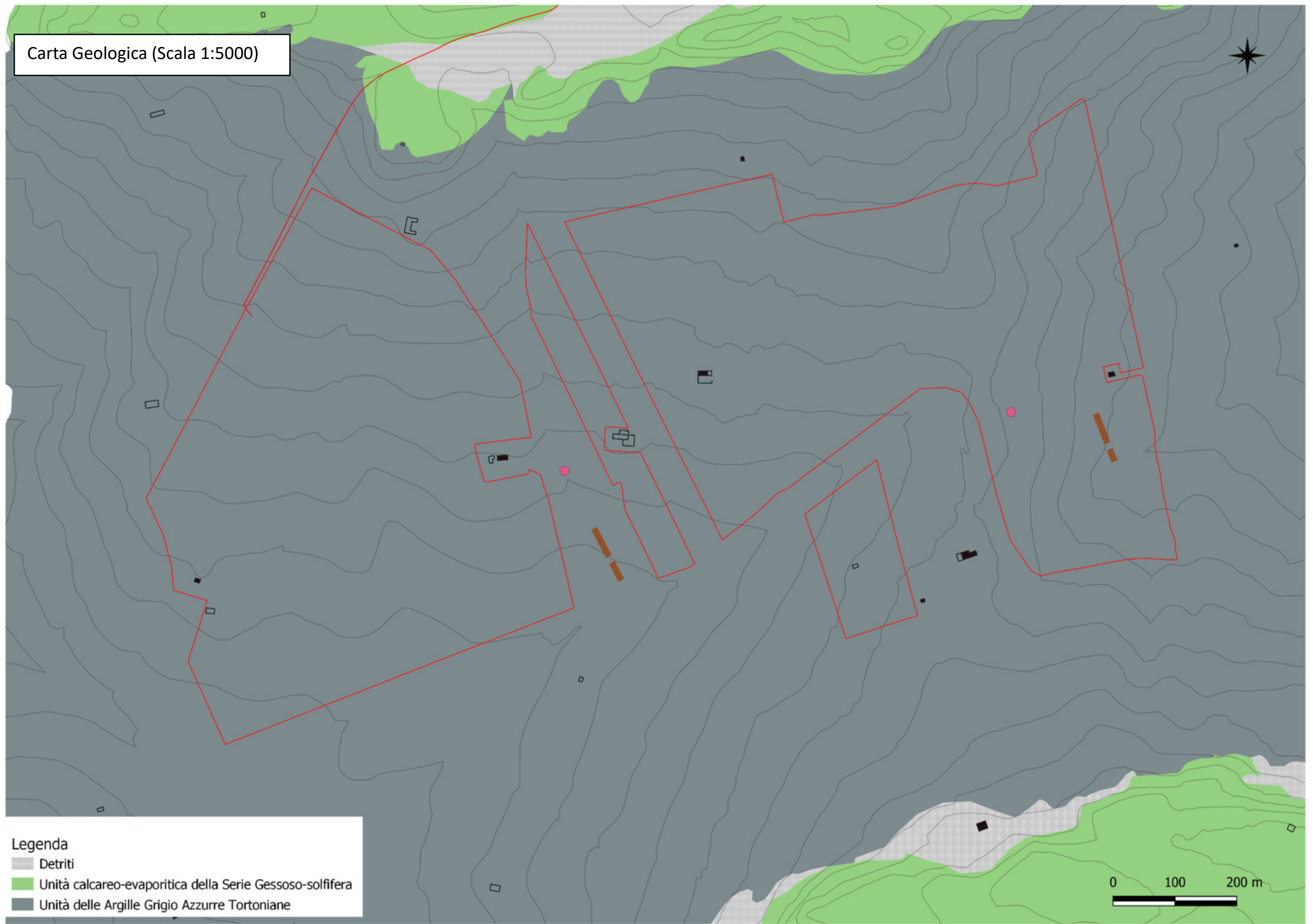
Suolo di tipo C:

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche e da valori di velocità equivalente comprese tra 360 m/s e 800 m/s.

Si rimanda ad ogni modo alle successive fasi progettuali per l'esecuzione di opportune indagini geognostiche mirate a caratterizzare in maniera puntuale l'areale di progetto. Sulla scorta di quanto appena esposto si può esprimere un parere favorevole alla fattibilità dell'intervento di progetto non essendo presenti particolari criticità da un punto di vista geologico, geomorfologico ed idrogeologico.

ALLEGATO A

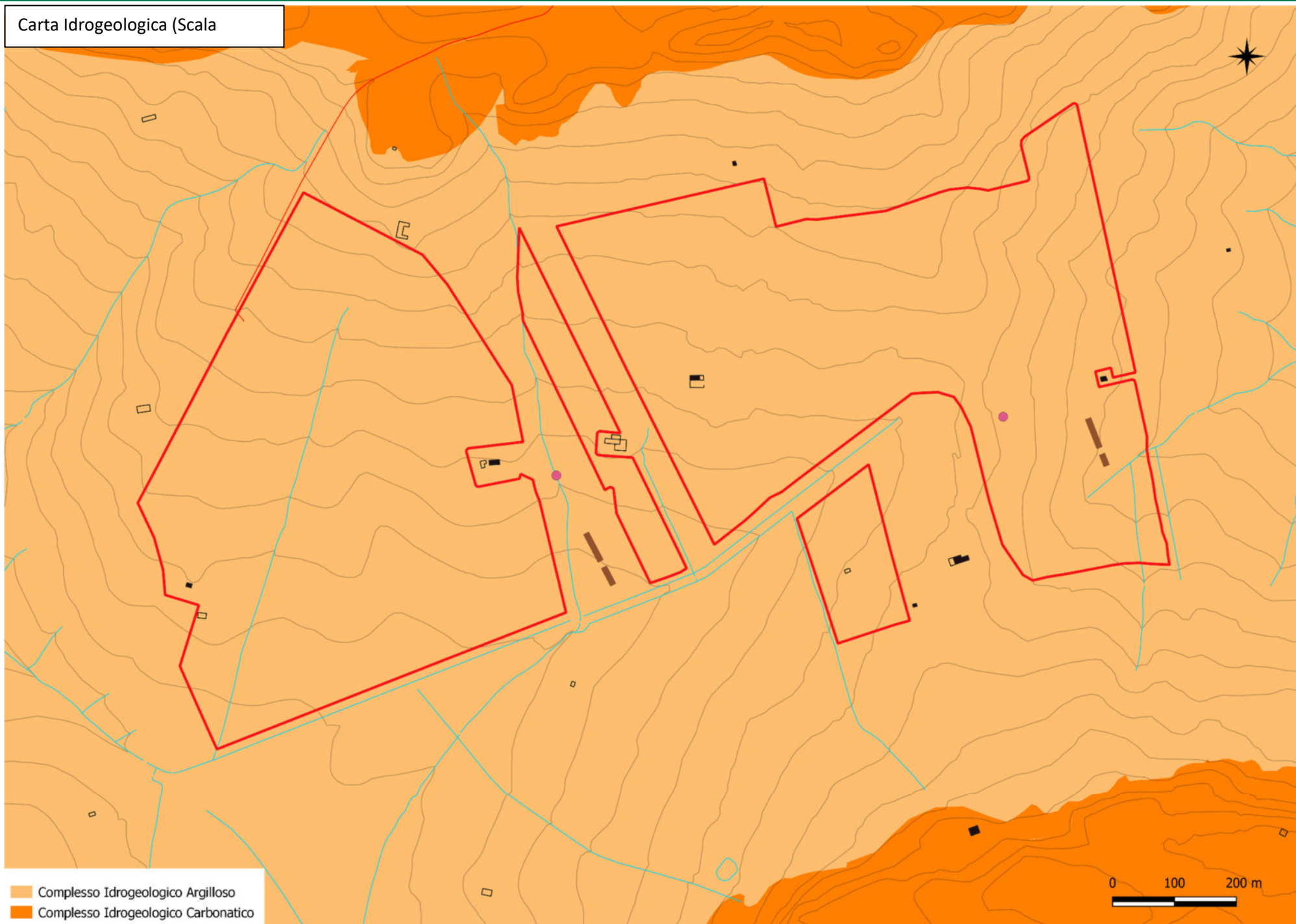
Carta Geologica (Scala 1:5000)



Legenda

- Detriti
- Unità calcareo-evaporitica della Serie Gessoso-solfifera
- Unità delle Argille Grigio Azzurre Tortoniane

Carta Idrogeologica (Scala



- Compleso Idrogeologico Argilloso
- Compleso Idrogeologico Carbonatico

ALLEGATO B