

# **COMUNE DI PETRALIA SOTTANA**

**CITTÀ METROPOLITANA DI PALERMO**

**RELAZIONE GEOLOGICO - TECNICA**

**Progetto definitivo**

*“Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico nel territorio comunale di Petralia Sottana, in località Chibbò su lotti di terreno distinti al N.T.C. Foglio 115, p.lle 53, 87, 88, 16, 69, 89, 90, 91, 146, 193, 54 e le relative opere di connessione*

**Ditta: *HorizonFirm S.r.l.***

**Data: *Giugno 2023***



**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 PETRALIA SOTTANA

- CITTÀ METROPOLITANA DI PALERMO -

## RELAZIONE GEOLOGICO – TECNICA

### Progetto definitivo

*“Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico nel territorio comunale di Petralia Sottana, in località Chibbò su lotti di terreno distinti al N.T.C. Foglio 115, p.lle 53, 87, 88, 16, 69, 89, 90, 91, 146, 193, 54 e le relative opere di connessione”*

### **Premessa**

Il presente lavoro costituisce parte integrante di un progetto per un impianto solare fotovoltaico e delle opere di connessione alla rete, da realizzare in contrada Chibbò, foglio 115, p.lle 53, 87, 88, 16, 69, 89, 90, 91, 146, 193, 54, nel territorio comunale di Petralia Sottana, 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).

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 (“*Geologia dei Monti di Termini Imerese e delle Madonie Occidentali*”, redatta a cura del Dipartimento di Geologia e Geodesia dell'Università di Palermo ed elaborata da B. Abate ed altri, in scala 1:50.000 e Carta Geologica d'Italia *Foglio 268 Caltanissetta* in scala 1:100.000 – Servizio Geologico).

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 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 ed idrografia superficiale;
4. lineamenti idrogeologici;
5. considerazioni di carattere climatico;
6. considerazioni geologico - tecniche;
7. Tecnica MASW;
  - 7.1. classificazione del suolo di fondazione con il metodo MASW;
  - 7.2. risultati delle analisi MASW;
  - 7.3. categoria di suolo individuata;
8. pericolosità sismica locale;
9. 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 geomorfologica in scala 10.000;
- carta idrogeologica in scala 1:10.000.



## 1. Inquadramento dell'area

L'area oggetto del presente studio è localizzata nella Sicilia nord – occidentale, in prossimità delle Madonie.



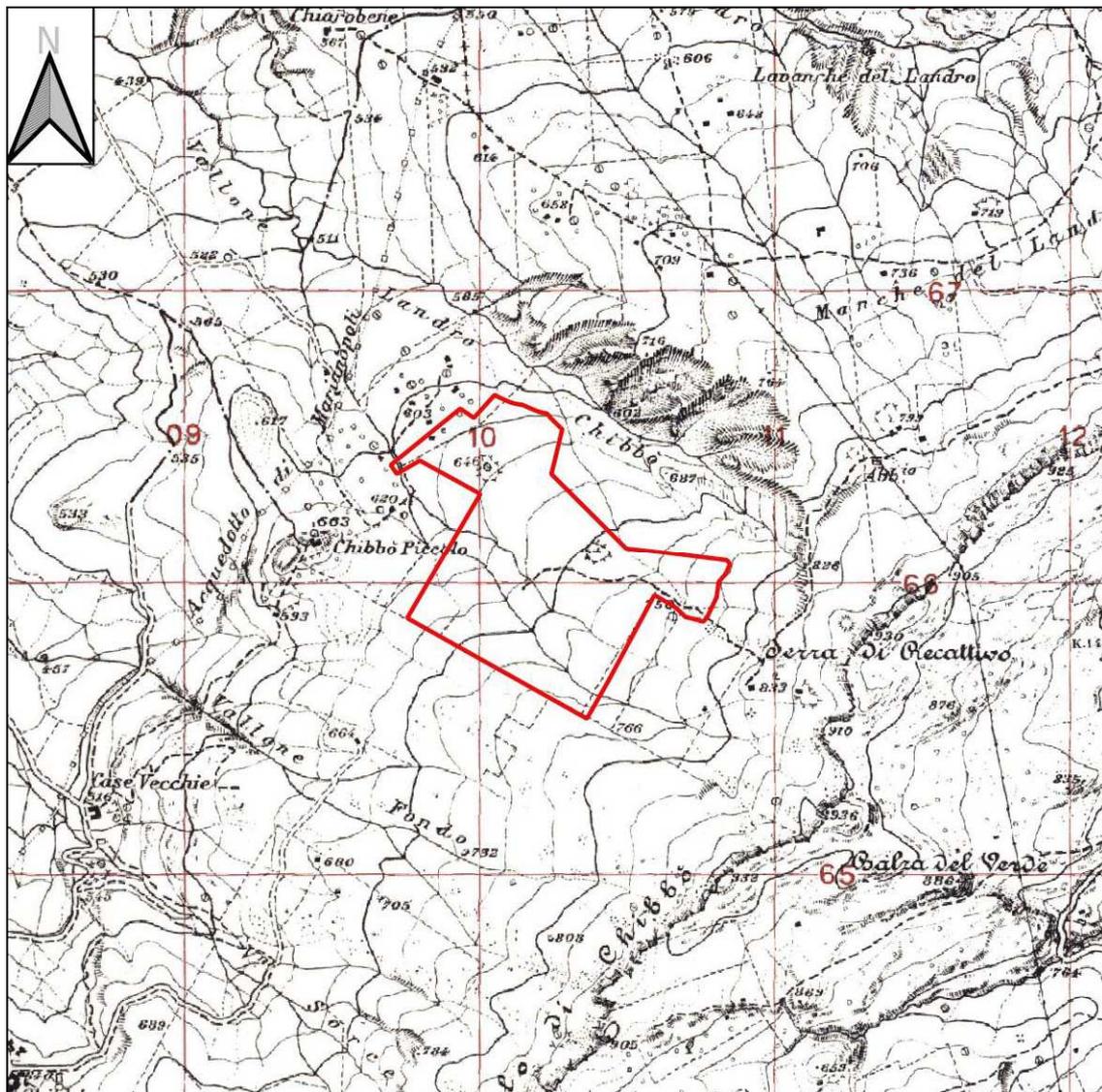
Topograficamente, l'area rientra nella Tavoletta “*Santa Caterina Villarmosa*”, Foglio n° 268, quadrante IV, orientamento N.O., redatta dall'I.G.M.I. in scala 1:25.000, mentre ricade sulla sezione 621160 in scala 1:10.000 edita dalla Regione Siciliana.

Ci troviamo in una vasta area ricadente nel territorio comunale di Petralia Sottana, ed esattamente in una contrada denominata *Chibbò*.

Relativamente ai riferimenti catastali, l'area dell'impianto da realizzare, estesa circa 123 ettari, ha destinazione agricola ed è censita al catasto terreni al foglio 115, p.lle 53, 87, 88, 16, 69, 89, 90, 91, 146, 193, 54.

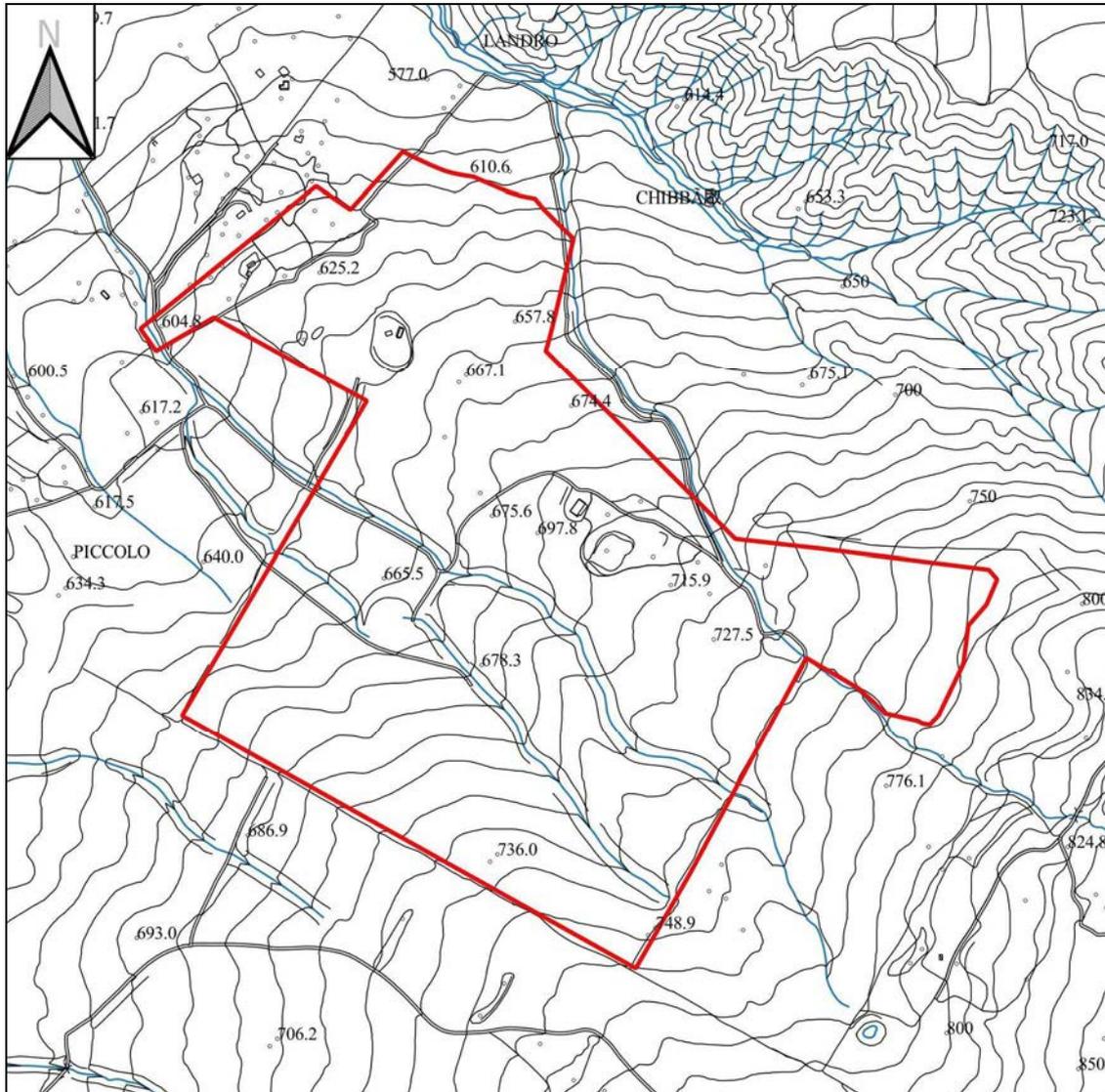


Trattasi di una zona di aperta campagna, caratterizzata dalla presenza di ampie estensioni di terreno destinato a colture estensive e a pascolo con sporadici capannoni e/o casolari.



*Stralcio topografico in scala 1:25.000*

L'area è caratterizzata dal tipico aspetto collinare, ove le quote in prossimità all'area in studio, si aggirano intorno ai 750 metri s.l.m. e le pendenze appaiono medie e si registra un andamento plano-altimetrico tipico dei versanti impostati su terreni argillosi.



*Stralcio aerofotogrammetrico in scala 1:10.000*

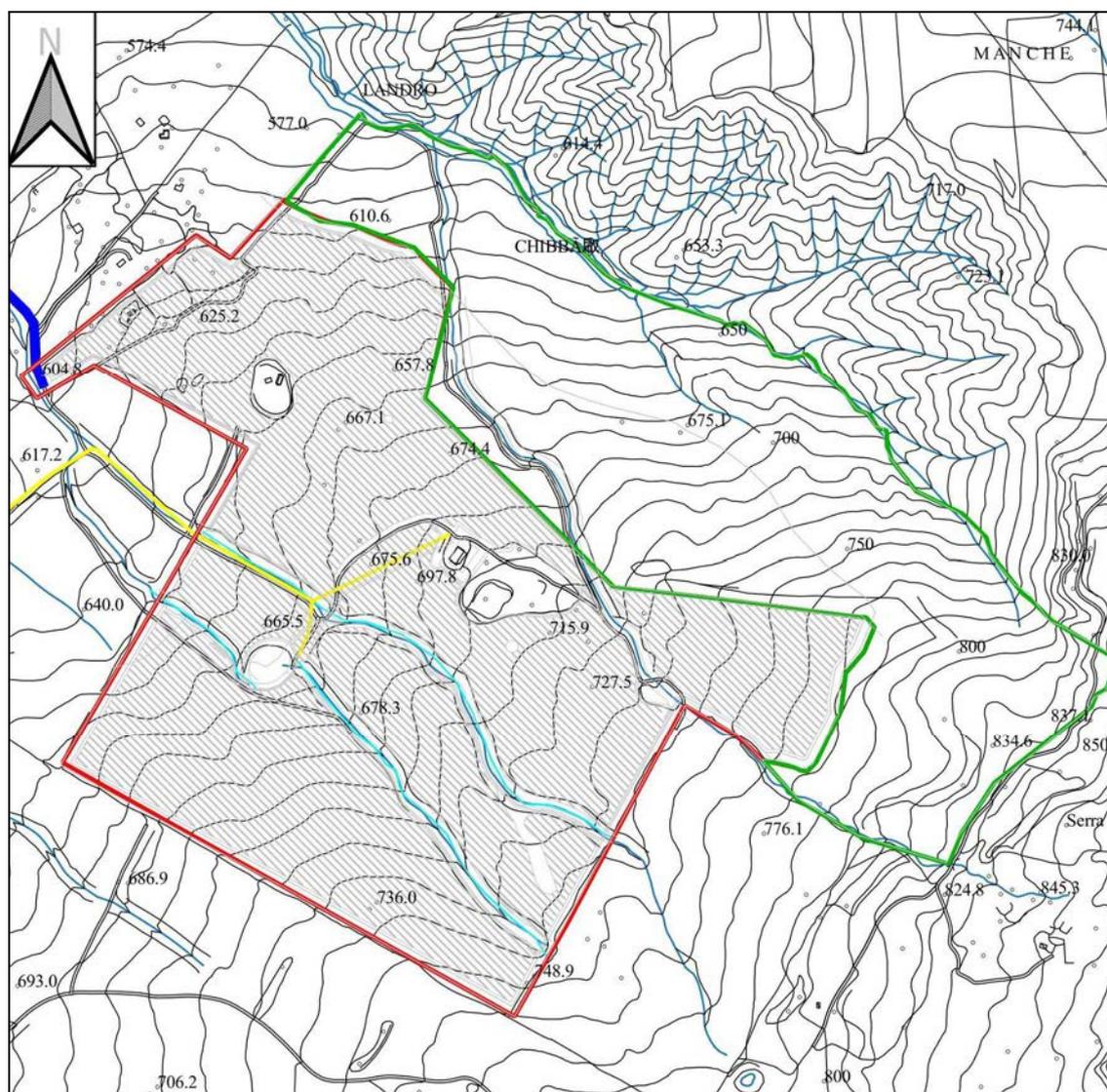
L'impianto risiederà su un appezzamento di terreno, dalla forma poligonale irregolare; dal punto di vista morfologico, il lotto è una superficie orograficamente omogenea con pendenza discendente in direzione Sud-Ovest, sulla quale saranno disposte le strutture fotovoltaiche solari orientate secondo l'asse Nord Ovest – Sud Est.

L'estensione complessiva del terreno è circa 94,2 ettari, l'area considerata utile per l'installazione dell'impianto è di circa 57 ettari (i restanti 37 ettari saranno considerati area relitta, quindi area da destinare ad usi agro-forestali) mentre l'area occupata dalle strutture fotovoltaiche (area captante) risulta pari a circa 8,2 ettari,



determinando sulla superficie catastale complessiva assoggettata all'impianto, un'incidenza del **9 % circa**.

L'area, oggetto di studio, è un terreno rurale, attualmente coltivato a grano, e circondato da terreni agricoli caratterizzati prevalentemente dalla medesima coltura o da seminativo semplice.



*Layout impianto in scala 1:10.000*

In fase di progetto, si è tenuto conto di una fascia di ombreggiamento dovuti alla presenza di alberi che possono potenzialmente ostacolare l'irraggiamento diretto durante



tutto l'arco della giornata. Non vi è presenza invece di edifici capaci di causare ombreggiamenti tali da compromettere la producibilità dell'impianto considerata la natura rurale del territorio.

La potenza di picco dell'impianto fotovoltaico è pari a **32.821,88 kWp** sulla base di tale potenza è stato dimensionato tutto il sistema.

La soluzione tecnica minima generale prevede che la centrale venga collegata in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra – esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN “Chiaramonte Gulfi - Ciminna”, previsto nel Piano di Sviluppo Terna, cui raccordare la rete AT afferente alla SE RTN di Caltanissetta.

L'impianto in oggetto, allo stato attuale, prevede l'impiego di moduli fotovoltaici con un sistema ad inseguimento solare con moduli da 710 Wp bifacciali ed inverter centralizzati. Il dimensionamento ha tenuto conto della superficie utile, della distanza tra le file di moduli, allo scopo di evitare fenomeni di ombreggiamento reciproco, e degli spazi utili per l'installazione delle cabine di conversione e trasformazione oltre che di consegna e ricezione e dei relativi edifici tecnici.

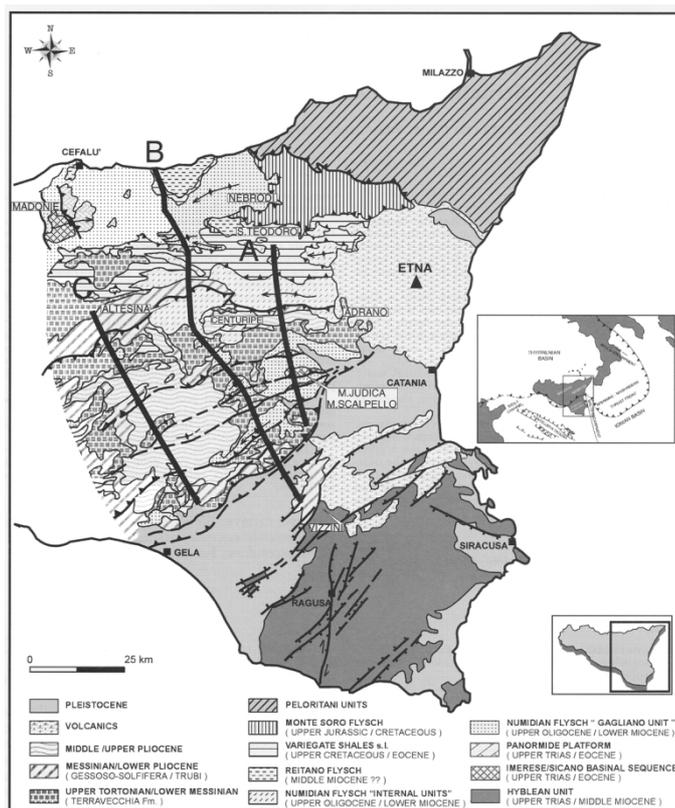


*Ortofoto in scala 1:10.000*



## 2. Lineamenti geologici

Il settore in studio ed un suo ampio intorno ricadono nel dominio di avansfossa noto come *Bacino di Caltanissetta* (Catalano & D'Argenio, 1982). Attivamente subsidente durante il Neogene ed il Quaternario, tale bacino, impostato su unità alloctone del Complesso Sicilide (Ogniben, 1960), è colmato da terreni post-orogeni mio-pliocenici e pleistocenici (Roda, 1971). In realtà, esso rappresenta un sistema di bacini sedimentari contigui, sintettonici, migranti in concomitanza con gli eventi di traslazione e raccorciamento che hanno interessato la catena Appenninico - maghrebide (Lentini *et al.*, 1991).

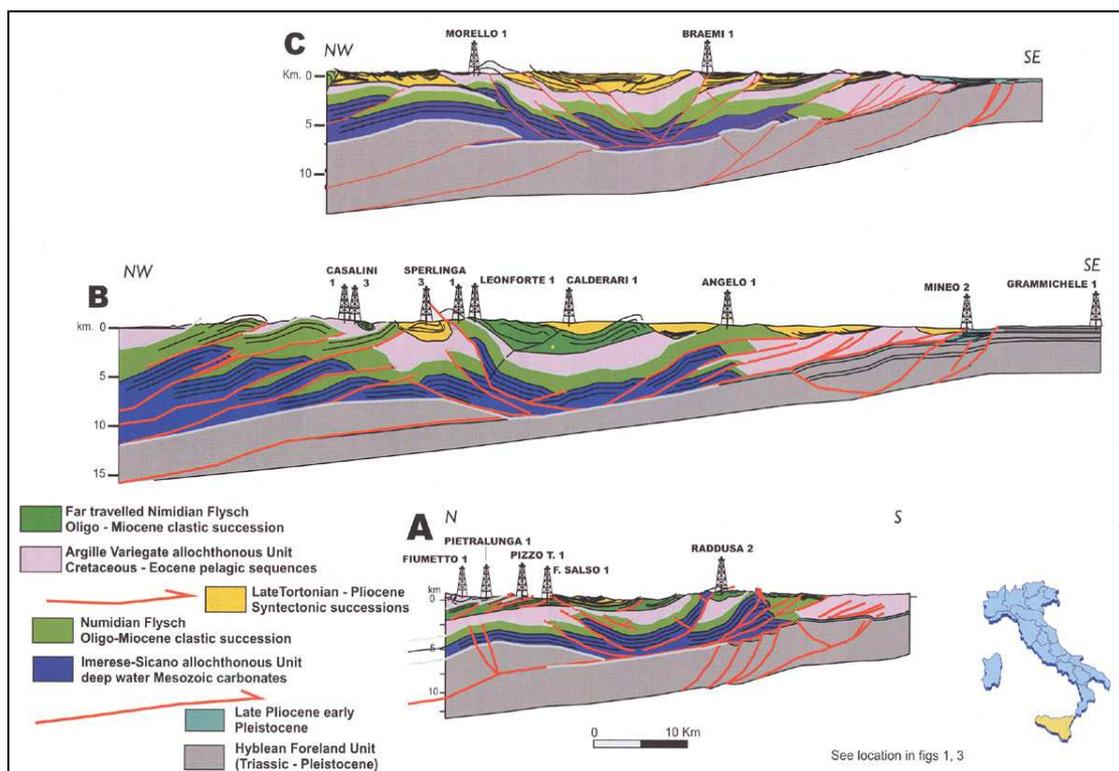


*Quadro strutturale schematico della Sicilia centro-orientale (da Bello et al., 2000)*

I terreni affioranti nell'area, di età compresa tra il Cretaceo superiore ed il Quaternario, sono rappresentati da complessi alloctoni, quali argille scagliose del



Cretaceo sup. - Eocene inf., lembi di argille marnoso - siltose e di calcari marnosi bianchi dell'Eocene (Formazione Polizzi), argille brune in alternanza con quarzareniti dell'Oligocene sup. - Miocene inf. (Flysch Numidico), argille varicolori con intercalazioni di siltiti e calcareniti dell'Oligocene-Miocene inferiore. Su questi complessi, poggiano in discordanza, termini terrigeni ed evaporitici, quali una successione argilloso - sabbioso - conglomeratica di età tortoniana (Formazione Terravecchia), delle *Argille Brecciate* di età variabile dal Tortoniano al Pliocene, in relazione alla posizione stratigrafica, da diatomiti bianche fogliettate del Messiniano (Tripoli), una sequenza di rocce evaporitiche di età Messiniana (Serie Gessoso Solifera), costituita da Calcere di base e da Gessi, dei calcari marnosi biancastrati del Pliocene inferiore (Trubi *Auct.*), marne e argille marnose grigio-azzurre del Pliocene.



*Profili geologici crostali attraverso la Sicilia orientale (da BELLO et al., 2000)*

Segue un complesso di calcareniti, sabbie e siltiti, di età compresa tra il Pliocene medio ed il Pleistocene inferiore, il quale rappresenta l'unità di maggiore interesse



idrogeologico dell'intera area esaminata. Esso è costituito da calcareniti giallastre, ben stratificate, in livelli di spessore variabile da pochi centimetri a qualche metro, con frequenti orizzonti fossiliferi, contenenti faune oligotipiche ad ostreidi e pettinidi, e da sabbie e limi argillosi, in livelli di vario spessore.

Sono inoltre presenti depositi lacustri limoso - sabbiosi di colore bruno nerastro del Pleistocene continentale e depositi alluvionali sabbioso-limosi con ciottoli che ricoprono i fondovalle dei corsi d'acqua principali.

Dall'analisi degli affioramenti geologici nei dintorni dell'area in esame (*"Carta geologica d'Italia – Foglio 268 Caltanissetta"* E. Beneo - Servizio geologico Italiano 1955 e *"Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 631 – Caltanissetta"*, a cura di L. Tortorici, C. Monaco, A. Di Stefano, R. Maniscalco, G. De Guidi, G. Pappalardo, E. Curcuruto, M. Brescia – ISPRA 2014) e da quanto osservato in superficie, l'area di stretto interesse è caratterizzata dall'alto verso il basso da:

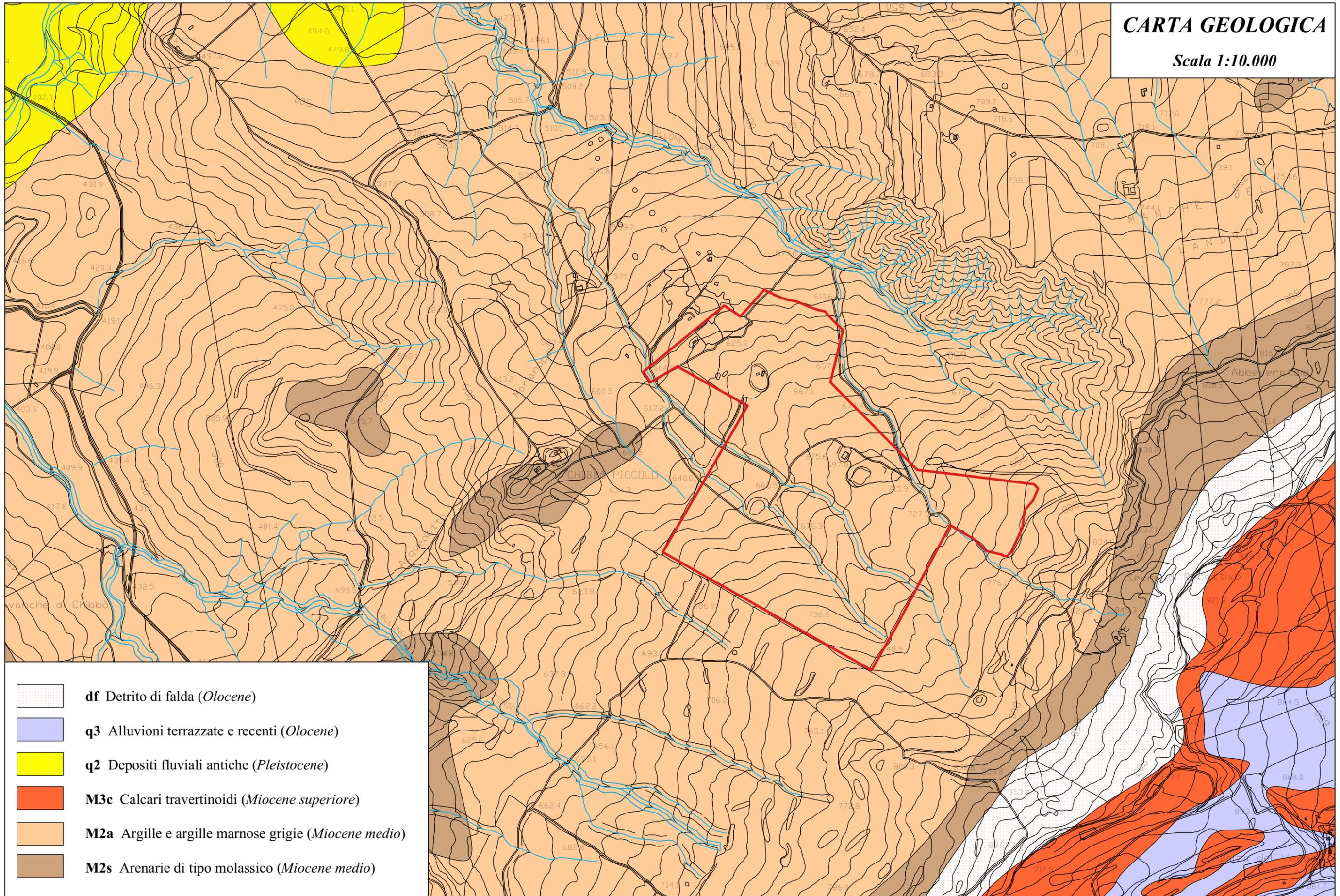
- **df** – Detrito di falda (*Olocene*)
- **q3** – Alluvioni terrazzate e recenti (*Olocene*)
- **q2** – Depositi fluviali antiche (*Pleistocene*)
- **M3c** – Calcari travertinoidi (*Miocene superiore*)
- **M2a** – Argille e argille marnose grigie (*Miocene medio*)
- **M2s** – Arenarie di tipo molassico (*Miocene medio*)

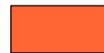
Argille e argille marnose grigie a globigerine, più o meno salate a volte con cristalli di gesso (**M2a**).

Quanto fin qui descritto, è stato rappresentato nelle allegate **carta geologica** in scala 1:10.000.

# CARTA GEOLOGICA

Scala 1:10.000



-  **df** Detrito di falda (*Olocene*)
-  **q3** Alluvioni terrazzate e recenti (*Olocene*)
-  **q2** Depositi fluviali antiche (*Pleistocene*)
-  **M3c** Calcarei travertinoidi (*Miocene superiore*)
-  **M2a** Argille e argille marnose grigie (*Miocene medio*)
-  **M2s** Arenarie di tipo molassico (*Miocene medio*)



### 3. Lineamenti geomorfologici ed idrografia superficiale

La superficie topografica dell'area è caratterizzata da un tipico andamento ondulato ed a tratti mammellonare ed i terreni degradano con valori variabili di pendenza, da bassi a medi, degradanti in direzione Nord – Nord Ovest. Tali pendenze, vengono spesso interrotte da frequenti terrazzamenti effettuati per sfruttare al meglio la zona dal punto di vista agricolo e/o per l'insediamento di opere ad uso abitativo.

Come detto precedentemente, i terreni che compongono l'area in studio sono costituiti, nella loro generalità, da litotipi argillosi (*Argille e argille marnose grigie M2a*) che conferiscono ai versanti forme tipicamente mammellonari, ben raccordate, ondulate con superfici mosse ma non aspre, con salti di quota dove le pendenze risultano più elevate.

Per quanto attiene la risposta degli agenti esogeni su tali litotipi, è da rilevare una resistenza bassa all'erosione e quindi un grado di erodibilità elevato. Si rilevano, infatti, impluvi e solchi sia allo stato maturo sia allo stato embrionale.

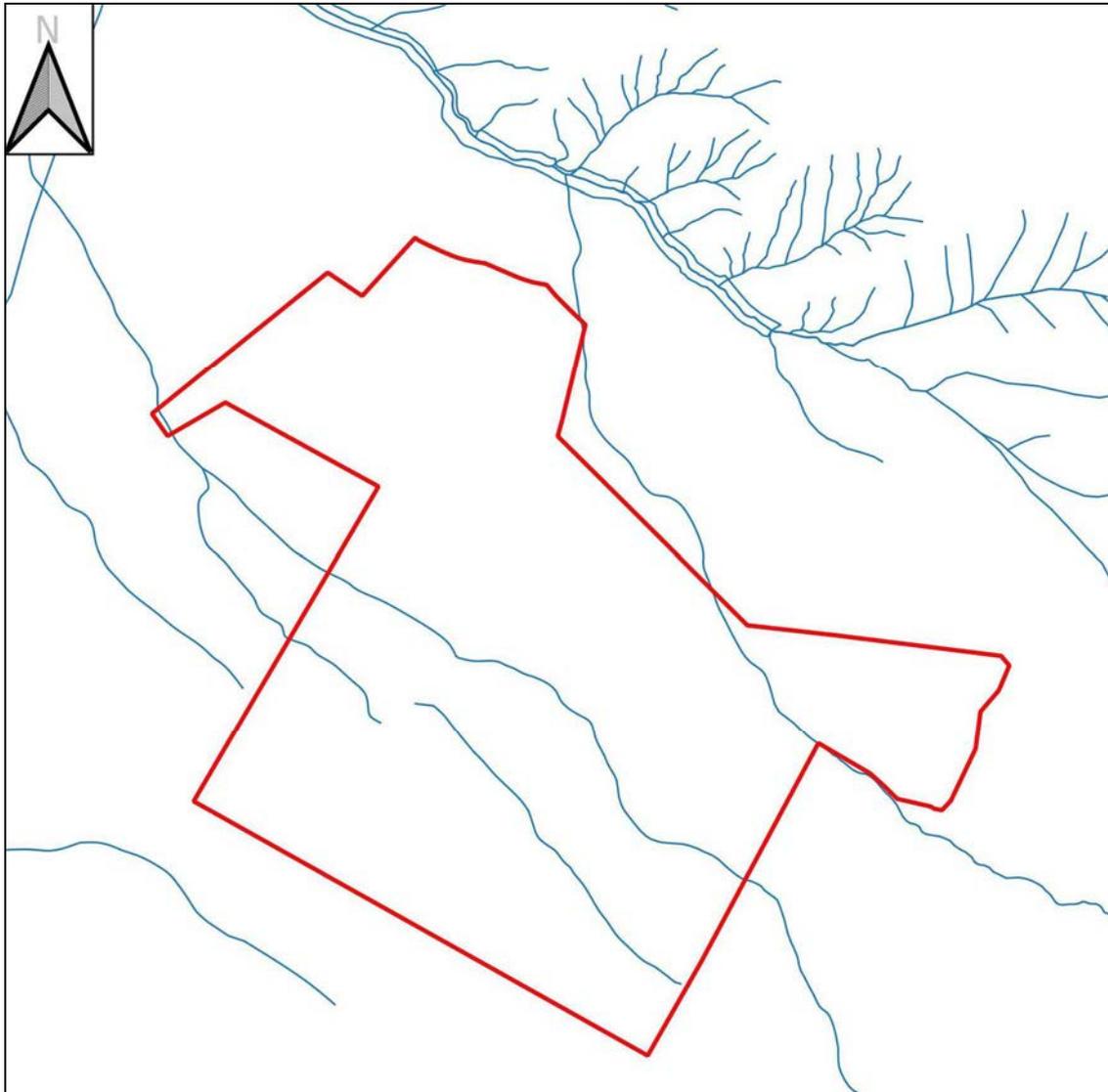
I versanti costituiti da terreni di natura argillosa, ampiamente diffusi nella zona, rientrano in una dinamica evolutiva caratterizzata, dove le pendenze risultano più accentuate, da localizzati e circoscritti fenomeni di dissesto, erosione di sponda ed erosione per dilavamento diffuso ad opera delle acque meteoriche. Nella loro generalità, detti litotipi sono costituiti da uno strato di alterazione di spessore variabile e da uno sottostante inalterato caratterizzato da una colorazione diversa. In generale, le caratteristiche fisico - meccaniche di tali materiali tendono a migliorare con la profondità.

L'evoluzione geomorfologica di tali versanti, è quindi subordinata prevalentemente ai processi di dilavamento del suolo, legati alle acque piovane, il cui scorrimento superficiale può produrre un'azione erosiva della coltre di alterazione.

Si possono distinguere vari fenomeni ad intensità crescente, che vanno dall'impatto meccanico delle gocce d'acqua di precipitazione sul terreno (*splash erosion*), ad un'azione di tipo laminare (*sheet erosion*) legata alla "lama" d'acqua scorrente che dilava uniformemente la superficie topografica. Si può altresì passare ad un'azione legata alle acque di ruscellamento embrionale in solchi effimeri (*rill erosion*)



ad un'erosione concentrata in solchi già stabilizzati che tendono progressivamente ad approfondirsi (*gully erosion*).



*Carta del reticolo idrografico*

In generale, quindi, i lineamenti morfologici essenziali dell'area sono in stretta relazione con le caratteristiche reologiche dei terreni affioranti; pertanto, le forme assunte dal paesaggio in seguito all'azione degli agenti geodinamici dipendono rigorosamente dalla resistenza all'erosione offerta da tali terreni.



Tenendo presente che nell'ambito della stessa formazione possono verificarsi sensibili differenze agli agenti esogeni, è possibile affermare che la resistenza dei litotipi presenti, in generale bassa, predispone il materiale ad essere facilmente disgregato ed alterato nelle porzioni più superficiali, predisponendo detti litotipi a fenomeni di riassetto.

Tali litotipi, spesso sono interessati all'interno della loro compagine, da una fitta maglia di microdiscontinuità di forme irregolari, che condiziona in modo rilevante la presenza di fluidi interstiziali, i quali a loro volta modificano fortemente la resistenza d'attrito dei singoli elementi e lungo i giunti di questi.

Le considerazioni svolte scaturiscono dai rilievi superficiali effettuati, la cui sintesi è riportata in una **carta geomorfologica** in scala 1:10.000, allegata.

In sintesi sono stati osservati i seguenti morfotipi:

- ***alveo in approfondimento*** –si registra un'evoluzione piuttosto rapida in seguito a precipitazioni di forte intensità e lunga durata, in considerazione della natura argillosa del letto dei piccolissimi valloni presenti, caratterizzati da carattere torrentizio, con portate elevate solo nei periodi piovosi; tali dissesti sono localizzati al di fuori dell'impianto da realizzare.
- ***frane*** – sono stati localizzati dei dissesti superficiali, posti al di fuori del parco da realizzare, classificabili come colamenti.

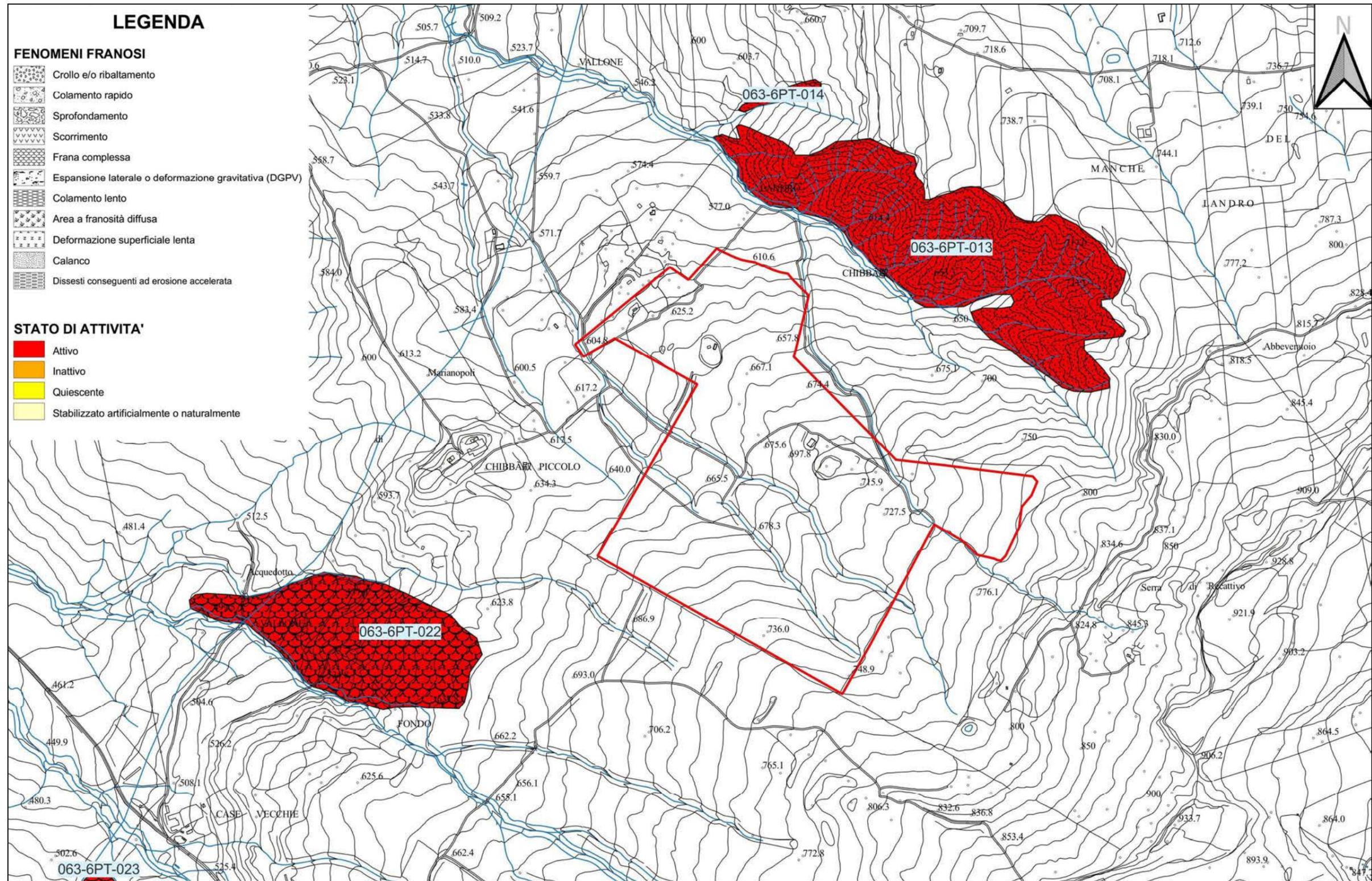
Durante le fasi di sopralluogo di un ampio areale dell'area in studio, si sono osservati sporadici fenomeni erosivi legati alle acque di scorrimento superficiale, che rientrano in una normale dinamica evolutiva dei versanti. In ogni caso nell'area ove si dovranno realizzare le opere di progetto ed un intorno significativo di essa, non sono stati riscontrati fenomeni di dissesto e/o instabilità ne in atto ne potenziale. Pertanto, da quanto osservato, si desume che l'area ove si prevede di realizzare l'impianto fotovoltaico è stabile e che l'installazione dei pannelli e delle strutture ad essi collegati, non comporterà l'innescarsi di fenomeni di instabilità anche localizzati.

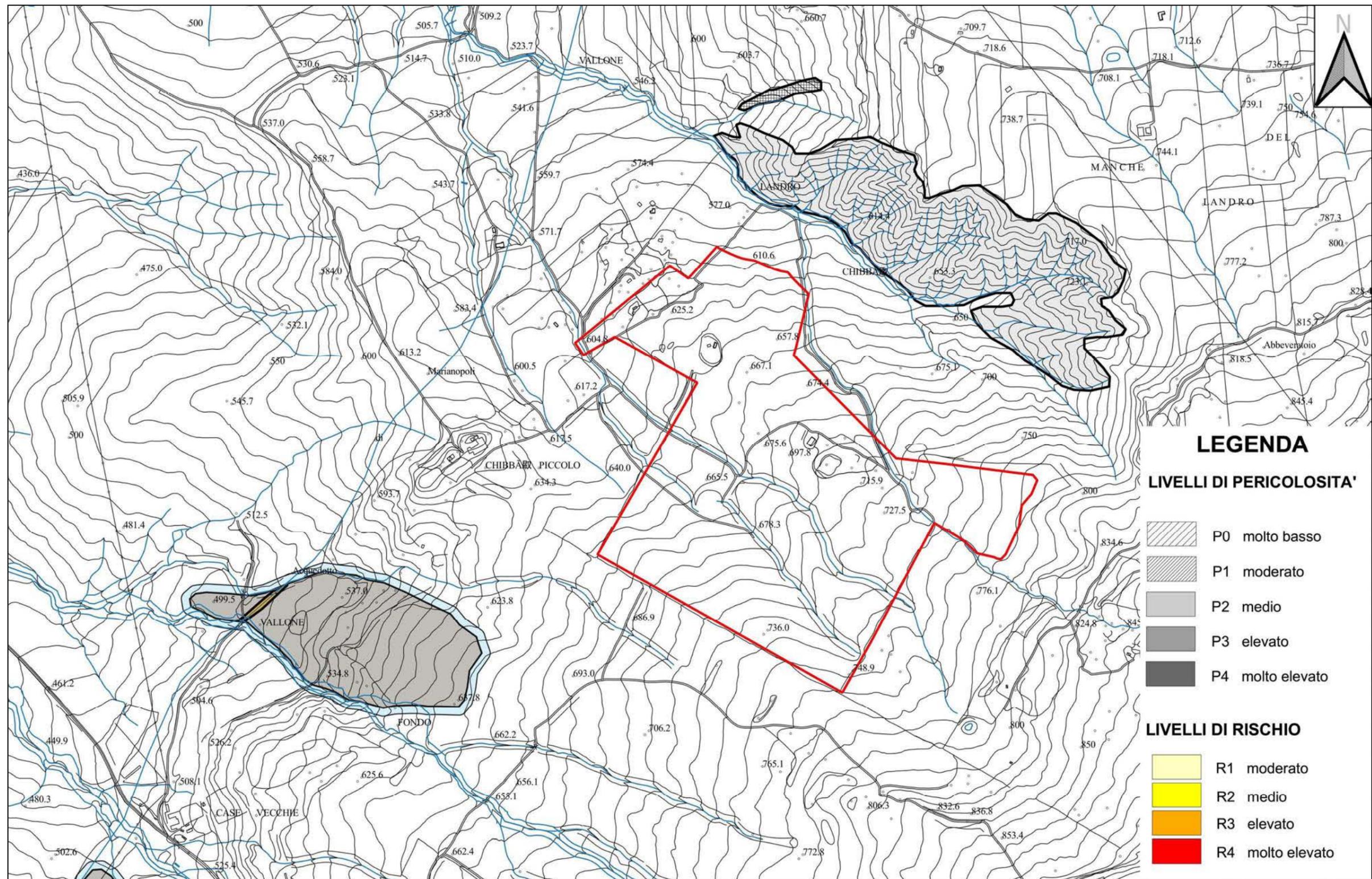
In ultimo, è stato preso in esame il P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) relativo al *bacino idrografico del Fiume Platani (063)*, redatto a cura dell'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente e pubblicato con Decreto del Presidente della Regione Sicilia del 25/01/2006, pubblicato sulla G.U.R.S. n° 14 del 17/03/2006 e le aree ove si



prevede di installare il parco fotovoltaico e la sottostazione elettrica, non ricadono ne in area a rischio ne in aree a pericolosità, ai sensi del predetto P.A.I.

Di seguito si allegano inoltre, uno stralcio della *Carta dei dissesti n° 17*, e uno stralcio della *Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico n° 17*, relativa al PAI delle aree sopra indicate, con l'ubicazione delle aree di intervento.









#### 4. Lineamenti idrogeologici

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.

Le formazioni litologiche affioranti nell’area rilevata, in base alle loro caratteristiche strutturali ed al loro rapporto con le acque di precipitazione, sono state classificate in una scala di permeabilità basata sulle seguenti tre classi:

1. *rocce a permeabilità media per porosità;*
2. *rocce permeabili per fratturazione, fessurazione /o carsismo*
3. *rocce impermeabili;*

Appartiene alla prima classe il Detrito di falda (**df**), le Alluvioni terrazzate e recenti (q3) e i Depositi fluviali antichi (q2). In tali termini la circolazione idrica sotterranea presenta caratteristiche differenti in funzione dei litotipi considerati. Essa è vincolata, infatti, alla granulometria dei depositi che, essendo molto varia, comporta una maggiore facilità o deflusso in corrispondenza delle frazioni più grossolane, mentre, dove i depositi sono di tipo misto, si osservano valori del gradiente idraulico materialmente meno accentuati.

Circa i parametri ed il grado di permeabilità, possono essere utilizzati i valori, in termini di ordini di grandezza, provenienti da misure effettuate su campioni di analoga



facies, in quanto le prove in laboratorio risultano poco affidabili a causa del disturbo arrecato dal campionamento sul materiale già molto tettonizzato; tali ordini di grandezza, risultano essere:

- $10^{-1} - 10^{-3}$  cm/s.

Sono stati inclusi nella seconda classe (*rocce permeabili per fessurazione, fratturazione e carsismo*), i Calcari travertinoidi (**M3c**) e le Arenarie di tipo molassico (**M2s**). In generale, i litotipi appartenenti a questa generica classe, presentano, una permeabilità primaria da media a bassa, mentre hanno una buona, e spesso elevata, permeabilità secondaria dovuta agli stress tettonici che detti litotipi hanno subito, con fessure e fratture di dimensioni ed orientazioni variabili.

La distanza tra i diversi sistemi fessurativi presenti nella compagine della roccia, e l'eventuale loro ampliamento a causa di fenomeni carsici, condizionano in modo determinante la circolazione idrica nel sottosuolo, come pure la permeabilità secondaria, come riportato nel seguente schema:

<i>Descrizione della roccia</i>	<i>Intervallo (m)</i>	<i>Permeabilità</i>	
		<i>Qualitativo</i>	<i>K (cm/s)</i>
Discontinuità da molto ad estremamente ravvicinate	< 0.20	molto permeabile	$10^{-3}$ -1
Discontinuità da ravvicinate a moderatamente spaziate	0.20 - 0.60	moderatamente permeabile	$10^{-5}$ - $10^{-3}$
Discontinuità da largamente a molto largamente spaziate	0.60 - 2.00	leggermente permeabile	$10^{-9}$ - $10^{-5}$
Nessuna discontinuità	>2.00	impermeabile	$<10^{-9}$

Rientra nella terza classe le argille e argille marnose grigie (**M2a**). Si tratta di terreni prevalentemente argillosi i quali, pur essendo molto porosi, non permettono la circolazione d'acqua in seno ad essi, in quanto tali meati hanno dimensioni troppo piccolo ed inoltre non sono comunicanti tra di loro.

Sebbene non esistano pozzi o sorgenti nelle vicinanze del sito prescelto, non è da escludere il formarsi di modestissime falde acquifere superficiali per filetti idrici e a carattere stagionale laddove le argille presentano un elevato grado di alterazione o risultano abbondanti gli inclusi detritici.



E' da rilevare, tuttavia, che tali falde potenzialmente risulterebbero assai modeste in quanto non si riscontrano bacini idrogeologici di particolare interesse.

Circa i parametri ed il grado di permeabilità, possono essere utilizzati i valori, in termini di ordini di grandezza, provenienti da misure effettuate su campioni di analoga facies, in quanto le prove in laboratorio risultano poco affidabili a causa del disturbo arrecato dal campionamento sul materiale già molto tettonizzato; tali ordini di grandezza, risultano essere:

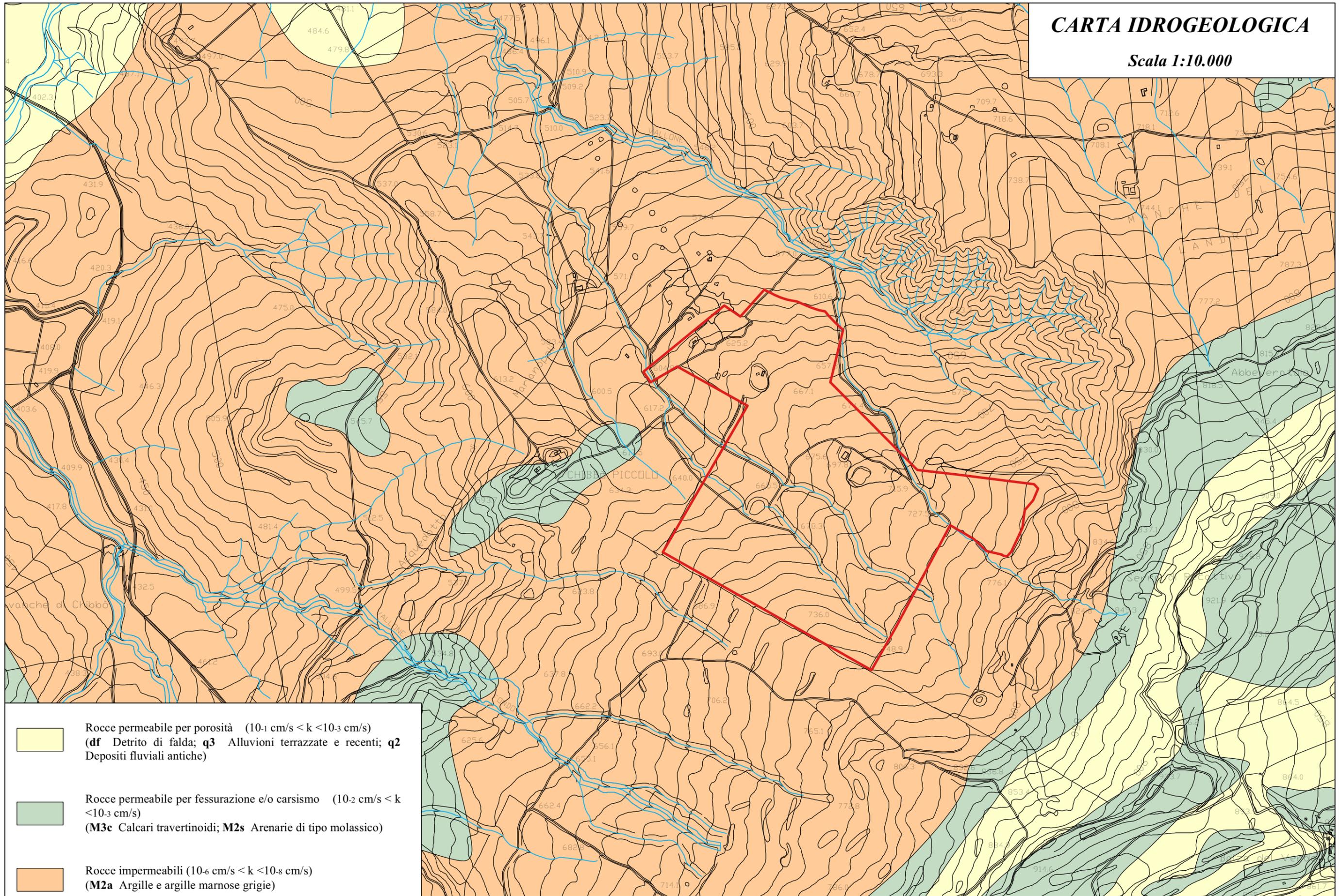
- $10^{-7} - 10^{-9}$  cm/s.

Si sottolinea infine che la realizzazione dell'impianto progettato, non turberà l'equilibrio idrico sia superficiale che sotterraneo, e che le opere di fondazione dei pannelli non interferiranno con le eventuali falde presenti.

Quanto detto fin qui è stato rappresentato nell'allegata **carta idrogeologica** redatta a scala 1:10.000.

# CARTA IDROGEOLOGICA

Scala 1:10.000





## 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.

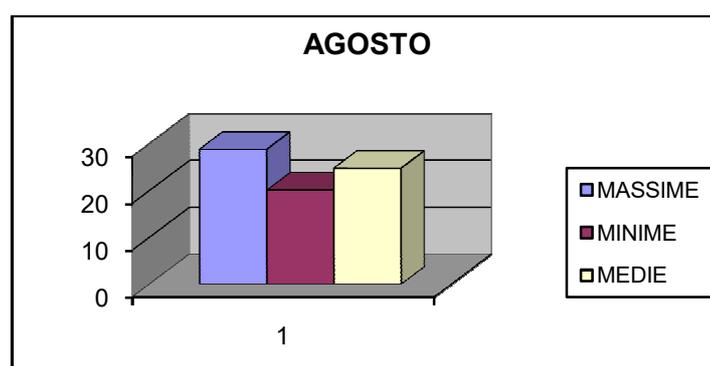
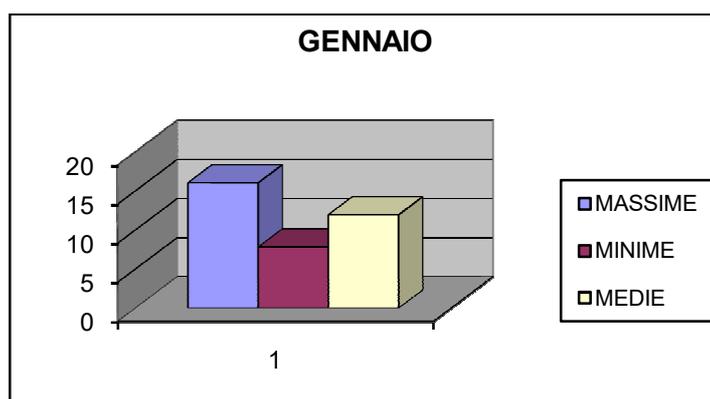


L'altezza media annua delle piogge cadute in tale settore, risulta essere di circa 750.76 mm e la loro frequenza delle stesse risulta essere di 75 g. p./a.

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



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.



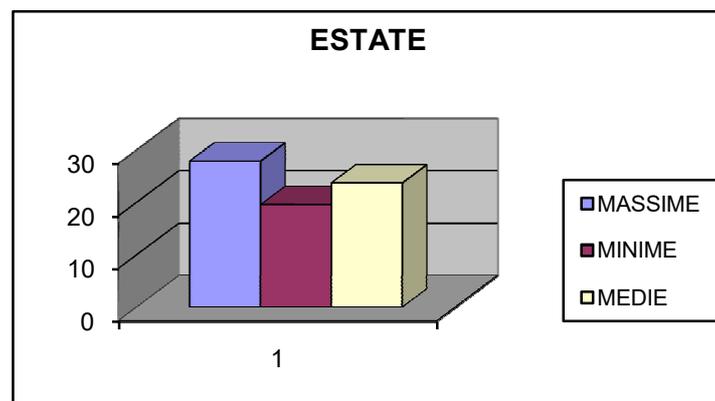
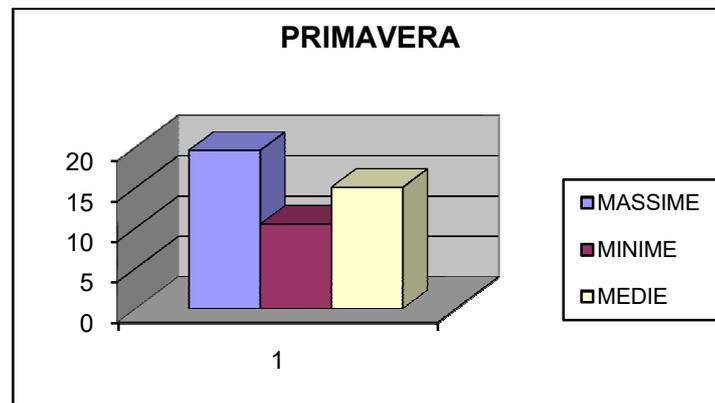
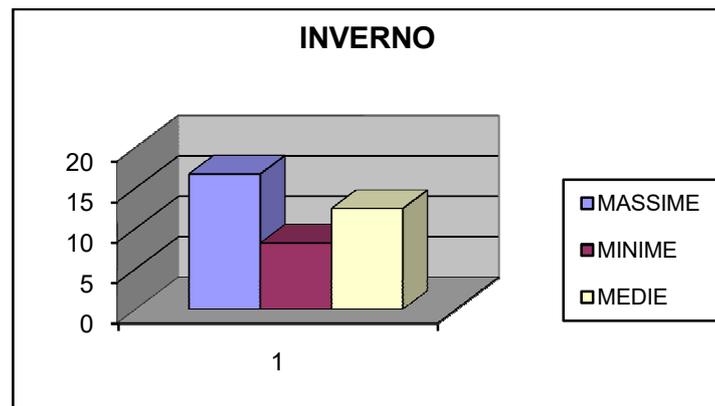
Da quanto sopra riportato, ed utilizzando la *classificazione dei climi secondo Koppen (1936)*, di seguito riportata, si deduce come il regime climatico presente nell'area in studio sia del tipo “C”, caratteristico dei climi piovosi delle medie latitudini, caratterizzati da inverni dolci.

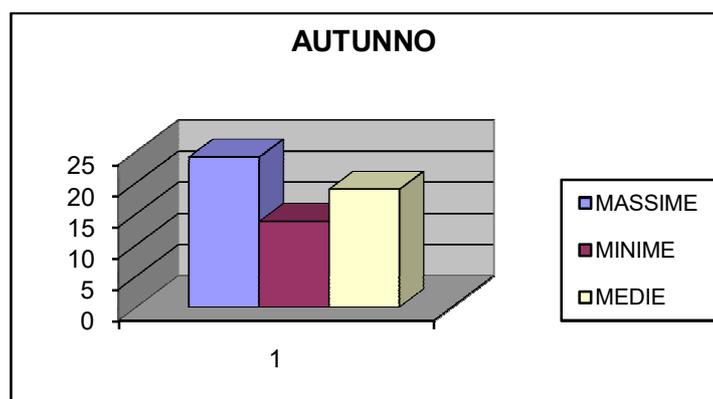
<i>TIPO</i>	<i>DESCRIZIONE</i>	<i>NOTE</i>
<i>A</i>	<i>Climi tropicali piovosi senza stagione fredda</i>	<i>la Temperatura del mese più freddo è sempre maggiore di 18° C</i>
<i>BW</i>	<i>Clima arido desertico</i>	<i>eccesso dell'evaporazione</i>
<i>BS</i>	<i>Clima semiarido della steppa</i>	<i>sulla 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° &lt; T &lt; 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):

<i>TEMPERATURE</i>	<i>INVERNO</i>	<i>PRIMAVERA</i>	<i>ESTATE</i>	<i>AUTUNNO</i>
<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 sono presenti le argille e argille marnose grigie (M2a).

Tali litotipi rientrano nella categoria delle “rocce pseudocoerente”. Di questa categoria fanno parte i materiali che hanno un comportamento geomeccanico variabile in relazione al contenuto d'acqua. Infatti, si comportano come materiali coerenti se asciutti e consistenti, e come materiali incoerenti se imbibiti d'acqua e quindi con un indice di plasticità elevato.

Per la loro genesi tali materiali assumono una struttura abbastanza complessa e la giacitura appare spesso caotica per tettonizzazione. E' quasi sempre presente un orizzonte d'alterazione superficiale il cui spessore risulta variabile ma contenuto mediamente entro i primi 6.00 - 7.00 metri e solo in particolari circostanze può superare i 10.00 metri. Tale strato, presenta una colorazione giallastra e/o marrone chiaro, un elevato grado di umidità e di plasticità e sono generalmente presenti superfici traslucide di discontinuità, che condizionano spesso la stabilità dei versanti costituita da tali materiali. Gradatamente, si passa al sottostante orizzonte inalterato caratterizzato da una buona consistenza e da una colorazione generalmente brunastra. Tralasciando le eventuali intercalazioni calcaree ed arenacee che influenzano in maniera del tutto trascurabile il comportamento globale di tali terreni, è da annoverare come la struttura acquisita dai sopraddetti terreni sia l'effetto combinatorio delle diverse pressioni sviluppatesi nel corso degli eventi tettonici cui sono stati sottoposti nelle ere geologiche. Tali argille appaiono sovraconsolidate ed interessate da una fitta rete di discontinuità che li suddivide in frammenti o “scaglie” dalla forma irregolare e dalle dimensioni variabili dal millimetro a qualche centimetro.

Caratteristica peculiare di detti terreni è la naturale variabilità che tali materiali mostrano su campioni prelevati anche a breve distanza, sia sull'orientamento delle scaglie, sia nelle dimensioni e nell'entità del sistema di fessurazione presente.



Da quanto detto, risulta evidente, quindi, dalla complessità della struttura dei materiali in esame, come sia poco agevole una caratterizzazione geomeccanica generale per l'intera formazione, poiché i risultati delle prove geotecniche sono fortemente influenzate dalle caratteristiche fisico-meccaniche delle singole scaglie, dal grado di alterazione (ammorbidimento delle scaglie per imbibizione d'acqua e fenomeni di "softening" per scarico tensionale) e dalla modalità di esecuzione delle prove. Inoltre, appare non indifferente il problema del disturbo arrecato a tali terreni nelle fasi di campionamento. Le argille allorquando si presentano "molli" hanno un tenore d'acqua pari al 100%, generalmente vicino al limite di liquidità, ed un peso specifico secco debole  $\gamma_d$  (spesso inferiore a  $10 \text{ kN/m}^3$ ).

Esse risultano inoltre contenere materie organiche dal 2 al 10 %, una debole coesione non drenata ( $C_u$ ), una forte compressibilità dando luogo a dei cedimenti secondari, una debole permeabilità, uno stato normal consolidato.

Per espulsione della propria acqua, l'argilla diventa plastica e poi secca, ciò denota come tale materiale possa presentare valori abbastanza diversi, in relazione al suo stato idrometrico.

Una proprietà importante ai fini dell'utilizzo urbanistico delle aree interessate da sedimenti argillosi è il "rigonfiamento", infatti le argille fanno registrare un aumento di volume allorquando si imbibiscono d'acqua, specie se il minerale predominante di cui sono costituite è rappresentato dalla montmorillonite.

Di contro si ha una diminuzione di volume in seguito ad una diminuzione del contenuto d'acqua, tale caratteristica prende il nome di "ritiro".

Appare evidente che i terreni interessati da litotipi argillosi necessitano di accurate indagini, analisi, prove e studi preliminari, sia essi di carattere geologico che geotecnico. Infatti, i maggiori dissesti vengono registrati laddove la componente argillosa è predominante e la causa è sempre da ricercare al variare di una o più caratteristica citata.

Sulla base di studi e ricerche effettuati su terreni appartenenti a tale formazione è possibile stimare i seguenti valori:

- *Argille alterate (spessore medio 6.0 - 7.0 m):*

$$\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3;$$



$$c' = 0.80 \text{ t/m}^2;$$

$$\phi' = 22^\circ.$$

- *Argille di substrato:*

$$\gamma = 2.00 \text{ t/m}^3;$$

$$c' = 1.30 \text{ t/m}^2;$$

$$\phi' = 24^\circ.$$



## 7. 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.



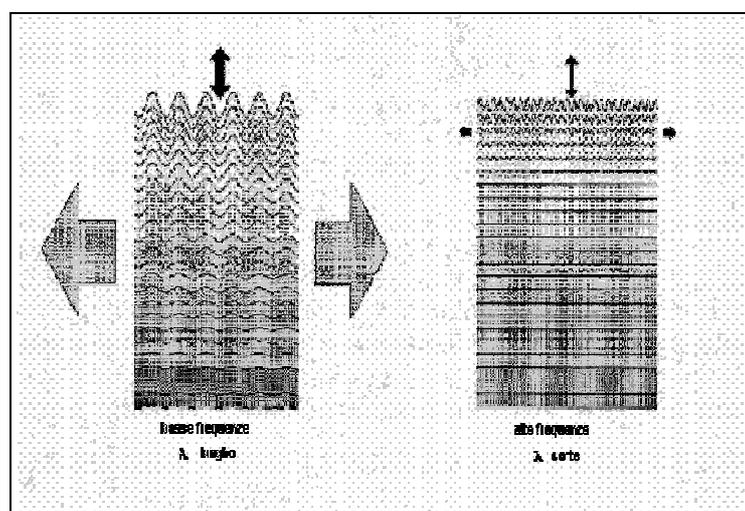
Il valore del rapporto di Poisson e la stima della densità sono necessari per ottenere il profilo verticale  $V_s$  dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali. Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale 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 Vs 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.

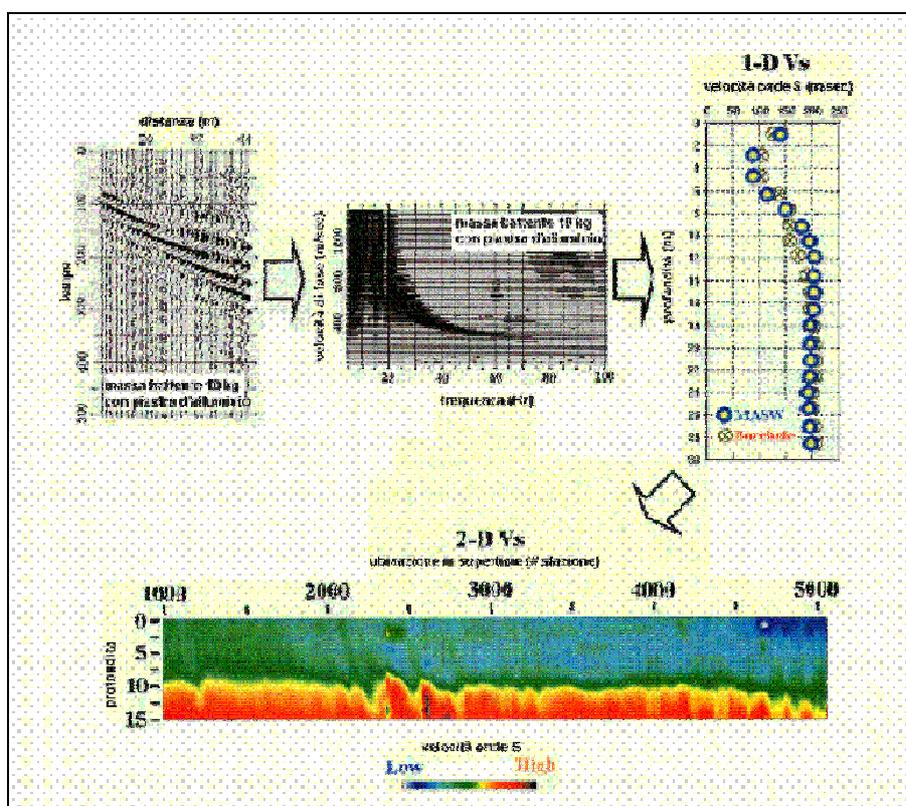


L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione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

### **7.1. 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:

<i>Categoria</i>	<i>Descrizione</i>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori $v_s$ velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</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.
<b>C</b>	Depositati 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.
<b>D</b>	Depositati 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.
<b>E</b>	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.

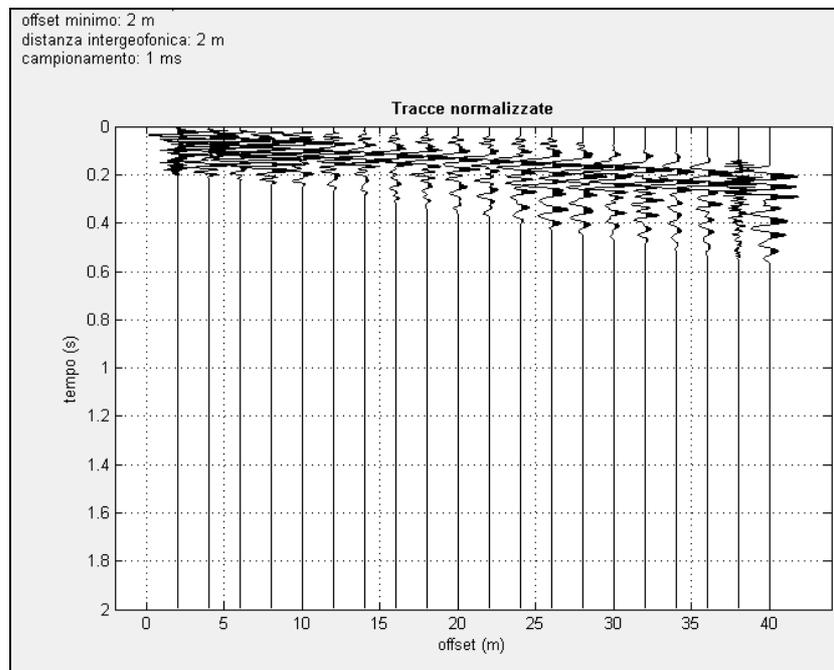
Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

## 7.2. Risultati delle analisi MASW

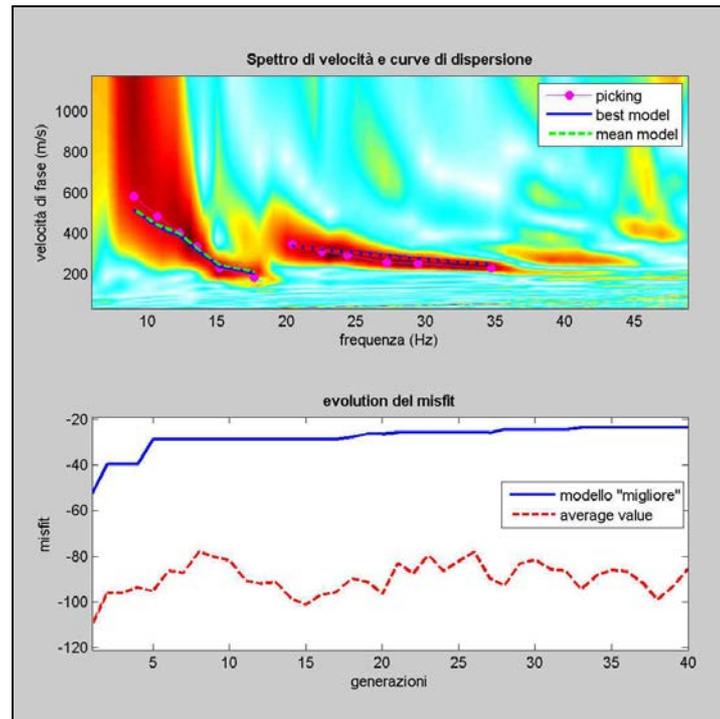
Nel sito in esame, in dettaglio, è stata eseguita una stesa sismica a rifrazione interpretate con tecnica MASW e di seguito vengono riportati i dati ottenuti.

### Dati sperimentali MASW ST 1

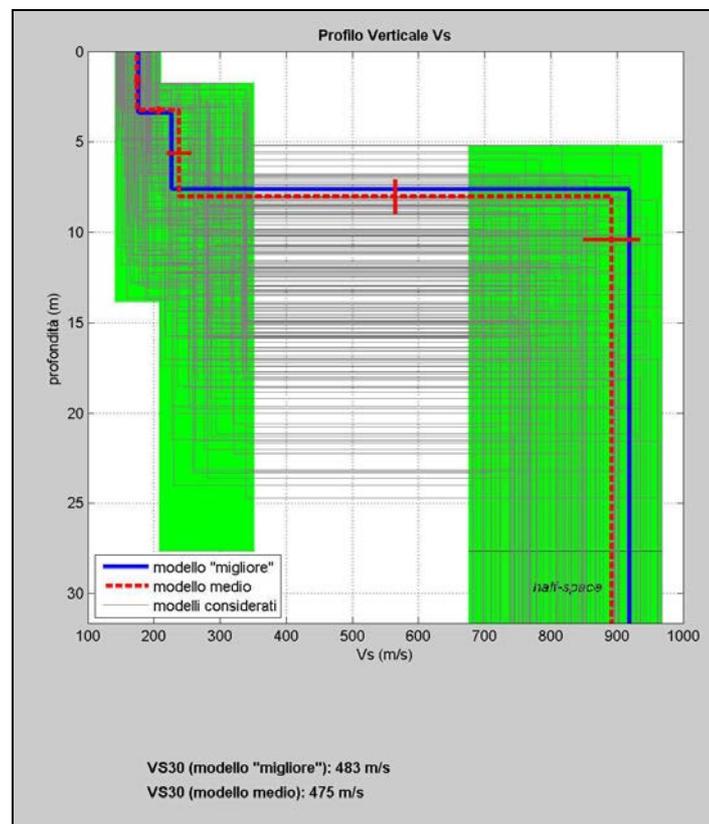
Numero di ricevitori	20
Distanza intergeofonica in metri	2
Tipologia geofoni utilizzati	verticale a 4,5 Hz
Energizzazione	massa da 10 kg



*Tracce sperimentali*



Curva di dispersione



Elaborazione modelli equivalenti



### 7.3 Categorie di suolo individuata

L'elaborazione MASW della stesa sismica eseguita ha definito un valore della velocità  $V_{S30}$  dei terreni pari a **475** m/s per MASW\_1.

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*).



## 8. 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).

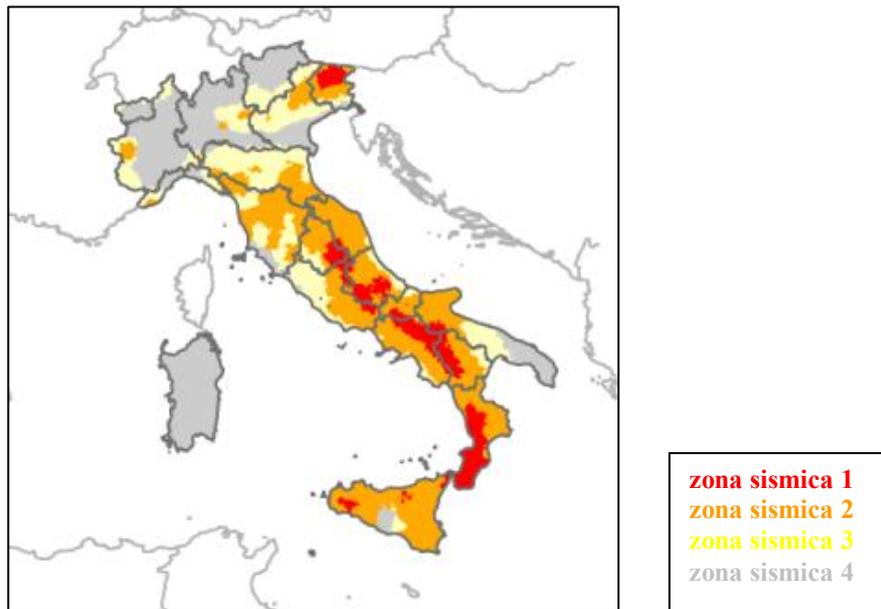
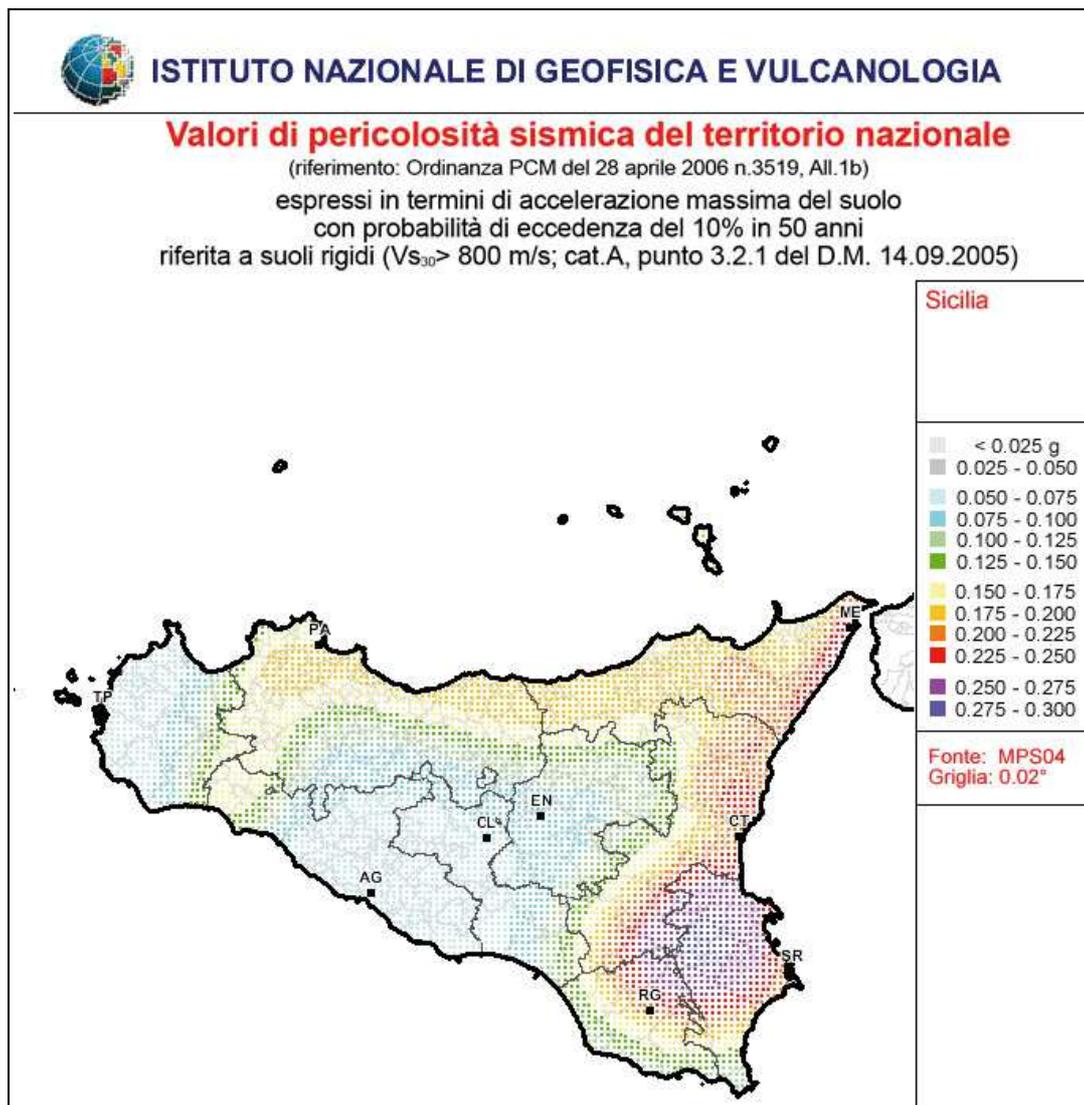


Figura 1

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 Petralia Sottana, 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".



## 9. Conclusioni

L'area oggetto del presente studio è localizzata nella Sicilia nord – occidentale, in prossimità delle Madonie; ci troviamo in una vasta area ricadente nel territorio comunale di Petralia Sottana, ed esattamente in contrada *Chibbò*. Trattasi di una zona di aperta campagna, caratterizzata dalla presenza di ampie estensioni di terreno destinato a colture estensive e a pascolo con sporadici capannoni e/o casolari.

L'area è caratterizzata dal tipico aspetto collinare, ove le quote in prossimità all'area in studio, si aggirano intorno ai 700 metri s.l.m. e le pendenze appaiono medie e si registra un andamento plano-altimetrico tipico dei versanti impostati su terreni argillosi.

Specificatamente, l'area in studio è costituita da argille e argille marnose grigie (**M2a**); ci troviamo su un rilievo collinare di modeste dimensioni che degrada in direzione Nord – Nord Ovest con pendenze medie.

Durante le fasi di sopralluogo di un ampio areale dell'area in studio, si sono osservati sporadici fenomeni erosivi legati alle acque di scorrimento superficiale, che rientrano in una normale dinamica evolutiva dei versanti. In ogni caso nell'area ove si dovranno realizzare le opere di progetto ed un intorno significativo di essa, non sono stati riscontrati fenomeni di dissesto e/o instabilità né in atto né potenziale. Pertanto, da quanto osservato, si desume che l'area ove si prevede di realizzare l'impianto fotovoltaico è stabile e che l'installazione dei pannelli e delle strutture ad essi collegati, non comporterà l'innescarsi di fenomeni di instabilità anche localizzati.

In ultimo, è stato preso in esame il P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) relativo al *bacino idrografico del Fiume Platani (063)*, redatto a cura dell'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente e pubblicato con Decreto del Presidente della Regione Sicilia del 25/01/2006, pubblicato sulla G.U.R.S. n° 14 del 17/03/2006 e le aree ove si prevede di installare il parco fotovoltaico e la sottostazione elettrica, non ricadono né in area a rischio né in aree a pericolosità, ai sensi del predetto P.A.I.

L'elaborazione MASW della stesa sismica eseguita ha definito un valore della velocità  $V_{S30}$  dei terreni pari a **475** m/s per MASW\_1.



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*).

Termini Imerese, Giugno 2023

Il Geologo  
(Dott. Ignazio Giuffrè)

