

COMUNE DI FRANCOFONTE
- LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI SIRACUSA -

RELAZIONE GEOLOGICO – TECNICA

Progetto Definitivo

Progetto di un impianto solare agrivoltaico denominato “Francofonte San Biagio” da realizzarsi nel comune di Francofonte (SR) nella contrada San Biagio, con potenza pari a 29.359,40 kWp e delle relative opere di connessione nel comune di Vizzini (CT)

Ditta: *HorizonFirm S.r.l.*
Data: *Giugno 2022*



Dott. Geol. Ignazio Giuffrè

Via Mazzini, 9 - 90018 Termini Imerese (PA) Tel. 338.4373063
P. IVA: 04698200823 E Mail – ignazio.giuffre@gmail.com



COMUNE DI FRANCOFONTE

- LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI SIRACUSA -

RELAZIONE GEOLOGICO – TECNICA

Progetto definitivo

“Progetto di un impianto solare agrivoltaico denominato “Francofonte San Biagio” da realizzarsi nel comune di Francofonte (SR) nella contrada San Biagio, con potenza pari a 29.359,40 kWp e delle relative opere di connessione nel comune di Vizzini (CT)

”

Premessa

Il presente lavoro costituisce parte integrante di un progetto di un impianto solare agrivoltaico denominato “*Francofonte San Biagio*” da realizzarsi nel comune di Francofonte (SR) nella contrada *San Biagio*, con potenza pari a 29.359,40 kWp e delle relative opere di connessione nel comune di Vizzini (CT), eseguito per conto della ditta: *HorizonFirm S.r.l.*

Il tale ottica e per fornire al progettista, gli elementi di carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico, in ottemperanza alle norme riportate nelle *N.T.C. 2018* -



Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17 Gennaio 2018), sono stati eseguiti diversi sopralluoghi, in modo da acquisire quanti più elementi possibili per una esatta ricostruzione delle condizioni generali caratterizzanti l'area in studio.

Il presente studio viene redatto in conformità all'art. 15 della L. R. 16/16 ex art. 13 L. 64/74, per la richiesta di parere di compatibilità geomorfologica.

Lo studio geologico è stato inoltre redatto in conformità alla Circolare n. 3 DRA del 20.06.2014 - Prot. n. 28807 del 20.06.2014 – “*Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici*” (G.U.R.S. n° 28 del 11.7.2014) e Decreto 14.07.2021 “*Approvazione del documento “Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici”*” (G.U.R.S. n° 35 del 13.08.2021).

I dati rilevati unitamente a quelli noti allo scrivente, per essersi interessato in passato a studi su terreni di analoga facies petrografica, sono stati in ultimo correlati con quanto indicato in merito dalla letteratura specializzata esistente (“*Carta geologica del Sicilia sud orientale*”, redatta a cura dell'Istituto di Scienza della Terra dell'Università di Catania ed elaborata in scala 1:100.000).

Molte informazioni di carattere geologico e stratigrafico sono state desunte dall'analisi dei numerosi fronti di scavo presenti nei pressi dell'area di interesse e da dati ottenuti dall'esecuzione di campagne geognostiche eseguite dallo scrivente in aree limitrofe a quelle in esame.

Inoltre ad integrazione e per verifica dei dati in possesso dello scrivente, sono state eseguite due stese sismiche a rifrazione con interpretazione tomografica.

Inoltre sono state eseguite indagini geofisiche con sismica a rifrazione con interpretazione tomografica, ed applicando il metodo *MASW*, ed indagini di sismica passiva HVSR, al fine di approfondire le conoscenze sui terreni oggetto di studio, ed in particolare per la definizione della categoria di suolo di fondazione ai sensi dell'Ordinanza n. 3274/2005 del Presidente del Consiglio dei Ministri, ripresa e completata con la O.P.C.M. n. 3519/2006 e dalla Circolare 21/01/2019, n. 7 “*Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*” di cui al D.M. 17 gennaio 2018” (G. U. Serie Generale n.35 del 11-02-2019 - Suppl. Ordinario n. 5).



Sarà compito del progettista, sulla scorta dei dati di seguito riportati e da quelli emersi dalle indagini eseguite, effettuare le verifiche e le scelte progettuali così come previsto dalle norme vigenti (*parere del Consiglio di Stato n°154 del 02.06.1994*).

Il lavoro è stato, quindi, articolato sviluppando il seguente schema:

1. inquadramento dell'area;
2. lineamenti geologici;
3. lineamenti geomorfologici;
4. lineamenti idrogeologici;
5. considerazioni di carattere climatico;
6. considerazioni geologico - tecniche;
7. considerazioni litotecniche;
8. Sismica a rifrazione;
 - 8.1. profili sismici a rifrazione - linea di tomografia sismica;
 - 8.2. tecnica MASW;
 - 8.2.1. classificazione del suolo di fondazione con il metodo MASW;
 - 8.2.2. risultati delle analisi MASW;
 - 8.2.3. categoria di suolo individuata;
9. rilievo dei microtremori – metodo HVSR;
10. pericolosità sismica locale;
11. zonizzazione del territorio;
12. conclusioni.

Risultano allegati alla presente relazione i seguenti elaborati:

- stralcio topografico in scala 1:25.000;
- aerofotogrammetria in scala 1:10.000;
- carta geologica in scala 1:10.000;
- carta geologica in scala 1:5.000;
- carta geomorfologica in scala 1:10.000;
- carta idrogeologica in scala 1:10.000;
- carta idrogeologica in scala 1:5.000;
- carta litotecnica in scala 1:5.000;



- carta delle indagini in scala 1:6.500;
- carta delle pericolosità geologiche in scala 1:10.000;
- carta della pericolosità sismica in scala 1:10.000;
- carta della suscettività all'edificazione in scala 1:10.000;
- indagini sismiche;
- documentazione fotografica.



1. Inquadramento dell'area

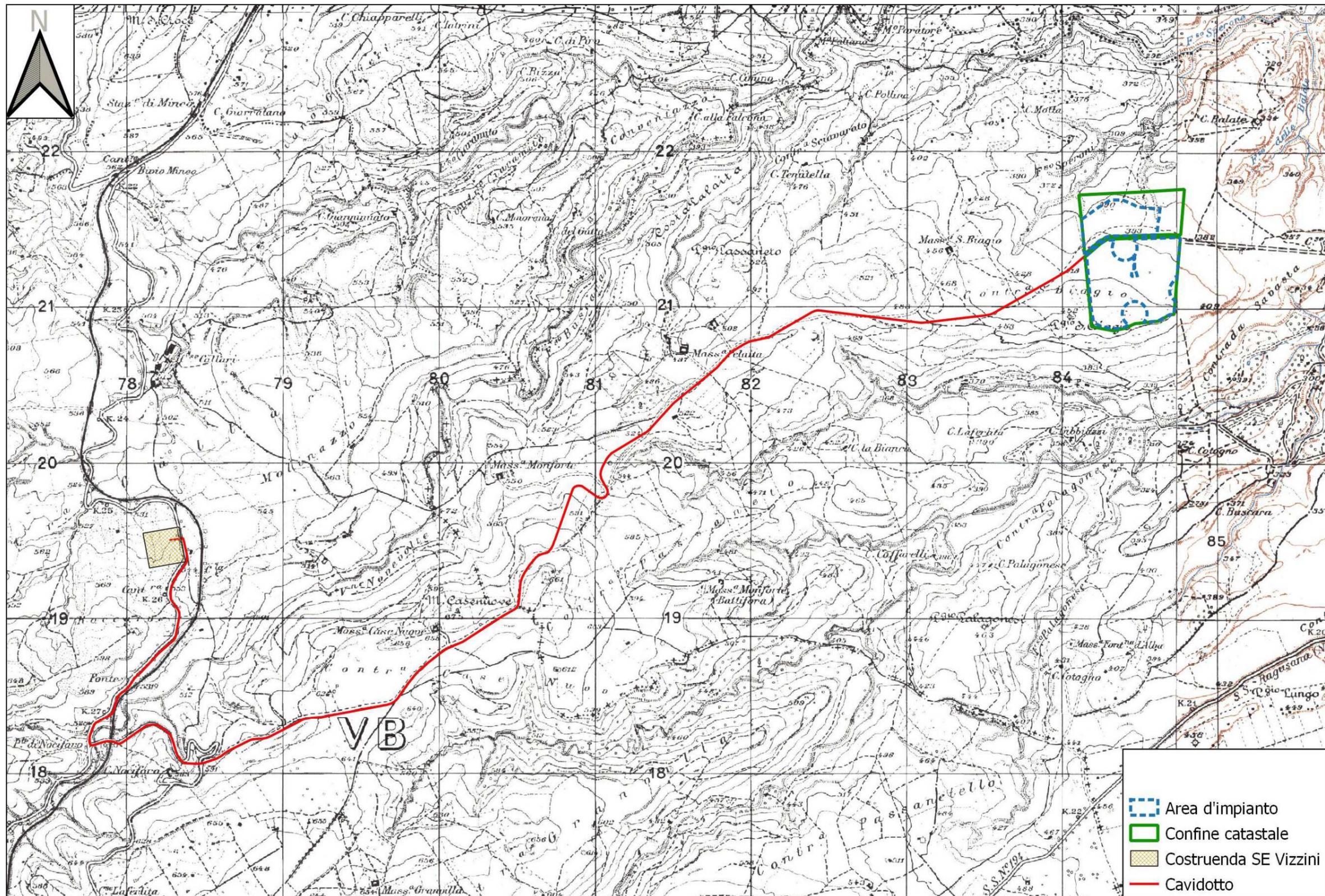
L'area oggetto del presente studio è localizzata nella Sicilia sud – orientale, sull'Altopiano Ibleo.



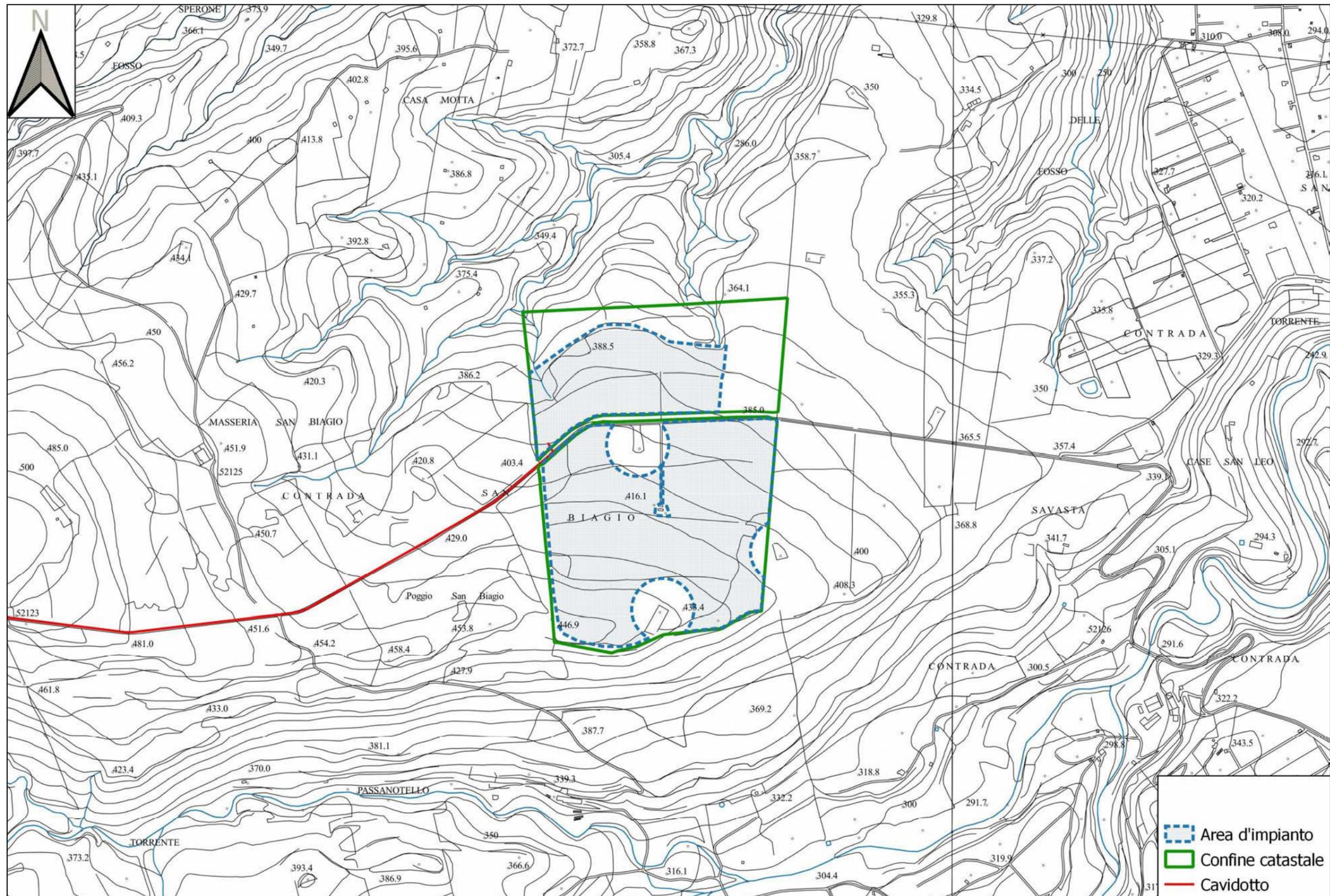
Topograficamente, il sito rientra nella Tavoletta “*Stazione di Vizzini - Licodia*”, Foglio n° 273, Quadrante I, Orientamento S.O., redatta dall'I.G.M.I. alla scala 1:25.000.

Inoltre l'impianto ed il cavidotto elettrico da realizzare ricadono nella Sezione 640140 della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000. Mentre catastalmente l'impianto ricade su lotti di terreno distinti al N.T.C. Foglio 5, p.lle 592, 364,365 e 97.

Tale area è caratterizzata da una morfologia collinare con espandimenti basaltici interrotti da spianate alluvionali, che danno un aspetto piuttosto “aspro”, con incisioni marcate prodotte dall'erosione dei corsi d'acqua, interrotte da sporadiche spianate.



Stralcio topografico in scala 1:25.000



Stralcio aerofotogrammetrico in scala 1:10.000 - Area impianto



Specificatamente, l'area in studio risulta composta dalla presenza depositi lavici mentre sia a nord che a sud dell'impianto sono presenti depositi calcarenitici.

Nella zona sono presenti unità abitative di tipo rurale, sparsi nella contrada ed utilizzati per la maggior parte come depositi per l'attività agricola.

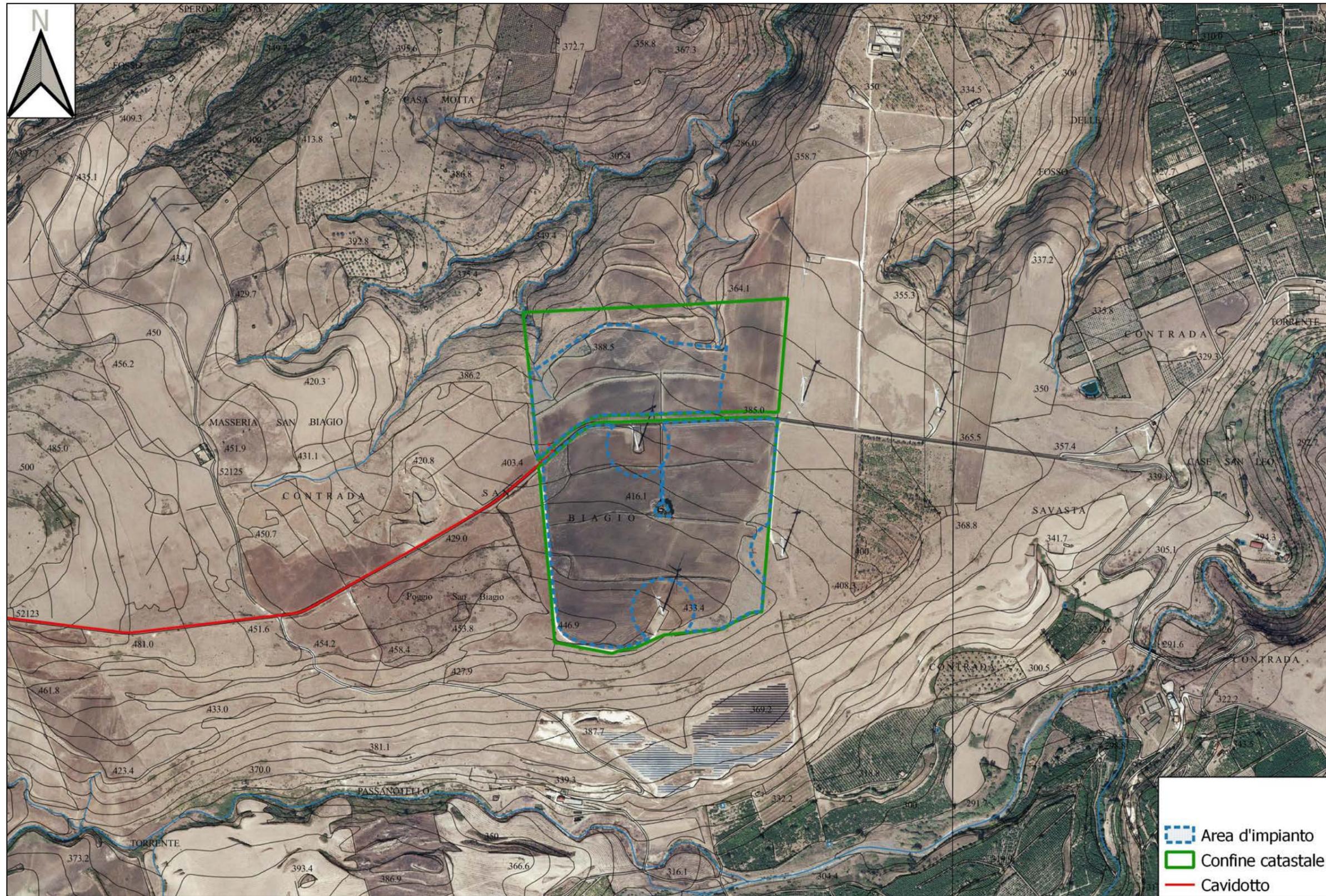
Come riscontrabile dalle tavole di progetto, a cui si rimanda per maggiori dettagli, l'impianto ha una potenza di picco, intesa come somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici scelti in fase di progettazione definitiva, pari a 29.359,40 kWp e risulta suddiviso in due lotti contigui facilmente raggiungibili tramite strada di bonifica "Contrada Pelaita" SB26, in direzione Ovest-Est":

Lo schema di connessione alla Rete, prescritto dal Gestore delle Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale con preventivo di connessione ricevuto in data 8/04/2022 ed identificato con Codice Pratica 201900958 Protocollo Terna P20220030651 prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV della futura Stazione Elettrica di Trasformazione 380/150/36 kV denominata "Vizzini" prevista nel Piano di Sviluppo Terna, da inserire in entra-esce sulla linea RTN 380 kV "Chiaromonte Gulfi-Paternò", mediante una dorsale a 36 kV in cavo interrato su tracciato di pertinenza stradale pubblica.

L'impianto verrà installato su un appezzamento di terreno posto ad una quota media di 410 m s l m, dalla forma poligonale semi-regolare; dal punto di vista morfologico, il lotto è caratterizzato da un lieve pendio che degrada dolcemente in direzione nord, sul quale saranno disposte le strutture degli inseguitori solari orientate secondo l'asse Nord-Sud.

La viabilità interna al sito sarà garantita da una rete di strade interne in terra battuta (rotabili/carrabili), predisposte per permettere il naturale deflusso delle acque ed evitare l'effetto barriera.

L'estensione complessiva del terreno è circa 50 ettari, mentre l'area occupata dagli inseguitori (area captante) risulta pari a circa 13,6 ettari, determinando sulla superficie catastale complessiva assoggettata all'impianto, un'incidenza pari a circa il 27,2 %.

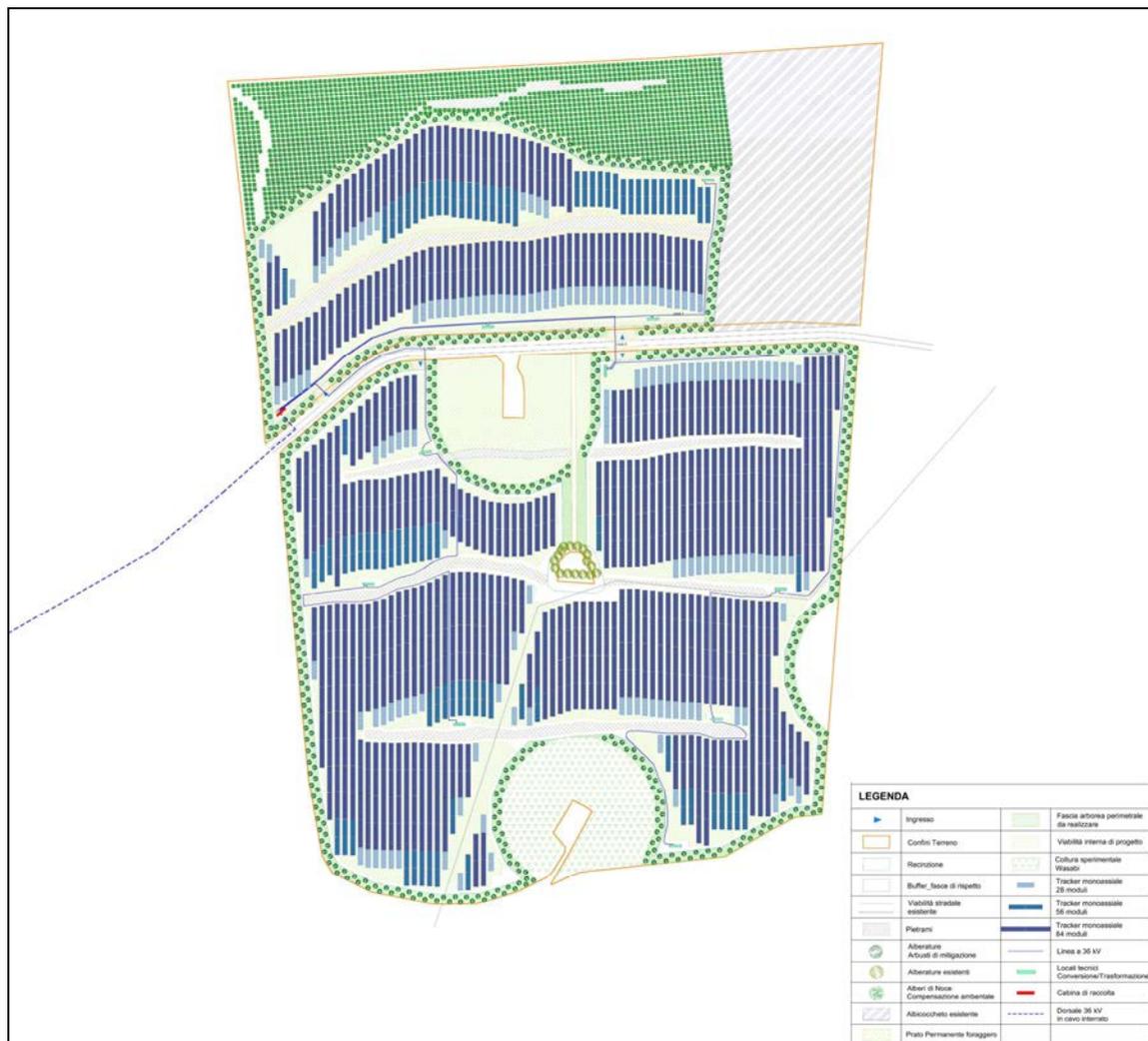


Ortofoto in scala 1:10.000 - Area impianto



Nel territorio preso in esame le caratteristiche del paesaggio agrario comprendono un'area omogenea investita quasi esclusivamente dalla coltivazione di cereali, insistono comunque delle superfici investite ad oliveto o frutteti.

L'area di impianto è confinante a nord, sud, ovest e a est con terreni agricoli caratterizzati prevalentemente dalla medesima coltura.



Layout impianto

L'impianto di produzione di energia elettrica oggetto dell'iniziativa intrapresa dalla Società *HF SOLAR 6 S.r.l.*, ha una potenza di picco, intesa come somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici scelti in fase di progettazione definitiva, pari a



29.359,40 kWp e, conformemente a quanto prescritto dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale, verrà collegato in antenna a 36 kV con la futura sezione a 36 kV della Stazione Elettrica di Trasformazione di Trasformazione denominata Vizzini, già in corso di costruzione.

Come riscontrabile dalle tavole di progetto allegate, l'impianto risulta suddiviso in due lotti contigui tra loro facilmente raggiungibili tramite strada di bonifica "Contrada Pelaita" SB26, in direzione Ovest-est:

Il generatore fotovoltaico, è stato dimensionato applicando il criterio della superficie utile disponibile, tenendo conto dei distanziamenti da mantenere tra i filari di tracker per evitare fenomeni di auto-ombreggiamento (che influiscono sulla producibilità energetica) e garantire adeguati spazi per la conduzione dell'attività agricola, degli ingombri delle Cabine di Conversione e Trasformazione dell'energia elettrica prodotta e della cabina di raccolta.

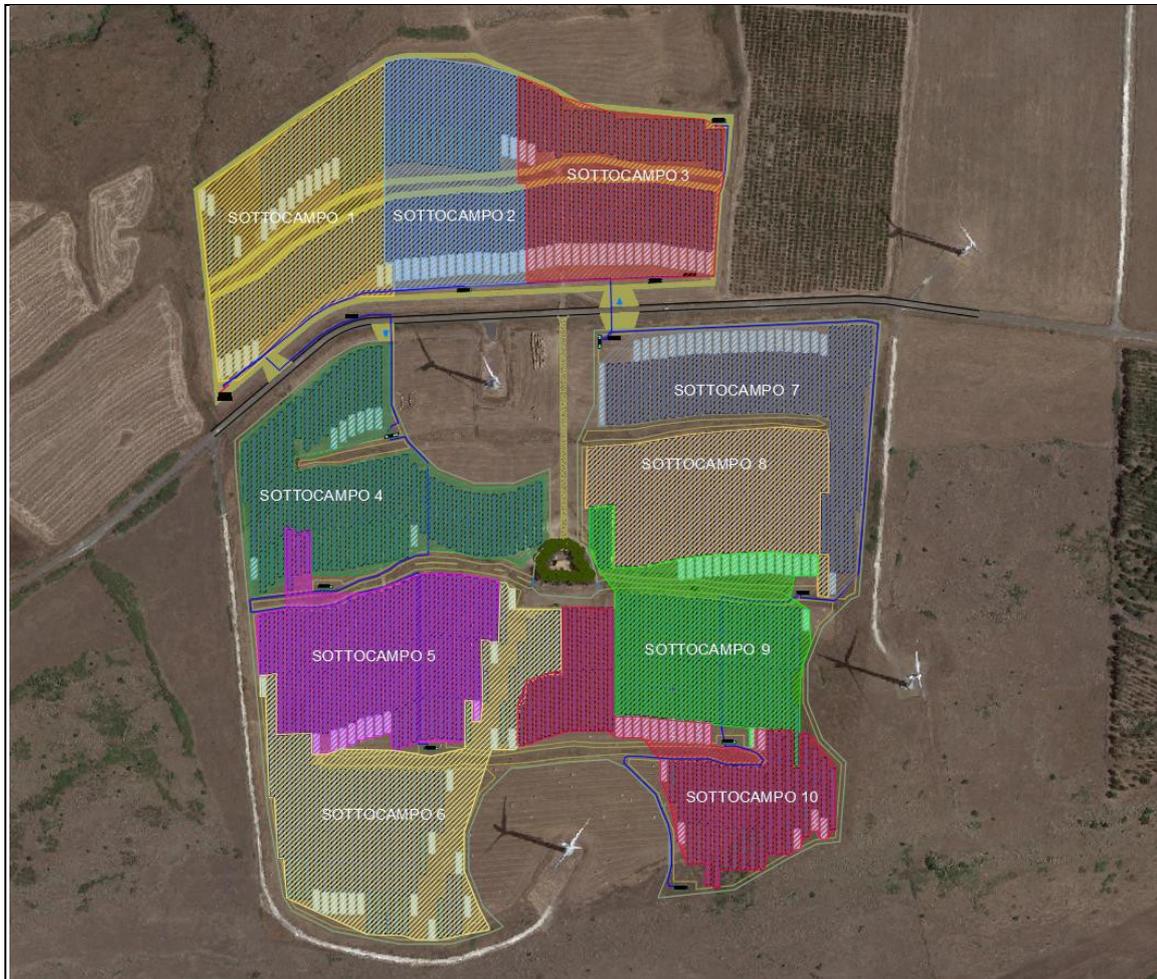
Per la realizzazione del campo di generazione, in questa fase della progettazione, si è scelto di utilizzare moduli fotovoltaici *Trina Solar Bifacciali da 670 Wp* costituiti da 132 celle in silicio monocristallino i quali, al fine di massimizzare la producibilità energetica, verranno montati su strutture di tipo tracker PVH da 28, 56 e 84 moduli.

Come deducibile dalle tavole di layout allegate e dallo schema elettrico unifilare dell'impianto (a cui si rimanda per una maggiore comprensione di quanto descritto), la sezione di generazione è stata suddivisa in 10 sottocampi fotovoltaici, aventi le potenze di seguito elencate:

- Sottocampo fotovoltaico n°1, da 2.551,36 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°2, da 2.551,36 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°3, da 2.570,12 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°4, da 3.414,32 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°5, da 3.414,32 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°6, da 3.414,32 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°7, da 2.851,52 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°8, da 2.851,52 kWp;
- Sottocampo fotovoltaico n°9, da 2.851,52 kWp;



- Sottocampo fotovoltaico n°10, da 2.889,04 kWp;

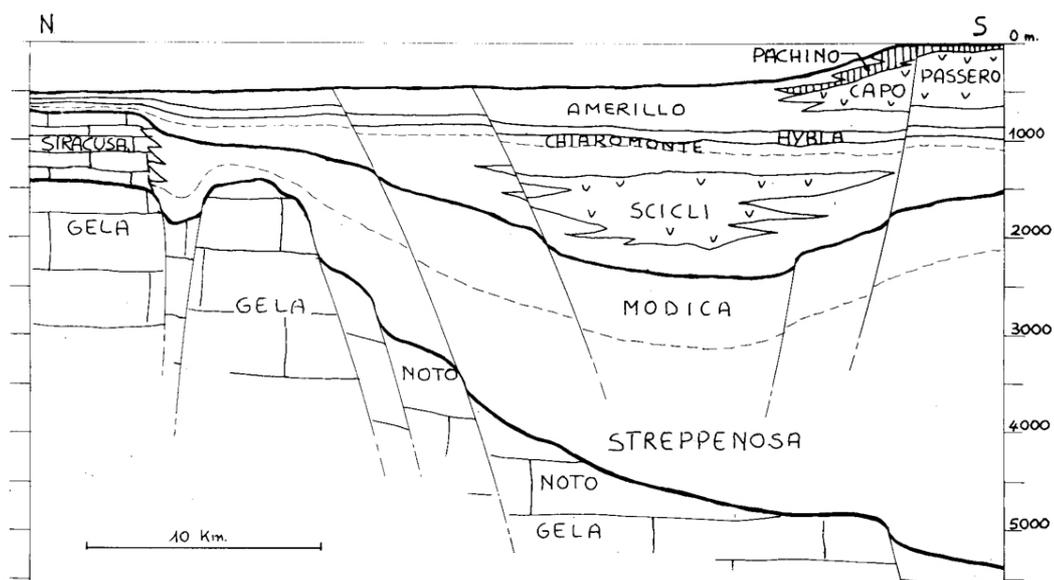


Per quanto fin qui non riportato si rimanda agli elaborati di progetto.

2. Lineamenti geologici

Dal punto di vista geologico l'area in esame ed un suo ampio intorno fanno parte dei Monti Iblei.

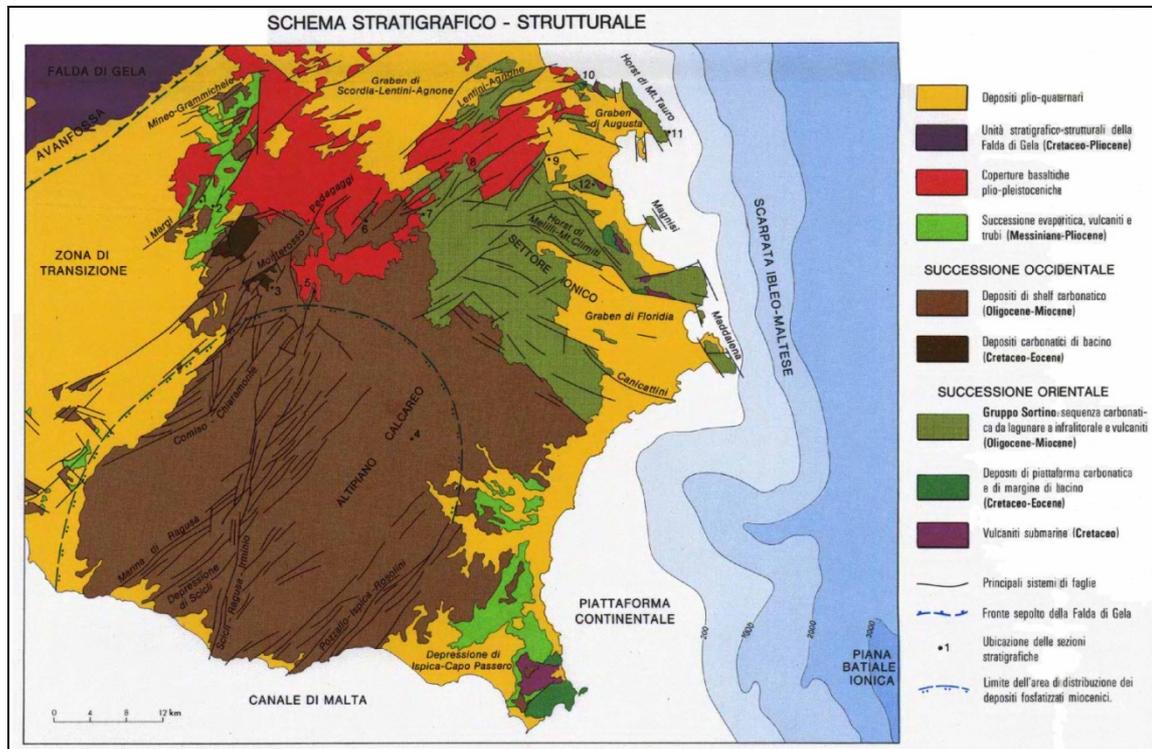
Tali struttura costituisce il settore più settentrionale dell'avampaese africano che verso Nord e Nord-Ovest va a formare l'avanfossa e al di là della congiungente Gela-Catania sparisce in sottosuolo al di sotto delle coltri della falda di Gela. Insieme alle aree sommerse questo settore dell'avampaese fa parte del Blocco Pelagiano che costituisce, nel complesso, una zona stabile estesa dalla Scarpata Ibleo-Maltese fino alla Tunisia, formata da una potente successione meso-cenozoica prevalentemente carbonatica con ripetute intercalazioni di vulcaniti basiche.



Schema litostratigrafico e strutturale dell'area iblea durante il Mesozoico

Non si hanno informazioni dirette del substrato pretriassico, ma viene ipotizzata la presenza di un ulteriore intervallo carbonatico del Trias medio sovrapposto ad una successione clastica del Permo - Trias. Verso Est la continuità del Plateau è interessata dalla Scarpata Ibleo-Maltese, generata da un sistema di faglie a gradinata che delimitano la Piana Abissale ionica. Questo sistema, a direzione NNW-SSE, è stato particolarmente

attivo durante gli ultimi 5 M.A. e sarebbe legato ad un progressivo collasso del bordo occidentale del Bacino Ionico.



Schema stratigrafico strutturale dei Monti Iblei

L'avampaese Ibleo, lungo il suo bordo settentrionale ed occidentale è invece bordato da una avanfossa, con sedimentazione silico-plastica prevalentemente alimentata dai quadranti settentrionali durante il Plio-Quaternario. Questo settore del Plateau è stato interessato dalla tettonogenesi plio-quadernaria che ha prodotto l'accavallamento del fronte più esterno della catena (Falda di Gela) sulle parti più periferiche dell'avampaese. Questo sottoscorrimento avviene con sistemi di faglie ad andamento NE - SO sul bordo settentrionale, mentre il margine occidentale è interessato da un complicato sistema in cui si intrecciano direttrici N-S o NNE-SSO (linea di Scicli - F. Irminio) con direttrici NE-SE (linea di Ispica a SE) e sistema di Comiso - Chiaramonte a Ovest).



Dal rilevamento geologico di superficie, dall'esecuzione delle indagini svolte e da quanto riportato nella letteratura tecnica specializzata e più esattamente nella “*Carta geologica del Sicilia sud orientale*”, redatta a cura dell'Istituto di Scienza della Terra dell'Università di Catania ed elaborata in scala 1:100.000, si è accertato che la zona in studio e quella di un ampio intorno, sono costituiti dall'alto verso il basso da:

- terrazzi fluviali di vario ordine (**a**);
- calcareniti e sabbie giallastre (**Qc**);
- Successione di vulcaniti basiche (**Pv**).

I *terrazzi fluviali (a)*, sono costituiti da depositi essenzialmente ghiaioso – sabbioso - ciottolosi, spesso con abbondante matrice argilloso - siltosa giallastra e con lenti argillose allungate intercalate a più altezze (*Olocene*).

Le *calcareniti e sabbie giallastre (Qc)* e calciruditi organogene massive o a stratificazione incrociata con livelli e lenti di conglomerati più frequenti alla base. La calcareniti e le sabbie contengono talora associazioni faunistiche a prevalente *Aequipecten opercularis* e *Pecten jacobeus*, oppure ricche faune ad antozoi policheti, gasteropodi e bivalvi, tra cui *Artica islandica* e *Cladocora caespitosa*. Le microfaune sono date da associazioni a *Elphidium spp.*, *Ammonia beccarii* e ostracodi. Localmente si sviluppano, specialmente sulle lave, biolititi a coralli ed alghe. Gli spessori variano da pochi metri fino ad oltre 100 m in corrispondenza di palsofalesie. (*Pleistocene Inf.*)

Le *successione di vulcaniti basiche (Pv)*, sono costituite da successione di vulcaniti basiche prevalentemente submarine in basso e subaeree verso l'alto. I prodotti sub marini sono dati da ialoclastiti, da breccie vulcanoclastiche a grana minuta e da breccie a pillows immerse in una matrice vulcanoclastica giallo-rossastra e sono ampiamente diffusi a NE dell'allineamento Grammichele – Vizzini - M. Lauro, aumentando di spessore verso Nord da pochi metri ed oltre 700. Quelli subaerei sono costituiti da prevalenti colate di lave bollose e scoriacee e da subordinati prodotti piroclastici e affiorano estesamente prevalendo nel settore orientale tra Lentini e Augusta. Nel loro complesso costituiscono prodotti sia tholeitici che di serie basaltica alcalina prevalentemente basalti olivinici fino a nefeliniti con scarse manifestazioni a



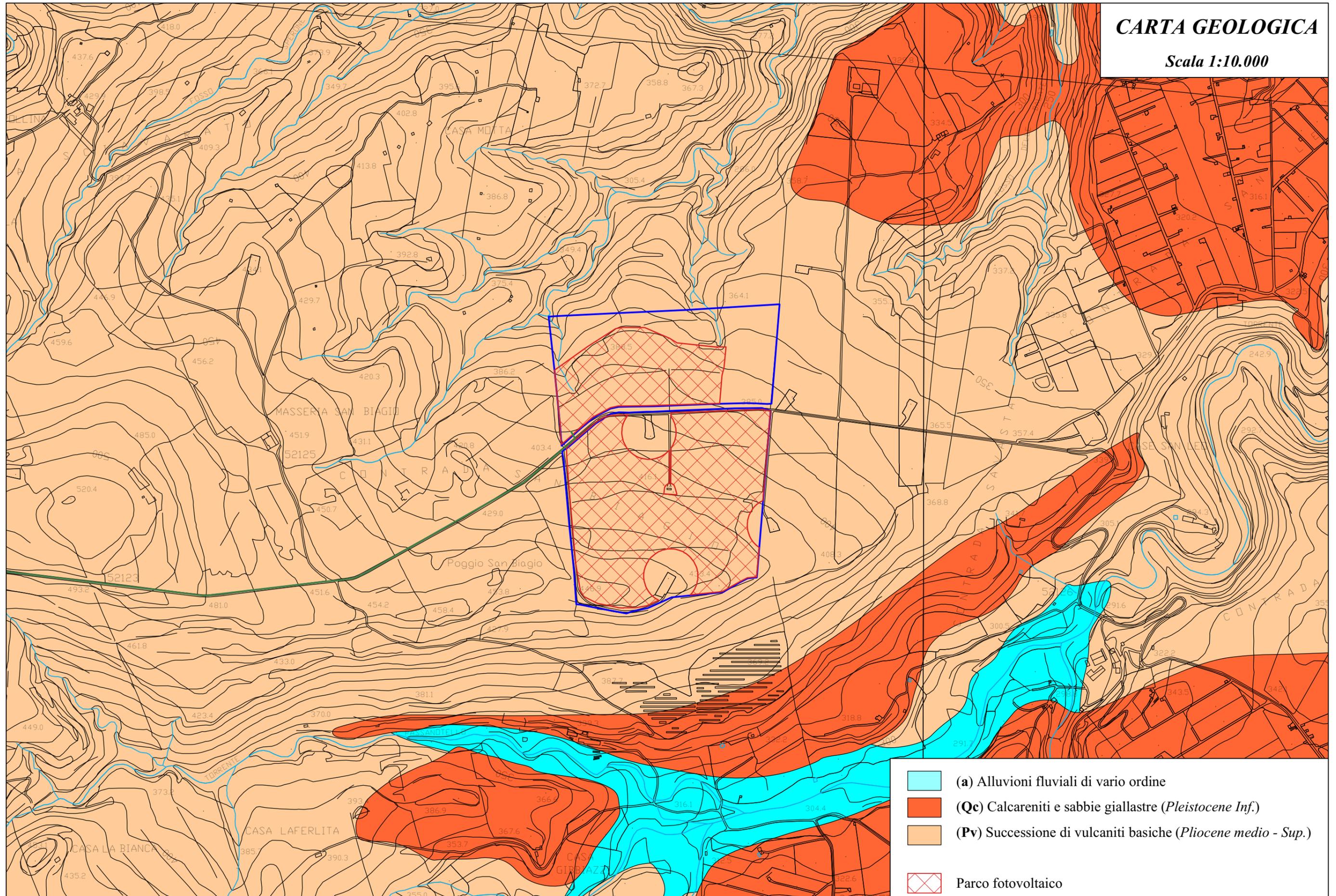
tendenza hawaïtica. Intercalazioni di materiale sedimentario, generalmente sabbie e limi carbonatici, sono presenti un pò ovunque e mostrano associazioni a *Glaboratalia punctieulata padana* oppure a *G. crassaformis*. Sul margine settentrionale (Scordia, Palagonia) le vulcaniti sono interdigitate con sedimenti a *Huyalinea baltica*. (*Pliocene medio - superiore*).

Nell'area in oggetto, oltre ad una copertura di suolo, affiora la successione delle *vulcaniti basiche (Pv)*.

Quanto fin qui descritto, è stato rappresentato nelle allegate carte geologiche in scala 1:10.000 ed in scala 1:2.000.

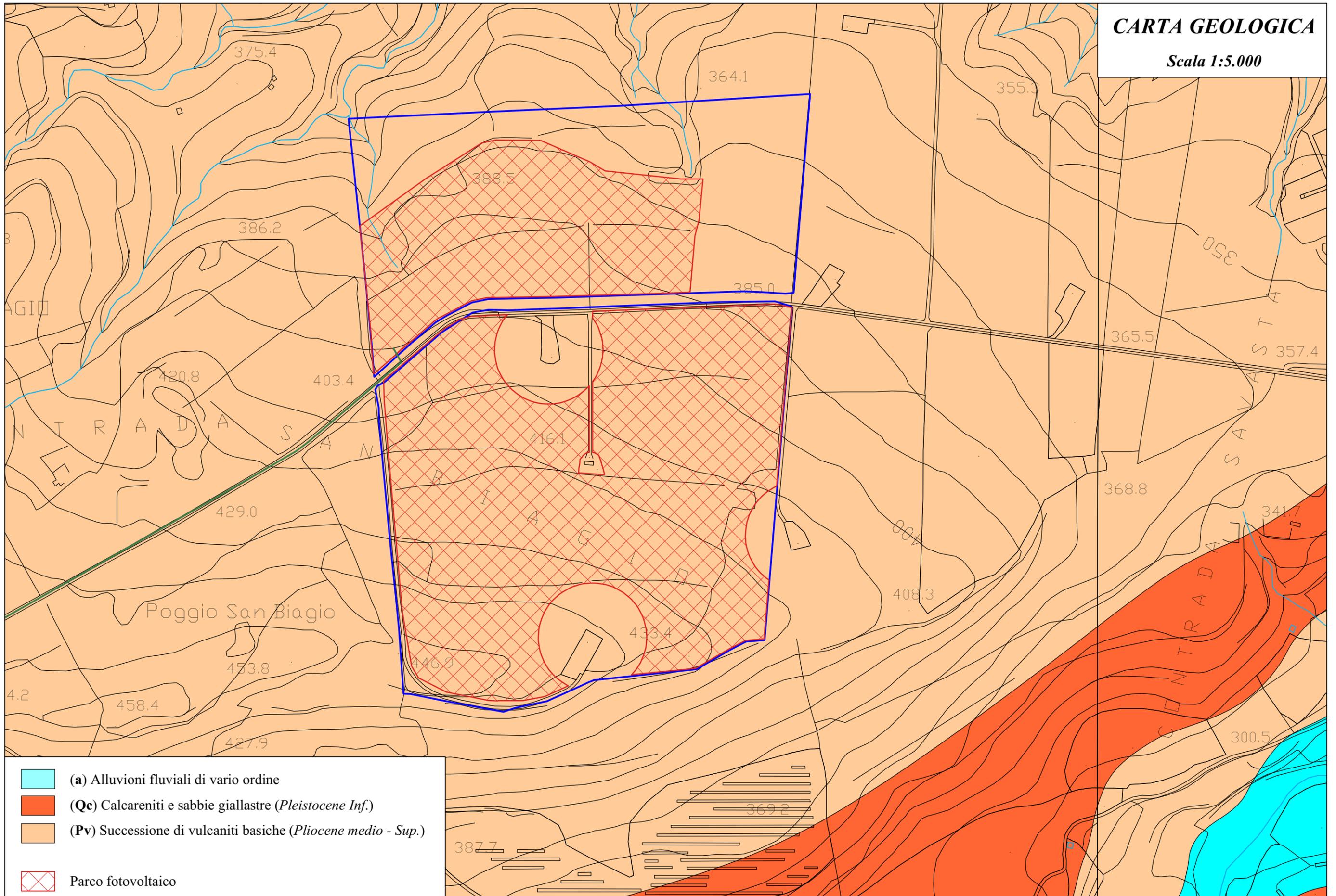
CARTA GEOLOGICA

Scala 1:10.000



CARTA GEOLOGICA

Scala 1:5.000





3. Lineamenti geomorfologici

La morfologia dell'area in oggetto è in stretta relazione con la natura dei terreni affioranti e con le vicissitudini tettoniche che, nel tempo, hanno interessato l'intero settore.



Tutto l'altopiano ibleo si presenta oggi profondamente inciso dalle forre scavate dai torrenti, localmente denominate “cave”, lunghe e profonde gole, strette fra ripide scarpate e rupi di calcare bianco e assimilabili per la loro morfologia ai “canyon” del Nord-America.



I numerosi rilievi che, oltre al Monte Lauro, superano gli 800 metri di altitudine danno un'idea della vastità dell'altopiano. Elenchiamo i principali ricadenti nell'area in studio: *Monte Contessa* (914 m s.l.m.), *Monte Chiusa Grande* (870 m s.l.m.), *Monte Pavone* (834 m s.l.m.), *Monte San Germano* (706 m s.l.m.), *Cozzo Tre Grotte* (947 m s.l.m.).



L'alternarsi dei tavolati calcarei e delle cave dà origine ad un paesaggio unico, tipico degli Iblei, in cui i pianori sommitali calcarei, aridi per il fenomeno del carsismo, si alternano, con forte contrasto, alle profonde cave che, al contrario, si presentano lussureggianti di vegetazione a causa della costante presenza dell'acqua di fiumi e torrenti e del limitato soleggiamento diurno, condizioni queste che consentono a molte specie vegetali di sopravvivere alla lunga e siccitosa estate siciliana.



Dal punto di vista morfologico la maggior parte dell'altopiano è costituita da un altipiano che a partire da quota 1000 m s.l.m. in corrispondenza dei rilievi basaltici di Monte Lauro va gradualmente a degradare verso Sud e verso Est fino al livello del mare. Il suddetto plateau, prevalentemente carbonatico, risulta profondamente inciso da una rete dendritica di valli che drenano il deflusso superficiale nel settore sud-occidentale verso sud con recapito nel Mare Mediterraneo, nel settore settentrionale e orientale verso Est con recapito nel Mare Ionio.

Le valli o cave incise nella serie carbonatica miocenica, presentano particolari morfologie fluvio-carsiche prodotte della erosione meccanica delle acque e della corrosione chimica dei calcari da parte delle acque acide. La diffusa carsificazione, soprattutto nel settore orientale dell'area, si manifesta sia con morfologie superficiali tipo karren sui versanti, vaschette di dissoluzione e solchi di vario tipo, sia con condotti carsici fossili a vari livelli. Sui fondovalle sono presenti inghiottitoi, nella maggior parte dei casi sepolti al di sotto di materiale alluvionale e grotte-sorgenti, che alimentano il deflusso superficiale, emergenti in corrispondenza dei punti di affioramento dei locali livelli piezometrici. L'alimentazione dei corsi d'acqua perenni, anche durante i periodi non piovosi, può altresì avvenire in modo puntiforme attraverso polle ubicate in corrispondenza di fratture lungo il subalveo roccioso.

L'area in esame è caratterizzata da una superficie topografica irregolare ed interessata da variazioni di pendenza con la presenza di affioramenti basaltici, intervallati da pianori caratterizzati dalla presenza di depositi alluvionali e calcarenitici.

Ove affiorano i litotipi a comportamento più rigido (calcareniti e basalti), questi dominano il paesaggio dando origine a sporadici cozzi, intervallati da ampi pianori, ammantati da coperture di terreni plastici e alluvionali che meglio si adattano, dando luogo a morfologie continue e dolci.

Le zone caratterizzate dalla presenza di litotipi marnosi danno risposta agli agenti esogeni a metà strada tra il comportamento plastico delle argille e rigido del calcare, essendo le marne costituite da una percentuale variabile di argilla a carbonato di calcio.



Le zone caratterizzate dai litotipi plastici, composte prevalentemente da argille, presentano un'evoluzione geomorfologica prettamente subordinata ai processi di dilavamento del suolo, legati alle acque di precipitazione meteorica, le quali non potendosi infiltrare nel sottosuolo impermeabile per la presenza di detti litotipi, scorrono superficialmente modellando la superficie topografica.

Durante le fasi di sopralluogo si è osservato che l'ampio areale rispetto all'area in esame risulta interessato da fenomeni erosivi legati alle acque di scorrimento superficiale, che incidono i solchi allo stato embrionale; nell'area di stretto interesse delle opere previste in progetto non è presente alcun agente morfogenetico attivo; pertanto l'area ove si dovrà realizzare l'impianto fotovoltaico ed un intorno significativo di essa, non sono stati riscontrati fenomeni di dissesto e/o instabilità né in atto né potenziale.

Quanto fin qui detto è stato riportato nell'allegata carta geomorfologica in scala 1.10.000.

In merito all'invarianza idraulica è importante sottolineare che, nel progetto in oggetto si prevede di impermeabilizzare solo ed esclusivamente le aree di sedime delle opere di fondazione delle apparecchiature elettromeccaniche e le aree riservate ai locali dalle opere di connessione alla rete; inoltre va sottolineato che la viabilità interna all'impianto non verrà asfaltata o comunque impermeabilizzata.

Inoltre è previsto l'inerbimento tra i filari costituiti dalle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici, che consentirà di mantenere inalterate le caratteristiche di permeabilità del terreno; quindi l'inerbimento e la manutenzione della superficie di impatto dell'acqua nonché la limitazione della superficie captante e dell'accelerazione delle particelle d'acqua, consentirà di arginare sia il fenomeno dello *splash erosion* che quello dello *sheet erosion* connessi alla installazione dei pannelli fotovoltaici.

Dalle considerazioni sin qui esposte, i previsti lavori per la realizzazione di quanto in progetto, non porteranno alcuna modifica al deflusso superficiale delle acque meteoriche né alcuna interferenza con l'assetto idrogeologico delle acque di circolazione profonda.



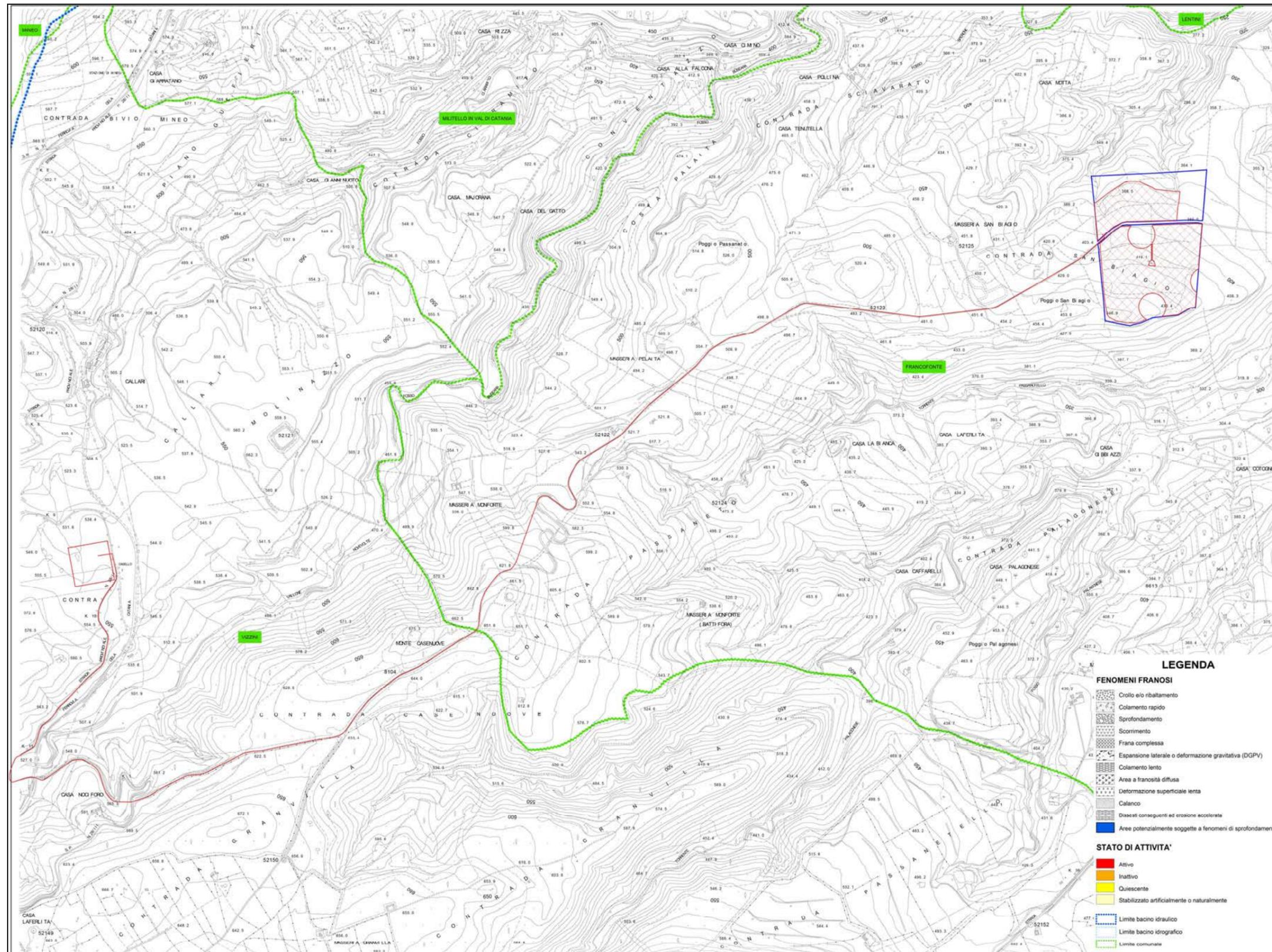
Si può concludere pertanto che, non si ravvede la possibilità del manifestarsi di condizioni di pericolosità idraulica con effetti diretti sia sui manufatti che sulle aree interessate dalle opere sia sui corpi recettori posti a valle del progetto. Pertanto, vista la sostanziale assenza di modifiche geomorfologiche, la mancanza di modifica delle aree dei bacini scolanti e l'inalterata permeabilità delle aree oggetto di installazione dei pannelli fotovoltaici, si può concludere che il progetto garantisce un risultato di invarianza idraulica sui recettori naturali posti a valle delle opere.

In ultimo, è stato preso in esame il P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) relativo al bacino idrografico *del fiume San Leonardo (093)*, redatto dall'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente, approvato con Decreto Presidenziale del 28.02.2006, e pubblicato sulla G:U.R.S. n° 39 del 18.08.2006 ed aggiornato con Deliberazione n. 153 del 22.06.2015 - D.P. n. 292/Serv.5° /S.G. del 27.07.2015 e la zona di stretto interesse, non ricade ne in aree in dissesto, ne in aree a rischio, ne in aree a pericolosità, ai sensi del predetto P.A.I..

Pertanto, da quanto osservato, si desume che l'area è stabile e che l'installazione dei pannelli fotovoltaici e delle opere accessorie, non comporterà l'innescarsi di fenomeni di instabilità anche localizzati.

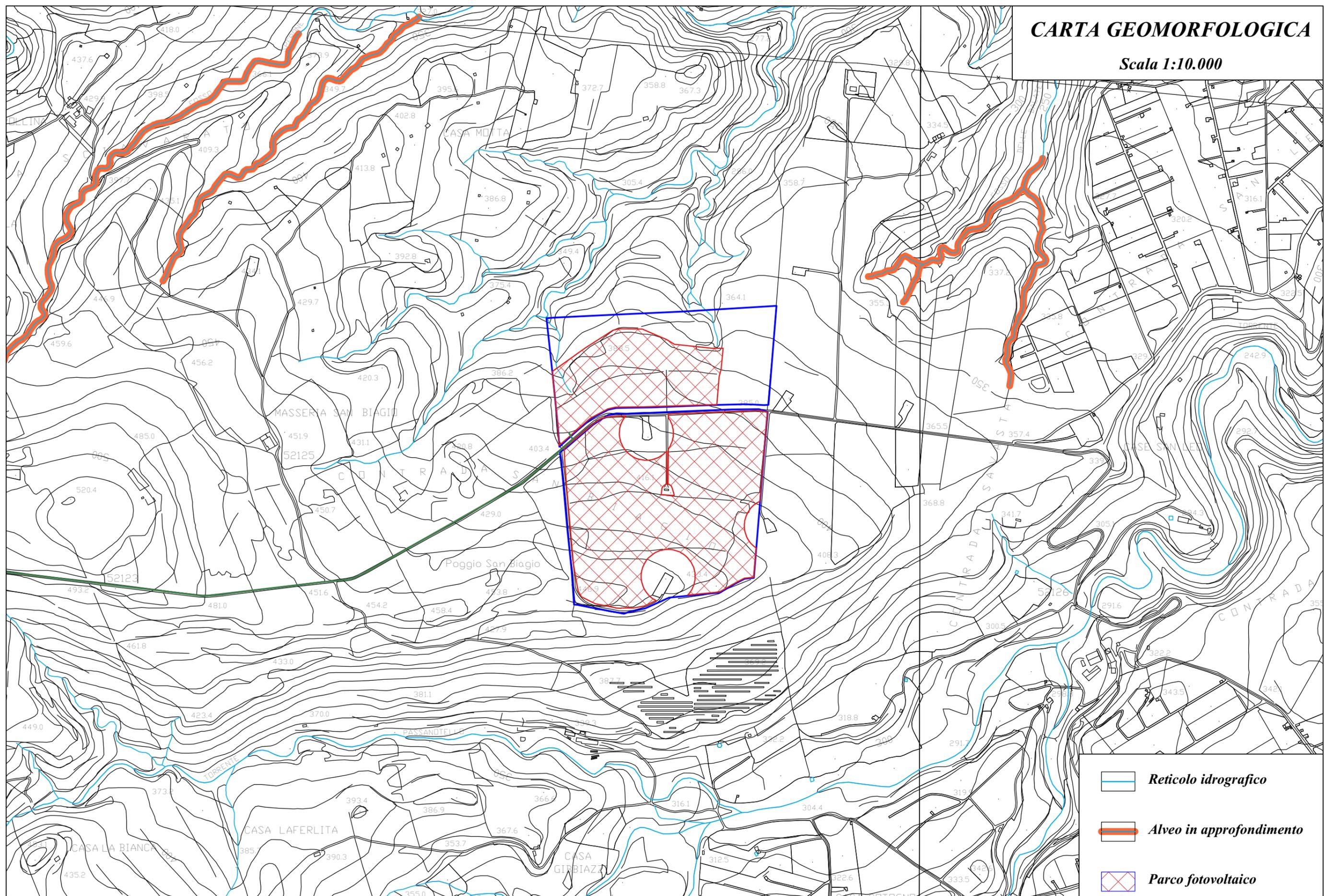
Di seguito si allegano inoltre i seguenti stralci, relativi al bacino idrografico in esame, con l'ubicazione delle aree di intervento:

- *Carta dei dissesti n° 14;*
- *Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico n° 14.*



CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1:10.000

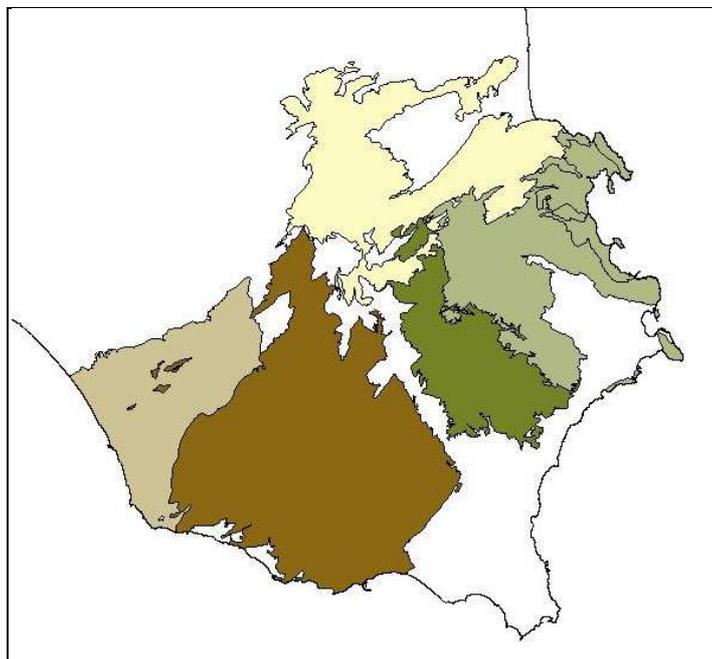


-  *Reticolo idrografico*
-  *Alveo in approfondimento*
-  *Parco fotovoltaico*

4. Lineamenti idrogeologici

Sulla base delle conoscenze geologico - strutturali e geochemiche, l'area dei Monti Iblei può essere suddivisa in due settori principali:

- settore Sud-occidentale, per buona parte costituito dalla provincia di Ragusa;
- settore Nord-orientale, in buona parte coincidente con la provincia di Siracusa e in minima parte con la provincia di Catania.

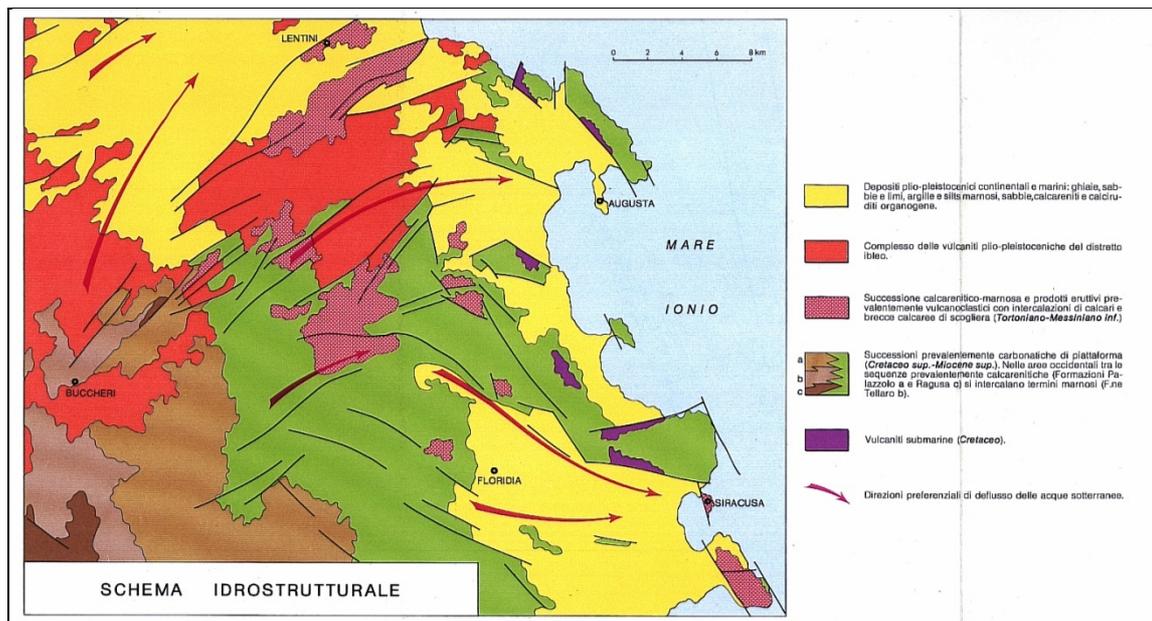


Corpi idrici dei Monti Iblei

L'area oggetto di intervento ricade nel settore nord – orientale e quindi per semplicità di trattazione si disserterà solo su quest'ultimo.

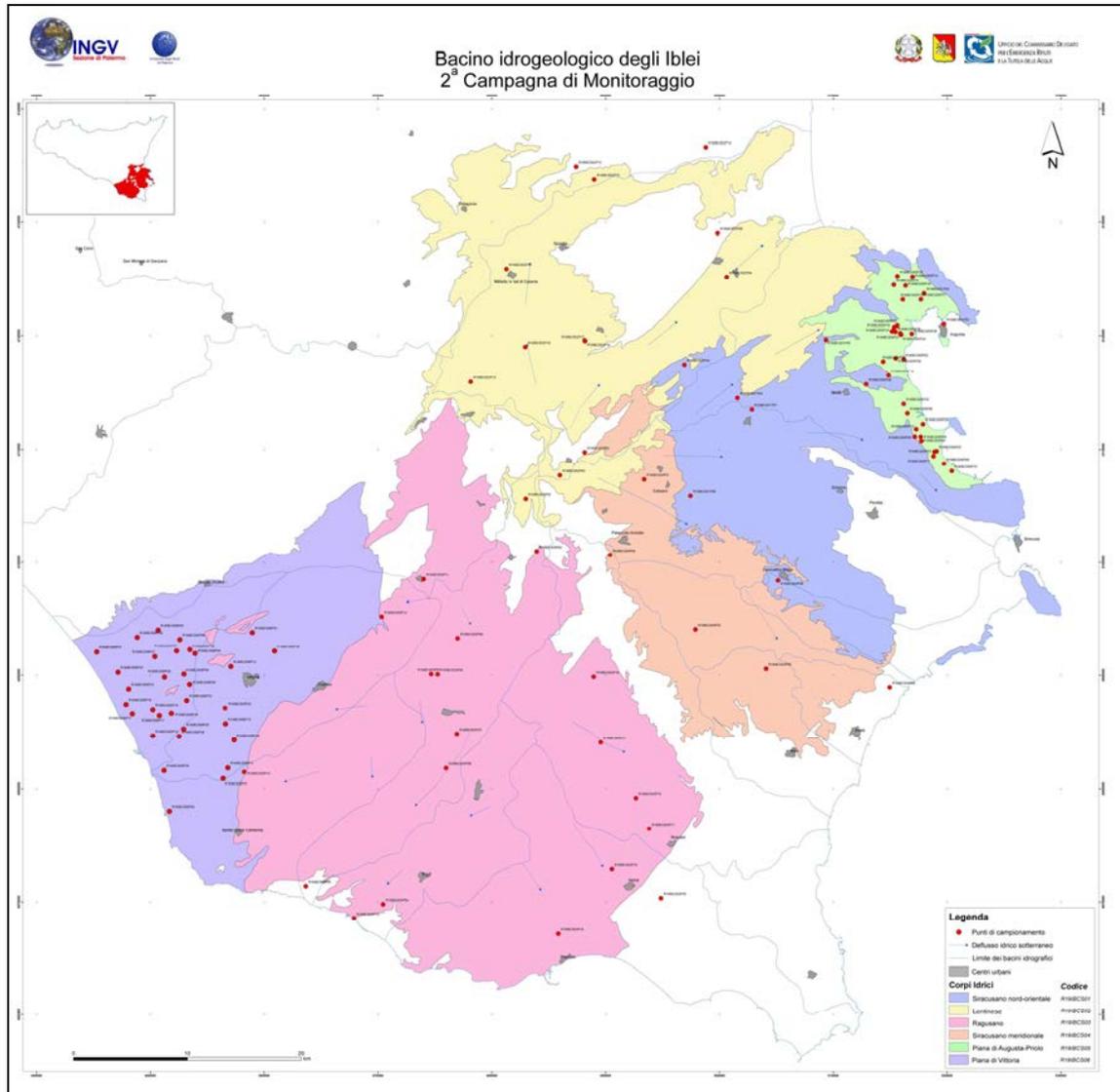
Il settore nord-orientale dei Monti Iblei ai fini idrogeologici può a sua volta essere suddiviso in quattro corpi idrici: il bacino del Lentinese, il Siracusano Nord-orientale, il Siracusano meridionale e la piana di Augusta-Priolo. L'area in esame rientra nel bacino del Lentinese. I corpi idrici presentano differenti caratteristiche geochemiche in relazione alle direzioni di deflusso idrico sotterraneo. In particolare, nella porzione nord, da Monte Lauro fino alla Piana di Lentini, le acque sotterranee circolano prevalentemente nei depositi vulcanici plio-pleistocenici con direzione di deflusso verso

Nord Nord-Est. Il substrato semipermeabile del suddetto acquifero è costituito localmente dalle vulcaniti mioceniche superiormente spesso alterate da processi di argillificazione.



Schema idrostrutturale del settore nord-orientale ibleo (LENTINI F.,1984).

Un alto strutturale lungo l'allineamento NE-SO separa questo corpo idrico dall'adiacente acquifero misto (bacino di Augusta), in cui è più marcata l'alternanza dei depositi di origine vulcanica con i terreni della successione carbonatica. Ancora più ad ovest si estende il bacino carbonatico del "Siracusano" delimitato a nord dal graben Melilli-Monti Climiti, un alto strutturale con direzione ONO-ESE. In questo bacino il deflusso delle acque avviene prevalentemente verso SO. L'acquifero principale interessa i calcari della Formazione Palazzolo e della Formazione dei Monti Climiti. Questa serie carbonatica poggia a ovest sulle marne mioceniche della Formazione Tellaro, nella zona di Siracusa-Solarino e Cassibile i calcari sono ricoperti da sedimenti plioleistocenici.



Carta del bacino idrogeologico degli Iblei tratto da “Piano di tutela delle acque della Sicilia”

Dal punto di vista della “*permeabilità*”, cioè dell’attitudine che hanno le rocce nel lasciarsi attraversare dalle acque di infiltrazione efficace, si possono distinguere vari tipi di rocce:

- *rocce impermeabili*, nelle quali non hanno luogo percettibili movimenti d’acqua per mancanza di meati sufficientemente ampi attraverso i quali possono passare, in condizioni naturali di pressione, le acque di infiltrazione;



- *rocce permeabili*, nelle quali l'acqua di infiltrazione può muoversi o attraverso i meati esistenti fra i granuli che compongono la struttura della roccia (permeabilità per porosità e/o primaria), o attraverso le fessure e fratture che interrompono la compagine della roccia (permeabilità per fessurazione e fratturazione e/o secondaria).

Inoltre, in alcuni litotipi si manifesta una permeabilità “mista”, dovuta al fatto che rocce aventi una permeabilità primaria, sottoposte a particolari genesi, acquistano anche quella secondaria.

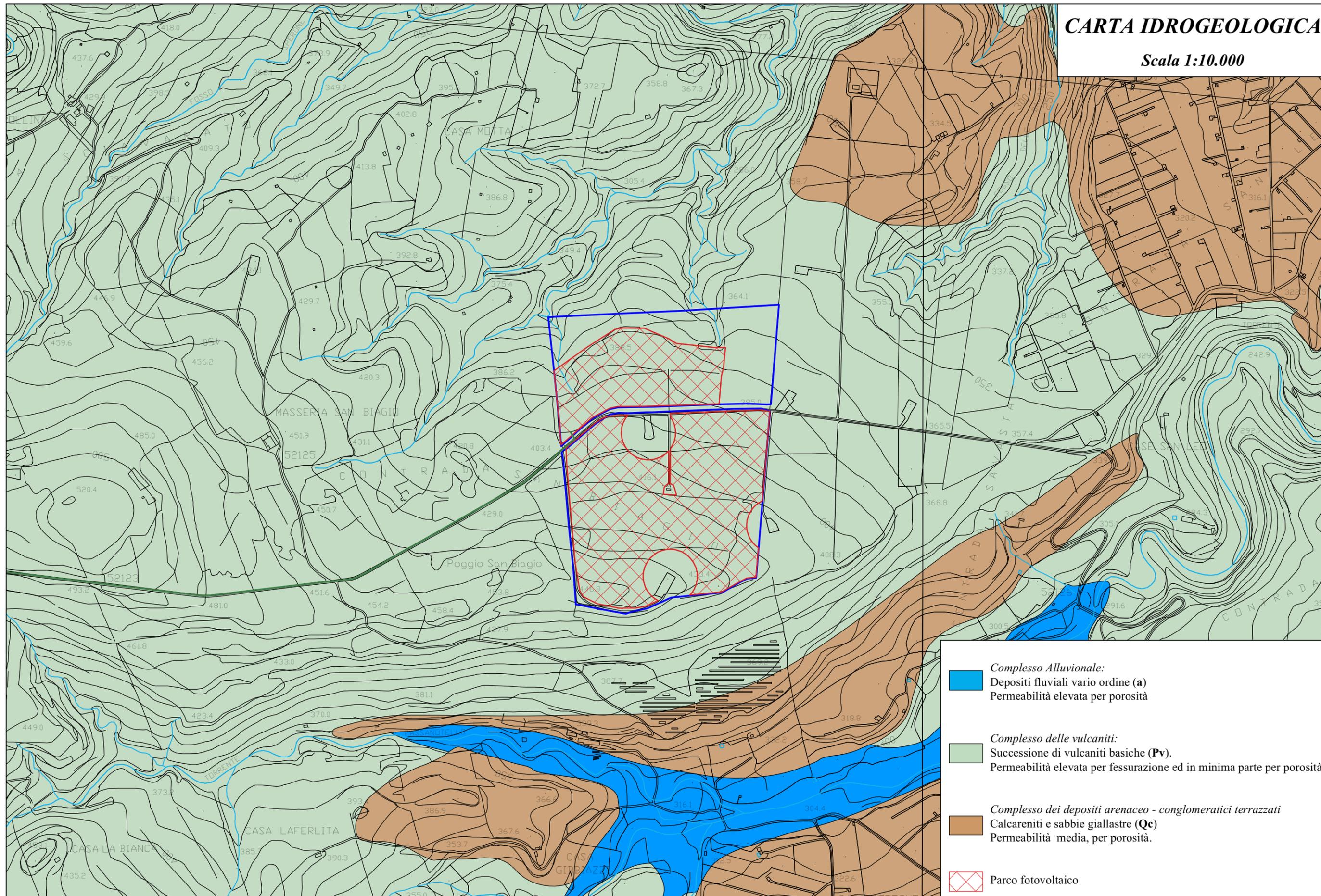
Nell'area in esame ed in un suo ampio intorno sono stati distinti tre differenti complessi idrogeologici che di seguito si elencano:

- *Complesso Alluvionale:*
Costituito da Depositi fluviali vario ordine (**a**), con permeabilità elevata per porosità e coefficiente di permeabilità K compreso tra 10^{-1} e 10^{-2} cm/sec.
- *Complesso delle vulcaniti:*
Costituito da Successione di vulcaniti basiche (**Pv**), con permeabilità elevata per fessurazione ed in minima parte per porosità e coefficiente di permeabilità K compreso tra 10^{-1} e 10^{-3} cm/sec.
- *Complesso dei depositi arenaceo - conglomeratici terrazzati*
Costituito da Calcareniti e sabbie giallastre (**Qc**), con permeabilità media, per porosità e coefficiente di permeabilità K compreso tra 10^{-2} e 10^{-4} cm/sec.

Quanto fin qui detto è stato riportato nelle allegate carte idrogeologiche in scala 1:10.000 e 1:5.000.

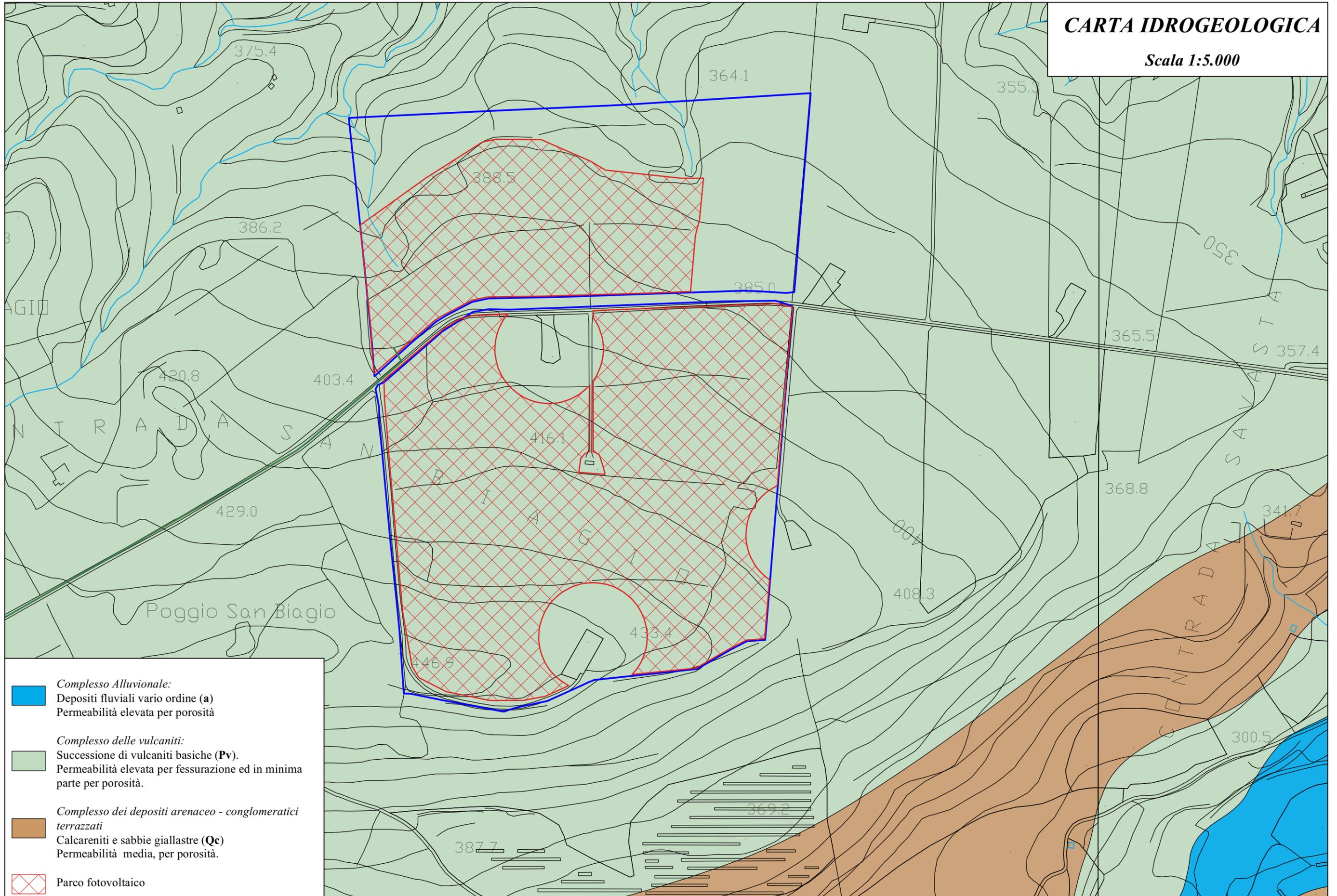
CARTA IDROGEOLOGICA

Scala 1:10.000



CARTA IDROGEOLOGICA

Scala 1:5.000



-  **Complexo Alluvionale:**
Depositi fluviali vario ordine (a)
Permeabilità elevata per porosità
-  **Complexo delle vulcaniti:**
Successione di vulcaniti basiche (Pv).
Permeabilità elevata per fessurazione ed in minima parte per porosità.
-  **Complexo dei depositi arenaceo - conglomeratici terrazzati**
Calcareniti e sabbie giallastre (Qc)
Permeabilità media, per porosità.
-  Parco fotovoltaico



5. Considerazioni di carattere climatico

Le caratteristiche climatiche di una determinata area di un territorio, sono legate all'insieme complessivo delle condizioni atmosferiche che si riscontrano in quell'area nel corso di un anno e su un periodo di diversi anni (valori medi climatici calcolati in periodi di 35 anni).

In generale, le condizioni atmosferiche di una data area, come pure quelle climatiche, sono il risultato di un'incessante circolazione generale di masse d'aria nell'atmosfera, della latitudine a cui è posta l'area, della natura della superficie terrestre e dei suoi rapporti con le acque circostanti, sia che siano terrestri, sia che siano marine, oltre che dalla vegetazione presente.

Più direttamente, riferendoci all'area del territorio in studio, come estrapolazione di una regione climatica di dimensioni maggiori, è necessario conoscere le variazioni atmosferiche che la caratterizzano, e quindi quelle climatiche, al fine di poter effettivamente classificare tale settore siciliano, e l'influenza che tale "tipo" di clima ha sulla flora e sulla fauna presente.

Al fine di poter delineare il range di variazioni climatiche che caratterizzano la zona in oggetto, bisogna prendere in considerazione i dati termometrici e pluviometrici, rilevati dalle stazioni meteorologiche e pubblicati negli annali idrologici editi dal Ministero dei Lavori Pubblici; in particolare, si ci è riferiti ai dati caratterizzanti il decennio 1977-1996.

In merito alla direzione dei venti, che nell'area risulta essere prevalentemente NE e SW, ed alla intensità degli stessi, non si sono potuti raccogliere dati numerici certi, in quanto nella zona non esistono stazioni di misura dotate di anemografi.

Per quanto riguarda i valori delle *precipitazioni mensili ed annue*, si è proceduto calcolando le medie dei valori di massima e minima (decennali) riportati sugli annali idrogeologici presi in considerazione.

In riferimento alle medie mensili di acqua di precipitazione, la quantità di pioggia caduta è stata pari a :

- **massima** 82.15 mm nel mese di Novembre;



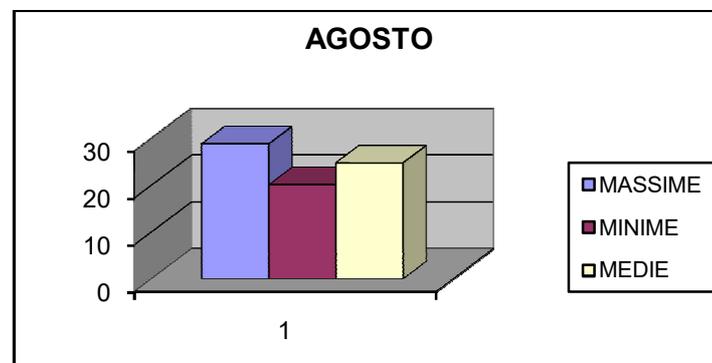
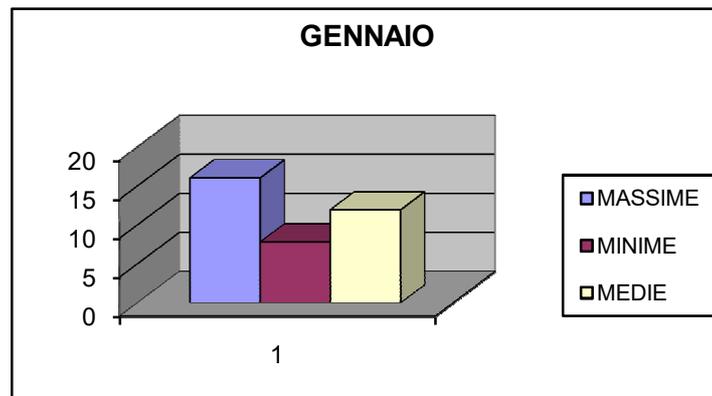
- **minima** 1.76 mm nel mese di Luglio.

L'altezza media annua delle piogge cadute in tale settore, risulta essere di circa 750.76 mm e la loro frequenza delle stesse risulta essere di 75 g. p./a.

In riferimento ai valori delle *temperature mensili e stagionali*, si è proceduto calcolando le medie dei valori di massima e minima (decennali) riportati sugli annali idrogeologici presi in considerazione.

Per quanto riguarda i valori medi mensili delle temperature di massima, minima e medie, questi risultano variare rispettivamente:

<i>TEMPERATURE</i>	<i>Gennaio</i>	<i>Agosto</i>
<i>MASSIME</i>	<i>16,2 °C</i>	<i>28,8 °C</i>
<i>MINIME</i>	<i>7,8 °C</i>	<i>20,1 °C</i>
<i>MEDIE</i>	<i>11,9 °C</i>	<i>24,8 °C</i>





Da quanto si può osservare dalla tabella sopra riportata, le temperature medie caratterizzanti le massime non superano i 30° C e i valori minimi non scendono al di sotto dello 0° C.

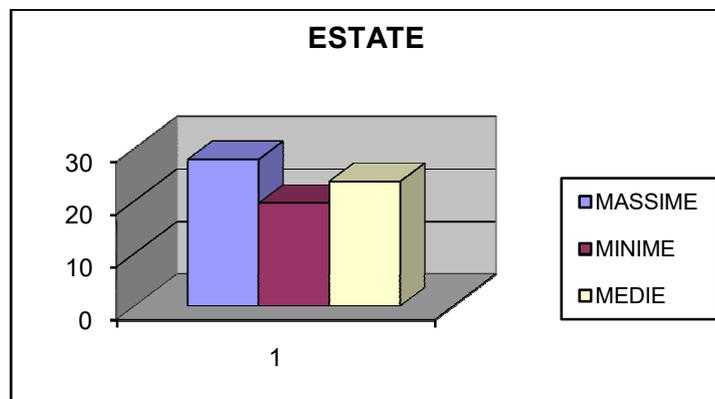
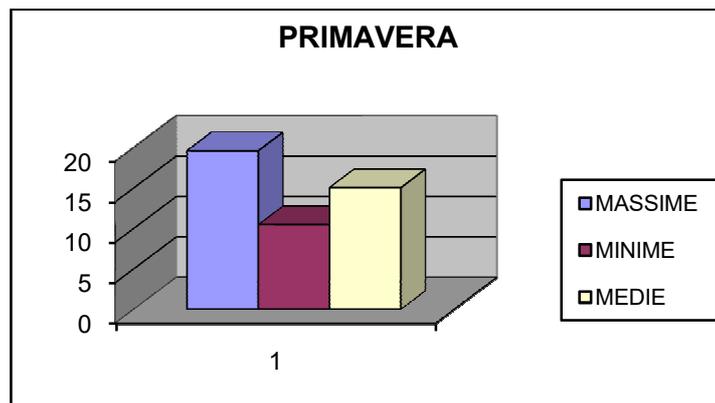
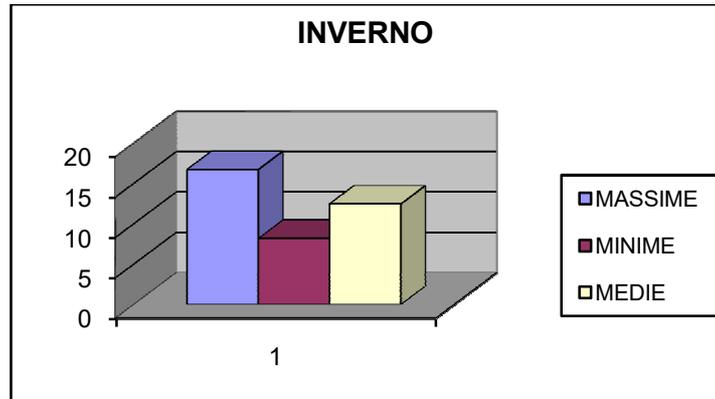
Da quanto sopra riportato, ed utilizzando la *classificazione dei climi secondo Koppen (1936)*, di seguito riportata, si deduce come il regime climatico presente nell'area in studio sia del tipo "C", caratteristico dei climi piovosi delle medie latitudini, caratterizzati da inverni dolci.

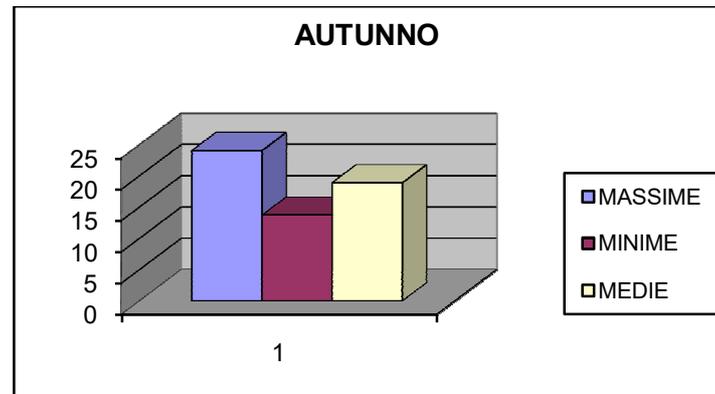
TIPO	DESCRIZIONE	NOTE
<i>A</i>	<i>Climi tropicali piovosi senza stagione fredda</i>	<i>la Temperatura del mese più freddo è sempre maggiore di 18° C</i>
<i>BW</i>	<i>Clima arido desertico</i>	<i>eccesso dell'evaporazione</i>
<i>BS</i>	<i>Clima semiarido della steppa</i>	<i>sulla precipitazione</i>
<i>C</i>	<i>Climi piovosi delle medie latitudini caratterizzati da inverni dolci</i>	<i>la Temperatura media del mese più freddo risulta essere compresa tra -3° < T < 18° C</i>
<i>D</i>	<i>Climi piovosi delle medie latitudini caratterizzati da inverni rigidi</i>	<i>la Temperatura del mese più caldo risulta maggiore di 10° C la Temperatura del mese più freddo minore di 3° C</i>
<i>ET</i>	<i>Clima polare della Tundra</i>	<i>la Temperatura media risulta</i>
<i>EF</i>	<i>Clima polare del gelo perenne</i>	<i>essere sempre sotto lo 0° C</i>

Classificazione dei climi secondo Koppen (1936)

Relativamente ai valori delle *temperature stagionali*, verranno di seguito riportati i valori medi trimestrali stagionali, in quanto nel calcolo di tali valori si ci è riferiti alla suddivisione dell'anno in Inverno (Dicembre, Gennaio e Febbraio), Primavera (Marzo, Aprile e Maggio), Estate (Giugno, Luglio e Agosto) e Autunno (Settembre, Ottobre e Novembre):

TEMPERATURE	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
<i>MASSIME</i>	<i>16,7 °C</i>	<i>19,6 °C</i>	<i>27,9 °C</i>	<i>24,1 °C</i>
<i>MINIME</i>	<i>8,2 °C</i>	<i>10,5 °C</i>	<i>19,6 °C</i>	<i>13,8 °C</i>
<i>MEDIE</i>	<i>12,4 °C</i>	<i>15,1 °C</i>	<i>23,7 °C</i>	<i>18,9 °C</i>





Inoltre, per quanto riguarda “*l’escursione termica stagionale*”, questa presenta un valore basso in Estate, prossimo a 8.3° C ed un valore alto in Autunno con 8.8° C; infine, “*l’escursione termica mensile*”, il valore più basso si è riscontrato in Dicembre con un valore di 7.9° C, mentre quello più alto è stato registrato in Ottobre con 9.2° C.

Dall’esame di quanto finora riportato, si può concludere che il regime climatico che caratterizza l’area interessata , come pure un suo più ampio intorno, risulta, come detto, del tipo “**C**” secondo la classificazione di Koppen (1936), cioè con climi piovosi caratterizzato da inverni dolci, dove la temperatura media del mese più freddo risulta compresa tra $-3^{\circ} < T < 18^{\circ}$ C.

Inoltre, questa appartiene, considerando una classificazione più ampia di *Koppen et alii*, 1939, alla regione mesotermica di tipo “**Csa**”, sottotipo del precedente, conosciuto come “*clima mediterraneo marittimo*”.



6. Considerazioni geologico - tecniche

Dal rilevamento geologico di superficie, da dati in possesso dello scrivente, dalle indagini dirette ed indirette eseguite, e da quanto riportato in letteratura tecnica specializzata, nell'area investigata è presente una successione di terreni costituita da:

- *Successione di vulcaniti basiche (Pv).*

La *Successione di vulcaniti basiche (Pv)* è costituita da breccie vulcano elastiche.

I valori assunti derivano da alcuni dati stratigrafici di indagini precedenti e dalle considerazioni esposte nella relazione geotecnica a supporto del *Progetto Catania* per la valutazione del rischio sismico prodotto, alla fine dell'anno 97, dal GNDDT.

Ai litotipi che interessano l'area in esame è stata applicata la metodologia di (Bieniawski, 1989) relativamente alle formazioni litoidi massive per le quali si è fatto riferimento al modello a comportamento rigido e, quindi, le caratteristiche meccaniche sono state determinate in funzione della resistenza meccanica, della distribuzione delle discontinuità presenti e delle tipologie dei giunti.

Le calcolazioni sono state effettuate, grazie alle osservazioni effettuate in numerosi e rappresentativi "tagli" esistenti nell'area, caratterizzando il litotipo sia per le verifiche di carichi statici che per quelle di stabilità del pendio e, per queste ultime, nel calcolo del valore RMR si è inserito un fattore correttivo (determinato secondo il Markland Test) che tiene conto dell'influenza delle orientazioni delle discontinuità per le condizioni di pendio. Per quanto sopra i parametri sono:

- $RMR\ base = 53,68$
- $RMR\ corretto = 38,68$
- $classe = III$
- $coesione = 2,68\ Kg/cm^2$
- $angolo\ attrito = 31^\circ$
- $peso\ unità\ di\ volume = 2,27\ t/m^3$



Pertanto, per quanto fin qui esposto possiamo definire la colonna geotecnica rappresentativa per l'area in esame.

<i>Litotipo</i>	<i>Spessore</i>	<i>Caratteristiche fisico / meccaniche</i>	<i>Valori</i>
<i>Suolo agrario (Sa)</i>	<i>0.00 – 0.80 m</i>	<i>peso dell'unità di volume coesione angolo di attrito interno</i>	<i>1.94 t/m³ 0.00 t/m² 22°</i>
<i>Successione di vulcaniti basiche (Pv)</i>	<i>0.80 – n.d.</i>	<i>peso dell'unità di volume coesione angolo di attrito interno</i>	<i>2.27 t/m³ 10.0 t/m² 31°</i>

Colonna geotecnica riepilogativa



7. Considerazioni litotecniche

Relativamente alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni ricadenti nell'area in studio, oltre ai dati in possesso dello scrivente, alle indagini dirette eseguite e quelli tratti dalla letteratura tecnica specializzata per analoghe facies petrografiche, si sono potuti suddividere i litotipi costituenti l'intero territorio da oggetto di variante urbanistica ed un suo ampio intorno in, "unità litotecniche", che sono state opportunamente riportate nell'allegata cartografia litotecnica redatta in scala 1:5.000.

Tali unità, secondo quanto riportato nella Circolare n. 3 DRA del 20.06.2014 - Prot. n. 28807 del 20.06.2014 – "*Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici*", vengono distinte in due insiemi, di cui uno relativo ai litotipi che costituiscono in "*substrato*" e l'altro a quelli caratterizzanti i terreni di "*copertura*".

Passando in rassegna i terreni presenti nel territorio in esame, relativamente alle unità litotecniche di copertura queste sono rappresentate dai *Terrazzi fluviali di vario ordine (a)*; si tratta di sedimenti a grana medio fine, costituiti da sabbie limose e limi sabbiosi inglobanti frammenti spigolosi o arrotondati, da sciolte a moderatamente cementate. Queste litologie vengono attribuite all'unità litotecnica **G2c**.

I terreni presenti nel territorio in esame, relativamente alle unità litotecniche di substrato, sono rappresentate dalle calcareniti e sabbie e dalle unità vulcaniche.

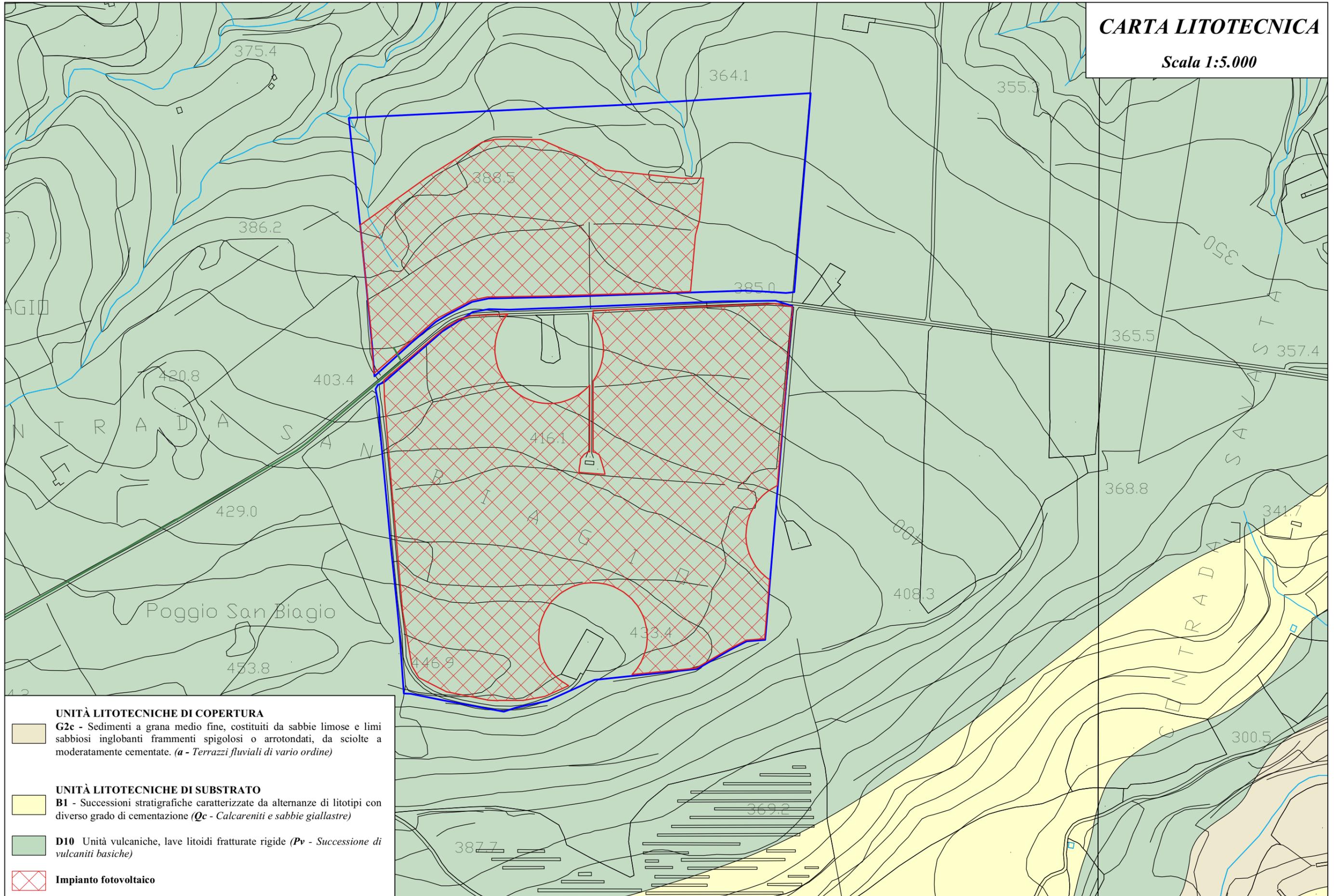
Le *Calcareniti e sabbie giallastre (Qc)*, sono caratterizzate da successioni stratigrafiche caratterizzate da alternanze di litotipi con diverso grado di cementazione. Queste litologie vengono attribuite all'unità litotecnica **B1**.

Le *Successione di vulcaniti basiche (Pv)*, sono unità vulcaniche, lave litoidi fratturate rigide. Queste litologie vengono attribuite all'unità litotecnica **D10**.

Quanto fin qui esposto è stato rappresentato nell'allegata carta litotecnica in scala 1:5.000.

CARTA LITOTECNICA

Scala 1:5.000



UNITÀ LITOTECNICHE DI COPERTURA

 **G2c** - Sedimenti a grana medio fine, costituiti da sabbie limose e limi sabbiosi inglobanti frammenti spigolosi o arrotondati, da sciolte a moderatamente cementate. (*a* - Terrazzi fluviali di vario ordine)

UNITÀ LITOTECNICHE DI SUBSTRATO

 **B1** - Successioni stratigrafiche caratterizzate da alternanze di litotipi con diverso grado di cementazione (*Qe* - Calcareni e sabbie giallastre)

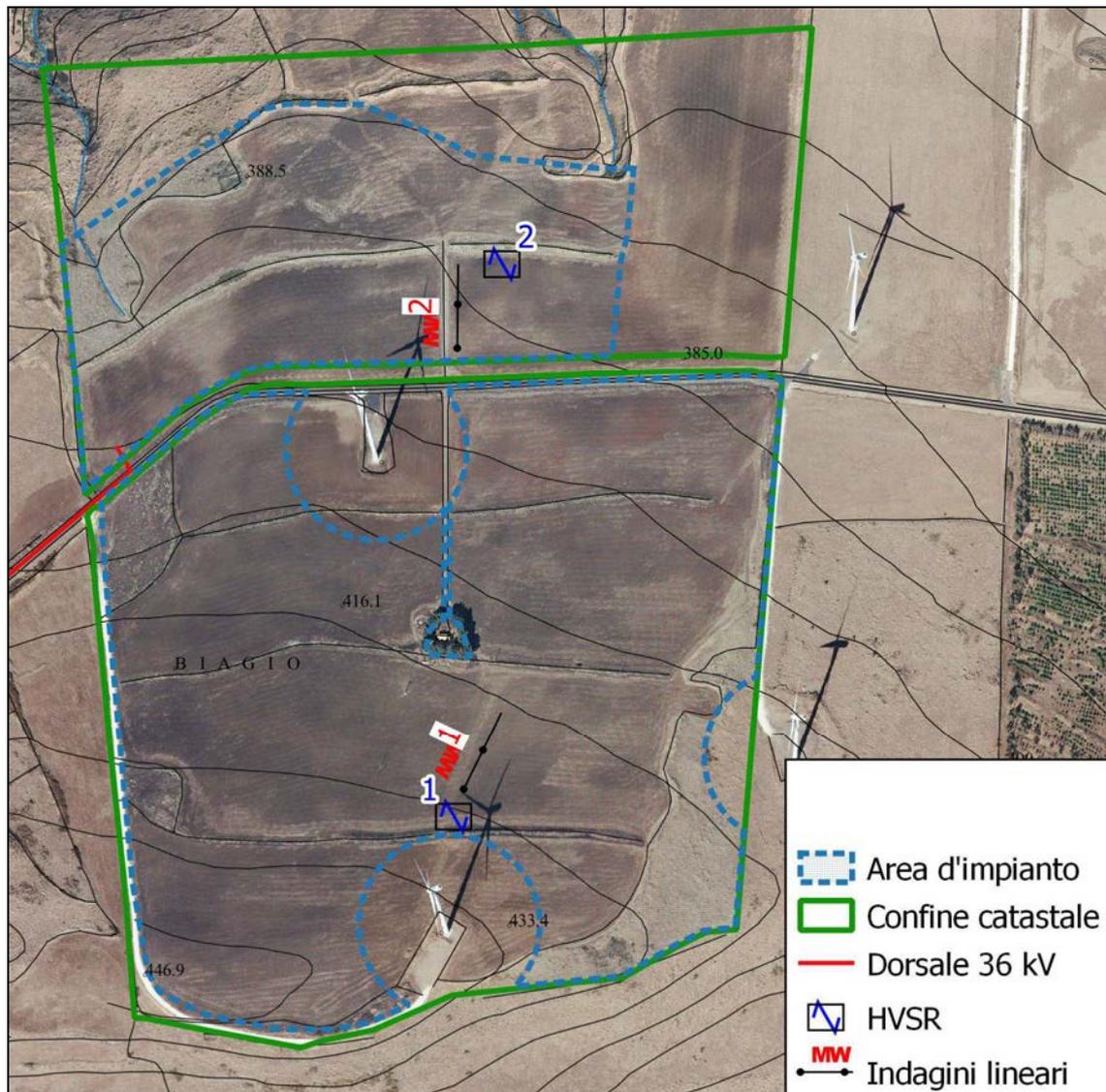
 **D10** Unità vulcaniche, lave litoidi fratturate rigide (*Pv* - Successione di vulcaniti basiche)

 **Impianto fotovoltaico**



8. Sismica a rifrazione

Tutte le indagini sismiche eseguite sono state rappresentate nell'allegata carta delle indagini in scala 1:6.500.



Carta delle indagini

Sull'area ove si propone la realizzazione dell'impianto fotovoltaico, sono state eseguite due stese sismiche a rifrazione utilizzando un array di n. 20 geofoni con



interasse di 2 m. Le indagini effettuate hanno consentito l'acquisizione di valori di velocità sismiche, del primo strato di terreno e dei "rifrattori" successivi, al fine di valutarne lo spessore, l'assetto geometrico - giaciturale e di effettuare una caratterizzazione sismostratigrafica dei litotipi presenti.

Inoltre è stata eseguita un'indagine geofisica con sismica a rifrazione applicando il metodo "MASW", al fine di approfondire le conoscenze sui terreni oggetto di studio, ed in particolare per la definizione della categoria di suolo di fondazione ai sensi dell'Ordinanza n. 3274/2005 del Presidente del Consiglio dei Ministri, ripresa e completata con la O.P.C.M. n. 3519/2006.



Stesa sismica ST 1



Stesa sismica ST 2

8.1. Profilo sismico a rifrazione – Linea di tomografia sismica

Sono state eseguite, per procedere ad una ricostruzione bidimensionale delle caratteristiche meccanico-elastiche del sottosuolo con lo scopo di evidenziare eventuali anomalie di velocità sismica dei terreni ad integrazione dei dati ottenuti dall'esecuzione di indagini dirette eseguite in aree limitrofe a quelle in studio.

In dettaglio sono state eseguite n. 2 stese sismiche a rifrazione con interpretazione tomografica. Le sezioni tomografiche sono state disposte, come rappresentato nella planimetria allegata.

I quattro stendimenti sono stati eseguiti utilizzando, n° 20 geofoni distribuiti con le seguenti geometrie:

- spaziatura intergeofonica fissata in 2 metri;



- n° 8 punti di energizzazione, di cui n° 4 all'esterno dello stendimento con distanza pari all'equispaziatura geofonica e n°4 all'interno della stesa sismica;
- lunghezza massima complessiva degli stendimenti pari a 40 + 4 metri.

Per il rilievo delle velocità sismiche è stata utilizzata una strumentazione multicanale dotata di microprocessore e convertitore A/D a 64 bit, caratterizzata da un'alta frequenza di campionamento (da 100 a 1.000 microsec), da una lunghezza record dati da 50 ms a 60 s, nonché da sistemi di acquisizione ad incremento di segnale, preview, possibilità di congelamento delle tracce, sistema di filtri per la riduzione del noise, sistema di amplificazione a virgola fluttuante, AGC, ecc..

L'energizzazione del terreno è stata ottenuta tramite una massa da 10 kg battente verticalmente su una piastra metallica di accoppiamento al terreno, mentre per il rilievo delle onde sismiche sono stati utilizzati geofoni ad alto guadagno a 4.5 Hz di tipo verticale.

Le registrazioni delle tracce sismiche sono state visualizzate direttamente in sito, dove sono state eseguite le letture preliminari dei tempi di arrivo ed il controllo di qualità dei dati; tali registrazioni, successivamente, sono state trasferite e memorizzate su supporto magnetico per la seguente fase di trattamento ed elaborazione al computer. I dati così conservati, in fase di interpretazione hanno consentito comunque un'accurata analisi dei tempi di arrivo, nonché uno studio delle fasi successive al primo impulso, al filtraggio del noise, ecc..

Nei diagrammi delle dromocrome si è tuttavia riscontrato un notevole "scattering" dei dati, con "anticipi" e/o "ritardi", non sempre assimilabile ad un modello pian-parallelo con strati ben definiti e limiti netti. I segnali, comunque, opportunamente filtrati e ripuliti dagli effetti transienti, hanno permesso un'attendibile ricostruzione sismostratigrafica dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area oggetto dell'indagine, con una buona omogeneità e congruità dei risultati tra i diversi profili e il modello stratigrafico locale ricavato dalle perforazioni, almeno fino alla profondità massima raggiunta dalla prospezione.



Le registrazioni sismiche sono state elaborate mediante un processo d'inversione per la ricostruzione della propagazione del fronte d'onda sismica. La procedura di interpretazione tomografica è stata suddivisa in 2 fasi:

- applicazione di una tecnica di pseudo-inversione bidimensionale che realizza per ogni geofono un profilo continuo di velocità in funzione della profondità (metodo Delta-t-v - Gebrande e Miller, 1985), seguita dal calcolo di un profilo medio di "velocità-profondità" (media dei singoli profili di velocità alle profondità comuni), che, esteso lateralmente per tutta la lunghezza dello stendimento, consente la stima di un modello continuo monodimensionale di velocità in funzione della profondità (gradiente monodimensionale di velocità sismica);
- assumendo come dato di partenza il modello di velocità valutato in precedenza, si avvia il processo di inversione iterativo utilizzando un algoritmo tomografico che permette la ricostruzione della propagazione del fronte d'onda sismica, in maniera fisicamente significativa, attraverso una modellazione che utilizza il percorso dei raggi sismici.

Tale procedura consente di manipolare parecchie situazioni geologiche reali, quali distribuzioni discontinue della velocità sismica con brusche variazioni dei gradienti di velocità sia in senso verticale che laterale causate da zone di deformazione.

Il modello calcolato viene in seguito comparato con il modello sperimentale e se l'adattamento è considerato soddisfacente, sia dal punto di vista dell'errore matematico (residui temporali) sia considerando eventuali informazioni note riguardo le caratteristiche fisiche del sottosuolo indagato (dati geologici, geognostici o di precedenti indagini geofisiche), tale risultato viene ufficializzato, rappresentando il modello attraverso una mappa a colori della distribuzione della velocità in funzione della profondità.

Il controllo di qualità dei modelli sismostratigrafici è eseguito dalla diretta comparazione grafica tra i tempi di percorso valutati sperimentalmente e quelli calcolati dalla soluzione del modello.

Gli elaborati precedentemente citati sono forniti nelle tavole grafiche relative alle sezioni tomografiche in onda P eseguite. In particolare sono state riportate, i singoli

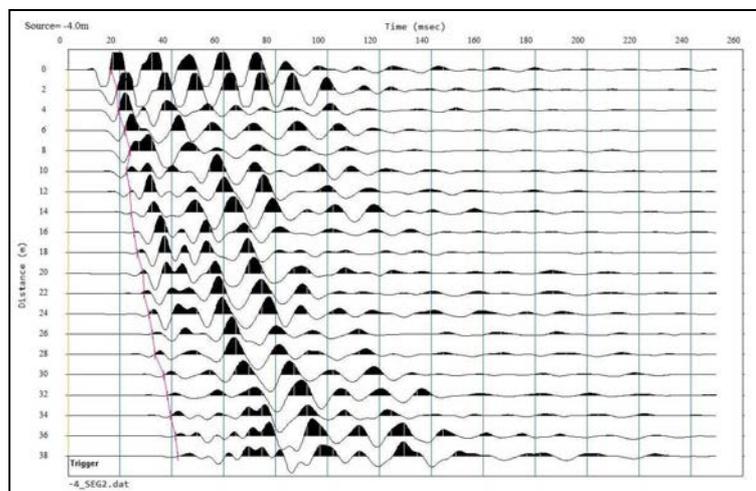


sismogrammi riferiti agli scoppi effettuati, il diagramma delle dromocrone sperimentali e interpretate e le sezioni sismo-stratigrafica, prendendo anche come taratura le indagini geognostiche dirette eseguite

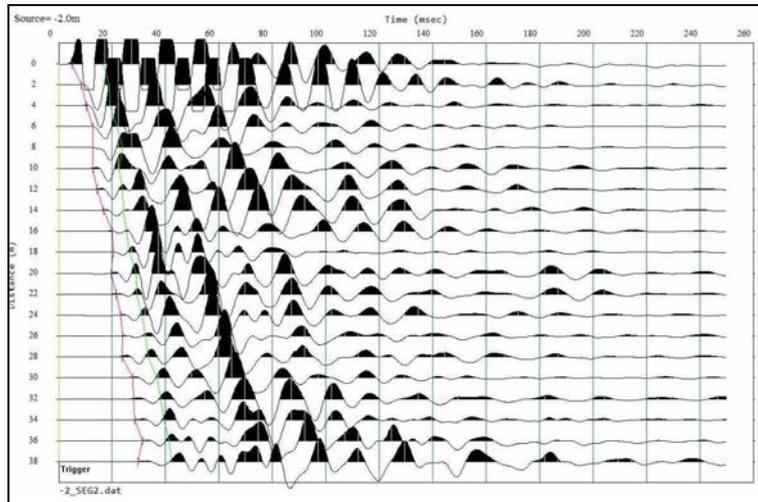
In generale il modello interpretativo prescelto ha individuato un andamento delle velocità sismiche crescente con una certa regolarità con l'approfondimento.

Analizzando in dettaglio individualmente le linee tomografiche acquisite si possono trarre le seguenti considerazioni:

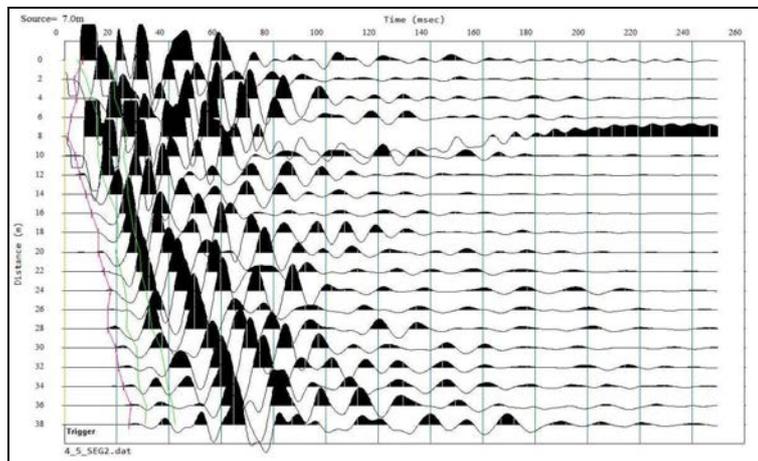
ST1 – L'intervallo di valori di V_p , entro la profondità raggiunta dall'indagine (circa 11 m), è compreso tra 300 m/s e 2000 m/s. Sono stati individuati tre strati differenti, il primo rappresentato da una copertura piuttosto omogenea e di spessore molto esiguo e gli altri due che rappresentano i depositi vulcanici prima fratturati e successivamente più compatti.



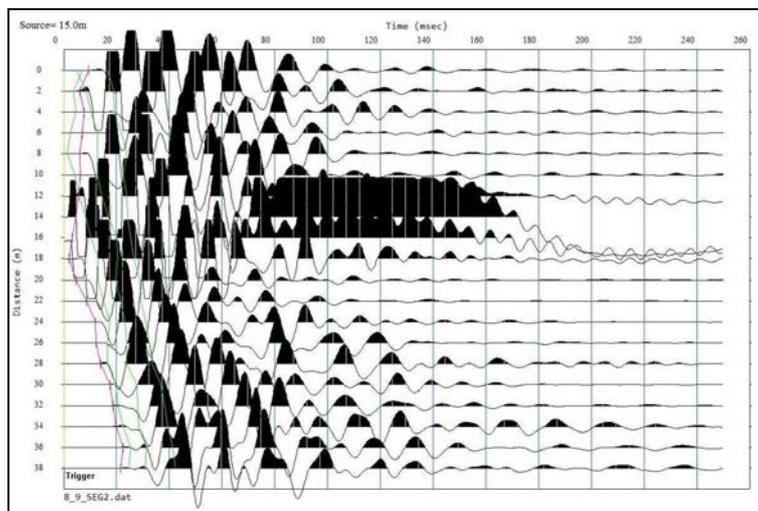
Sismogramma ST 1 - shot - 4 metri dal primo geofono



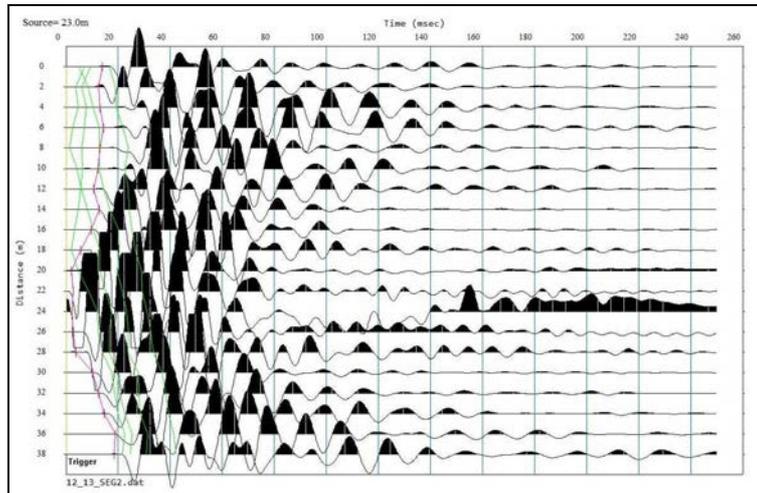
Sismogramma ST 1 - shot – 2 metri dal primo geofono



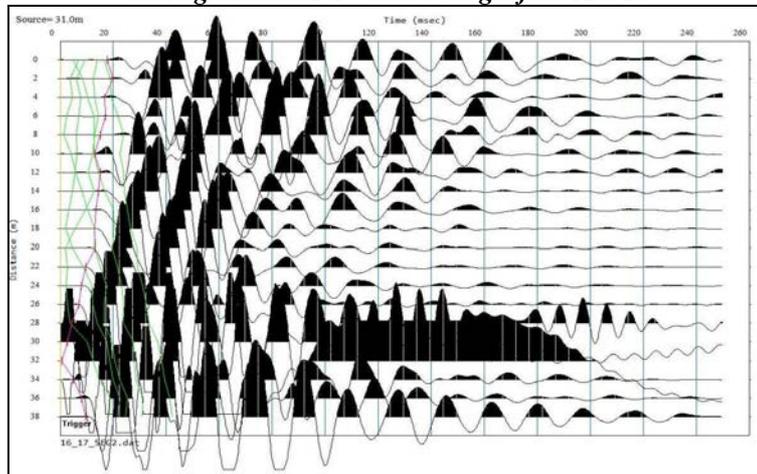
Sismogramma ST 1 - shot tra il geofoni 4 e 5



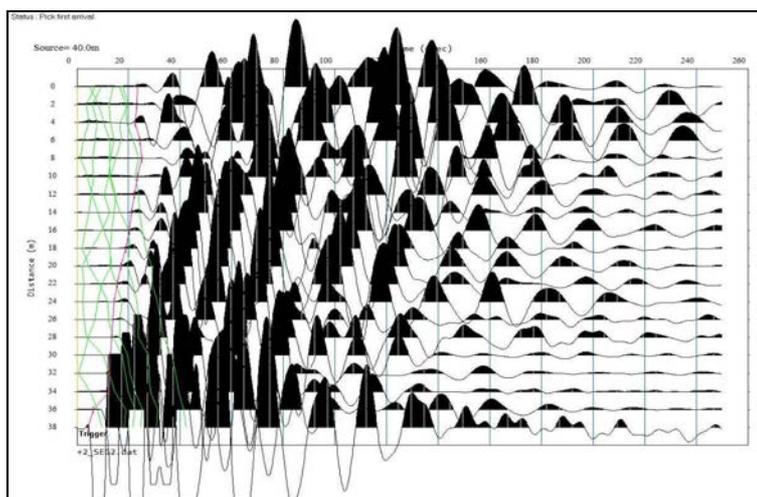
Sismogramma ST 1 - shot tra il geofoni 8 e 9



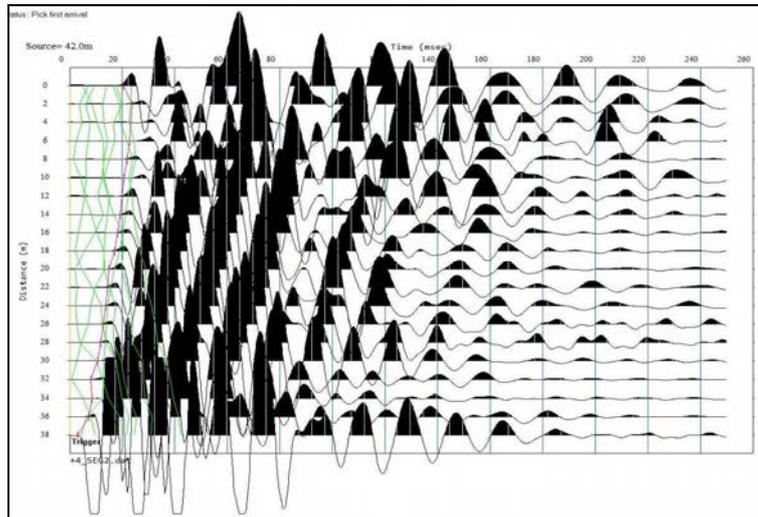
Sismogramma ST 1 - shot tra il geofoni 12 e 13



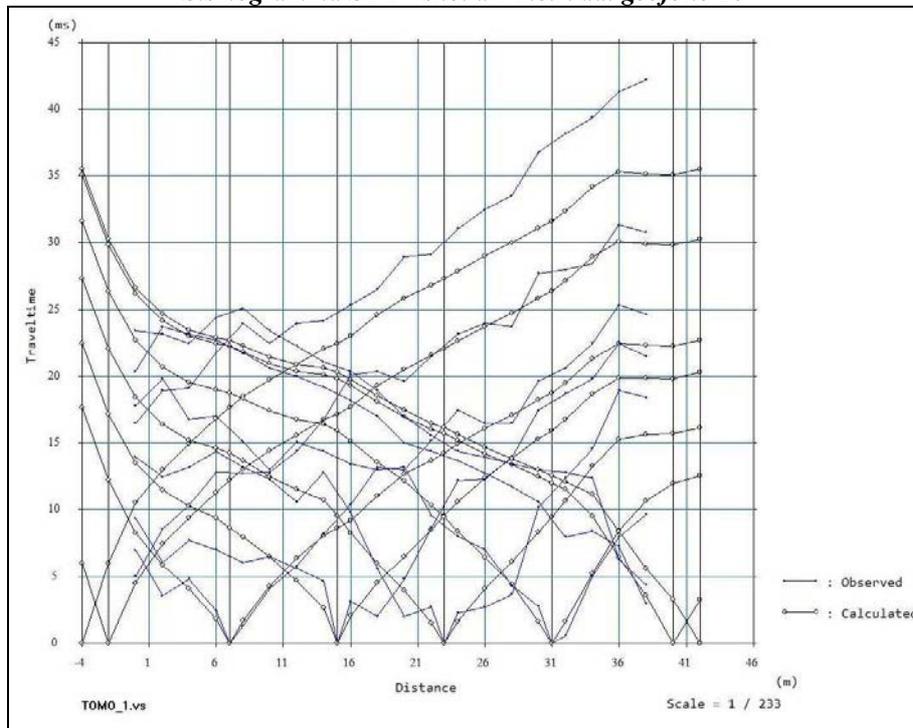
Sismogramma ST 1 - shot tra il geofoni 16 e 17



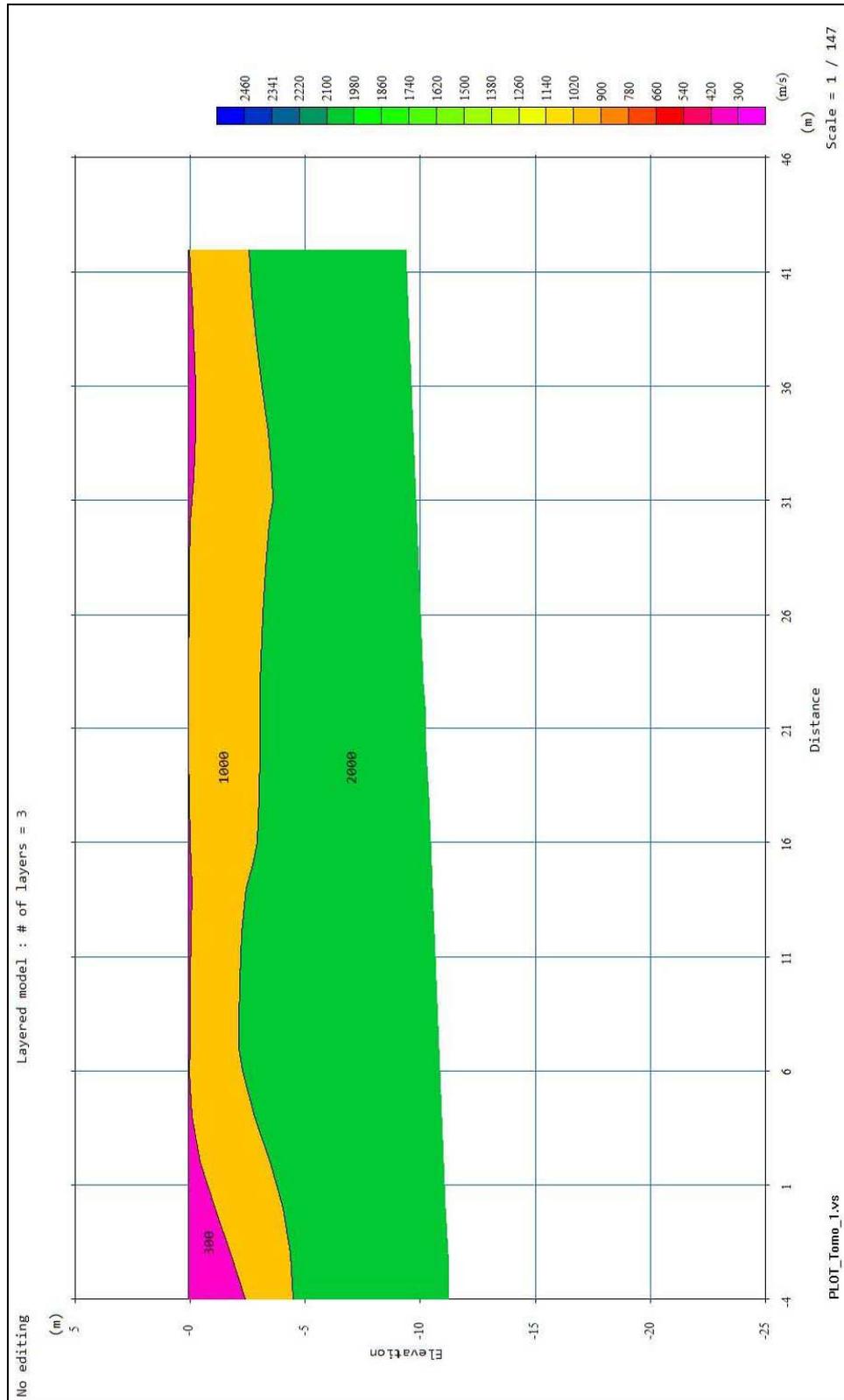
Sismogramma ST 1 - shot a 2 metri dal geofono 20



Sismogramma ST 1 - shot a 4 metri dal geofono 20



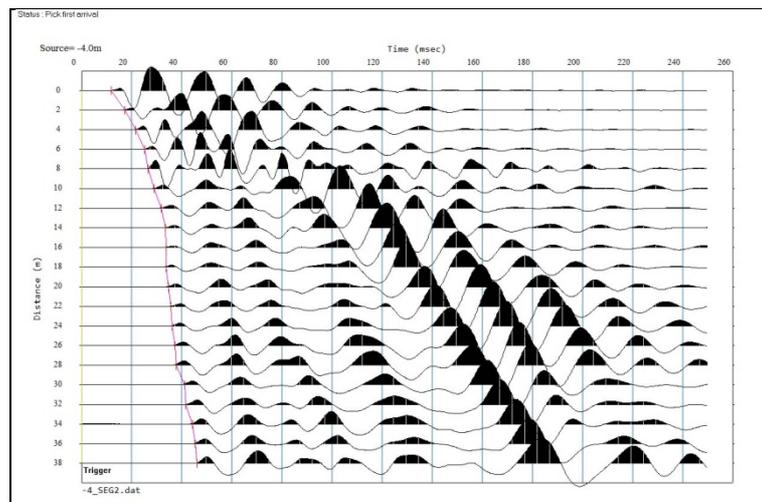
Stesa sismica ST 1 – Dromocrone sperimentali e interpretate



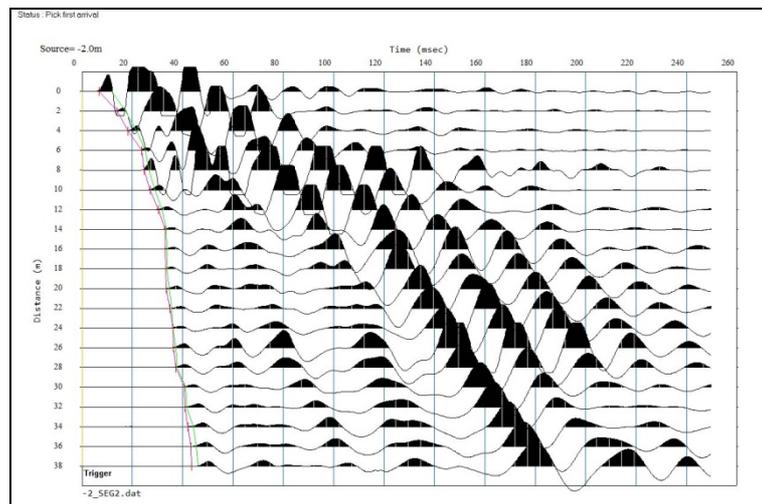
Sezione tomografica ST 1



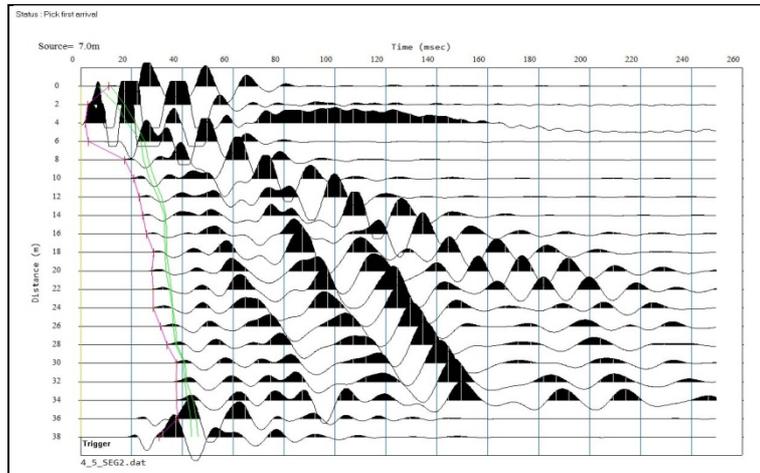
ST2 – L'intervallo di valori di V_p , entro la profondità raggiunta dall'indagine (circa 16 m), è compreso tra 300 m/s e 1500 m/s. Sono stati individuati tre strati differenti, il primo rappresentato da una copertura piuttosto omogenea e di spessore molto esiguo e gli altri due che rappresentano i depositi vulcanici prima fratturati e successivamente più compatti.



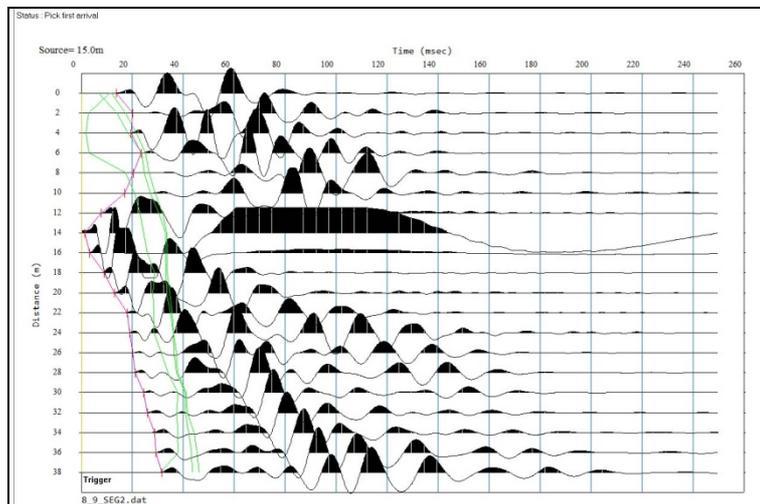
Sismogramma ST 2 - shot - 4 metri dal primo geofono



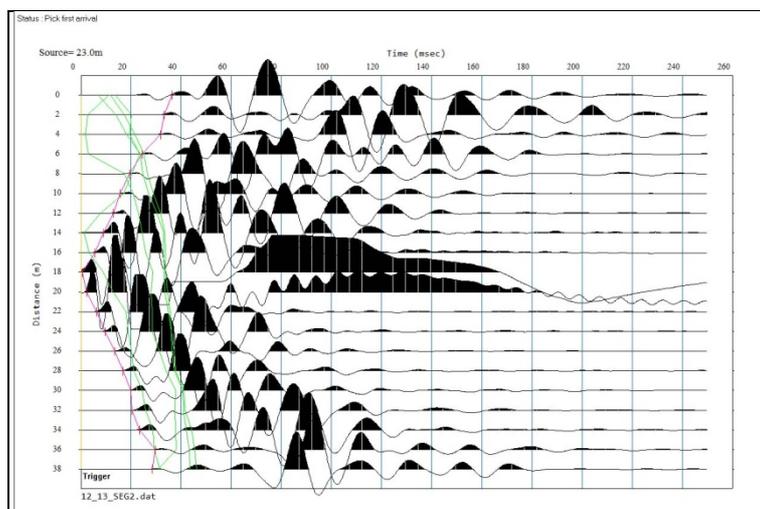
Sismogramma ST 2 - shot - 2 metri dal primo geofono



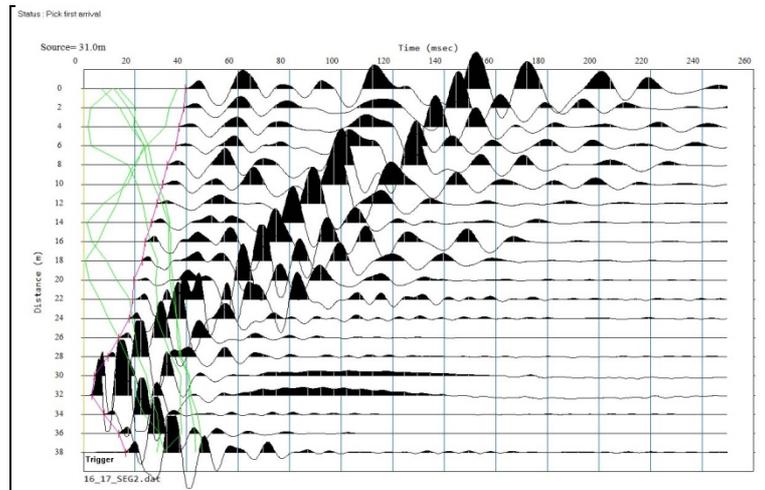
Sismogramma ST 2 - shot tra il geofoni 4 e 5



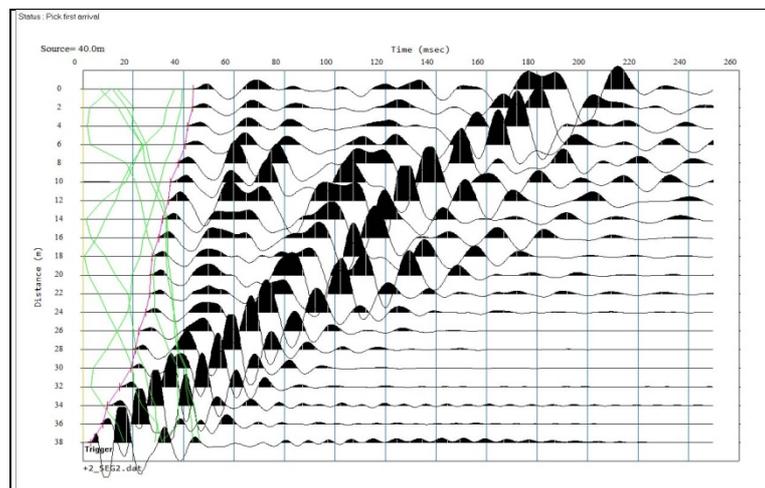
Sismogramma ST 2 - shot tra il geofoni 8 e 9



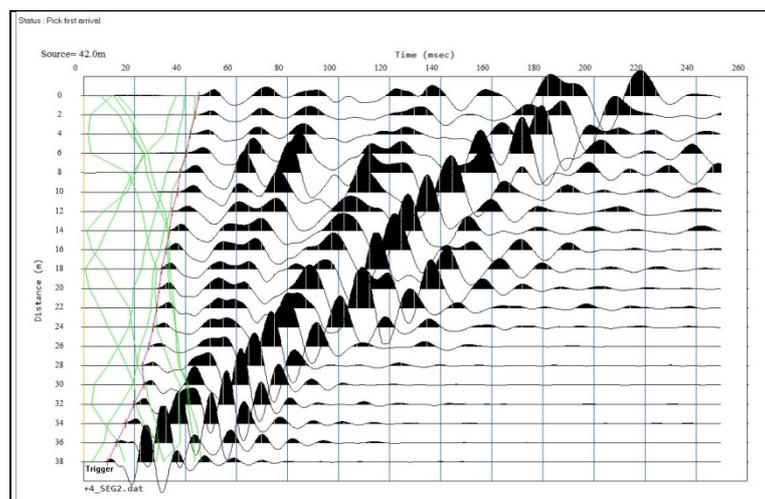
Sismogramma ST 2 - shot tra il geofoni 12 e 13



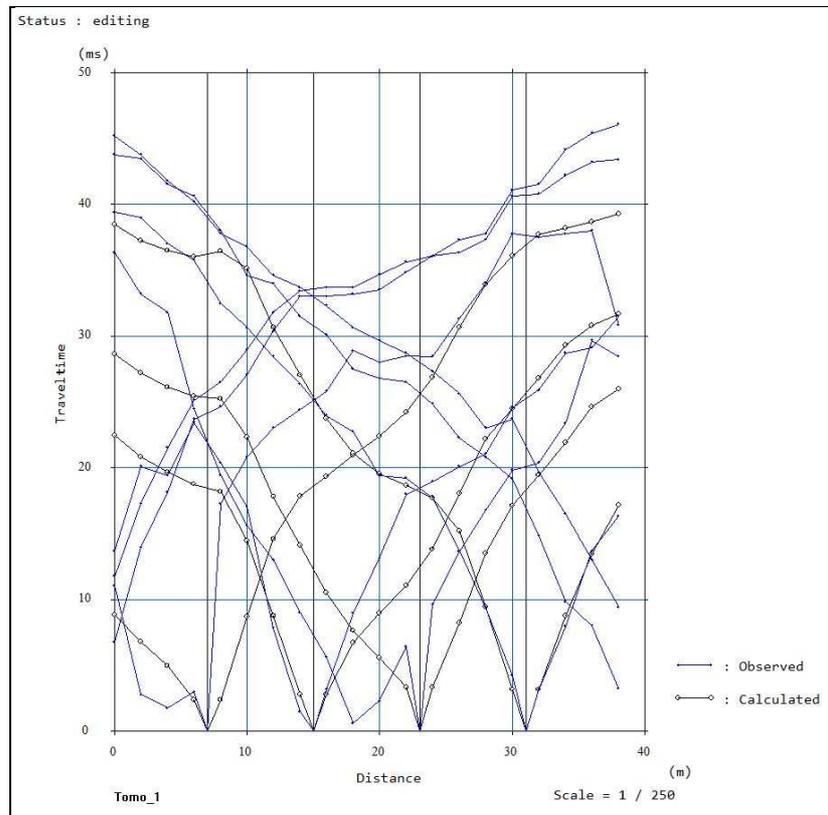
Sismogramma ST 2 - shot tra il geofoni 16 e 17



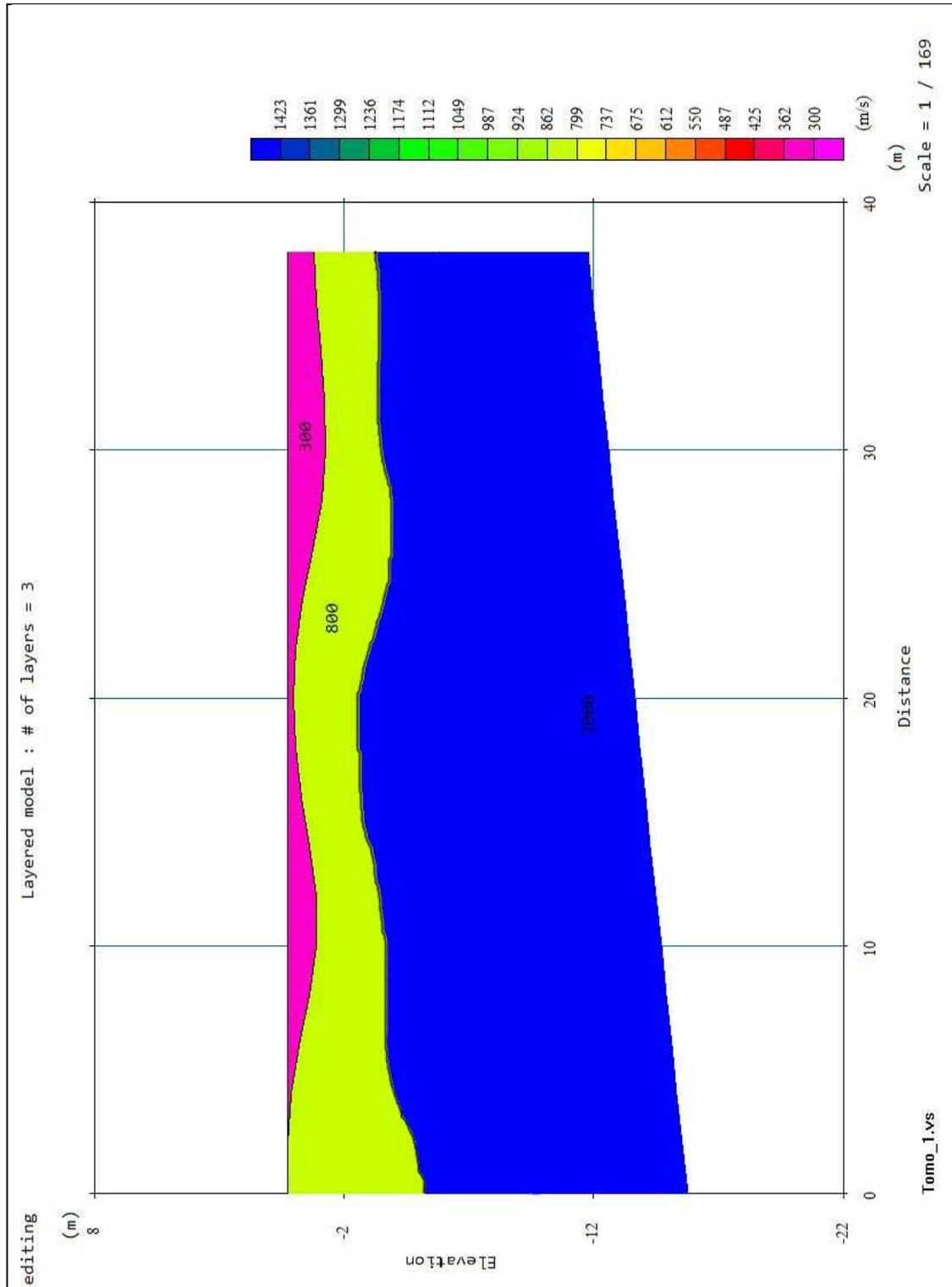
Sismogramma ST 2 - shot a 2 metri dal geofono 20



Sismogramma ST 2 - shot a 4 metri dal geofono 20



Stesa sismica ST 2 – Dromocrone sperimentali e interpretate



Sezione tomografica ST 2



8.2. Tecnica MASW

La sismica a rifrazione classica considera i tempi di propagazione delle onde elastiche generate al suolo da impatti con una mazza battente su un piatto rigido.

Nel caso in questione, per risalire alle velocità delle onde orizzontali o di taglio V_s nei primi trenta metri dal p.c., si è invece finalizzata l'indagine per l'applicazione del metodo "MASW" (Multichannel Analysis of Surface Waves) che è una tecnica non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s basandosi sulla misura delle onde superficiali in termini di onde di Rayleigh. Queste onde viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh hanno la caratteristica di essere "dispersive", cioè si propagano con diverse velocità di fase e di gruppo in dipendenza alla frequenza di propagazione. In base alla necessità d'indagine abbiamo usato la configurazione del metodo masw "attivo", che sfrutta l'alta frequenza (5 hz – 70 hz) delle onde propagate che, con lunghezza d'onda corta, sono adatte a studi entro i primi 30-50 m dal p.c.

L'intero processo comprende tre passi successivi:

1. l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll) con sismografo e sensori adatti e nella configurazione corretta;
2. la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) che si ottiene con programmi di sviluppo;
3. l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi, ma questa è giudicata quanto di meglio utilizzabile per l'attendibilità del risultato, i costi limitati e la tecnica non invasiva.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.



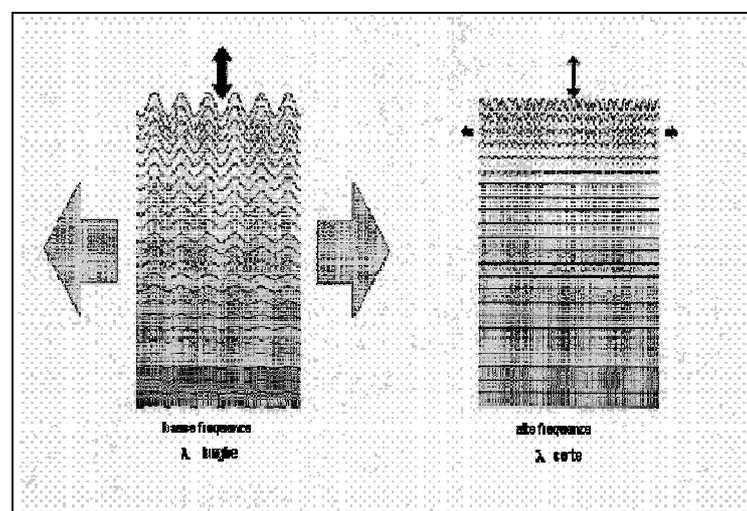
Il valore del rapporto di Poisson e la stima della densità sono necessari per ottenere il profilo verticale V_s dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali. Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni). Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno. La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente.

La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione.

La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può

essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza. La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo V_s di inversione. Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione.

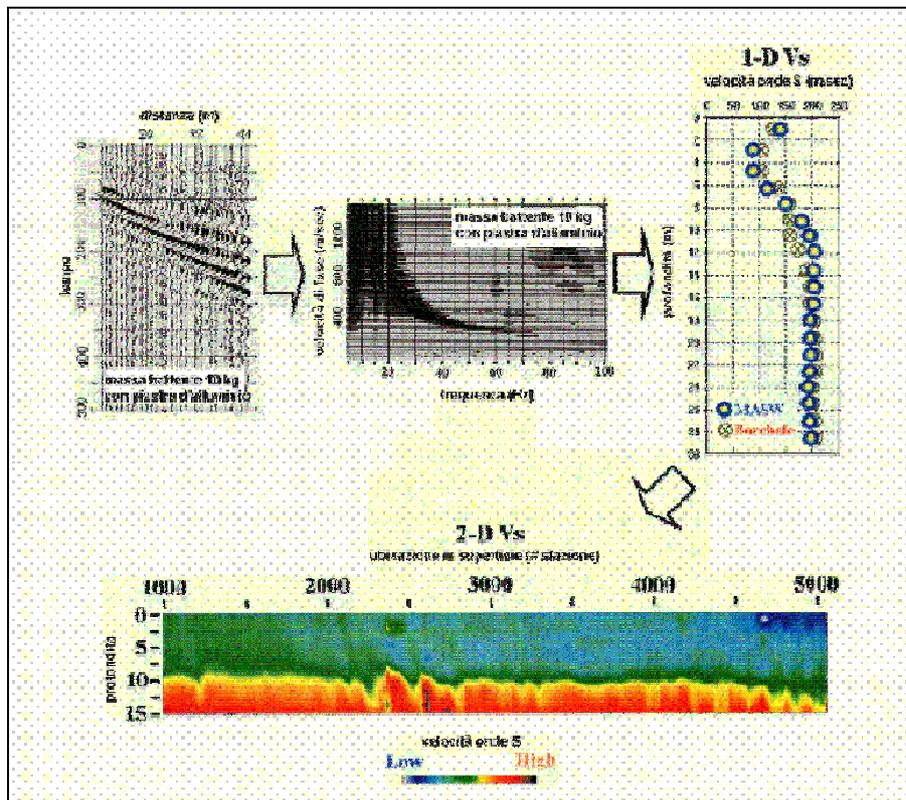


L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a

queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati di campo;
- estrazione della curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s (profilo 1-D) che descrive la variazione di V_s con la profondità



Descrizione generale della procedura MASW

Una mappa bidimensionale (mappa 2-D) può essere costruita accostando e sovrapponendo più profili 1-D consecutivi ed utilizzando un contouring software.



Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

Con le apparecchiature usate è stato possibile ottenere i primi impulsi sufficientemente netti anche quando i rumori di fondo erano elevati. Questo si è potuto realizzare in quanto la registrazione veniva immagazzinata da una memoria elettronica e successivamente tracciata su un display con la possibilità di discernere i segnali veri da quelli spuri.

Le misure rilevate hanno consentito di costruire le curve tempi/distanze (Dromocrone) relative allo scoppio di andata, di ritorno e di determinare gli spessori dei vari rifrattori elaborando colonne sismostratigrafiche.

Per l'interpretazione dei sondaggi, si è riportato sulle ordinate di un diagramma cartesiano i tempi di percorrenza impiegati dai fronti d'onda generati dalla massa battente, mentre sulle ascisse si sono disposte le distanze tra il punto in cui è avvenuto lo scoppio e la posizione in cui si trovano i geofoni che hanno rilevato le onde sismiche.

8.2.1. Classificazione del suolo di fondazione con il metodo MASW

L'Ordinanza n. 3274/2005 del Presidente del Consiglio dei Ministri ripresa e completata con la OPCM n. 3519/2006, integrata con le NTC 2008 e le NTC 2018 ha introdotto la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica, che ci adegua allo standard europeo (Eurocodice 8).

Infatti nel caso in cui si ha contezza delle condizioni stratigrafiche e delle proprietà dei terreni, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla



classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S , ottenuti mediante specifiche prove.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

- h_i spessore dell'*i*-esimo strato;
- $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

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

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono di seguito rappresentate:

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori V_S superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.



B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, 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.
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.
D	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.
E	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.

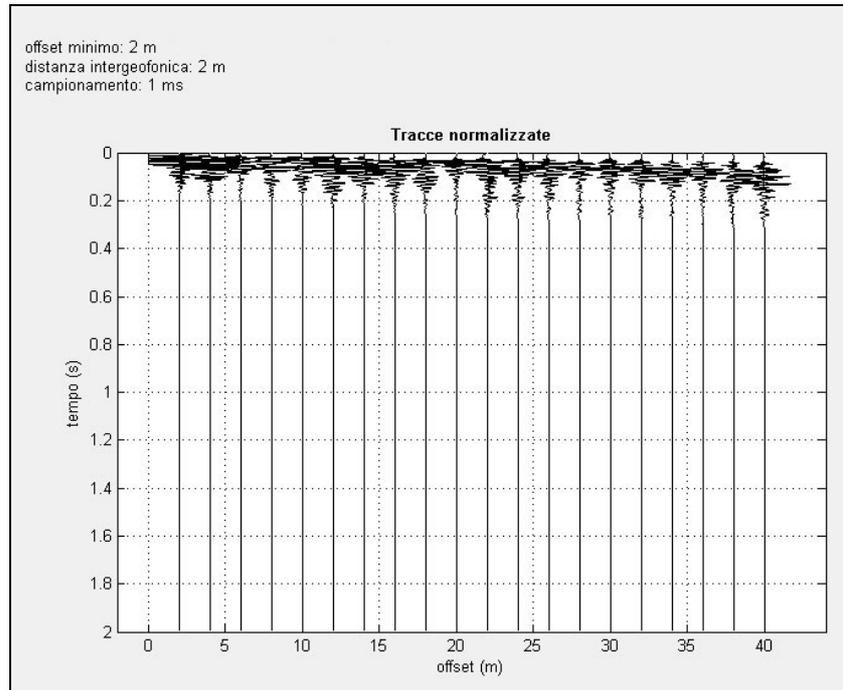
Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

8.2.2. Risultati delle analisi MASW

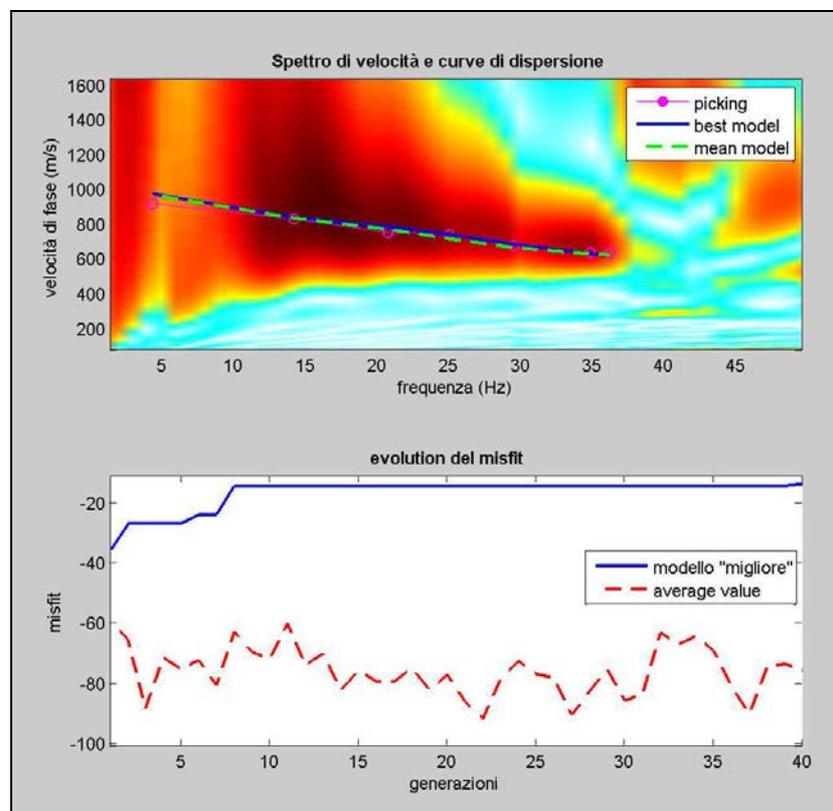
Nel sito in esame in dettaglio sono state eseguite quattro stese sismiche a rifrazione interpretate con tecnica MASW e di seguito vengono riportati i dati ottenuti.

Dati sperimentali MASW ST 1

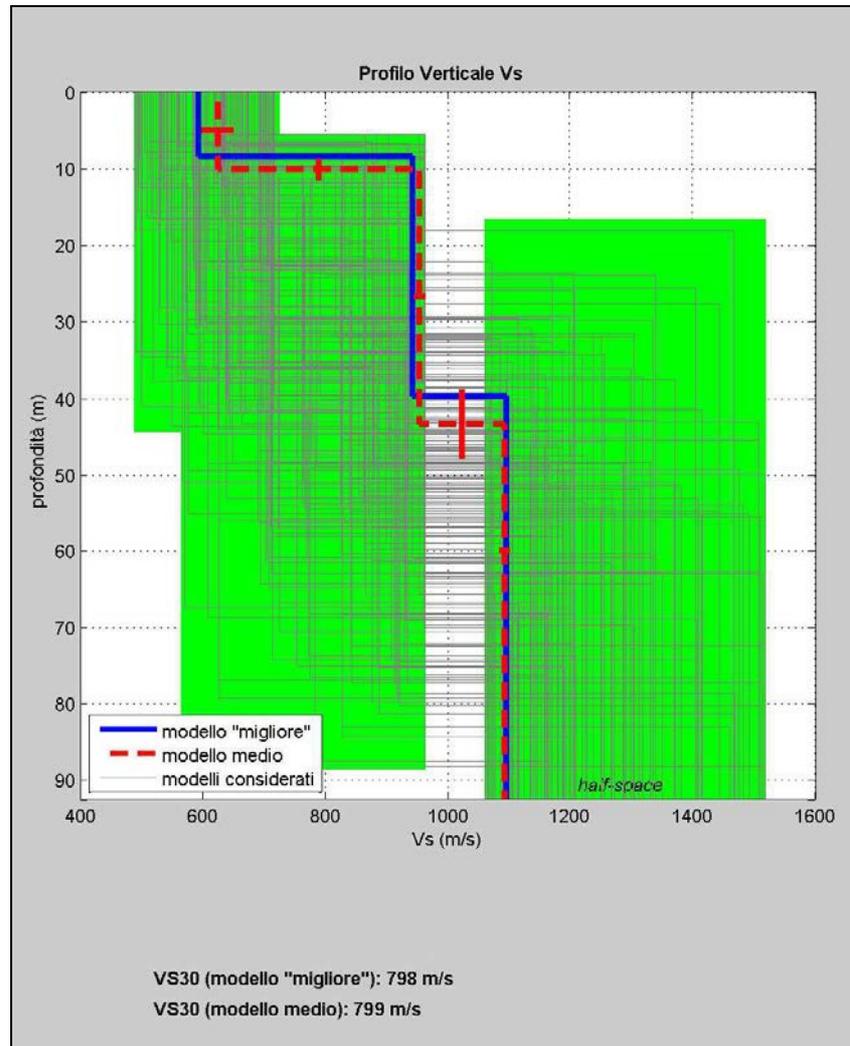
Numero di ricevitori	20
Distanza intergeofonica in metri	2
Tipologia geofoni utilizzati	verticale a 4,5 Hz
Energizzazione	massa da 10 kg



Tracce sperimentali



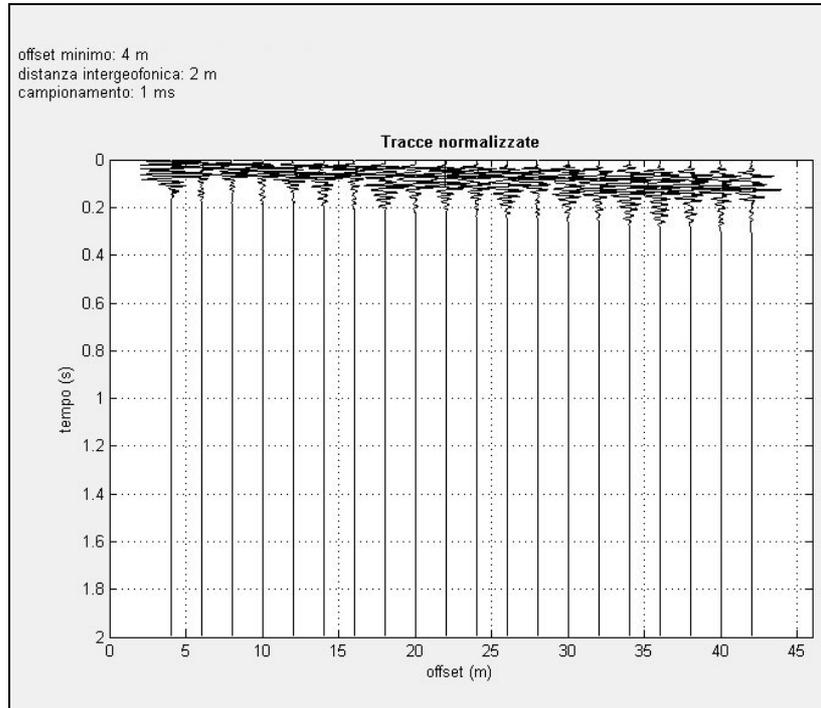
Curva di dispersione



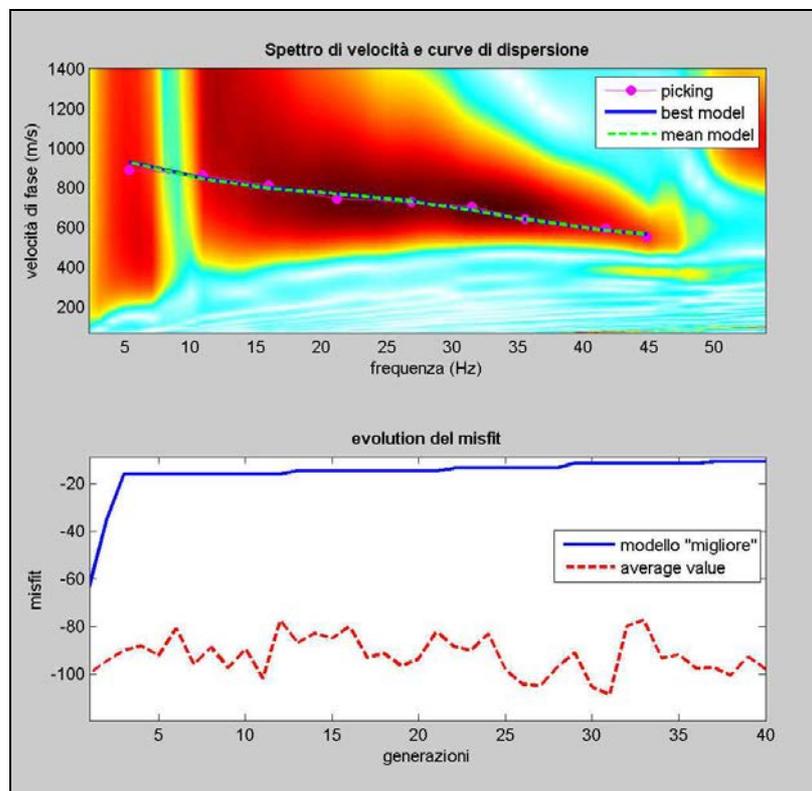
Elaborazione modelli equivalenti

Dati sperimentali MASW ST 2

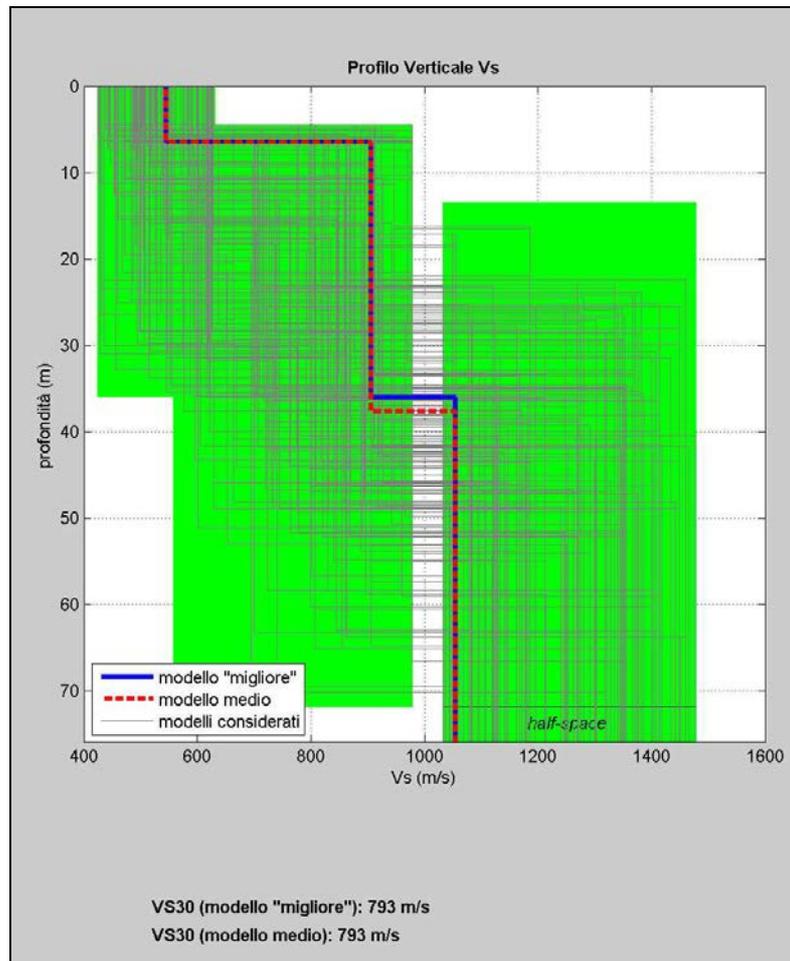
Numero di ricevitori	20
Distanza intergeofonica in metri	2
Tipologia geofoni utilizzati	verticale a 4,5 Hz
Energizzazione	massa da 10 kg



Tracce sperimentali



Curva di dispersione



Elaborazione modelli equivalenti

8.2.3. Categorie di suolo individuata

L'elaborazione MASW delle due stese sismiche eseguita ha definito un valore della velocità V_{s30} dei terreni pari a **798** m/s per MASW_1, e **793** m/s per MASW_2.

Pertanto, ai sensi dell'Ordinanza n. 3274/2005 del Presidente del Consiglio dei Ministri ripresa e completata con la O.P.C.M. n. 3519/2006 e successivamente con il D.M. 17.01.2018, i terreni in esame rientrano nel tipo di suolo **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*).



9. Rilievo dei microtremori – Metodo HVSr

Ad integrazione delle indagini sismiche espletate, sono state eseguite quattro indagini sismiche passive HVSr di microtremore ambientale con stazione singola.



HVSr 1



HVSr 2



Per l'elaborazione finale è stata seguita la procedura consigliata nelle linee guida del *SESAME*, acronimo di *Site Effect Assessment Using Ambient Excitations* un progetto di ricerca europeo condotto nel triennio 2003-2005 al fine di standardizzare e migliorare le tecniche di micro zonazione sismica attraverso le misure del *noise* ambientale.

Lo strumento utilizzato per le acquisizioni in situ è un sismografo digitale a tre canali dotato delle seguenti caratteristiche:

- Numero canali: 3
- Convertitore A/D: 24 bit (SD)
- Range dinamico: 124dB @ 100SPS
- Campionamento: simultaneo sui tre canali
- Sampling rates: 10, 20, 25, 50, 100, 200, 600;
- Impedenza d'ingresso: 300 kOhm
- Sensibilità: 2V p-p (119nV/count)
- Real Time Clock: +/-10ppm (-20/+50°C)
- Sincron. Real Time Clock: da GPS via PPS modulato
- Precisione rispetto a UTC: <50ms
- Antenna GPS: amplificata con 10mt di cavo e connettore BNC
- CPU: AVR RISC processor @ 11.592MHz

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

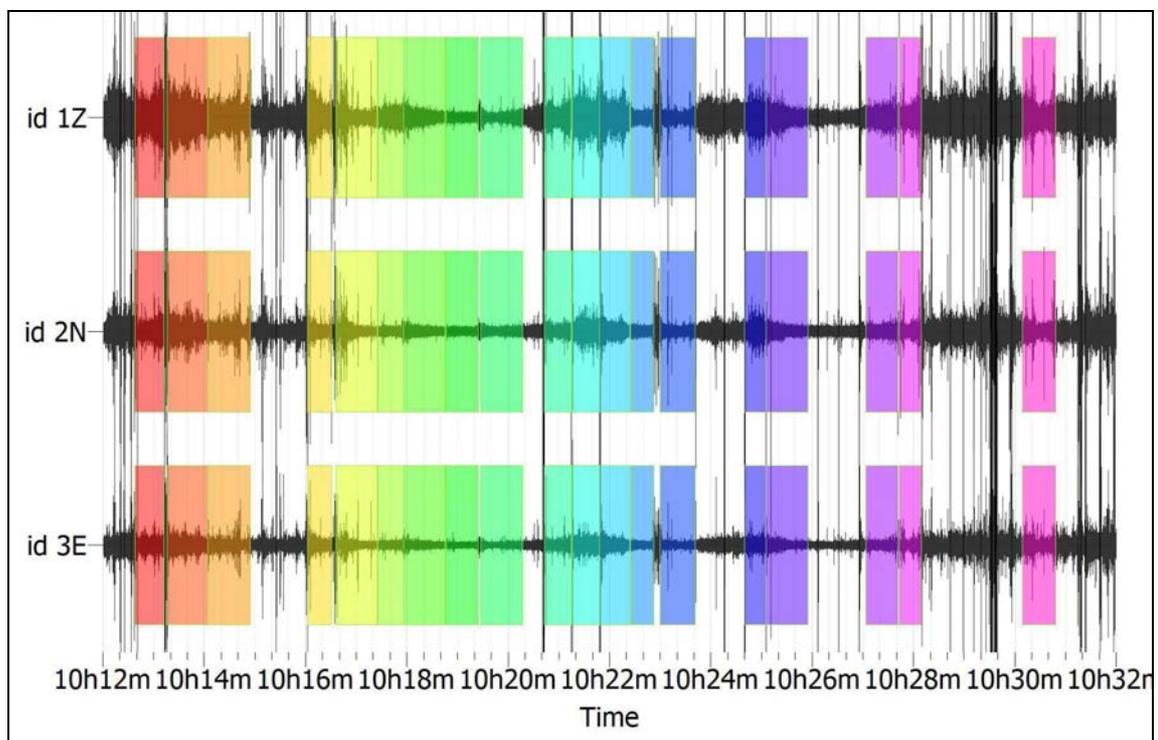
Per valutare gli effetti di sito dovuti alla risonanza prodotta dai depositi di superficie sono stati calcolati i rapporti spettrali tra la componente orizzontale e la componente verticale del moto (HVSR).

È noto come la frequenza di picco di tale funzione sperimentale possa predire la frequenza fondamentale di risonanza dei sedimenti (Haghshenas et al., 2008). Per il calcolo degli HVSR è stato utilizzato il software GEOPSY. L'algoritmo è basato su una selezione automatica delle finestre d'analisi (anti-trigger) al fine di mantenere la parte

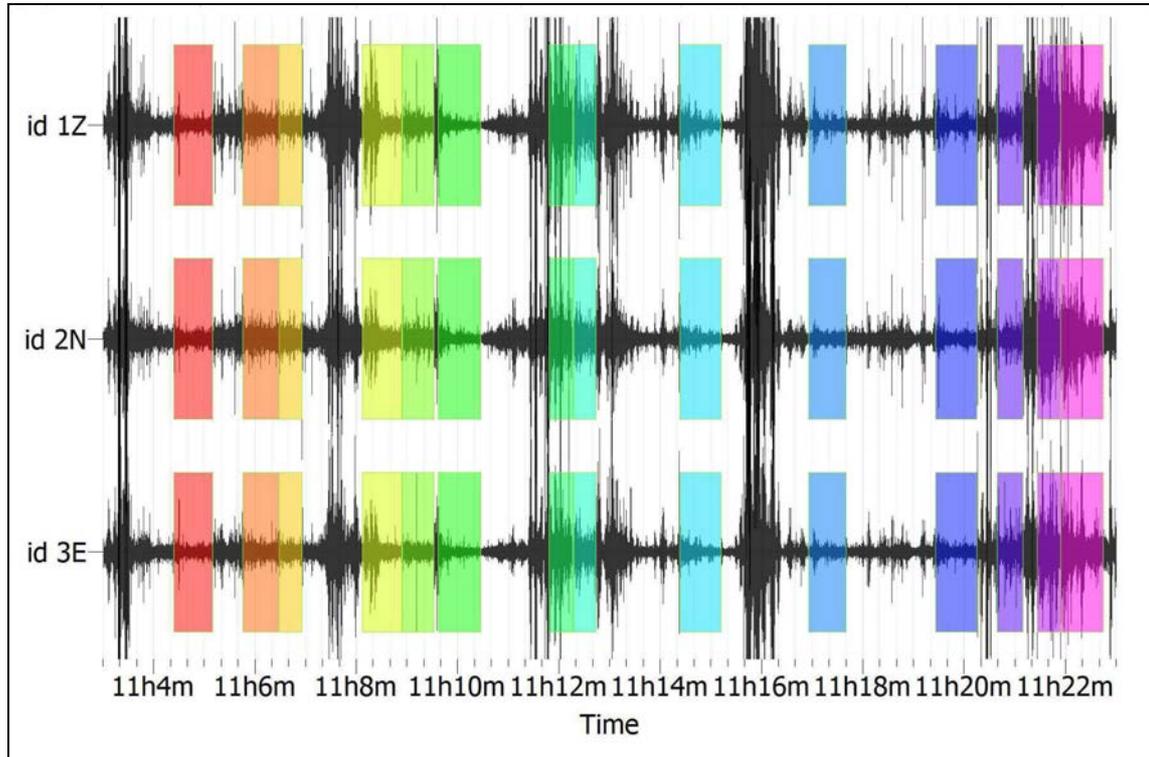


stazionaria del segnale ed escludere i transienti. Per ciascuna registrazione sono state selezionate almeno 70 finestre di analisi di durata pari a 16 secondi.

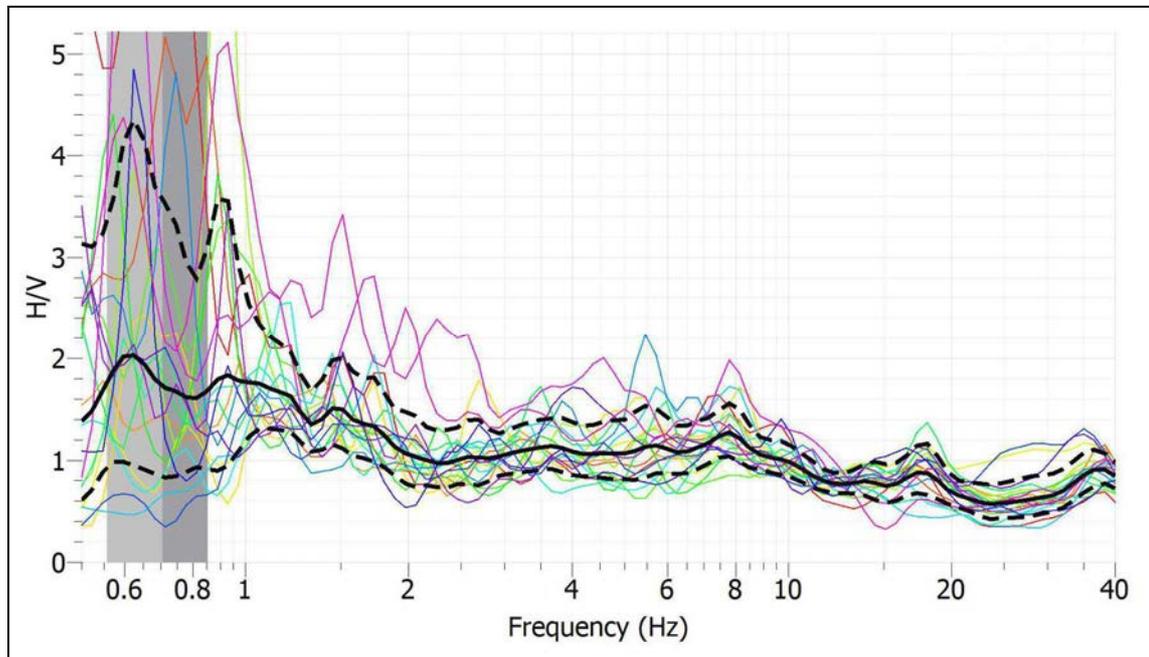
A ciascuna finestra sono stati applicati: una funzione di tapering tipo coseno al 5%, la FFT, lo smoothing dello spettro mediante funzione logaritmica proposta da Konno e Ohmachi (1998), con coefficiente $b=20$; quindi sono stati calcolati la media quadratica delle componenti orizzontali ed il rapporto spettrale H/V (HVSR) per ciascuna finestra; infine la media HVSR con deviazione standard.



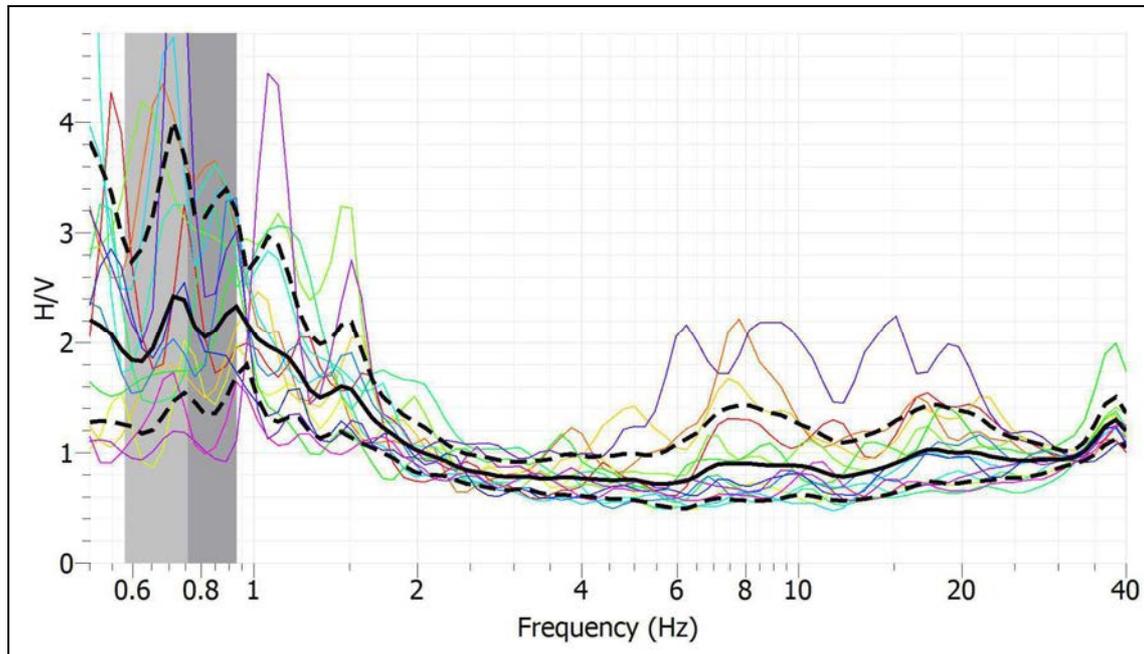
Time history – registrazioni sulle componenti di analisi HVSR 1



Time history – registrazioni sulle componenti di analisi HVSR 2



Rapporti spettrali delle componenti orizzontali e verticali HVSR 1



Rapporti spettrali delle componenti orizzontali e verticali HVSR 2

La frequenza di picco misurata è pari a **0,696** Hz in HVSR 1 e **0,775** Hz in HVSR 2.

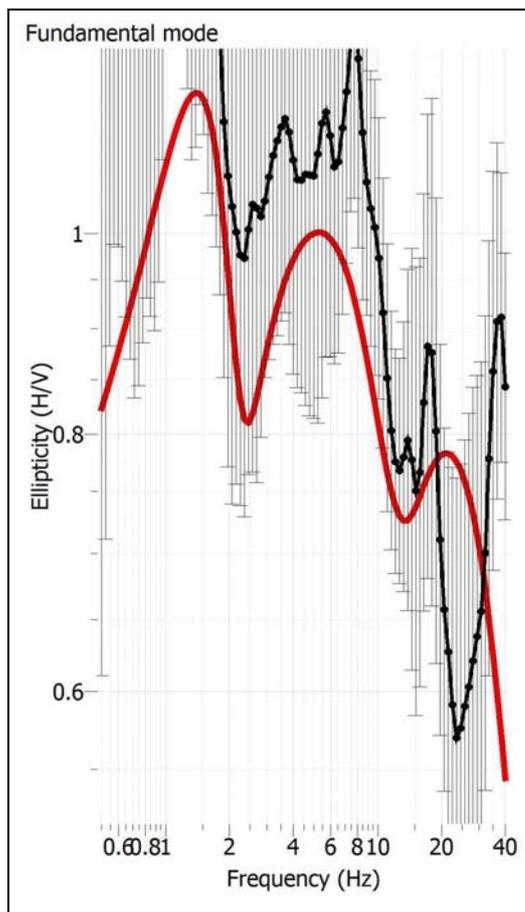
Dal confronto tra la funzione teorica e la curva sperimentale, si è potuto ricavare la funzione di dispersione per il modo fondamentale delle onde di Rayleigh, la cui conoscenza consente di risalire al modello di velocità del mezzo, attraverso un procedimento di inversione. A tal fine è necessario disporre di un modello del sottosuolo da assumere come modello iniziale, consistente in un insieme di strati piano-paralleli sovrastanti un semispazio, ciascuno caratterizzato da quattro parametri: spessore, velocità delle onde S, rapporto di Poisson, densità (h , V_s , σ , ρ). Nel caso in esame il modello iniziale è stato costruito sulla base di conoscenze geologiche; partendo dalla stratigrafia mostrata, si è definito lo spazio dei parametri riportato di seguito.

N	h (m)	V_s (m/s)	σ	ρ (Kg/m^3)
1	0 - 6	200 - 300	0.2 - 0.5	1900
2	6 - 15	300 - 500	0.3 - 0.5	2000
<i>h.s.</i>		500 - 1500	0.4 - 0.5	2000

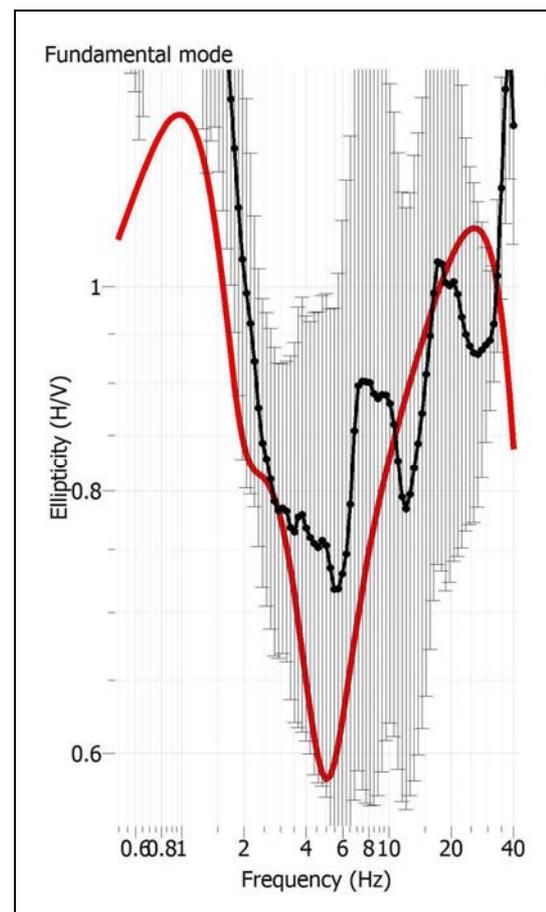
L'inversione dei dati tramite codice di calcolo DINVER è stata eseguita attraverso 100 iterazioni che hanno prodotto 2550 modelli; il valore minimo della funzione di misfit, ottenuto è pari a 0,953224 per HVSr 1, e 1,01451 per HVSr 2.

Per interpretare la struttura di velocità ricavata dai dati di dispersione in termini di effetti di risonanza, è stata calcolata la funzione di ellitticità per le onde di Rayleigh ed è stata confrontata alla curva sperimentale HVSr.

Numerosi autori hanno interpretato il rapporto spettrale H/V in relazione al rapporto di ellitticità delle onde di Rayleigh, che, in caso di forte contrasto di impedenza, mostra un picco pronunciato in corrispondenza della frequenza fondamentale di risonanza delle onde S (Bard, 1999; Konno e Ohmachi, 1998; Haghshenas et al., 2008).



Curva analisi di ellitticità HVSr 1



Curva analisi di ellitticità HVSr 2



Il calcolo della funzione teorica è stato eseguito con il codice REIGEN85 (Herrmann, 1987). La funzione di ellitticità ottenuta ricalca nella forma la funzione sperimentale, anche se presenta valori di amplificazione più bassi. La concordanza osservata tra la frequenza di picco nella curva sperimentale ed in quella teorica convalida l'interpretazione dei dati in termini di effetto di risonanza dei sedimenti di copertura.



10. Pericolosità sismica locale

La pericolosità sismica di un territorio va intesa come la stima dello scuotimento del suolo previsto in un certo sito durante un certo periodo di tempo a causa dei terremoti.

La progettazione di strutture in zona sismica, a parità di criteri progettuali e metodi di verifica, assume, per una stessa costruzione, una forte differenziazione a seconda del sito dove viene edificata. Appare evidente infatti che la progettazione sia influenzata in maniera determinante dalla probabilità che ha il sito, in un determinato periodo di tempo, di essere soggetto ad eventi sismici di una certa magnitudo. Per poter eseguire una corretta progettazione strutturale è allora necessario conoscere questo livello di pericolosità sismica della zona dove si andrà ad edificare la struttura. Operativamente le informazioni che quantificano le probabilità che i terremoti di una certa magnitudo, con specifico periodo di ritorno, colpiscano le varie zone di un territorio, costituiscono la classificazione sismica. Per essa si intende appunto una suddivisione del territorio nazionale in zone alle quali vengono attribuiti valori differenziali del grado di sismicità, atti a definire il livello di rischio sismico per le costruzioni che in esse sono edificate. Per questo motivo la classificazione sismica viene anche chiamata mappa della pericolosità sismica.

In Italia la normativa in merito è stata aggiornata con l'Ordinanza n. 3274 del 20 Marzo 2003 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*.

L'aspetto di maggiore rilievo introdotto dall'Ordinanza 3274 è costituito senza dubbio dai nuovi criteri di classificazione sismica del territorio nazionale, necessari proprio per coprire questa grave lacuna lasciata irrisolta dalla normativa precedente. L'Ordinanza suddivide a tal fine l'intero territorio nazionale in quattro zone di sismicità, individuate in base a valori decrescenti di “accelerazioni massime” al suolo (Figura 1).

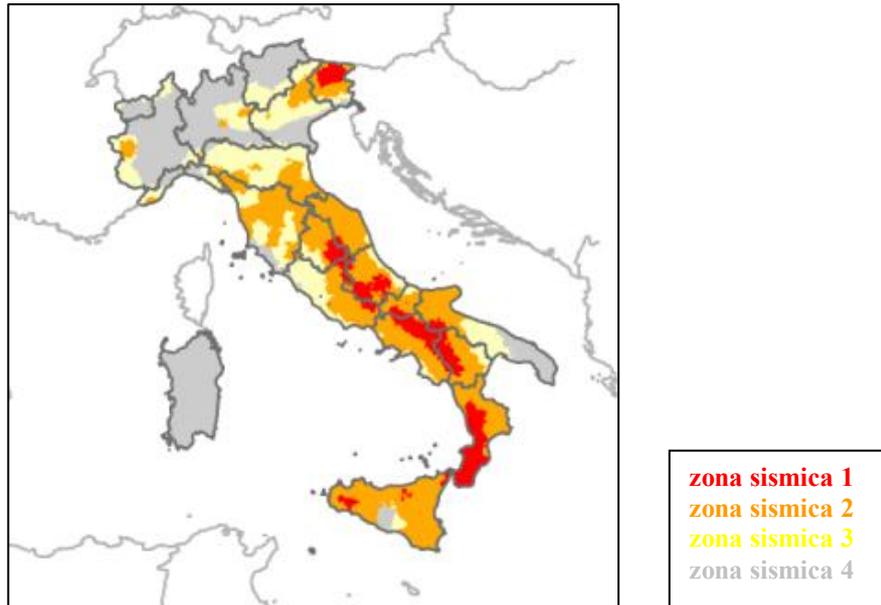
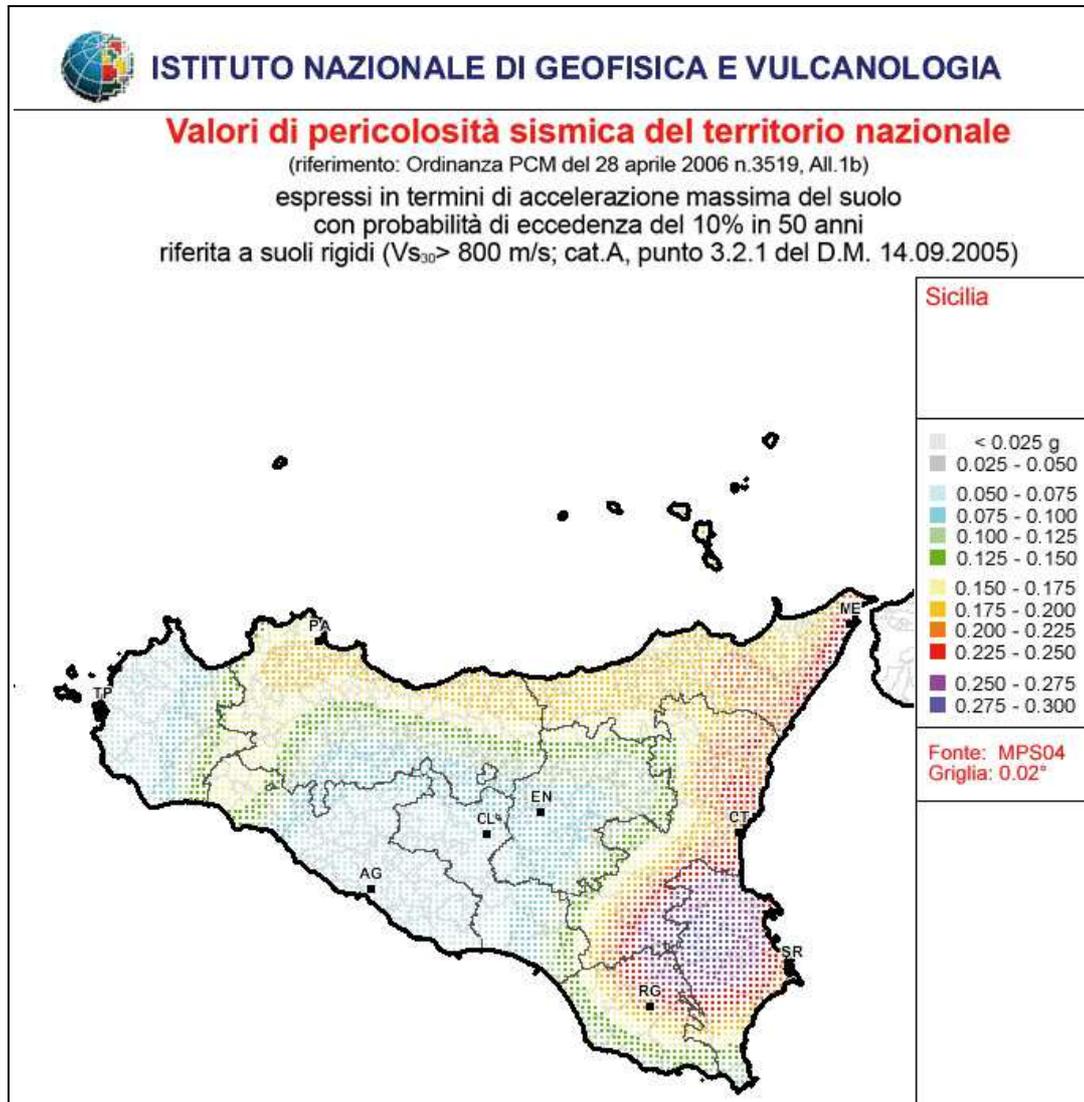


Figura 1

Per queste zone le norme indicano quattro valori di accelerazioni orizzontali (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico. In particolare ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo la tabella seguente:

Zona Sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

L'assegnazione di un territorio ad una delle quattro zone suddette avviene mediante le valutazioni di a_g (con tolleranza 0,025g) rappresentate in termini di curve di livello con passo 0,025g.



L'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003 disciplina la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azione sismica, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azioni. L'obiettivo fondamentale della norma è di assicurare che in caso di evento sismico sia protetta la vita umana, siano limitati i danni e rimangano funzionanti le strutture essenziali agli interventi della Protezione Civile. Rispetto alla normativa nazionale precedente, basata su concetti di carattere convenzionale e puramente prescrittivi, l'Ordinanza 3274 punta a favore di una impostazione esplicitamente prestazionale, nella quale gli obiettivi della progettazione che la norma si prefigge



vengono dichiarati, ed i metodi utilizzati allo scopo (procedure di analisi strutturale e di dimensionamento degli elementi) vengono singolarmente giustificati. A tal fine, novità di assoluto rilievo, è l'adozione di un solo e unico metodo per le procedure di calcolo e verifica strutturale, il "metodo agli stati limite", con il conseguente abbandono definitivo del "metodo delle tensioni ammissibili".

Il territorio di Francofonte, da quanto riportato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica n. 105 del 08.05.2003 - supplemento ordinario n. 72, ai sensi dell'Ordinanza n. 3274 del 20 Marzo 2003, "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" è stato definito di classe "2".



11. Zonizzazione del territorio

La zonizzazione del territorio è stata effettuata così come previsto dalla Circolare n. 3 DRA del 20.06.2014 - Prot. n. 28807 del 20.06.2014 – “*Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici*” (G.U.R.S. n° 28 del 11.7.2014), attraverso lo sviluppo di una cartografia di analisi ed una cartografia di sintesi così come rappresentato nei diagrammi a blocco di seguito riportati.

In tale ottica sono state redatte le seguenti carte:

1. *carta delle pericolosità geologiche;*
2. *carta della pericolosità sismica;*
3. *carta della suscettività all'edificazione.*

La **carta delle pericolosità geologiche**, è una carta di sintesi che tende ad evidenziare, attraverso la rappresentazione grafica, le aree di un determinato territorio che sono interessate da pericolosità geologiche (frane, erosioni, esondazioni, vulnerabilità dell'acquifero, colate laviche, fenomeni di fratturazione al suolo cosismico e/o per creep asismico, tipici nelle aree vulcaniche etnee, etc.).

Nello specifico sono state individuate tre classi;

- *Classe 1 - Pericolosità nulla* – Riguarda le aree in cui sono assenti limitazioni derivanti da caratteristiche geologico tecniche e morfologiche. In essa ricadono le aree pianeggianti caratterizzate dalla presenza di litotipi con buone caratteristiche geotecniche e le aree caratterizzate dalla presenza di litotipi prevalentemente rigidi. (**Qc** - *Calcareniti e sabbie giallastre*; **Pv** - *Successione di vulcaniti basiche*);
- *Classe 2 - Pericolosità bassa* – In essa ricadono le aree caratterizzate da fenomeni di erosione e/o da sedimentazione e dalla presenza di litotipi da sciolti a poco cementati caratterizzate dalla presenza di litotipi con buone caratteristiche geotecniche e le aree caratterizzate dalla presenza di litotipi prevalentemente rigidi (**a** - *Terrazzi fluviali di vario ordine*);



- *Classe 3 - Pericolosità elevata* – In questa classe ricadono aree interessate da morfotipi potenzialmente attivi; in dettaglio riguarda le aree interessate da fenomeni di erosione ed incisione dei corsi d'acqua. (*Alveo in approfondimento*)

L'area in oggetto ove si prevede di realizzare il parco fotovoltaico ricade nella classe 1 a pericolosità nulla.

La *Carta della pericolosità sismica* è una carta dove devono essere individuate sia le problematiche geologiche che gli effetti di sito attendibili nell'area in studio in cui devono essere distinte le zone interessate prevalentemente da: fenomeni franosi in atto e quiescenti; aree potenzialmente franose; aree di fondovalle; aree suscettibili a potenziali fenomeni di liquefazione, etc.

Nello specifico sono state individuati tre gruppi:

- *I Gruppo*. Assenza di pericolosità sismica locale. Zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi rigidi. (*Pv - Successione di vulcaniti basiche*);
- *II Gruppo*. Zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche differenti. Amplificazione differente del moto del suolo. (*a - Terrazzi fluviali di vario ordine; Qc - Calcareniti e sabbie giallastre*).

L'area in oggetto ove si prevede di realizzare il parco fotovoltaico ricade nel Gruppo I.

La *carta di suscettività all'edificazione* è una carta di sintesi delle caratteristiche geologiche del territorio, che fornisce tutte le indicazioni in ordine alle limitazioni (vincoli e restrizioni definite da strumenti di pianificazione territoriale o leggi sovraordinate) ed ai condizionamenti (criticità di carattere geologico comprese le limitazioni provenienti dalla carta della pericolosità sismica), che implicino la necessità di prevedere specifiche cautele nella realizzazione degli interventi consentiti nell'uso del territorio.

Nello specifico sono state individuati due classi:

- *Classe 1 – Suscettività d'uso non condizionata* – La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo e/o alla modifica della



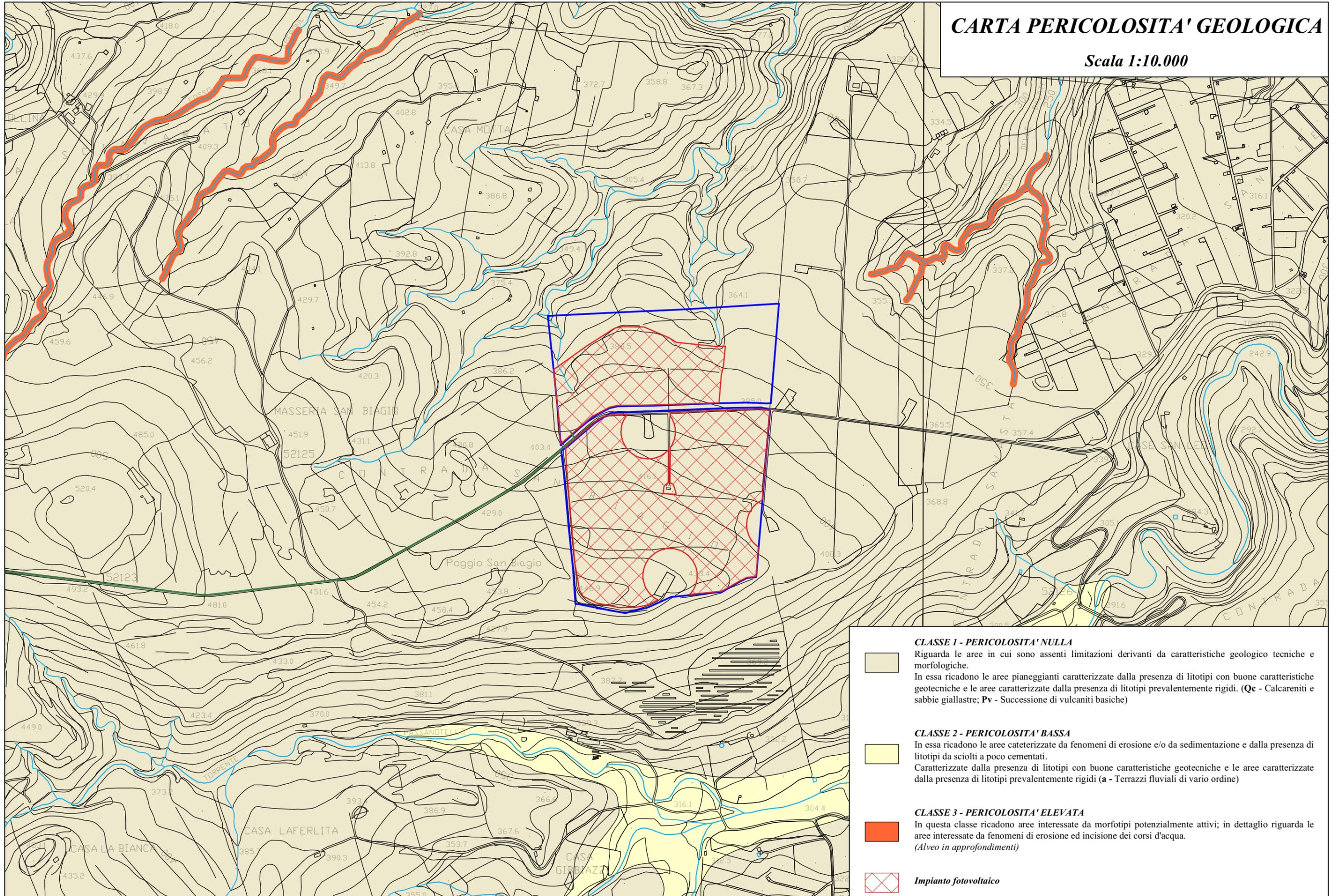
destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle vigenti Norme Tecniche per le costruzioni. Riguarda le aree in cui sono assenti limitazioni derivanti da caratteristiche geologico tecniche e morfologiche. (*Qc - Calcareniti e sabbie giallastre; Pv - Successione di vulcaniti basiche*)

- *Classe 2 – Suscettività d'uso parzialmente o totalmente limitata – La pericolosità/vulnerabilità comporta limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. In questa classe sussistono importanti limitazioni relativamente alle tipologie di interventi edilizi ed aree ove sono presenti morfotipi attivi e/o potenzialmente attivi riguarda le aree interessate da fenomeni di erosione e sedimentazione. (*a - Terrazzi fluviali di vario ordine*).*

L'area in oggetto ove si prevede di realizzare il parco fotovoltaico ricade nella Classe 1.

CARTA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Scala 1:10.000



CLASSE 1 - PERICOLOSITA' NULLA

Riguarda le aree in cui sono assenti limitazioni derivanti da caratteristiche geologico tecniche e morfologiche.

In essa ricadono le aree pianeggianti caratterizzate dalla presenza di litotipi con buone caratteristiche geotecniche e le aree caratterizzate dalla presenza di litotipi prevalentemente rigidi. (Qc - Calcareni e sabbie giallastre; Pv - Successione di vulcaniti basiche)

CLASSE 2 - PERICOLOSITA' BASSA

In essa ricadono le aree caratterizzate da fenomeni di erosione e/o da sedimentazione e dalla presenza di litotipi da sciolti a poco cementati.

Caratterizzate dalla presenza di litotipi con buone caratteristiche geotecniche e le aree caratterizzate dalla presenza di litotipi prevalentemente rigidi (a - Terrazzi fluviali di vario ordine)

CLASSE 3 - PERICOLOSITA' ELEVATA

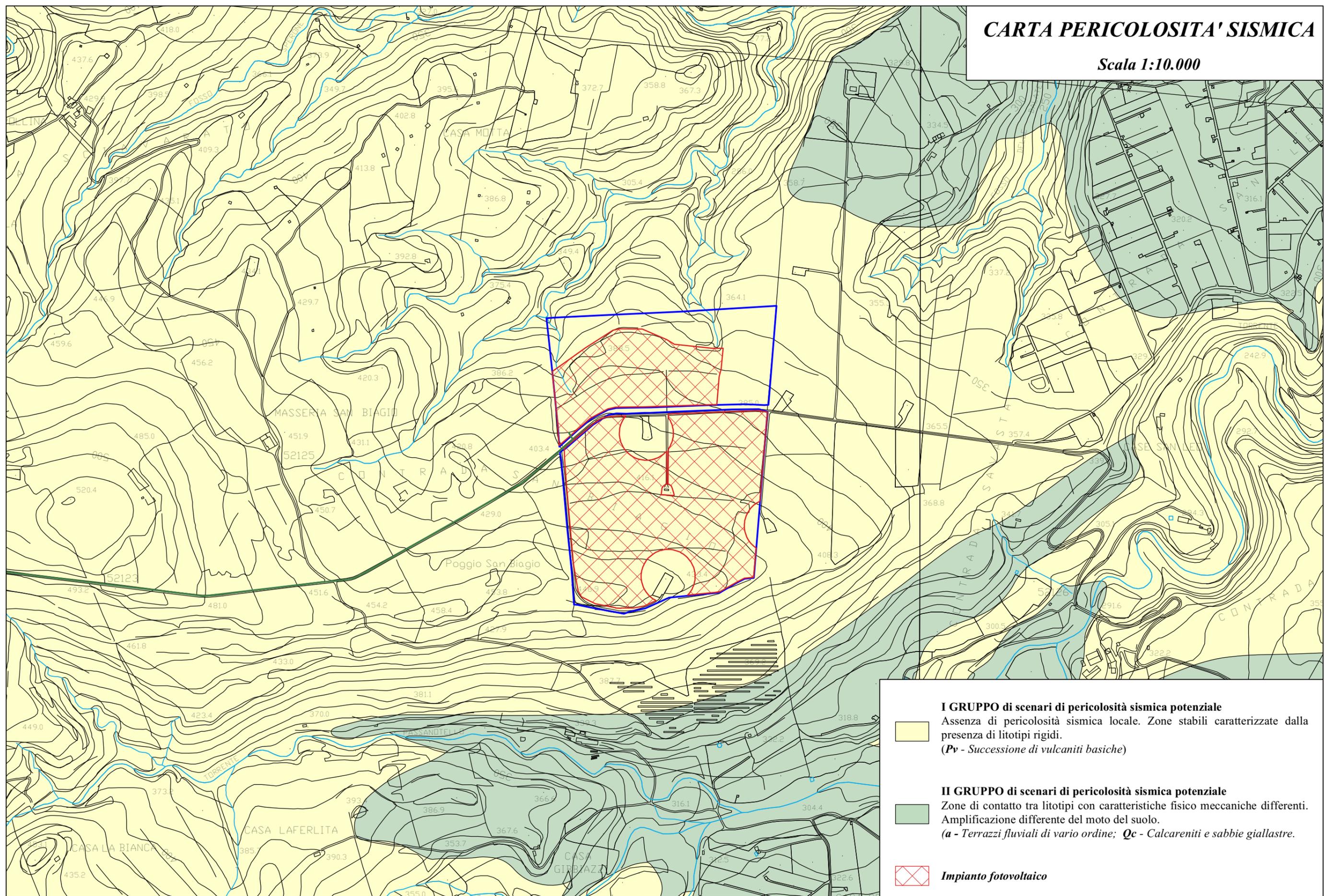
In questa classe ricadono aree interessate da morfotipi potenzialmente attivi; in dettaglio riguarda le aree interessate da fenomeni di erosione ed incisione dei corsi d'acqua. (Alvee in approfondimenti)



Impianto fotovoltaico

CARTA PERICOLOSITA' SISMICA

Scala 1:10.000



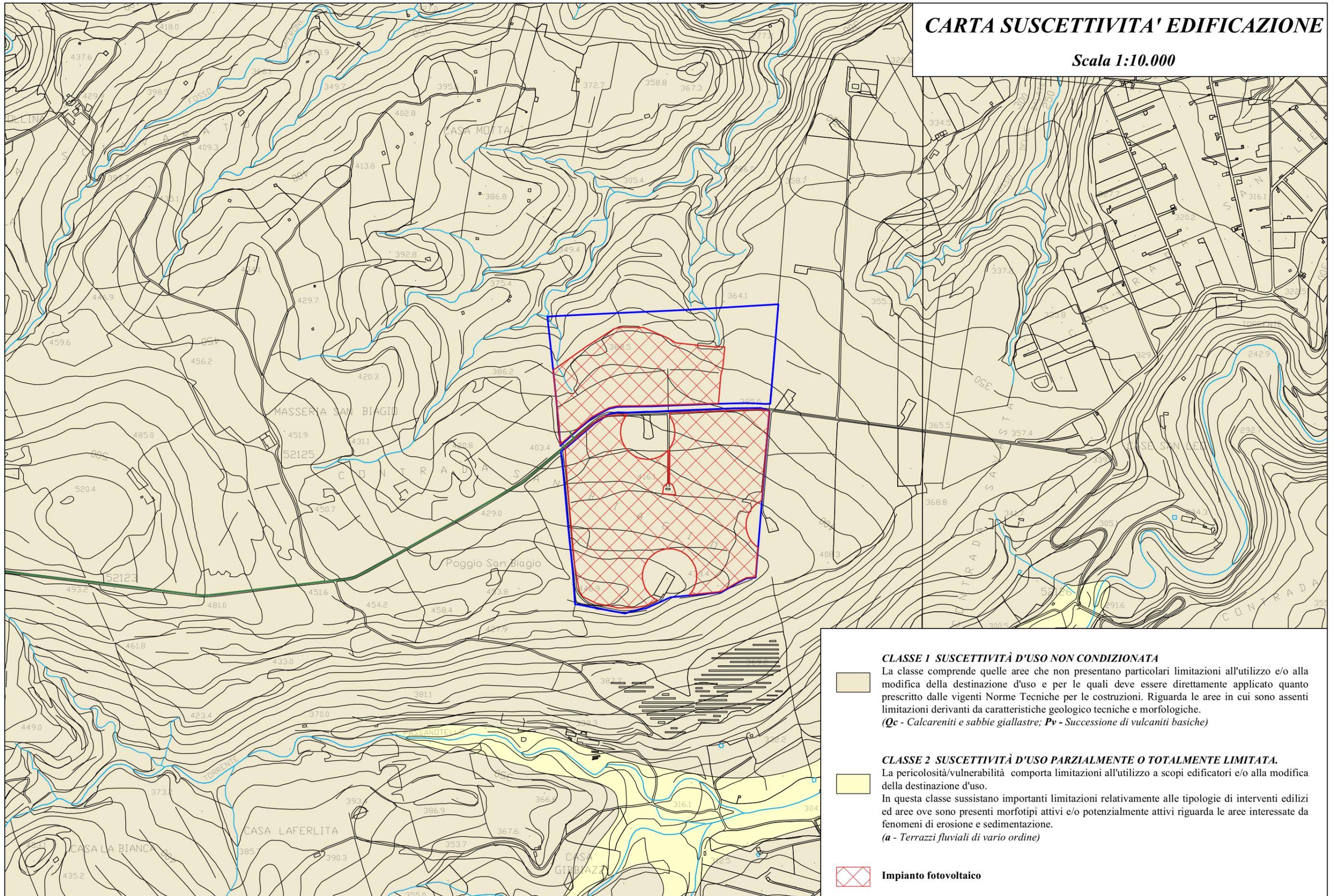
I GRUPPO di scenari di pericolosità sismica potenziale
 Assenza di pericolosità sismica locale. Zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi rigidi.
(Pv - Successione di vulcaniti basiche)

II GRUPPO di scenari di pericolosità sismica potenziale
 Zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche differenti.
 Amplificazione differente del moto del suolo.
(a - Terrazzi fluviali di vario ordine; Qc - Calcareniti e sabbie giallastre.)

Impianto fotovoltaico

CARTA SUSCETTIVITA' EDIFICAZIONE

Scala 1:10.000



CLASSE 1 SUSCETTIVITÀ D'USO NON CONDIZIONATA

La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle vigenti Norme Tecniche per le costruzioni. Riguarda le aree in cui sono assenti limitazioni derivanti da caratteristiche geologico tecniche e morfologiche.

(Qc - Calcareniti e sabbie giallastre; Pv - Successione di vulcaniti basiche)

CLASSE 2 SUSCETTIVITÀ D'USO PARZIALMENTE O TOTALMENTE LIMITATA.

La pericolosità/vulnerabilità comporta limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

In questa classe sussistono importanti limitazioni relativamente alle tipologie di interventi edili ed aree ove sono presenti morfotipi attivi e/o potenzialmente attivi riguarda le aree interessate da fenomeni di erosione e sedimentazione.

(a - Terrazzi fluviali di vario ordine)



Impianto fotovoltaico



12. Conclusioni

L'area oggetto del presente studio è localizzata nella Sicilia sud – orientale, sull'Altopiano Ibleo. Ci troviamo in una vasta area ricadente nel territorio comunale di Francofonte, ed esattamente in una contrada denominata *San Biagio*.

Tale area è caratterizzata da una morfologia collinare con espandimenti basaltici interrotti da spianate alluvionali, che danno un aspetto piuttosto “aspro”, con incisioni marcate prodotte dall'erosione dei corsi d'acqua, interrotte da sporadiche spianate.

Nella zona sono presenti unità abitative di tipo rurale, sparsi nella contrada ed utilizzati per la maggior parte come depositi agricoli.

L'impianto progettato avrà una potenza di picco, pari a 29.359,40 kWp e sarà suddiviso in due lotti contigui facilmente raggiungibili tramite strada di bonifica “Contrada Pelaita” SB26, in direzione Ovest-Est”:

L'impianto verrà installato su un appezzamento di terreno posto ad una quota media di 410 m s l m, dalla forma poligonale semi-regolare.

Gli studi fin qui eseguiti evidenziano che l'area in oggetto ove si prevede di realizzare l'impianto, dal punto di vista geologico, è caratterizzata, oltre che da una copertura di suolo, dalla presenza della successione delle vulcaniti basiche (*Pv*).

Morfologicamente, la stabilità d'insieme dell'area appare buona e allo stato attuale non sono stati rilevati fenomeni franosi in atto e non sono stati riscontrati dissesti e/o segni di sconnessione o lesioni negli edifici esistenti nelle vicinanze.

L'elaborazione MASW delle due stese sismiche eseguita ha definito un valore della velocità V_{S30} dei terreni pari a **798** m/s per MASW_1 e **793** m/s per MASW_2.

Pertanto, ai sensi dell'Ordinanza n. 3274/2005 del Presidente del Consiglio dei Ministri ripresa e completata con la O.P.C.M. n. 3519/2006 e successivamente con il D.M. 17.01.2018, i terreni in esame rientrano nel tipo di suolo **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*).



In merito all'invarianza idraulica è importante sottolineare che, nel progetto in oggetto si prevede di impermeabilizzare solo ed esclusivamente le aree di sedime delle opere di fondazione delle apparecchiature elettromeccaniche e le aree riservate ai locali dalle opere di connessione alla rete; inoltre va sottolineato che la viabilità interna all'impianto non verrà asfaltata o comunque impermeabilizzata.

Inoltre è previsto l'inerbimento tra i filari costituiti dalle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici, che consentirà di mantenere inalterate le caratteristiche di permeabilità del terreno; quindi l'inerbimento e la manutenzione della superficie di impatto dell'acqua nonché la limitazione della superficie captante e dell'accelerazione delle particelle d'acqua, consentirà di arginare sia il fenomeno dello *splash erosion* che quello dello *sheet erosion* connessi alla installazione dei pannelli fotovoltaici.

Dalle considerazioni sin qui esposte, i previsti lavori per la realizzazione di quanto in progetto, non porteranno alcuna modifica al deflusso superficiale delle acque meteoriche né alcuna interferenza con l'assetto idrogeologico delle acque di circolazione profonda.

Si può concludere pertanto che, non si ravvede la possibilità del manifestarsi di condizioni di pericolosità idraulica con effetti diretti sia sui manufatti che sulle aree interessate dalle opere sia sui corpi recettori posti a valle del progetto. Pertanto, vista la sostanziale assenza di modifiche geomorfologiche, la mancanza di modifica delle aree dei bacini scolanti e l'inalterata permeabilità delle aree oggetto di installazione dei pannelli fotovoltaici, si può concludere che il progetto garantisce un risultato di invarianza idraulica sui recettori naturali posti a valle delle opere.

In ultimo, è stato preso in esame il P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) relativo al bacino idrografico *del fiume San Leonardo (093)*, redatto dall'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente, approvato con Decreto Presidenziale del 28.02.2006, e pubblicato sulla G:U.R.S. n° 39 del 18.08.2006 ed aggiornato con Deliberazione n. 153 del 22.06.2015 - D.P. n. 292/Serv.5° /S.G. del 27.07.2015 e la zona di stretto interesse, non ricade né in aree in dissesto, né in aree a rischio, né in aree a pericolosità, ai sensi del predetto P.A.I..



Pertanto, da quanto osservato, si desume che l'area è stabile e che l'installazione dei pannelli fotovoltaici e delle opere accessorie, non comporterà l'innescarsi di fenomeni di instabilità anche localizzati.

Termini Imerese, Giugno 2022

