

Comune di: RAMACCA

Provincia di: CATANIA

Regione: SICILIA



PROPONENTE

PODINI S.P.A

Via Lattuada, 30 – 20135 MILANO (MI)

C.F. e P.IVA IT02246400218

OPERA

PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 34.527,60 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

“SOLARE RAMACCA-FIUME GORNALUNGA”

OGGETTO

TITOLO DELL'ELABORATO:

RELAZIONE GELOGICA E SISMICA

DATA:

25/01/2024

N°/CODICE ELABORATO:

REL 006

Tipologia: REL (RELAZIONI)

I TECNICI

PROGETTISTI:

EDILSAP s.r.l.
Via di Selva Candida, 452 - 00166 ROMA
Ing. Fernando Sonnino Project Manager



Prof. Geol. Alfonso Russi
Via Friuli, 5 - 06034 FOLIGNO



PROFESSIONISTI:

Prof. Geol. Alfonso Russi
Via Friuli, 5 - 06034 FOLIGNO



Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie



Dott.ssa Geol. Federica Ucci



00	202202224	Emissione per Progetto Definitivo	Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie Dott.ssa Geol. Federica Ucci	Prof. Geol. Alfonso Russi	Ing. Fernando Sonnino
N° REVISIONE	Cod. STMG	OGGETTO DELLA REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

Proprietà e diritto del presente documento sono riservati - la riproduzione è vietata

INDICE

1	PREMESSA	1
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
3	CARATTERISTICHE CLIMATICHE.....	6
3.1	Bilancio Idrologico	9
4	CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE	10
5	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	20
5.1	Aree esondabili.....	32
5.2	Dissesto idrogeologico	35
5.3	Erosione	38
6	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE	40
7	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	41
8	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE	42
9	SISMICITÀ E CARATTERISTICHE SISMICHE	46
9.1	Storia sismica dell'area.....	47
9.2	Classificazione sismica dell'area	56
9.3	Classificazione sismica da indagine MASW	64
9.3.1	Esecuzione dell'indagine e calcolo della $V_{s,eq}$	65
10	INDAGINI GEOGNOSTICHE	68
10.1.1	Esecuzione delle prove penetrometriche	69
11	STIMA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE	72
12	CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI.....	80
13	BIBLIOGRAFIA & WEB REFERENCES.....	81
13.1	Bibliografia	81
13.2	Web references	83

1 PREMESSA

La Podini s.p.a., con sede in Via Lattuada n.30 a Milano (MI), ha affidato agli scriventi l'incarico di eseguire lo studio geologico e sismico nell'agro di Ramacca (CT) per la realizzazione di un impianto agrivoltaico.

Detto studio, si rende necessario al fine di fornire utili dati ed indicazioni per la stesura della presente relazione e della futura Relazione Geotecnica, secondo i disposti:

- Legge del 2/02/74 n.64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- A.G.I. 1977 "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche";
- D.M. 11/3/88, "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Circolare Ministeriale Applicativa n. 30483 del 24/09/88, "Istruzioni per l'applicazione delle norme di cui al D.M. 11/3/88";
- Decisione n.701/1995 della V Sezione giurisdizionale del Consiglio di Stato, "Esclusiva competenza del geologo per la relazione geologica";
- Circolare del Ministero dei LL.PP. n. 218/24/3 del 09/01/96, "Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica";
- Dlgs 14 agosto 1996, n. 494, "Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili";
- Ordinanza n. 3274 del 20/03/03 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Ordinanza n. 3431 del 03/05/2005 del Presidente del Consiglio dei Ministri "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»";
- D.M. 14/9/05, "Norme Tecniche per le costruzioni";
- Ordinanza n. 3519 del 29/04/06 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007, "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni";
- D.M. 14/1/08, "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni", entrato in vigore con Legge n. 77 del 24/06/09;
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008";
- Legge n. 77 del 24 giugno 2009, "Interventi urgenti di Protezione Civile in materia di prevenzione del rischio sismico";
- della Circolare 08 settembre 2010, n. 7619 / STC "Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai Laboratori per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001";

- Ordinanza n. 3907 del 13/11/10 della Presidenza del Consiglio dei Ministri “Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico”;
- Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018)”.

Nella presente relazione saranno presentate le indagini svolte, analizzati i risultati ottenuti e descritto il modello geologico del sito, che sarà orientato alla ricostruzione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio.

Detto modello sarà sviluppato in modo da costituire un utile elemento di riferimento per l'inquadramento, da parte del progettista, delle problematiche geotecniche a piccola e grande scala.

Il modello geologico di riferimento descritto è stato validato e supportato da indagini specifiche proporzionate, nello specifico, all'importanza dell'opera.

Sulla base di quanto ottenuto, sarà verificata la fattibilità geologica delle opere in progetto.

Infine, sarà definito il modello geotecnico, consistente nella individuazione, in funzione del tipo di opera e/o di intervento, delle caratteristiche chimico-fisiche e meccaniche del terreno, nonché alla valutazione della sicurezza, della funzionalità in relazione alle prestazioni attese, alla durabilità e alla robustezza delle opere.

La presente relazione è stata impostata sulla base delle conoscenze già note sull'area in studio, relative ad areali posti nelle vicinanze e che presentano caratteristiche geologiche, litologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche simili a quelle della zona in esame. Nello specifico, è stata estesa ad un ambito significativo e modulata in relazione al livello progettuale, alle caratteristiche dell'opera e del contesto in cui questa si inserisce, descrive il modello geologico, definito sulla base delle indagini eseguite (vedi capitolo 10).

La redazione della presente relazione ha tenuto conto, in particolare, dei seguenti aspetti:

- Inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico regionale (sulla base di dati pregressi);
- Analisi e descrizione dei dati derivanti dalla cartografia tematica Carta Geologica d'Italia, in scala 1: 100.000 e CARG, in scala 1: 50.000 ;
- Analisi e descrizione della sismicità storica, nonché di dati derivanti dalla letteratura e dalla cartografia tecnico-scientifica pubblicata (faglie sismogenetiche da INGV ed altri dati relativi alle aree sorgente);
- Analisi e descrizione delle eventuali situazioni di franosità o di dissesto idrogeologico (frane e/o alluvioni) pregresso;
- Analisi e descrizione delle condizioni di antropizzazione presenti al contorno (ambito morfologico significativo);
- Illustrazione del programma d'indagine e progettazione dello stesso in funzione degli obiettivi del progetto;
- Esposizione ed interpretazione dei dati risultanti dalle indagini e dalle prove eseguite;
- Forme spettrali definite dalle norme di settore NTC18 (a_g , F_0 , T_c^*);
- Calcolo della V_s equivalente per la definizione della categoria del suolo di fondazione;
- Spettro di risposta elastico;
- Potenziale di liquefazione.

L'inquadramento idrogeologico si è basato sul documento "Individuazione di pozzi per acque destinate al consumo umano (art. 94 D.lgs. 152/2006) e individuazioni di risorgive e sorgenti" e sugli estratti delle carte idrogeologiche pubblicate.

I suddetti punti sono stati ritenuti di rilevante interesse per ottemperare a quanto previsto dalle NTC18 al paragrafo C6.2.1.

La seguente riporta i parametri nominali dei terreni, i dati disaggregati necessari per le verifiche di natura geotecnica, i valori medi e gli aspetti sismici di dettaglio (categoria di sottosuolo da V_s equivalente, a_{max} , K_h , K_v , liquefazione). Sebbene questi aspetti siano demandati nelle citate norme alla Relazione Geotecnica, trovano posto nella Relazione Geologica e Sismica quale naturale derivazione dalla campagna geognostica e dalle prove sismiche effettuate.

Pertanto, sulla base di quanto premesso, la presente Relazione Geologica e Sismica è strutturata nei seguenti paragrafi:

- 1) Premessa;
- 2) Inquadramento geografico;
- 3) Caratteristiche climatiche;
- 4) Caratteristiche pedologiche;
- 5) Caratteristiche geomorfologiche;
- 6) Caratteristiche idrologiche;
- 7) Caratteristiche idrogeologiche;
- 8) Caratteristiche geologiche;
- 9) Sismicità e caratteristiche sismiche;
- 10) Indagini geognostiche;
- 11) Prove ed analisi di laboratorio;
- 12) Stima del rischio di liquefazione;
- 13) Considerazioni e conclusioni.

Allegati:

- Analisi climatica;
- Analisi laboratorio pedologico;
- Spettri e Parametri sismici;
- Prova geofisica (M.A.S.W.);
- Prove penetrometriche dinamiche.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio della Sicilia è molto vasto e caratterizzato da ambienti differenti tra loro. A tal proposito, la Regione Sicilia, ai sensi del D.lgs. 42/04 e ss.mm.ii., ha proceduto alla suddivisione in ambiti regionali su base provinciale.

In particolare, nella Provincia di Catania il Piano Paesaggistico degli Ambiti riporta:

- 8: Area della Catena settentrionale (Monti Nebrodi);
- 11: Area delle colline di Mazzarino e Piazza Armerina;
- 12: Area delle colline dell'Ennese;
- 13: Cono vulcanico Etneo;
- 14: Area della pianura alluvionale Catanese;
- 16: Area delle colline di Caltagirone e Vittoria;
- 17: Area dei rilievi e del tavolato ibleo.

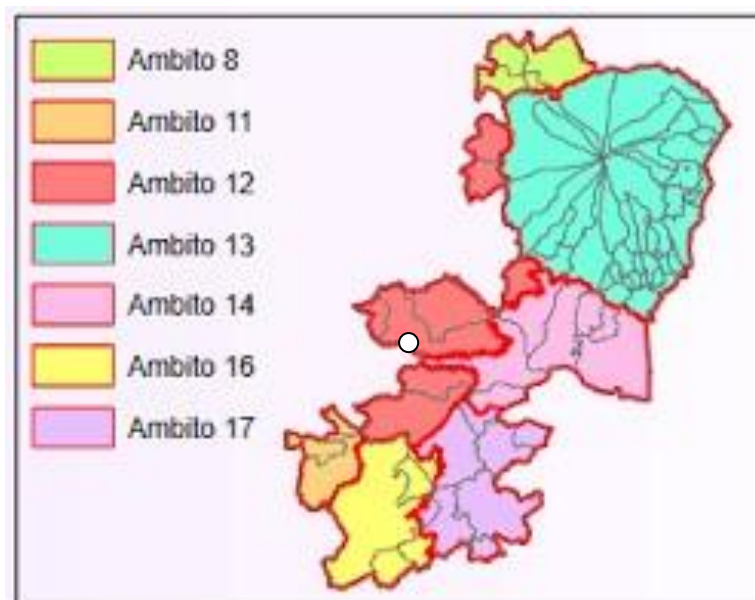


Figura 2-1. Ambiti del Piano Paesaggistico della provincia di Catania. In bianco, l'area di indagine. (Fonte: Regione Sicilia – Assessorato dei Beni culturali e dell'Identità siciliana).

Sulla base dell'art. 135 comma 2 del Codice, gli Ambiti sono suddivisi in 37 Paesaggi Locali, ambiti paesaggisticamente identitari su basi naturali e culturali.

L'area in oggetto ricade del Paesaggio Locale "Area del bacino del Gornalunga", caratterizzato da un esteso paesaggio agrario con geomorfologia collinare morbida alternata a creste gessose.

L'orografia del territorio siciliano è prevalentemente montuosa nella porzione settentrionale e collinare nel settore centro-meridionale e sud-occidentale, ad eccezione delle catene montuose dei Sicani, degli Erei e degli Iblei rispettivamente ad ovest, al centro e a sud-est dell'isola. Differente ulteriormente è l'area sud-orientale, con morfologia di altopiano, e quella orientale, dominata dall'edificio vulcanico dell'Etna.

Le aree pianeggianti sono limitate e sono localizzate lungo le coste e in corrispondenza dei tratti terminali dei fiumi. La maggiore di queste pianure è la Piana di Catania, una pianura di origine alluvionale che si estende con una superficie di 430 km² ad est dell'isola siciliana, classificandosi come una delle più estese dell'Italia meridionale.

L'area di interesse è localizzata ad est del Lago di Ogliastro, un invaso artificiale ad uso irriguo e come riserva idrica, creato mediante sbarramento del Fiume Gornalunga attraverso una diga.

Il Fiume Gornalunga, che scorre a sud dell'area di studio, è un affluente del Fiume Simeto, che ha il bacino idrografico più ampio di tutto il territorio siciliano. Esso ha origine dal Monte Rossomanno, a 889 m s.l.m. e scorre per 81 km, con carattere meandriforme, fino a 2 km dalla foce del Fiume Simeto nel Golfo di Catania.

L'area che ospiterà l'impianto in progetto ricade nel territorio del Comune di Ramacca (CT), da cui dista circa 8 km in linea d'aria a NW dell'abitato.

Le aree sono a destinazione d'uso agricola, con campi coltivati a seminativo e/o maggese.

Le aree sono racchiuse nel reticolo di strade:

- S.P. 73 a Ovest;
- S.P. 112 a Sud;
- S.S. 288 a Nord e a Est.

La quota topografica media è di circa 173 m s.l.m.

Lotto	Latitudine	Longitudine	Foglio	Particella
1	37°26'48.88"N	14°37'56.97"E	83	18 108
2	37°26'48.98"N	14°38'9.25"E	83 84	21 48
3	37°26'24.01"N	14°37'49.98"E	83	155 24 25 47
4	37°26'18.37"N	14°38'5.73"E	83	171 177

Tabella 2-1. Localizzazione lotti con coordinate baricentriche.

3 CARATTERISTICHE CLIMATICHE

L'area in esame, presenta caratteristiche riconducibili a quelle tipiche del clima mediterraneo, caratterizzato da un regime di precipitazioni invernali e primaverili e da aridità estiva, con inverni miti ed estati calde e soleggiate.

Le attuali condizioni meteorologiche rispecchiano le vicende stagionali dell'area del Mediterraneo orientale, per effetto delle interferenze fra l'anticiclone eurasiatico, di origine termica, e l'anticiclone subtropicale delle Azzorre, di origine dinamica. Durante l'inverno, una fascia depressionaria (sede di ciclogenesi) si instaura nell'area mediterranea con orientamento SO-NE, separando la zona di alta pressione eurasiatica da quella delle Azzorre; nei mesi estivi, la zona anticiclonica eurasiatica scompare e l'anticiclone delle Azzorre si intensifica e si sposta verso nord. I venti predominanti provengono dai quadranti settentrionale e meridionale, di norma con valori medi di intensità alti e distribuiti in modo piuttosto uniforme durante il corso dell'anno.

Per la caratterizzazione climatica della zona in esame è stato utilizzato il software DIACLI della Tecnovia s.r.l., ceduto alla Microsoft del gruppo Namirial per la distribuzione commerciale. Per la zona in esame sono state considerate valide le caratteristiche climatiche di Ramacca in quanto la valenza statistica delle serie P/T ha fornito dei valori attendibili.

Gli indici e i dati afferenti al comune di Ramacca sono riportati in allegato.

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
37	35	32	21	16	14	10	25	24	58	37	52

Tabella 3-1. Precipitazioni medie mensili.

La maggior parte delle precipitazioni, che sono a carattere di pioggia, cadono nel semestre autunno-inverno:

Periodo	mm	% annua
Apr-Set	110	30
Ott-Mar	251	70

Tabella 3-2. Precipitazioni, ripartizione semestrale.

Le precipitazioni totali sono pari a 361 mm. Analizzando la distribuzione mensile delle piogge, si evidenzia un picco di piovosità in corrispondenza del mese di ottobre, mentre il minimo si verifica nel mese di luglio.

I valori più alti di temperatura si registrano nel mese di agosto ed i più bassi in quello di gennaio. L'escursione termica fra estate e inverno risulta di media entità, passando da massimi estivi intorno ai 29 °C ai minimi non inferiori ai 6°C.

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
9,79	10,39	11,79	19,89	17,99	21,79	24,89	25,09	22,19	17,99	14,29	11,09

Tabella 3-3. Temperature medie mensili.

Vengono di seguito rappresentati i diagrammi climatici risultanti dall'elaborazione dei dati raccolti e precisamente: il diagramma ombrotermico ed il climogramma di Peguy. La rappresentazione grafica risulta essere efficace e consente un'immediata lettura e comprensione dei fenomeni climatici.

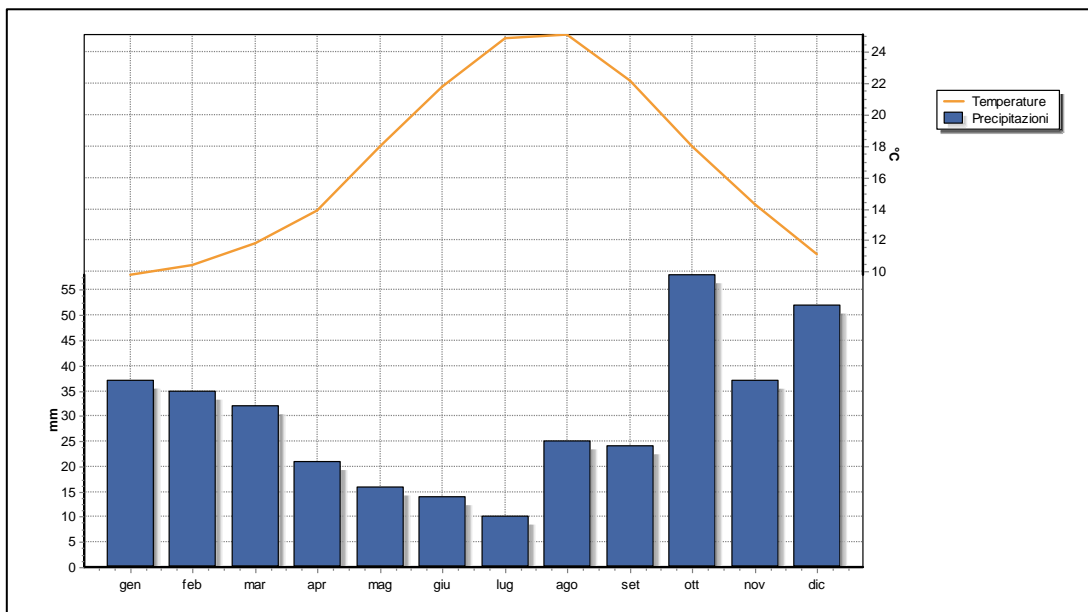


Figura 3-1. Diagramma termopluviometrico

Il diagramma ombrotermico, ideato da Bagnouls e Gausse, è tra i più utilizzati al mondo negli studi di ecologia. Nel diagramma il periodo annuale da considerare "arido" è quello in cui la curva delle precipitazioni scende al di sotto di quella delle temperature, ossia quando la quantità delle precipitazioni è inferiore al valore doppio della temperatura ($P < 2T$). Dal diagramma ombrotermico si evince che i mesi definibili come "aridi" sono aprile, maggio, giugno, luglio, agosto e settembre.

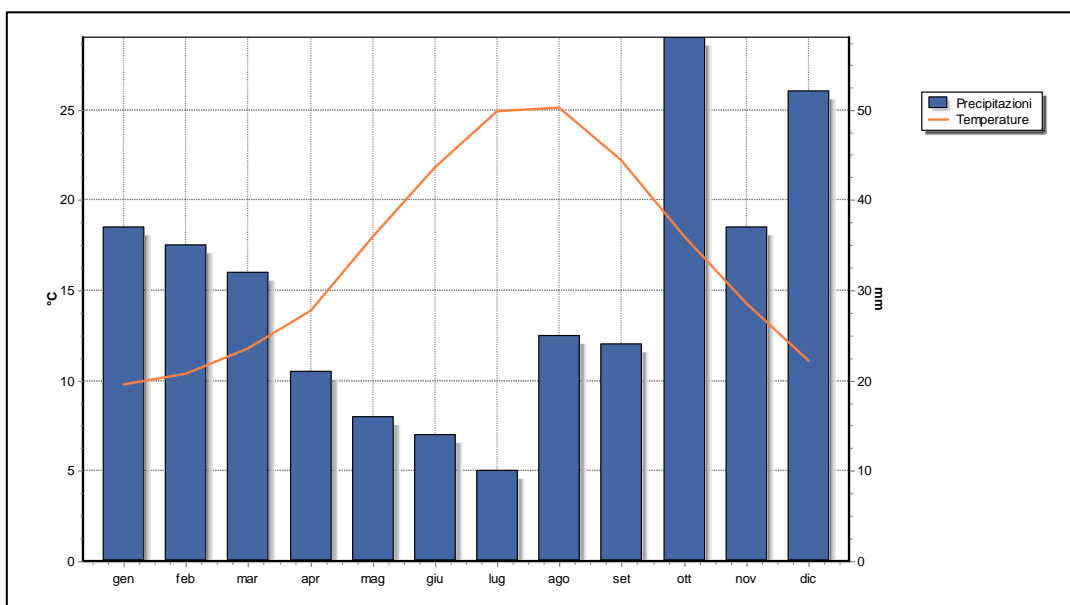


Figura 3-2. Diagramma ombrotermico.

Dal climogramma di Peguy si può constatare che i mesi di gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre e dicembre sono “temperati”, mentre aprile, maggio, giugno, luglio, agosto e settembre sono “caldi e aridi”.

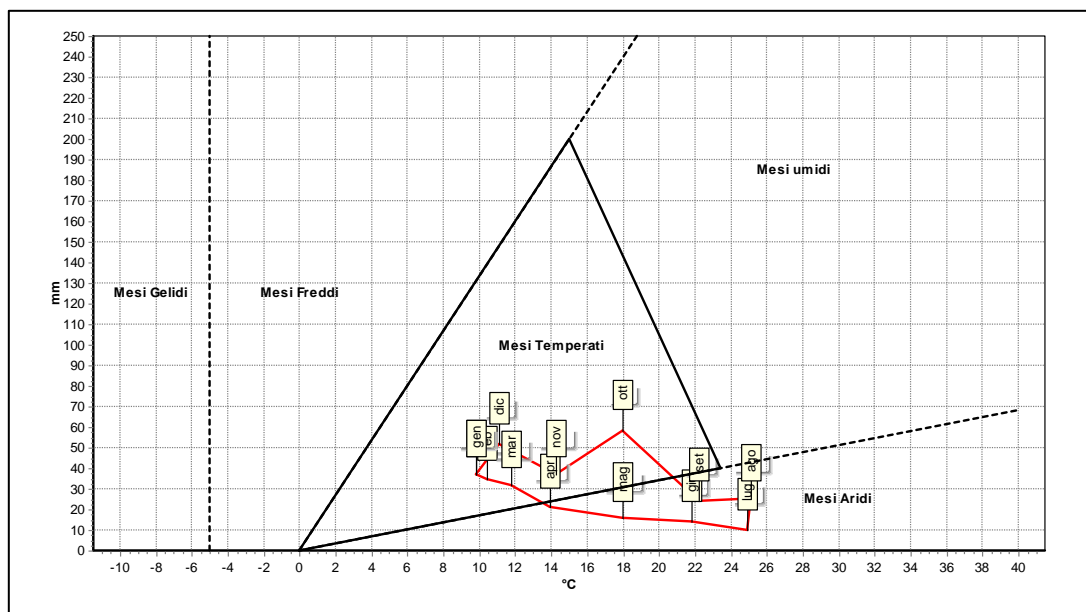


Figura 3-3. Climogramma di Peguy.

Nessun mese ricade tra i “gelidi”, i “freddi” e gli “umidi”.

Nella tabella seguente sono riportati alcuni degli Indici climatici annuali maggiormente utilizzati.

Pluviofattore di Lang	21,49
Indice di Fournier	9,32
Indice di Amann	396,39
Evaporazione Idrologica di Keller	501,88 mm
Mesi aridi secondo Gaussen	Apr, Mag, Giu, Lug, Ago, Set
Indice ombrotermico annuale	1,79
Indice ombrotermico estivo	0,68

Tabella 3-4. Elenco principali indici climatici.

Si rimanda agli Allegati per il Report climatico completo.

3.1 Bilancio Idrologico

Per una valutazione quantitativa delle acque, si è proceduto ad effettuare il Bilancio Idrologico secondo Thornthwaite, elaborato statisticamente nell'arco dei 12 mesi.

Dall'analisi dei dati si evidenzia che, a fronte di 361 mm/anno di Precipitazioni, si registra un'evapotraspirazione potenziale (Etp) di ben 1096,1 mm/anno. Ciò evidenzia una situazione di aridità alquanto marcata nel periodo estivo; infatti, il deficit idrico (D) è di ben 735,1 mm/anno e si concentra nel periodo da luglio a settembre.

Anche i dati relativi all'acqua a disposizione delle piante nella zona radicale (PAW) sono d'interesse. Il ruscellamento (R) è pari a 0 mm/anno.

Modello di Thornthwaite

Bilancio idrico mensile

z	1,8 m	Profondità apparato radicale
FC	0,25 m ³ /m ³	Capacità di ritenzione idrica
PWP	0,18 m ³ /m ³	Punto di appassimento
mxPAW=(FC-PWP) * z	126 mm	Acqua massima utilizzabile dalle piante

MESE	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
Precipitazioni	37,0	35,0	32,0	21,0	16,0	14,0	10,0	25,0	24,0	58,0	37,0	52,0	361,0
Etp	28,3	30,4	45,0	109,8	103,8	140,9	177,2	169,2	123,5	83,2	51,1	33,7	1096,1
dS	8,7	4,6	-13,0	-18,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,3
PAW	27,0	31,7	18,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,3	95,7
AET	28,3	30,4	45,0	39,7	16,0	14,0	10,0	25,0	24,0	58,0	37,0	33,7	
R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
D	0,0	0,0	0,0	70,1	87,8	126,9	167,2	144,2	99,5	25,2	14,1	0,0	735,1

Legenda

dS = ritenuta idrica del suolo, mm H₂O
 PAW = acqua a disposizione delle piante nella zona radicale (mm H₂O)
 AET = evapotraspirazione reale (mm H₂O)
 R = surplus; ruscellamento o drenaggio
 D = deficit idrico

Figura 3-4. Bilancio Idrologico secondo Thornthwaite.

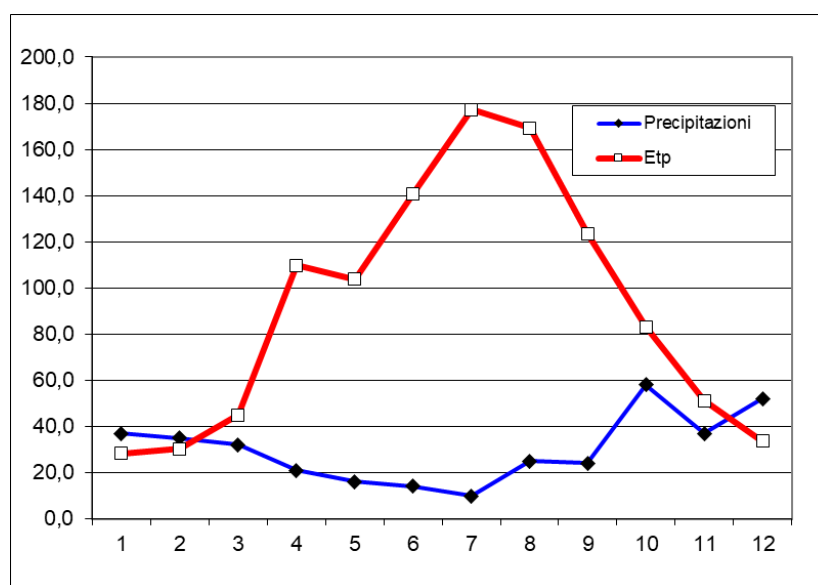


Figura 3-5. Grafico di Thornthwaite.

4 CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE

Il suolo è una risorsa di valore primario, al pari dell'aria e dell'acqua. Le funzioni del suolo sono molteplici: ecologiche, ambientali, produttive. È da questa consapevolezza che deriva l'esigenza di acquisire conoscenze sempre più approfondite di questa risorsa, per poterla utilizzare e gestire secondo criteri di conservazione e sostenibilità.

Il suolo ha proprietà differenti dal sottostante materiale roccioso perché è il risultato delle interazioni esistenti sulla superficie terrestre tra il clima, la morfologia, l'attività degli organismi viventi (incluso l'uomo) e i materiali minerali di partenza.

Le informazioni sui suoli regionali, contenute nel sistema informativo pedologico e nella carta pedologica, possono essere utilizzate per varie esigenze di pianificazione del territorio. Le applicazioni di una carta pedologica sono molteplici, nei campi agricolo, forestale, urbanistico, e ambientale in senso lato. La conoscenza del suolo dovrebbe fornire un supporto alle scelte di pianificazione, in modo che queste non pregiudichino l'utilizzo di tale risorsa in futuro.

Nell'area del territorio di Ramacca (CT) è possibile individuare soprattutto il sottosistema pedologico dei "Regosuoli da rocce argillose" (vedi cartografia seguente, Classe 5).

I regosuoli da rocce argillose in affioramento sono poco profondi, con potenza media di 0,5 ÷ 1,5 m; la costituzione è prevalentemente sabbiosa e sabbioso-argillosa e la colorazione è giallastra.

La granulometria dei suoli, come atteso, è prevalentemente argillosa (48,8 ÷ 50,0%), passante a limosa (37,5 ÷ 40,2%), con poca sabbia (11,1 ÷ 12,5%). Qui lo scheletro è estremamente variabile (0,5 ÷ 4%).

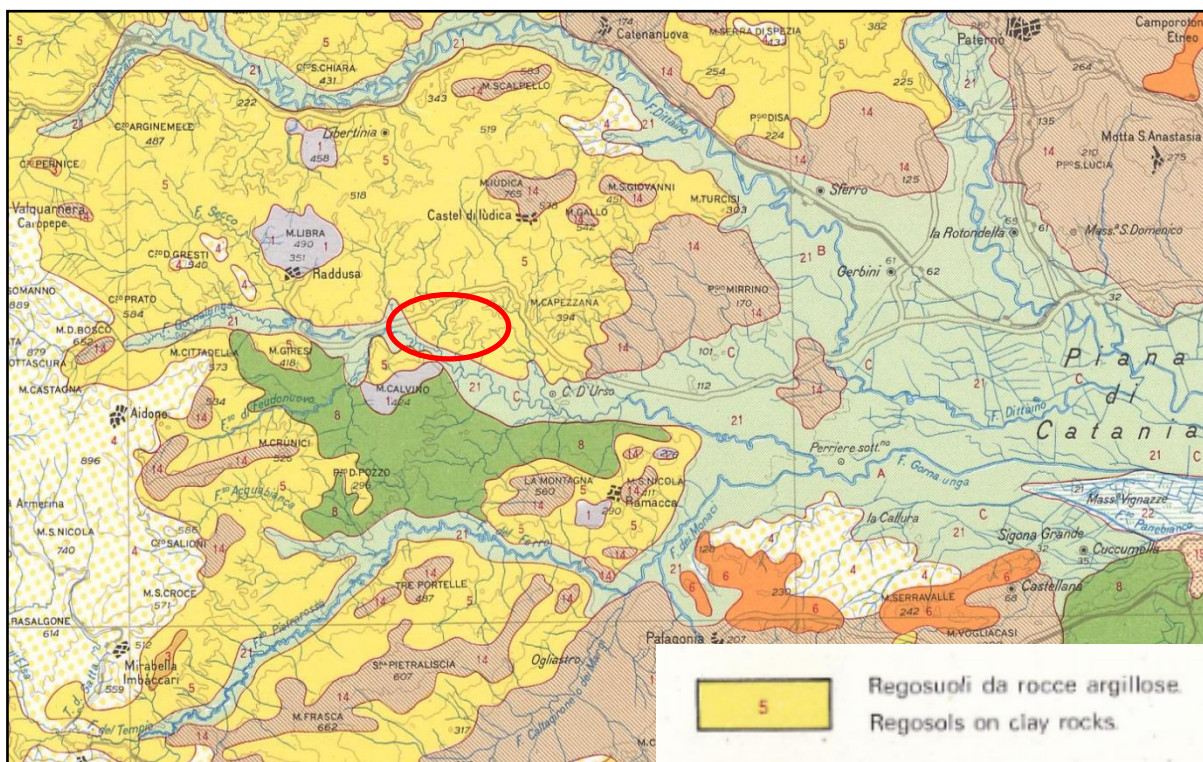


Figura 4-1. Carta dei suoli della Sicilia (da BALLATORE e FIEROTTI, 1966). Nel cerchio rosso l'area di indagine.

Dallo stralcio cartografico dell'uso del suolo di seguito riportato (portale S.I.T.R. Sicilia), si evince che l'area in esame rientra in "Seminativi semplici e colture erbacee estensive".

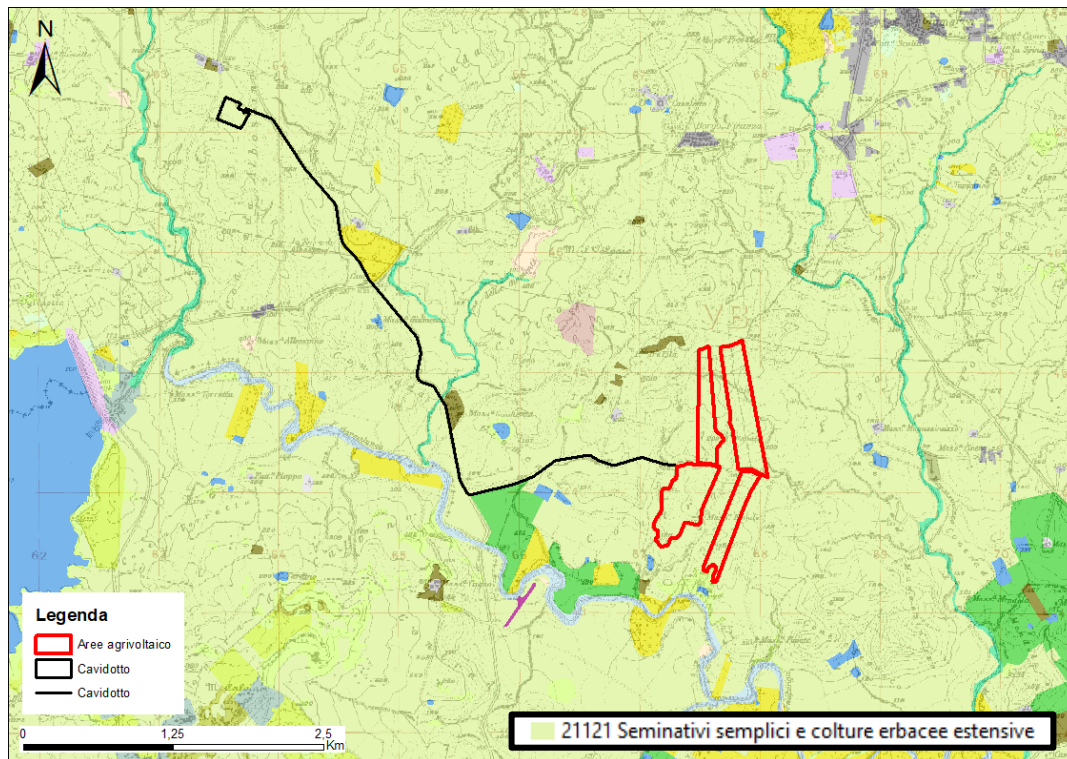


Figura 4-2. Stralcio dell'uso del suolo dell'area ad impianti agrivoltaici.

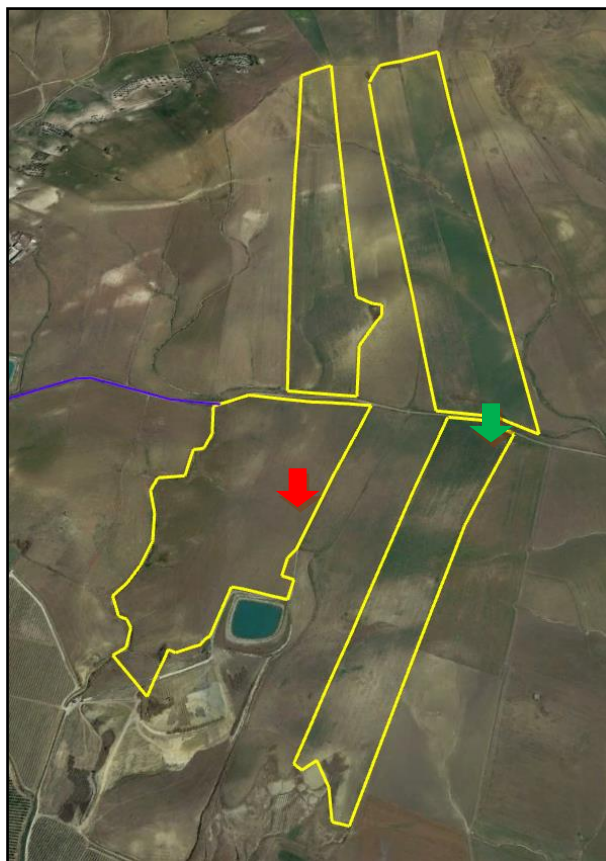
Data la scarsa pendenza dei versanti, non si rende necessario procedere a particolari sistemazioni del terreno (per ridurre l'eccessiva velocità di scorrimento delle acque). Sono stati rilevati negli areali a maggior pendenza dei segni di erosione superficiale, di tipo superficiale diffusa e, lungo i fossi che delimitano gli appezzamenti, concentrata in rivoli.

Il rilevamento pedologico, effettuato nel maggio 2023 tramite osservazioni dirette, ha permesso di riscontrare una copertura di terreno alquanto continua nelle aree d'intervento.

Il rilevamento di dettaglio eseguito ha comportato anche il prelievo di 2 campioni di terreno, prelevati in minipit (pozzetti a sezione variabile, profondi 30 ÷ 50 cm e larghi 20 ÷ 40 cm) nei punti ritenuti di interesse e di seguito indicati:

- Campione n.1 (rapporto di prova 23/05026-00) Lat. 37° 26' 26,23" Long. 14° 37' 56,5";
- Campione n.2 (rapporto di prova 23/05027-00) Lat. 37° 26' 34,25" Long. 14° 38' 15,39";

I campioni sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio presso la Chem Service Italia del Dott. Tino Loria di Catania.



↓ Minipit 1 ↓ Minipit 2

Figura 4-3. Corografia ubicazione stazioni

Dai rilievi effettuati in sito nel maggio 2023 e dai risultati delle citate analisi di laboratorio (in allegato i relativi rapporti di prova) si evince quanto segue.

Campione 1

- a) La quota della stazione è di 184 m s.l.m.
- b) La pendenza dell'area all'intorno è pari a $< 5\%$ (superficie pianeggiante).
- c) L'esposizione è NE.
- d) In base ai dati granulometrici si ottiene:
 - 12,5% Sabbia;
 - 37,5% Limo;
 - 50,0% Argilla.Pertanto, il terreno si può definire come "Argilloso".
- e) In base alle Munsell Soil Color Charts si può definire 4/4 Tab.7.5 YR
- f) Il pH (logaritmo negativo della concentrazione idrogenionica della soluzione acquosa del suolo) indica il grado di acidità e di alcalinità del terreno. Questo campione, con pH pari a 7,6 si può definire "Debolmente alcalino".

- g) Per la dotazione di Sostanza Organica (S.O. = $1,72 \cdot C_{org}$) la valutazione agronomica si può definire “Scarsa”.
- h) Per la dotazione di CSC la valutazione agronomica si può definire “Alta”.



Figura 4-4. Minipit n.1.

RILIEVO PEDOLOGICO				
Parametro		Unità di misura Standard adottato	Valore	Definizione Classificazione
1	Colore	Munsell (hue-value-chroma)	7,5 YR – 4/4	
2	Quota	m s.l.m.	184	
3	Clivometria	%	< 5	Superficie pianeggiante
4	Esposizione	°	NE	
5	Uso suolo	ISSDS 97	200	Seminativo avvicendato
6	Rocciosità	%	0	Assente
7	Pietrosità	%	0	Assente
8	Substrato	Carnicelli&Wolf	A	Argilloso
9	Curvatura morfometrica	Shoeneberger	LL	Lineare-Lineare
10	Forma	Carnicelli&Wolf	ELR	Versante lineare regolare
11	Durezza	Shoeneberger	S	Soffice
12	Erosione reale	ISSDS 97	1	Moderata – sheet erosion
13	Rischio inondazione	Carnicelli&Wolf	0	Assente
14	Adesività	Carnicelli&Wolf	32	Debolmente adesivo
15	Grado di aggregazione	ISSDS 97	1	Sciolto
16	Densità apparente	USDA	1,2 (A)	Media
17	Drenaggio interno	SSM	5	Piuttosto mal drenato
18	Capacità di accettazione piogge	Jarvis e Mackney	4	Bassa
19	Conducibilità idraulica	SSM	A-50 / L-37	Bassa
20	Presenza radici	SSM	2 ÷ 10	Medie – Grossolane
21	Presenza tracce attività biologica	SINA	0	Nessuna

Campione 2

- a) La quota della stazione è di 163 m s.l.m.
- b) La pendenza dell'area all'intorno è $< 5\%$ (superficie pianeggiante).
- c) L'esposizione è SO.
- d) In base ai dati granulometrici si ottiene:
 - 11,1% Sabbia;
 - 40,2% Limo;
 - 48,8% Argilla.Pertanto, il terreno si può definire come "Argilloso".
- e) In base alle Munsell Soil Color Charts si può definire 4/4 Tab.7.5 YR.
- f) Il pH (logaritmo negativo della concentrazione idrogenionica della soluzione acquosa del suolo) indica il grado di acidità e di alcalinità del terreno. Questo campione, con pH pari a 7,6 si può definire "Debolmente alcalino".
- g) Per la dotazione di Sostanza Organica ($S.O. = 1,72 \cdot C_{org}$) la valutazione agronomica si può definire "Scarsa".
- h) Per la dotazione di CSC la valutazione agronomica si può definire "Alta".



Figura 4-5. Minipit n.2

RILIEVO PEDOLOGICO				
Parametro		Unità di misura Standard adottato	Valore	Definizione Classificazione
1	Colore	Munsell (hue-value-chroma)	7,5 YR – 4/4	
2	Quota	m s.l.m.	163	
3	Clivometria	%	< 5	Superficie pianeggiante
4	Esposizione	°	SO	
5	Uso suolo	ISSDS 97	200	Seminativo avvicendato
6	Rocciosità	%	0	Assente
7	Pietrosità	%	0	Assente
8	Substrato	Carnicelli&Wolf	A	Argilloso
9	Curvatura morfometrica	Shoeneberger	LL	Lineare-Lineare
10	Forma	Carnicelli&Wolf	ELR	Versante lineare regolare
11	Durezza	Shoeneberger	S	Soffice
12	Erosione reale	ISSDS 97	1	Moderata – sheet erosion
13	Rischio inondazione	Carnicelli&Wolf	0	Assente
14	Adesività	Carnicelli&Wolf	32	Debolmente adesivo
15	Grado di aggregazione	ISSDS 97	1	Sciolto
16	Densità apparente	USDA	1,2 (A)	Media
17	Drenaggio interno	SSM	5	Piuttosto mal drenato
18	Capacità di accettazione piogge	Jarvis e Mackney	4	Bassa
19	Conducibilità idraulica	SSM	A-48 / L-40	Bassa
20	Presenza radici	SSM	2 ÷ 5	Fini - Medie
21	Presenza tracce attività biologica	SINA	1 - 4	Tracce mammiferi - Molluschi

In allegato i Rapporti di prova n. 23/05026-00 e 23/05027-00 del Laboratorio Pedologico ChemService di Catania, a cui si rimanda anche per l'analisi degli altri parametri pedologici (calcare, azoto, fosforo, sodio, potassio, ecc.).

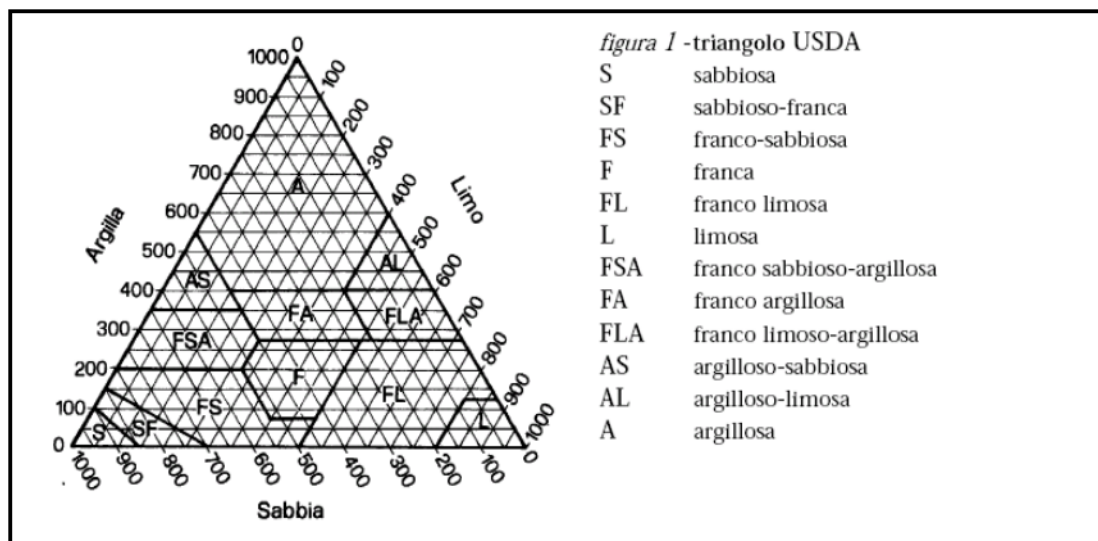


Figura 4-6. Diagramma granulometrico ternario USDA

Ramacca (CT)	
Classificazione (pH in acqua)	Reazione
Ultra acido	< 3,5
Estremamente acido	3,5 - 4,4
Molto fortemente acido	4,5 - 5,0
Fortemente acido	5,1 - 5,5
Moderatamente acido	5,6 - 6,0
Debolmente acido	6,1 - 6,5
Neutro	6,6 - 7,3
Debolmente alcalino	7,4 - 7,8
Moderatamente alcalino	7,9 - 8,4
Fortemente alcalino	8,5 - 9,0
Molto fortemente alcalino	> 9,0

Tabella 4-1. Classificazione pH (in H₂O)

Ramacca (CT)				
GIUDIZIO	Dotazione di sostanza organica %			CLASSE DI DOTAZIONE PER SCHEDE STANDARD
	Terreni sabbiosi (S-SF-FS)	Terreni medio impasto (F-FL-FA-FAS)	Terreni argillosi e limosi (A-AL-FLA-AS-L)	
Molto basso	<0,8	<1,0	<1,2	Scarsa
Basso	0,8-1,4	1,0-1,8	1,2-2,2	
Medio	1,5-2,0	1,9-2,5	2,3-3,0	Normale
elevato	>2,0	>2,5	>3,0	Elevata

Tabella 4-2. Classificazione dotazione sostanza organica.

Ramacca (CT)	
C.S.C. (meq/100 g di suolo)	Valutazione agronomica (terreni)
< 5	Molto bassa
5 – 10	Bassa
11 – 20	Media
> 20	Alta

Tabella 4-3. Classificazione di valutazione agronomica – CSC.

Per meglio definire il livello di assorbimento e permeabilità, nella parte più superficiale del suolo, è stata eseguita una prova di permeabilità a carico variabile in pozzetto superficiale, secondo lo standard A.G.I. 1977:

$$Permeabilità (K) = h_1 - \frac{h_2}{t_2} - t_1 * 1 + \frac{\left(\frac{2h_m}{b}\right)}{27 * \left(\frac{h_m}{b}\right) + 3}$$

La prova è stata effettuata per tre volte nel minipit del saggio pedologico e i risultati sono stati mediati per ottenere un valore di permeabilità più attendibile.

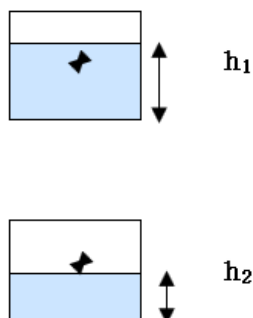


Figura 4-7. Prova di permeabilità a carico variabile in pozzetto superficiale (standard AGI, 1977).

DATI	Unità di misura	Misura 1	Misura 2	Misura 3	Media
h_1 = altezza iniziale del livello dell'acqua	cm	154	153	152	
h_2 = altezza finale del livello dell'acqua	cm	153	152	151	
$t_2 - t_1$ = tempo trascorso per il raggiungimento di h_2	min	1,80	2,65	4,2	
h_m = altezza media tra h_1 e h_2	cm	153,5	152,5	151,5	
b = lato della base del pozzetto	cm	30,0	30,0	30,0	
K = coefficiente di permeabilità	cm/sec	0,0007	0,0005	0,0003	0,0005

Tabella 4-4. Prova di permeabilità a carico variabile in pozzetto S1.

DATI	Unità di misura	Misura 1	Misura 2	Misura 3	Media
h_1 = altezza iniziale del livello dell'acqua	cm	155,0	154,0	153,0	
h_2 = altezza finale del livello dell'acqua	cm	154,0	153,0	152,0	
$t_2 - t_1$ = tempo trascorso per il raggiungimento di h_2	min	2,46	3,80	5,45	
h_m = altezza media tra h_1 e h_2	cm	154,5	153,5	152,5	
b = lato della base del pozzetto	cm	30,0	30,0	30,0	
K = coefficiente di permeabilità	cm/sec	0,0006	0,0003	0,0002	0,0004

Tabella 4-5. Prova di permeabilità a carico variabile in pozzetto S2.

k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
GRADO DI PERMEABILITÀ	alto			medio	basso	molto basso		impermeabile				
DRENAGGIO	buono					povero			praticamente impermeabile			

Tabella 4-6. Schema sintetico dei rapporti tra il coefficiente di permeabilità e il drenaggio.

Come si evince dal risultato della Prova di permeabilità a carico variabile in pozzetto superficiale (standard A.G.I. 1977), il grado di permeabilità è "Medio" e, di conseguenza, il drenaggio è "Buono".

Ciò è imputabile, prevalentemente, alle arature e allo stato di fessurazione del suolo, in quanto le caratteristiche granulometriche del suolo, come si evince dalle prove di laboratorio eseguite, presentano una componente argillosa e limosa significativa.

5 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'evoluzione geomorfologica della macro area di studio è legata ad un insieme di fattori geologici s.l. e geologico-strutturali che hanno agito, in maniera concomitante, nello sviluppo del paesaggio attuale. In particolare, la morfologia superficiale del territorio in esame risulta profondamente connessa all'evoluzione geodinamica della Catena Appenninico-Maghrebide e dell'Avanfossa Gela-Catania (LENTINI et al., 1996; MONACO et al., 2000), particolarmente intensa nel Pleistocene medio-superiore e nell'Olocene.

I termini di chiusura della successione di avanfossa sono rappresentati da sequenze marine regressive distinte in sette diversi ordini di superfici terrazzate, ognuna caratterizzata da un limite inferiore in contatto discordante sulle sottostanti argille marnose e da un limite superiore in contatto con i sovrastanti depositi marini, prevalentemente sabbiosi, e con i successivi depositi alluvionali (CATALANO et al. 2004). Le relazioni geometriche esistenti tra le sette sequenze di superfici terrazzate ed i livelli vulcanici etnei, consentono di riferire l'età dei cunei clastici all'intervallo di 240-39 ka e quindi, di vincolarli alle ultime sette variazioni eustatiche del livello marino (CATALANO et al. 2004).

Ad essa si aggiungono gli effetti geomorfologici dovuti al deflusso delle acque superficiali e ai fenomeni gravitativi agenti sui rilievi, oltre che locali elementi di genesi antropica connessi alle maggiori opere di comunicazione e ai sistemi di regimazione idraulica dei corsi d'acqua.

Morfologicamente la macroarea è caratterizzata da un paesaggio da collinare a pianeggiante con notevole varietà di forme e litologie, date da terreni prevalentemente sedimentari. L'attuale configurazione morfologica è strettamente connessa alla complessa interazione dei processi fluviali che hanno modificato sensibilmente la fisiografia del paesaggio.

Gran parte del territorio è occupato dai depositi della Piana di Catania, che si estende dell'Altopiano Ibleo, a sud-est, alle estreme propaggini del massiccio etneo, a nord-est. La Piana si estende dalle colline dell'allineamento Paternò-Motta S.Anastasia alla confluenza dei fiumi Simeto e Dittaino, fino a comprendere il medio corso del F. Gornalunga.

La Piana è costituita dai depositi dei tre principali fiumi, rappresentati prevalentemente da limi, sabbie fini, silt e da livelli generalmente lentiformi di ghiaie sabbiose. Questi ultimi costituiscono un acquifero di notevole importanza.

La rete fluviale dell'area vasta comprende il F. Simeto e i suoi principali affluenti in destra idrografica, nell'ordine rispettivamente F. Dittaino e F. Gornalunga. L'andamento dei tre fiumi, nei tratti medio-alti, è all'incirca N-S per il Simeto, NO-SE per il Dittaino, E-O per il Gornalunga; nell'area di confluenza, invece, i tre fiumi assumono andamento E-O. I tributari minori sono rappresentati da torrenti a breve corso e sono caratterizzati da fenomeni di erosione più diffusi rispetto a quelli di deposizione, che risultano quindi limitati, nei tratti a minore acclività, a modeste coperture alluvionali. Si tratta di corsi a regime torrentizio con elevato potere erosivo e di trasporto nei periodi di piena e in conseguenza di precipitazioni eccezionali.

In queste occasioni la velocità di deflusso delle acque, regimentate in sezioni più o meno ampie e con modeste pendenze, determina il trasporto di un elevato volume di detrito a granulometria fine, mentre il materiale più grossolano viene in gran parte abbandonato allo sbocco nelle pianure alluvionali. Il trasporto solido in sospensione di questi corsi d'acqua è spesso notevole, specialmente quando sottendono a bacini imbriferi costituiti prevalentemente da sedimenti argillosi facilmente erodibili, anche per la scarsa copertura vegetale, con conseguente rapido interrimento degli invasi artificiali, a causa dell'abbondante deposito di materiali fini. Ove non esistono sbarramenti, le ondate di piena trasportano a valle ingenti volumi di materiale solido, che talora danno luogo ad alluvioni disastrose per le pianure coltivate.

Nell'intera area esaminata, le principali forme di accumulo connesse al deflusso idrico superficiale derivano, essenzialmente, dai processi deposizionali dei principali sistemi fluviali presenti, che conferiscono a tutta l'area di studio una morfologia blandamente ondulata e leggermente

degradante verso SE. Tali depositi presentano al loro interno vistose variazioni granulometriche e tessiturali e risultano, molto spesso, fortemente interdigitati tra loro, creando così un articolato sistema sedimentario di origine alluvionale. In corrispondenza dei corsi d'acqua principali, e secondariamente lungo gli alvei dei loro affluenti maggiori, si rinvengono inoltre vistose scarpate di erosione fluviale e zone di erosione laterale delle sponde. Gli alvei secondari mostrano, in generale, una marcata tendenza all'approfondimento mentre, gli alvei più importanti, sono caratterizzati da zone in approfondimento e settori di prevalente deposizione. Ulteriori scarpate fluviali, ormai inattive e fortemente degradate, sono presenti in corrispondenza dei margini esterni dei terrazzi alluvionali più estesi, posti a quote variabili dal fondovalle attuale.

Infine, in corrispondenza dei versanti e dei rilievi più acclivi dove affiorano i termini litologici del substrato marino meso-cenozoico, sono presenti chiari fenomeni erosivi, sia areali che lineari, connessi col deflusso non regimato delle acque superficiali in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi e severi. Nelle porzioni basali dei rilievi, dal limite superiore della fascia pedemontana fino a raggiungere il recapito finale, il carico solido diminuisce gradualmente, in relazione alla ormai diminuita velocità della corrente, e i corsi d'acqua tendono a divagare nella valle e ad assumere un andamento di tipo meandriforme. Tali condizioni di deflusso portano, quindi, all'accumulo frequenti depositi eluvio-colluviali alla base dei rilievi più estesi che, localmente, possono raggiungere spessori prossimi ai 3 m.

Passando all'analisi geomorfologica semi-quantitativa, il Digital Elevation Model (DEM) può essere utilizzato per calcolare una serie di variabili impiegabili nel processo di derivazione delle mappe.

Con una rappresentazione in formato raster è possibile migliorare la raffigurazione della distribuzione spaziale dei suoli e delle loro caratteristiche; infatti, seppur con le limitazioni che l'informazione digitale discreta permette, è possibile ottenere quella sequenza a toni sfumati che caratterizza il continuum tipico della variabilità delle componenti naturali.

Le variabili geomorfologiche (terrain attributes) possono fornire le migliori indicazioni per la variabilità spaziale delle proprietà dei suoli, specialmente in aree dove la sua percezione in relazione ai fattori ambientali è piccola. Pertanto, per tali scopi è di fondamentale interesse l'analisi della topografia (FLORINSKY 2012).

Secondo HUDSON (1992) l'interazione tra i fattori (clima, organismi, materiale parentale e topografia in un certo periodo di tempo) porta alla formazione di un unico suolo o gruppo di suoli in una determinata area della superficie terrestre. Si può supporre, quindi, che due siti con condizioni edafiche paragonabili abbiano suoli simili; inoltre, tanto più i siti presentano affinità tra loro, tanto maggiore sarà la probabilità che essi presentino suoli con caratteristiche simili. La somiglianza tra due suoli in due punti diversi può essere approssimata per astrazione al concetto di similitudine tra condizioni edafiche stazionali. Si suppone, pertanto, che il paesaggio (HUDSON sensu) possa essere descritto con una serie di variabili geomorfologiche costruite a partire dal DEM, le quali complessivamente danno origine a un iperspazio che è una approssimazione del corrispondente multidimensionale paesaggio reale.

Il paesaggio reale è frutto delle azioni che ricadono nel bacino idrografico. Quest'ultimo corrisponde all'unità territoriale principale di riferimento, nell'ambito della quale si sviluppano tutti i processi geomorfologici legati, in modo diretto o indiretto, all'azione delle acque, superficiali e sub-superficiali, senza particolari interazioni con le porzioni di territorio adiacenti. La scala del bacino idrografico va considerata relativamente a due rilevanti aspetti:

- Condizioni al contorno imposte (imposed boundary conditions): sono rappresentate dall'energia del rilievo, le pendenze, la topografia e la morfologia delle valli, ecc.;
- Condizioni al contorno di flusso liquido e solido (flux boundary conditions): vale a dire le cosiddette variabili guida del sistema (portate liquide e solide).

La variabile Topographic Position Index caratterizza le forme di paesaggio e si basa sulla landforms classification, che si basa su 10 differenti forme di paesaggio. In letteratura per la

classificazione dei valori dei pixel, in termini di forme del paesaggio, si riporta la seguente classificazione, in cui le definizioni delle diverse landforms possono avere un significato più strettamente idrologico, oppure più strettamente geomorfologico.

La pendenza è l'aspetto più rilevante per la caratterizzazione dei movimenti gravitativi in un territorio e svolge un ruolo primario nei calcoli di molte variabili secondarie. L'analisi delle superfici a bassa pendenza o sub-orizzontali, estratte in automatico dal DEM per intervalli prestabiliti, conforta l'interpretazione di tali elementi del paesaggio fisico come superfici relitte terrazzate. Le superfici piane, suddivise in tre ordini a seconda della loro quota, appaiono diffuse sull'intera area di studio.

L'azione dell'acqua sulla superficie terrestre si esplica attraverso una serie di fenomeni che iniziano con la caduta delle gocce di pioggia sul suolo (splash erosion) e prosegue con il ruscellamento superficiale in forma areale (sheet erosion), con basso grado di incanalamento (rill erosion, canali di scorrimento con profondità < 10 cm circa), con fenomeni di ruscellamento incanalato ad erosione concentrata (gully erosion, impluvi accentuati profondi anche 1 m) o infine nello scorrimento nei corsi d'acqua (fiumi e torrenti).

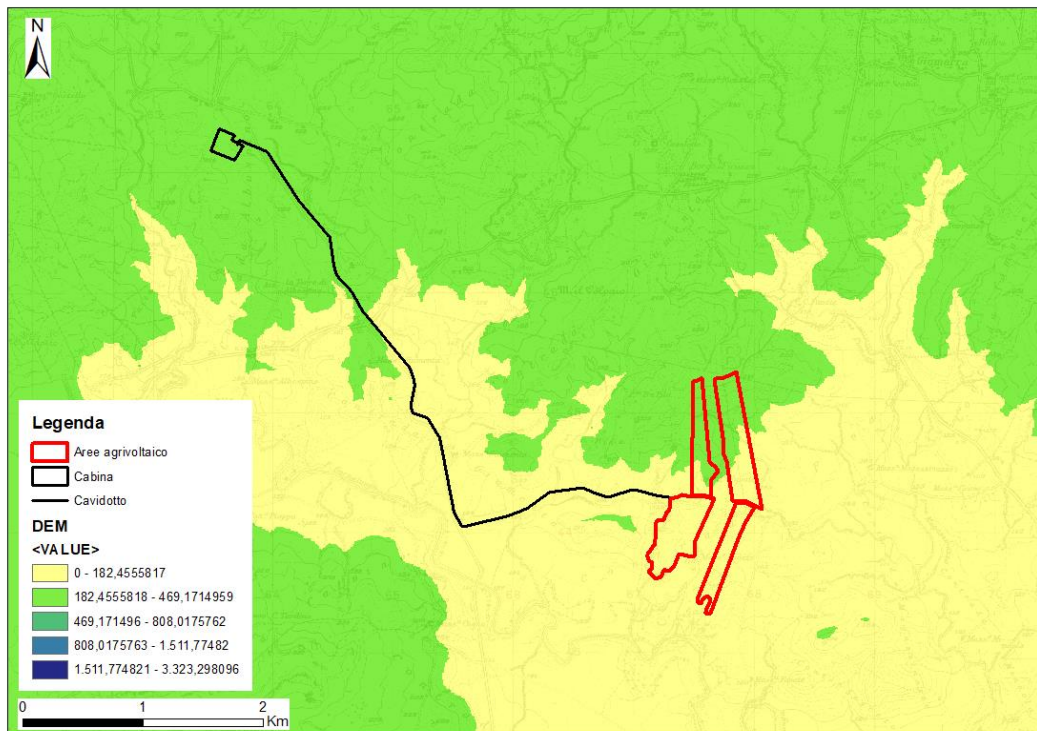


Figura 5-1. Condizioni al contorno imposte – Elaborazione delle quote topografiche, nonché dell'energia del rilievo.

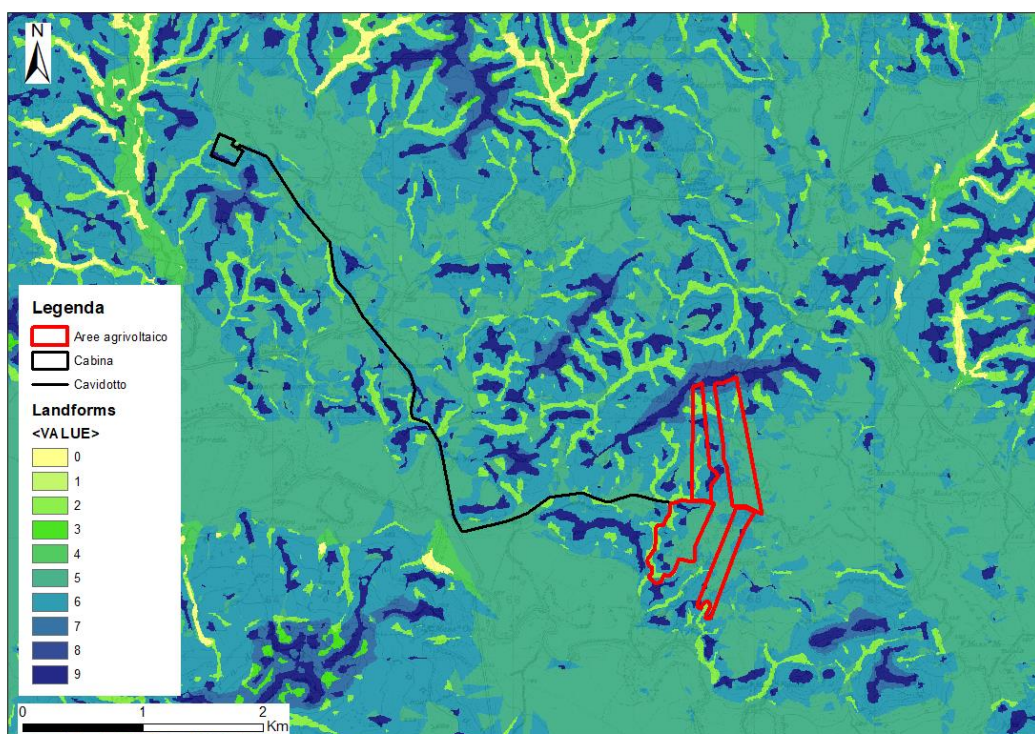


Figura 5-2. Condizioni al contorno imposte – Elaborazione della classificazione delle forme del paesaggio.

Landforms Values	Inglese	Italiano
0	Streams	Impluvi profondi e canyon
1	Midslope drainages	Vallecole ed impluvi poco profondi
2	Upland drainages	Siti superiori di drenaggio montano
3	U-shape valleys	Piè versante e valle a forma di U
4	Plains	Pianure e pianori
5	Open slopes	Medio versante
6	Upper slopes	Alto versante
7	Local ridges	Convessità e crinali isolati in pianura e pianori
8	Midslope ridges	Convessità e crinali inferiori
9	High ridges	Crinali

Tabella 5-1. Landforms classification.

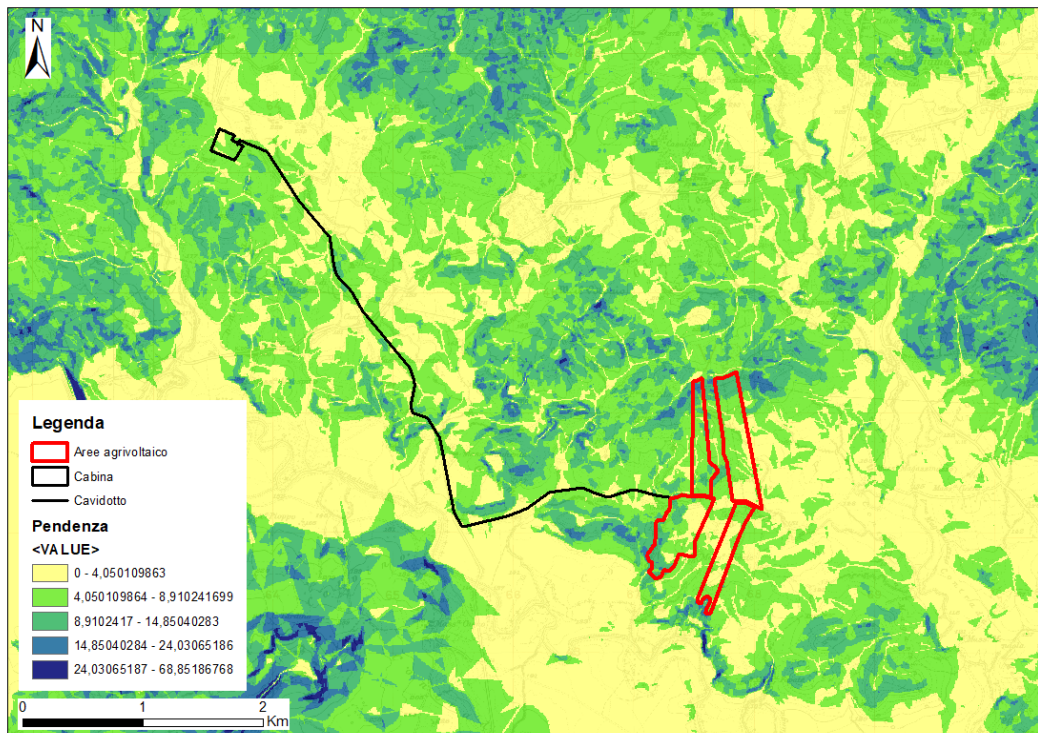


Figura 5-3. Condizioni al contorno imposte - Elaborazione delle pendenze.

La velocità del deflusso superficiale può essere limitata da azioni di miglioramento della permeabilità dei suoli e dalla presenza di vegetazione o anche da barriere fisiche che limitano lo scorrimento.

Corsi d'acqua di tipo non confinato o semi-confinato (eccetto soglie rocciose intermedie), di dimensioni da intermedie a grandi presentano l'alveo alluvionale (a fondo mobile) libero di auto-modellarsi sia in senso altimetrico che planimetrico, a differenza degli alvei confinati (talvolta definiti semi-alluvionali).

La configurazione plano-altimetrica dell'alveo del F. Gornalunga è il risultato dell'interazione tra processi responsabili della sua formazione (variabili guida del sistema, ovvero portate liquide e solide) e condizioni al contorno (forma del fondovalle, sedimenti che lo compongono, presenza o meno di vegetazione).

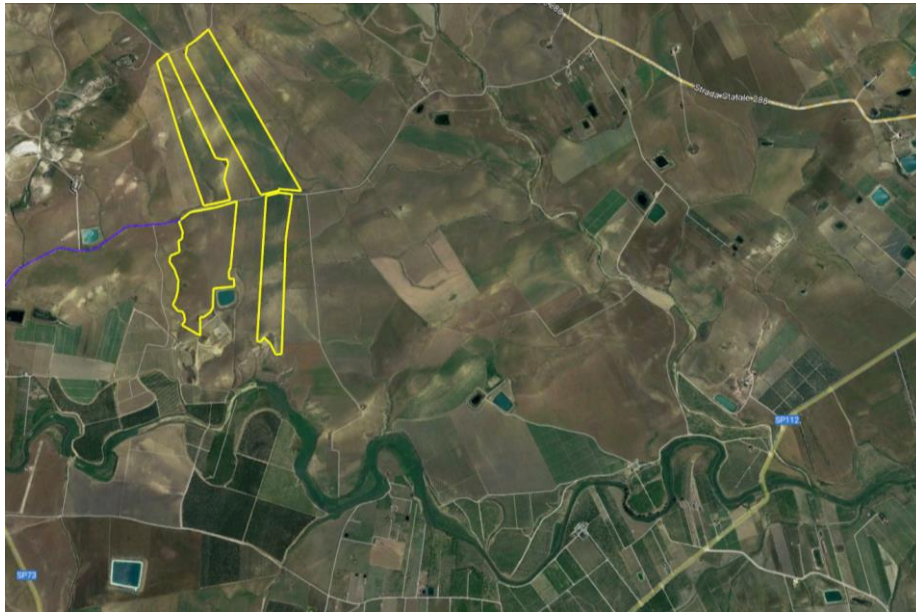


Figura 5-4. Stralcio dell'ortofoto satellitare del Fiume Gornalunga.

Il sistema di ROSGEN (1994) rappresenta probabilmente la classificazione morfologica più completa di corsi d'acqua naturali.

La classificazione si basa su tre livelli di conoscenza:

- Caratteristiche del fiume: che dipendono dalle forme del rilievo, morfologia della valle e dell'alveo;
- Tipologia di valle fluviale: è la principale variabile della forma dei fiumi;
- Descrizione morfologica di dettaglio: da misure dirette in alveo della forma del canale e composizione del letto.

I tipi di torrente "C" si trovano in valli da strette ad ampie, costruite da depositi alluvionali. I canali di tipo "C" presentano una golena ben sviluppata (poco trincerate), sono relativamente sinuosi con una pendenza del 2% o inferiore e una morfologia del letto indicativa di una configurazione riffle/pool.

Le principali caratteristiche morfologiche sono: il canale sinuoso, a basso rilievo, le golene ben sviluppate, e caratteristici "point-bar" all'interno del canale attivo.

I processi di aggradazione/degradazione e di estensione laterale sono intrinsecamente dipendenti dalla stabilità naturale degli argini, dalle condizioni dello spartiacque di monte e dal regime di flusso e dei sedimenti.

Il flusso dei canali di tipo "C" può essere significativamente alterato e rapidamente destabilizzato provocando il superamento della soglia di stabilità.

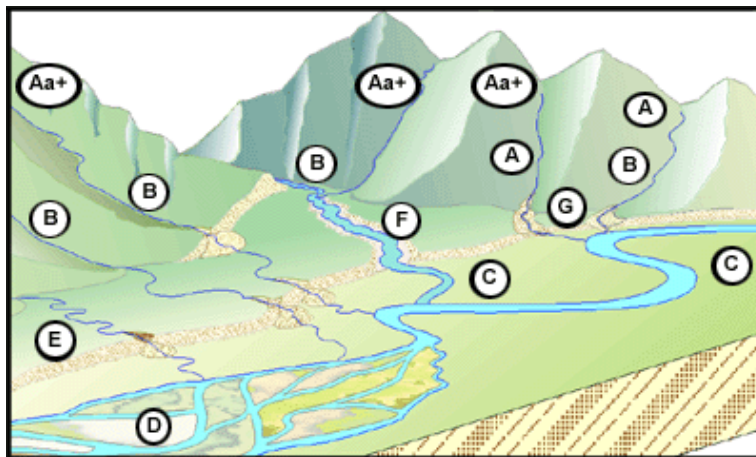


Figura 5-5. Condizioni al contorno imposte - Diversi tipi fluviali in diverse zone del paesaggio.

Il bacino di utenza (anche noto come accumulazione di flusso), può essere utilizzato per impostare una soglia per l'inizializzazione dei canali. L'algoritmo di calcolo del tool utilizzato (SAGA) è basato sulla pendenza e su specific catchment area come sostituto della lunghezza del versante. Catchment area (recursive method) (SAGA), Catchment area (max flux method) (SAGA), convergence index (SAGA), sono variabili che forniscono informazioni riguardo al flusso idrologico superficiale (GRUBER e PECKHAM 2009). La legenda mostra i valori delle celle dell'elaborazione, le quali si riferiscono all'ordine delle aste fluviali (in blu, è evidenziato il V ordine che corrisponde ai canali principali del Bacino idrografico del F. Gornalunga).

La variabile Flow direction è tipicamente utilizzata per comprendere il flusso idrologico. Essa consente di mappare la direzione del flusso determinata dalla massima pendenza (ZHAO et alii 2009). Utilizzando l'opzione Raster Drop viene creato un raster di output che mostra il valore (in termini percentuali) del rapporto tra la massima variazione dell'elevazione, individuata tra i pixel lungo la direzione del flusso e la lunghezza del percorso tra i centri dei pixel considerati.

Il Topographic Wetness Index è il parametro che fornisce informazioni riguardo al run off delle acque meteoriche, fornendo una misura di quanto un'area tende a saturarsi (OLAYA e CONRAD 2009). L'indice è funzione sia della pendenza che dell'area contribuyente a monte, per unità di larghezza ortogonale alla direzione del flusso. I numeri di accumulo nelle aree pianeggianti saranno significativi, quindi la variabile TWI non assumerà un ruolo rilevante. L'indice è altamente correlato con diversi attributi del suolo, come la profondità dell'orizzonte, la percentuale di limo, il contenuto di materia organica e fosforo.

L'equazione denominata Universal Soil Loss Equation (USLE) è il modello più utilizzato per stimare il rischio di erosione del suolo. Tra i parametri utilizzati nell'equazione vi è l'LS factor, (MOORE et alii 1991) che descrive l'effetto della topografia sull'erosione del suolo. L è il fattore che tiene conto della lunghezza (m) del versante, mentre S rappresenta la pendenza (%).

La variabile Mass Balance Index descrive le potenziali zone di accumulo di materiale colluviale e di deplezione del suolo: assume valori negativi per le aree di deposizione, valori positivi per quelle di erosione e valori prossimi allo zero per le aree dove vi è un equilibrio tra erosione e deposizione, come per le zone di pianura (MÖLLER et alii 2008).

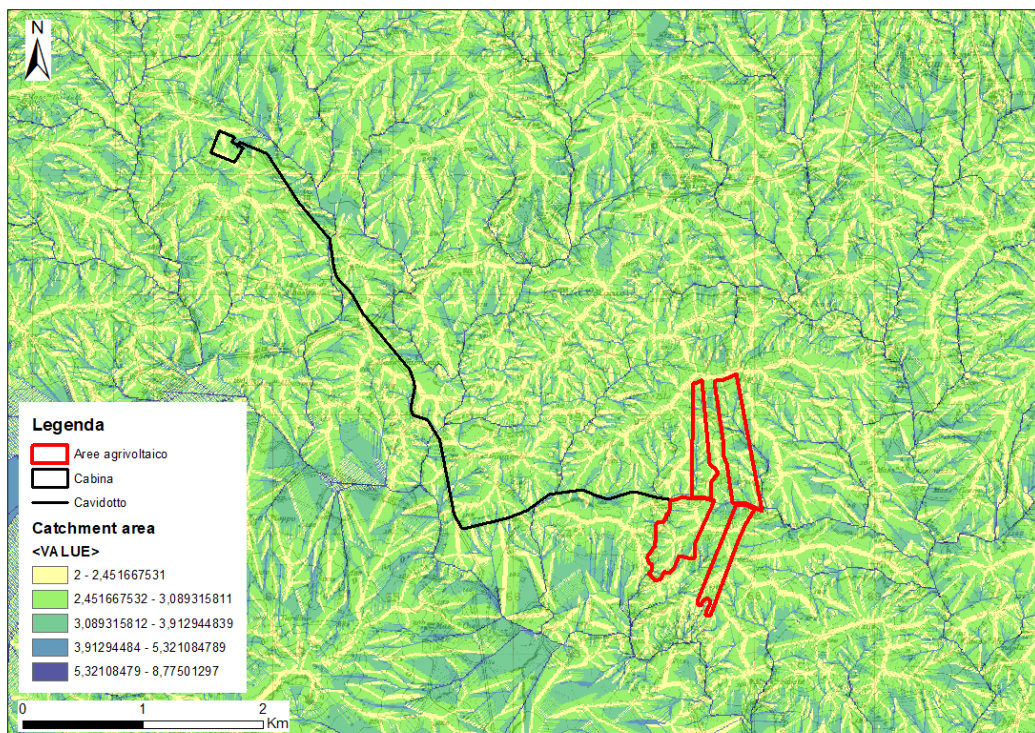


Figura 5-6. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione della classificazione catchment area.

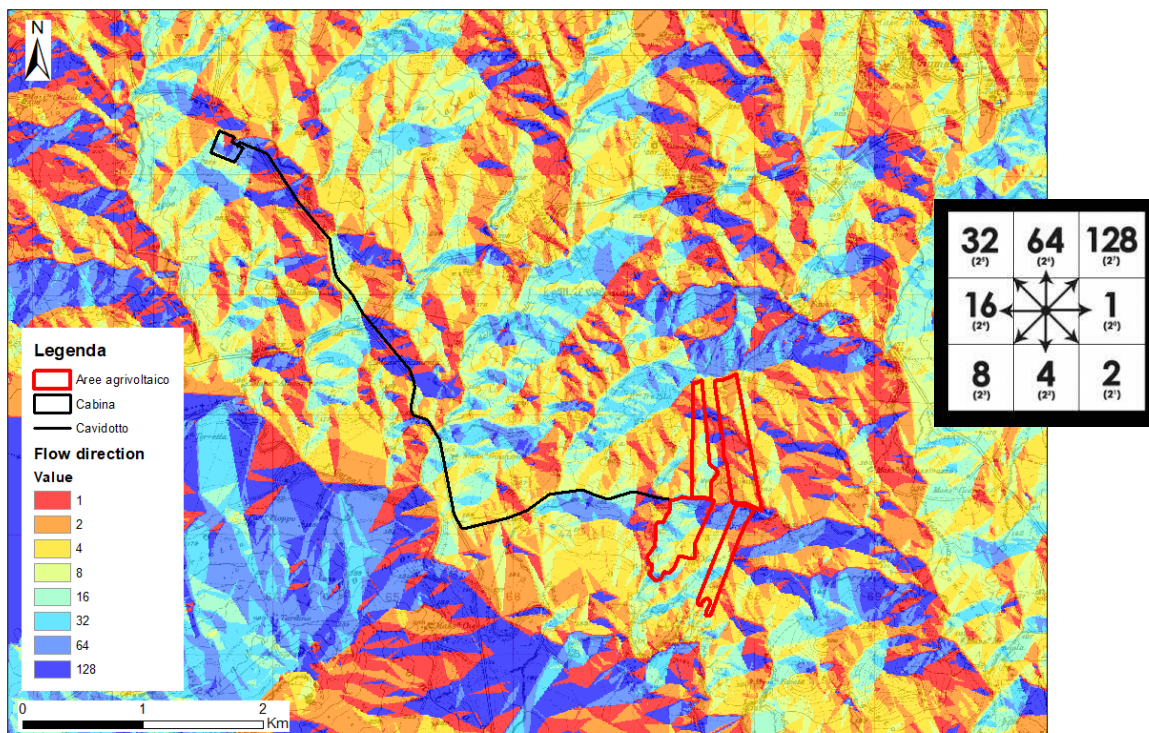


Figura 5-7. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione della Flow Direction.

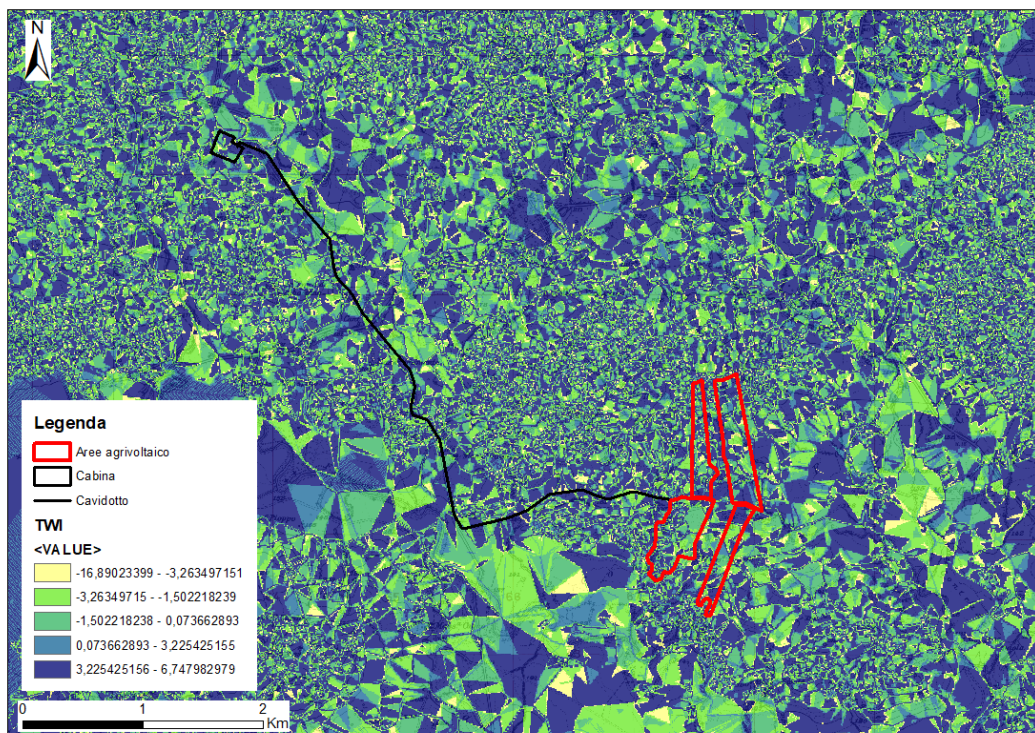


Figura 5-8. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione della classificazione TWI.

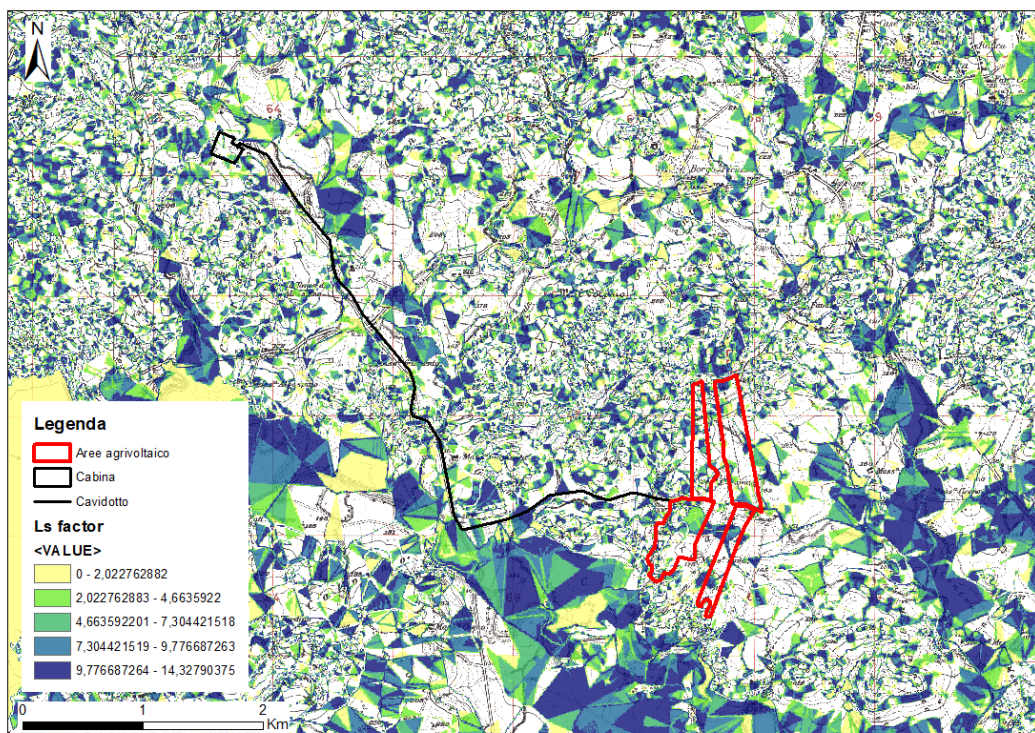


Figura 5-9. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido - Elaborazione della classificazione Ls factor.

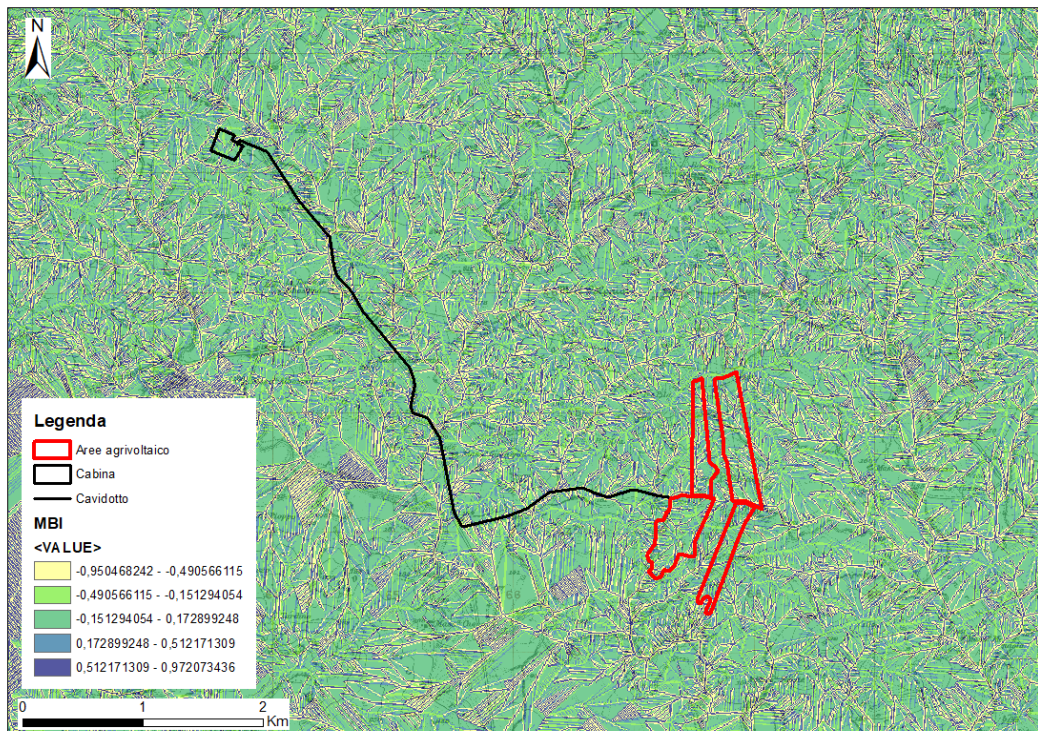


Figura 5-10. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione della MBI.

La determinazione dell'altezza media di un bacino idrografico può essere semplificata costruendo la curva ipsografica, che fornisce la distribuzione delle superfici nelle diverse fasce altimetriche. Ogni punto della suddetta curva ha come ordinata un valore di quota h_i e come ascissa la superficie parziale del bacino A_i , posta al di sopra della quota considerata. Ovviamente alla quota massima corrisponde una superficie nulla mentre, alla quota minima, che è quella della sezione di chiusura, corrisponde la superficie dell'intero bacino. L'area racchiusa dalla curva ipsografica e dagli assi coordinati, tenuto conto delle unità di misura utilizzate (le quote in m e le superfici in km^2), rappresenta il volume del rilievo. La suddetta area rapportata alla superficie del bacino fornisce il valore dell'altitudine media.

La rappresentazione ipsometrica di un bacino idrografico consente, pertanto, di stimare lo stadio di evoluzione volumetrica raggiunto dal bacino in relazione a quello primigenio, che ha lo stesso sviluppo areale e il medesimo dislivello. Questa possibilità è offerta dall'integrale della curva ipsometrica, denominato integrale ipsometrico, il cui valore costituisce una valutazione del volume del bacino attualmente presente rispetto a quello teoricamente supposto originario.

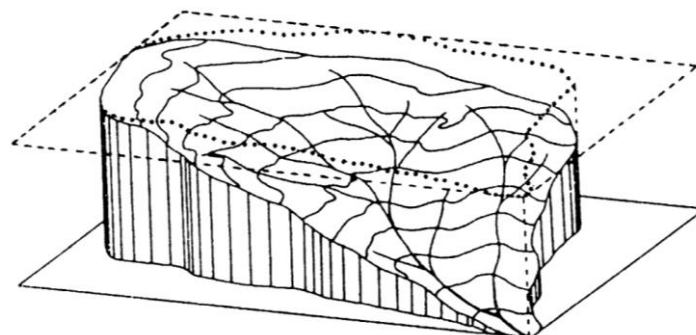


Figura 5-11. Schema generico di approfondimento di un bacino idrografico.

La terza legge di Horton o Legge delle pendenze dei corsi d'acqua enuncia che: "In un corso d'acqua le pendenze medie dei segmenti idrografici di ordine successivo si dispongono secondo una progressione geometrica con primo termine pari alla pendenza media dei segmenti del primo ordine e con ragione pari al rapporto di pendenza".

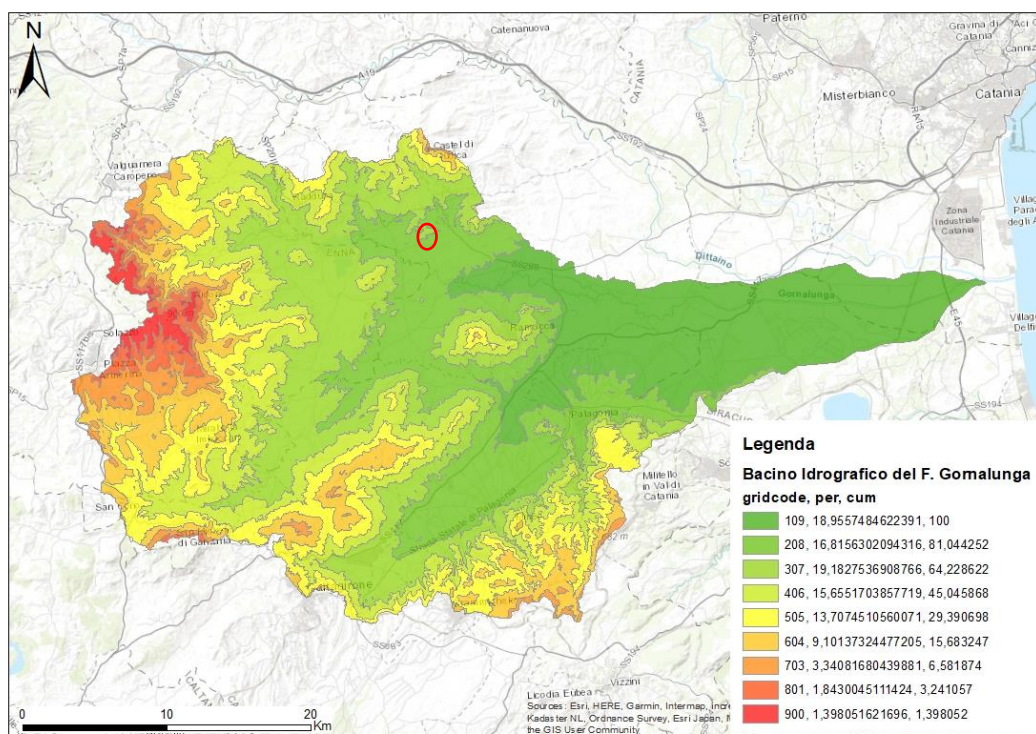


Figura 5-12. Altimetrie del bacino idrografico del Fiume Gornalunga. In rosso l'area di indagine.

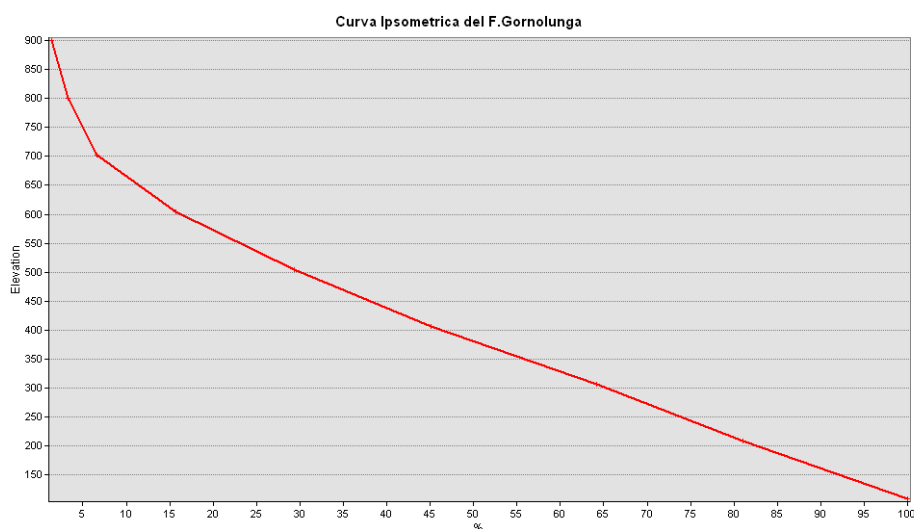
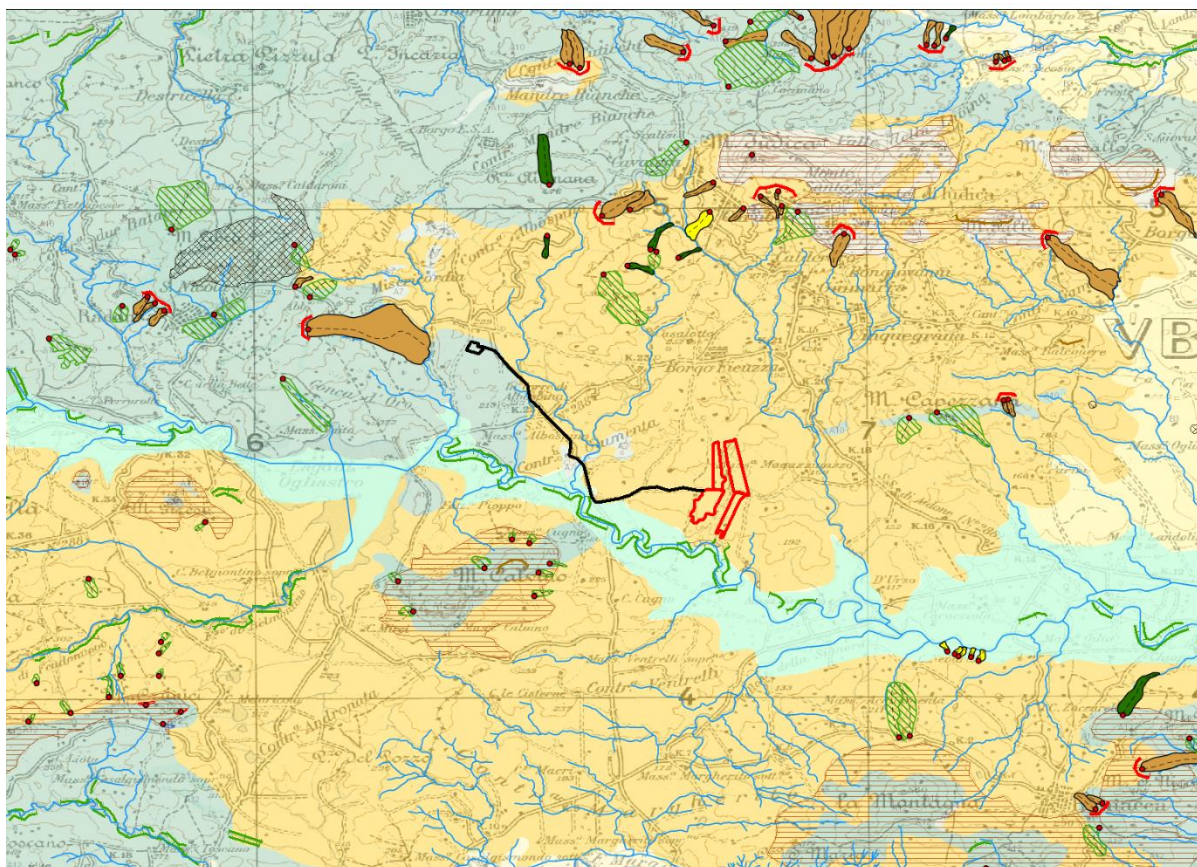


Figura 5-13. Curva Ipsometrica del bacino idrografico del Fiume Gornalunga.

Infine, è stata redatta la carta geomorfologica, considerando anche le condizioni al contorno dell'area dell'impianto agrivoltaico in progetto.



LEGENDA

Cavidotto	Affioramento roccioso
Aree Agrivoltaico	Piana Alluvionale
Stazione	Letto del fiume
CORPO DI FRANA - Indice di franosità (%)	Terrazzo morfologico
$5 < IF < 15$	Scarpata fluviale
$1 < IF < 5$	Scarpata morfologica
$0 < IF < 1$	Corona di frana
Area con frane superficiali diffuse	Reticolo idrografico

LITOLOGIA

A1 Calcarei Triassico sup. (Carnico ?)	B3 Alluvioni ghiaioso-sabbiose (terreni prevalentemente ghiaiosi) OLOCENE
A7 Argille e argille marnose azzurrognole PLOCIENE	B4 Coperture fluvio-lacustri (terreni a granulometria mista) PLEISTOCENE
A10 Argille sabbiose (Complessi pelitico-arenacei) MIOCENE MEDIO	C1 Calcari detritici (argille caotiche) PALEOGENE
A12 Gesso MIOCENE SUPERIORE	

Figura 5-14. Carta geomorfologica della macroarea di studio.

5.1 Aree esondabili

Nel bacino idrografico del fiume Simeto ricadono sei invasi artificiali: la diga di Pozzillo, la diga di Ancipa, il serbatoio Ogliastro, la diga Nicoletti, la traversa Ponte Barca e la diga Sciaguana.

Tali invasi sono stati oggetto di studio per la valutazione delle caratteristiche delle onde di piena artificiali, con identificazione delle aree soggette ad allagamento, conseguenti a manovre degli organi di scarico e di ipotetico collasso dello sbarramento.

Le caratteristiche dell'alveo del fiume Simeto variano sensibilmente all'interno dei singoli tratti, sia a causa delle diversità geolitologiche e morfologiche dei terreni attraversati e della variazione dell'ordine di grandezza delle portate, sia in relazione agli interventi di sistemazione effettuati.

In modo semplificato si possono distinguere due tratti:

- Dall'origine alla traversa Barca (ubicata tra la confluenza del Salso con il Dittaino): tratto in cui l'alveo ha dimensioni modeste e gli interventi di sistemazione sono discontinui e finalizzati alla stabilizzazione delle sponde;
- Dalla traversa Barca alla foce: ove si riscontrano le caratteristiche tipiche dell'alveo di pianura e le sistemazioni sono costituite da argini continui per la difesa della piana di Catania dalle inondazioni.

Dall'origine del fiume fino alla confluenza con il F. Troina persistono fenomeni di trasporto e deposito di materiale grossolano, essendoci un passaggio da un tratto montuoso ad uno pianeggiante. In questo tratto non sono stati realizzati interventi di sistemazione dell'alveo.

Dalla confluenza con il F. Troina a quella con il F. Salso, nella parte più alta, per molti chilometri, il fondovalle in sinistra idrografica è delimitato da una ripida parete lavica. Più a valle l'alveo si sviluppa tra il pendio dei Nebrodi in sponda destra e dei terreni coltivati dolcemente ondulati in sponda sinistra. A ridosso della confluenza del F. Salso vi è una sistemazione continua da muri di sponda e repellenti in calcestruzzo, ove il corso d'acqua scorre in un fondovalle intensamente coltivato.

Il tratto che segue la confluenza del F. Salso è parzialmente regimentato nonostante attraversi terreni coltivati ed è causa di dissesti.

Infine, nei pressi della foce gli argini si allargano sempre più, fino a raggiungere il chilometro di larghezza.

Tuttavia, gran parte dei danni prodotti dal dissesto idrologico sono determinati dalle scelte della cosiddetta "politica del territorio", piuttosto che da un presunto incremento della pericolosità naturale del territorio stesso.

La Direttiva 2007/60/CE (Floods Directive-FD) sottolinea come, sebbene le alluvioni siano fenomeni naturali impossibili da prevenire, alcune attività antropiche, quali la crescita degli insediamenti umani, l'incremento delle attività economiche, la riduzione della naturale capacità di laminazione del suolo per la progressiva impermeabilizzazione delle superfici e la sottrazione di aree di naturale espansione delle piene, contribuiscano ad aumentare la probabilità di accadimento delle alluvioni e ad aggravarne le conseguenze.

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali, in attuazione della Direttiva Europea 2007/60/CE, "Direttiva Alluvioni".

Tale Direttiva, nell'incipit, recita: *"Le alluvioni possono provocare vittime, l'evacuazione di persone e danni all'ambiente, compromettere gravemente lo sviluppo economico e mettere in pericolo le attività economiche della Comunità. Alcune attività umane (come la crescita degli insediamenti*

umani e l'incremento delle attività economiche nelle pianure alluvionali, nonché la riduzione della naturale capacità di ritenzione idrica del suolo a causa dei suoi vari usi) e i cambiamenti climatici contribuiscono ad aumentarne la probabilità e ad aggravarne gli impatti negativi. Ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture, connesse con le alluvioni, è possibile e auspicabile ma, per essere efficaci, le misure per ridurre tali rischi dovrebbero, per quanto possibile, essere coordinate a livello di bacino idrografico.”

La Direttiva Alluvioni è stata recepita in Italia dal D.lgs. 49/2010, che ha introdotto il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGR), da predisporre per ciascuno dei distretti idrografici individuati nell'art. 64 del D.lgs. 152/2006. Essa contiene il quadro di gestione delle aree soggette a pericolosità e rischio individuate nei distretti, delle aree dove possa sussistere un rischio potenziale significativo di alluvioni e dove si possa generare in futuro (APSFR), nonché delle zone costiere soggette ad erosione.

Le due direttive europee evidenziano l'approccio integrato della gestione che si fonda su alcuni pilastri:

- Unità geografica di riferimento caratterizzata da un'ampia porzione di territorio raggruppante più bacini individuata come distretto idrografico;
- Pianificazione ai fini e per il raggiungimento degli obiettivi della direttiva 2000/60/CE per l'azione comunitaria in materia di acque; nonché la pianificazione per la gestione e la riduzione del rischio da alluvioni che la direttiva 2007/60/CE introduce (codificando, disciplinando ed ampliando quanto già contenuto nella legge 183/89);
- Individuazione dei soggetti a cui è demandata la redazione dei piani.

A seguito della procedura di adozione da parte della Conferenza Istituzionale permanente con delibera n. 05 del 22/12/2021 è stato approvato il 1° Aggiornamento e revisione del Piano di Gestione del rischio di alluvione redatto ai sensi dell'art. 7 del D.lgs. 49/2010 attuativo della Dir. 2007/60/CE – Il ciclo di gestione (2021-2027) del Distretto Sicilia

La definizione delle Aree a Potenziale Rischio Significativo di Alluvione (APSFR) per il II ciclo di gestione è stata condotta sulla base degli esiti della Valutazione Preliminare. Sono state quindi raccolte informazioni sulla localizzazione e sulle conseguenze avverse di eventi del passato intercorsi a partire da dicembre 2011, così come previsto dalla FD Reporting Guidance e sono state integrate le informazioni già disponibili sugli scenari di eventi futuri con quanto fornito da più recenti studi e analisi realizzati e/o acquisiti nel periodo successivo alla pubblicazione delle mappe di pericolosità del I ciclo di gestione.

Ai fini della mappatura di questo secondo ciclo di gestione sono state prese in considerazione le APSFR, riportate in Allegato 1 alla Relazione metodologica per l'aggiornamento e la revisione delle mappe di pericolosità e del rischio di alluvione redatte ai sensi dell'art. 6 del D.lgs. 49/2010 attuativo della Dir. 2007/60/CE Il ciclo di gestione, per ognuna delle quali è indicato il codice identificativo e la denominazione del bacino idrografico o dell'area territoriale in cui la stessa APSFR ricade.

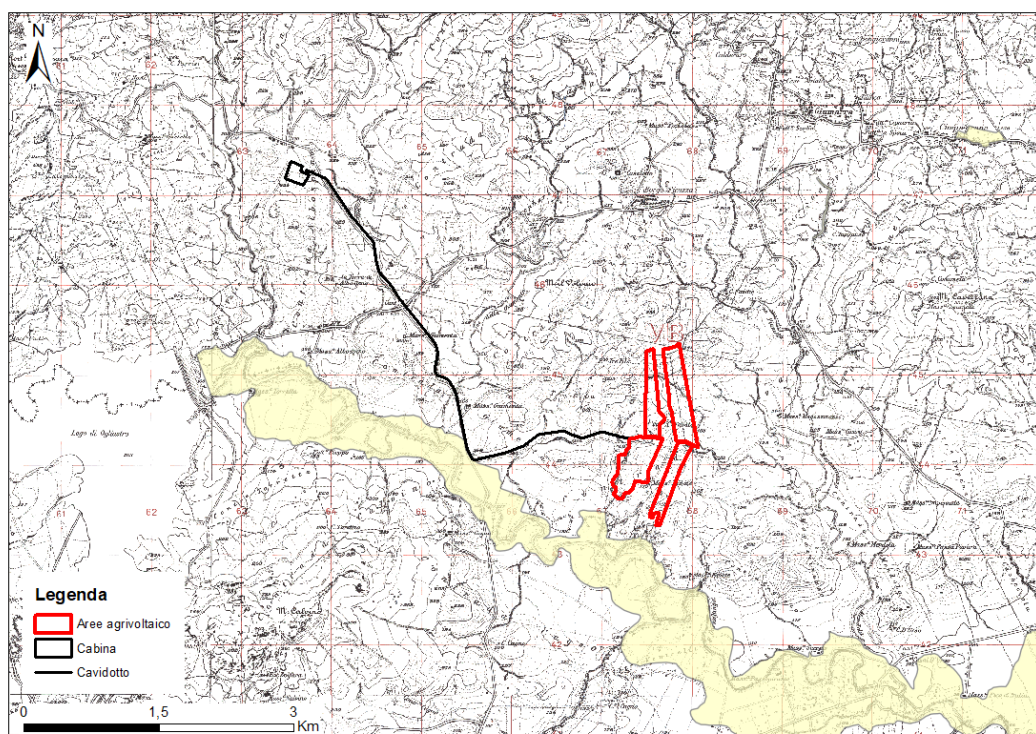


Figura 5-15. Stralcio del Areas of Potential Significant Flood Risk. (Fonte: Geoportale Nazionale)

Si rimanda alla Relazione idrologica e idraulica per un maggior approfondimento.

5.2 Dissesto idrogeologico

Nel P.A.I. sono state individuate le situazioni di pericolosità, sia geomorfologica che idraulica, valutando il grado di rischio idrogeologico conseguente sulla base della presenza e della tipologia degli elementi vulnerabili. Particolare attenzione, in relazione alla loro classificazione a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3), è stata rivolta ai territori urbanizzati per fini residenziali (centri abitati, nuclei abitati, zone residenziali), industriali (ASI, Aree artigianali, PIP, ecc.) e infrastrutturali (aree di servizio, strade primarie, reti di distribuzione energetica ed idrica).

Nel caso degli interventi per la mitigazione del rischio geomorfologico, la priorità è stata valutata sulla base dell'incrocio tra la pericolosità e la tipologia dell'elemento a rischio.

La scelta di considerare sullo stesso piano la pericolosità P3 e la P4 deriva dalla verifica delle situazioni più diffuse nel territorio siciliano. Risulta, infatti, che la differente valutazione sulla magnitudo del fenomeno franoso, individuata nelle categorie di dissesto (T1, T2 e T3), determina in Sicilia un forte squilibrio a favore dei fenomeni di crollo (T3) che raggiungono, frequentemente, il valore massimo (P4), mentre nelle altre due categorie (T2 e T1) lo stesso valore viene raggiunto solo per estensioni superiori al chilometro quadro, estensioni raramente riscontrabili nel territorio siciliano.

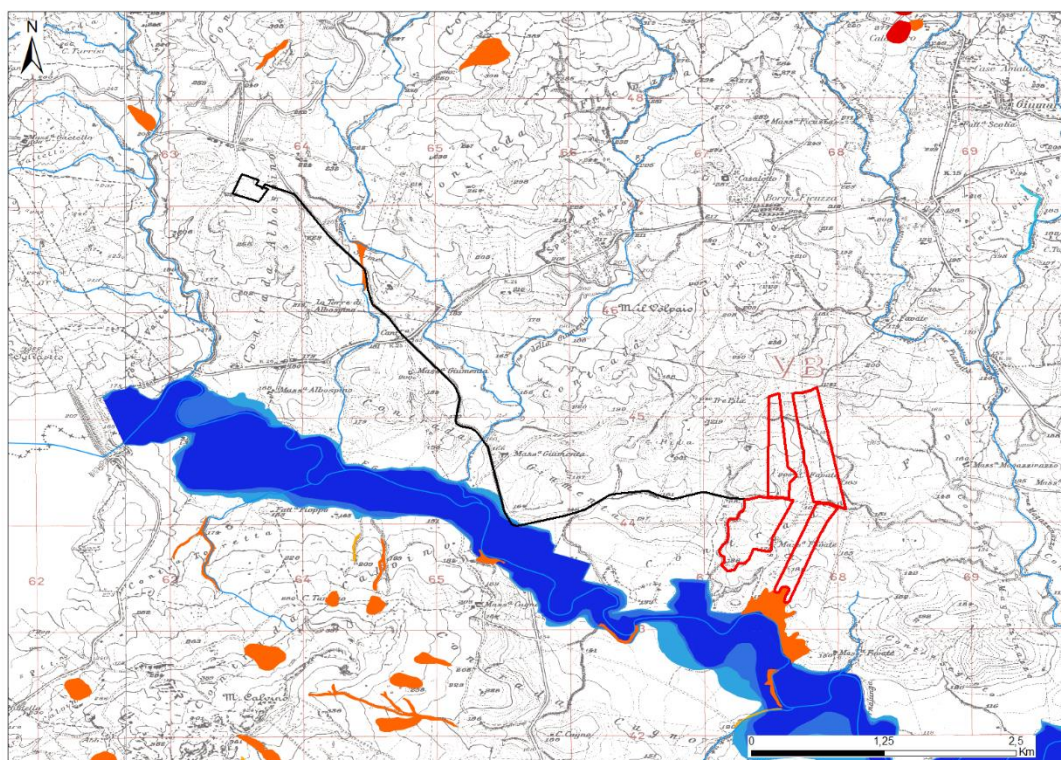
		Elementi a Rischio			
		E1	E2	E3	E4
Pericolosità	P0	R1	R1	R1	R1
	P1	R1	R1	R2	R2
	P2	R2	R2	R3	R4
	P3	R2	R3	R4	R4
	P4	R3	R3	R4	R4

Figura 5-16. Valutazione del rischio geomorfologico.

Anche nel caso degli interventi per la mitigazione del rischio idraulico, la priorità è stata valutata sulla base dell'incrocio tra la pericolosità e la tipologia dell'elemento a rischio.

Rischio	E1	E2	E3	E4
P1	R1	R1	R2	R2
P2	R1	R2	R3	R3
P3	R2	R2	R3	R4
P4	R2	R3	R4	R4

Figura 5-17. Valutazione del rischio idraulico con metodologia completa.



LEGENDA

- Aree Agrivoltaico
- Stazione
- Caviodotto

Elemento idrico superficiale

- Reticolo idrografico

Pericolosità da frana

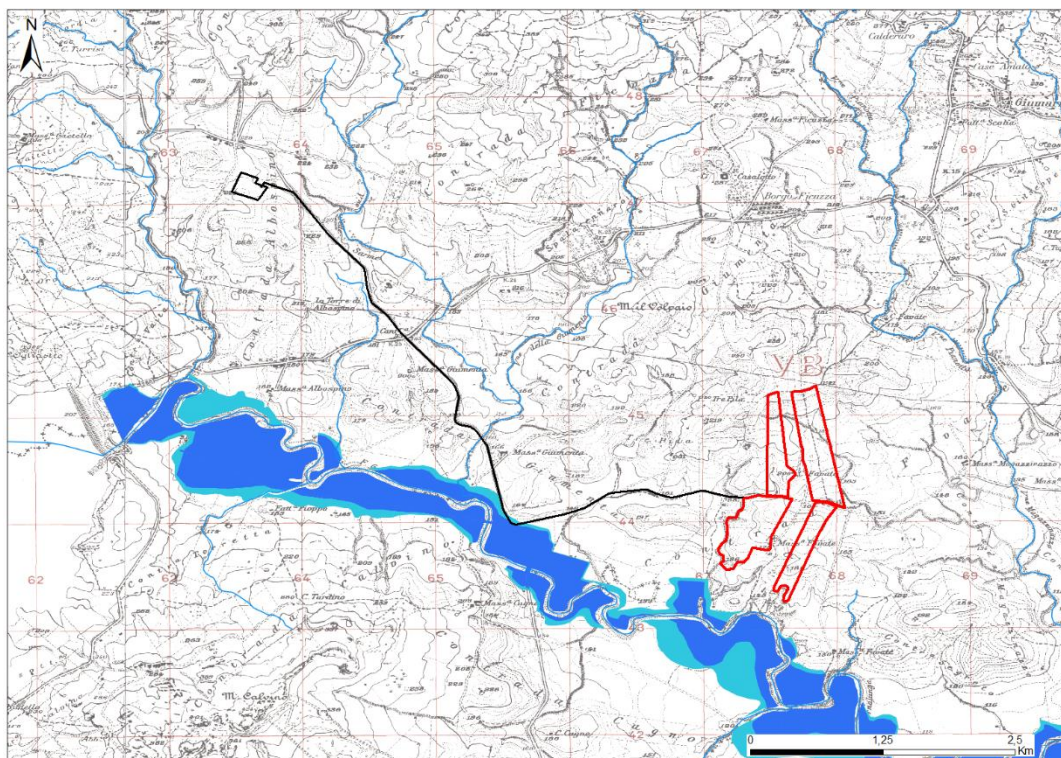
- Elevata P3
- Media P2
- Moderata P2

Pericolosità da alluvione



- Elevata P3
- Media P2
- Moderata P1

Figura 5-18. Cartografia delle aree interessate da pericolosità geomorfologica ed idraulica. (Fonte: Geopotrale nazionale).


Come si evince dallo stralcio cartografico, l'area in esame non ricade in quelle classificate a pericolo d'alluvione e, solo limitatamente ad una superficie di piccole dimensioni posta all'estremo meridionale, ricade in area a moderato pericolo di frana.



LEGENDA

-  Aree agrivoltaico
-  Cabina
-  Cavidotto

Elemento idrico superficiale

-  Reticolo idrografico

Classi di Rischio - Alluvioni



-  Media
-  Moderata

Figura 5-19. Cartografia delle aree interessate da rischio geomorfologico ed idraulico. (Fonte: Geoportale Nazionale).

Come si evince dallo stralcio cartografico, l'area in esame non ricade in quelle classificate a rischio d'alluvione.

5.3 Erosione

L'erosione dei suoli è certamente una delle più subdole forme di degrado ambientale innescate spesso proprio dalla scorretta gestione del suolo.

Generalmente, la sua lenta evoluzione è causa di un atteggiamento di scarsa attenzione da parte dei soggetti preposti al controllo e alla gestione del territorio. Ancora più subdolo e dannoso è l'approccio mirato al problema, visto come la sola "sottrazione di suolo" e non come un più generale e diffuso danno all'intero ecosistema dell'area erosa. È opportuno, infatti, ricordare che il suolo è la "base", il primo gradino della scala della vita (vegetale prima, animale poi).

L'intensità dei processi erosivi è controllata dalla temperatura e umidità del suolo che influenzano direttamente la stabilità degli aggregati (LAVEE et al., 1998).

Anche l'approccio alla conoscenza scientifica del problema risente di limiti; ed è soprattutto la difficile stima dell'erosione ad essere l'oggetto principale dell'attenzione degli studiosi. Poiché l'erosione dipende infatti da molteplici e differenti fattori ambientali ed antropici, la sua quantificazione è spesso soggetta ad ampi intervalli di giudizio.

Una delle metodologie più note per la stima della quantità di materiale asportabile per erosione lungo i pendii è quella elaborata da Fournier, basata prevalentemente su elementi climatici. L'unità di misura è espressa in $t \cdot km^2 \cdot anno$.

La relazione è la seguente:

$$\log E = 2,65 \cdot \log (P_1^2 / P) + 0,46 \cdot \log H \cdot \text{tg } a_m - 1,56$$

Dove:

E = sedimento trascinato ($t \cdot km^2 \cdot anno$);

P_1 = precipitazione del mese più piovoso (mm);

P = precipitazione media annuale (mm);

H = altitudine media del pendio (km s.l.m.);

a_m = inclinazione media del pendio (°).

Dalla interpretazione della formula risulta evidente l'elevato contributo attribuito alle precipitazioni e, in particolare, al rapporto P_1^2/P . Un significativo contributo, oggetto di una successiva modifica dell'indice di Fournier è dato dalla quota del bacino e dalla pendenza, vincolati da proporzionalità diretta e con crescita esponenziale.

Un altro aspetto da prendere in considerazione è la componente data dalla splash erosion, ovvero l'effetto battente delle gocce di pioggia che accentua, nei periodi di aridità degli ambienti mediterranei, l'erosione superficiale.

EROSIONE secondo Fournier	
P_I – precipitazione del mese più piovoso (mm)	58
P – precipitazione media annuale (mm)	361
H – altitudine media del pendio (m s.l.m.)	300
a_m – inclinazione media del pendio (°)	8
E – sedimento trascinato ($t \cdot km^2 \cdot anno$)	9,44
Superficie del bacino (km^2)	1132
E_t - erosione totale nel bacino ($t \cdot anno$)	10 686

Tabella 5-2. Calcolo dell'erosione secondo Fournier.

Come si evince dalla figura seguente, l'erosione nel bacino del Fiume Gornalunga è verosimilmente elevata a monte, ove l'energia del rilievo è maggiore in quanto più esposta agli agenti esogeni.

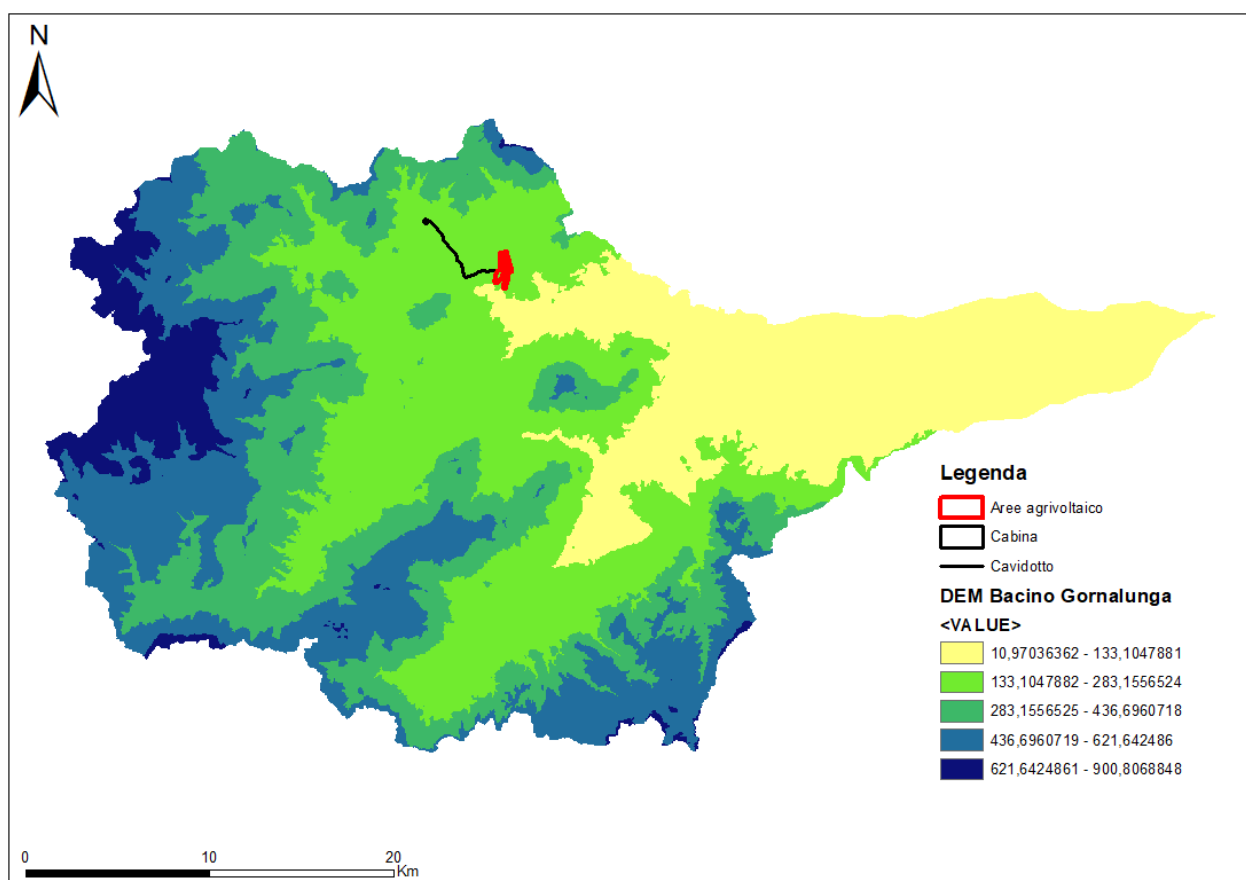


Figura 5-20. Elaborazione del bacino idrografico del F. Gornalunga.

6 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE

La rete idrografica della Sicilia risulta complessa, con reticoli fluviali di forma generalmente dendritica e di modeste dimensioni. Queste caratteristiche sono da attribuire alla struttura compartimentata della morfologia dell'isola, che favorisce la formazione di un elevato numero di elementi fluviali indipendenti, ma di sviluppo limitato.

Come accennato in precedenza, i quattro corsi d'acqua principali che costituiscono il sistema idrografico siciliano sono: Fiume Simeto, sfociante nel Mare Ionio; Fiume Imera Meridionale, Fiume Platani e Fiume Belice, sfocianti nel Canale di Sicilia.

Sul versante orientale, dove ricade l'area di indagine, si trova il fiume più grande in assoluto sia per superficie che per portata media annua: il Simeto, che occupa circa 400.000 ettari nei territori di 29 Comuni e 5 province (Siracusa, Enna, Palermo, Catania e Messina).

In quest'area scorre anche il F. Dittaino, che nella parte terminale alimenta il Simeto, il Gornalunga e l'Alcantara.

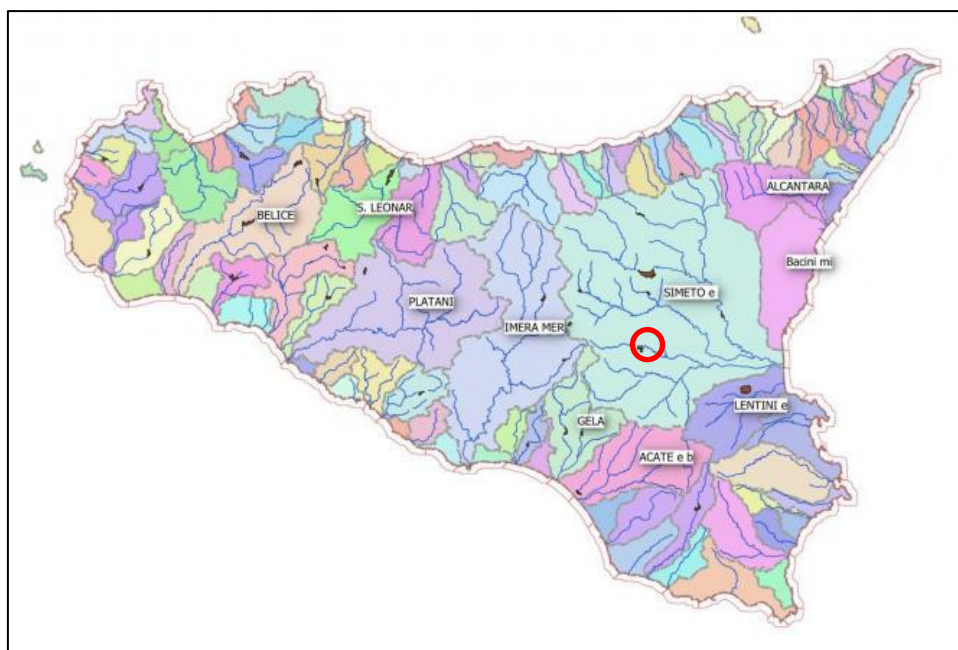


Figura 6-1. Bacini idrografici della Sicilia (Fonte: Piano di Tutela delle Acque). In rosso l'area di indagine.

Le caratteristiche geomorfologiche e climatiche della regione Sicilia sono la causa di una rilevante scarsità idrica. Le fonti naturali superficiali non sono sufficienti per soddisfare le esigenze idriche relative all'uso irriguo, industriale e potabile della popolazione, in risposta alle quali le politiche regionali del secondo dopoguerra hanno avviato un'opera di costruzione di dighe e di invasi artificiali che ad oggi rappresentano la principale fonte di approvvigionamento idrico dell'isola.

Essendo totalmente assenti i laghi di origine naturale, assumono notevole importanza gli invasi artificiali, al punto che la Regione Sicilia, nel 2021, con D.D.G. n. 46/2021 "Interventi a supporto delle imprese agricole contro la siccità e la gestione della risorsa idrica per scopi irrigui e per l'allevamento deliberazione di giunta n. 559 del 27 novembre 2020", ha stanziato dei contributi a fondo perduto e dei finanziamenti a condizioni agevolate per la realizzazione o per il miglioramento di piccoli invasi industriali.

Si rimanda alla Relazione idrologica e idrogeologica per un maggiore approfondimento.

7 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

I terreni affioranti all'interno del bacino del fiume Simeto presentano condizioni di permeabilità molto diverse, dovute alla varietà delle successioni stratigrafiche e agli aspetti litologici e strutturali che le compongono.

Il settore NE del bacino del fiume Simeto, corrispondente alla zona vulcanica dell'Etna, presenta un'idrografia quasi assente, essendo caratterizzato da terreni permeabili che permettono l'infiltrazione delle acque in profondità, con la formazione di acquiferi sotterranei di rilevante consistenza.

Il settore SW, invece, che si estende dagli Iblei fino agli Erei e ai Monti Nebrodi-Caronie, presenta un'elevato ruscellamento e un'infiltrazione efficace molto ridotta, essendo caratterizzato da terreni impermeabili o a bassa permeabilità.

I corsi d'acqua, con direzione prevalente da ovest verso est, confluiscono verso la "Piana di Catania", dove i terreni a media permeabilità condizionano sia il ruscellamento che l'infiltrazione efficace.

I terreni presenti nel territorio possono essere raggruppati in quattro tipi:

- Terreni molto permeabili per fessurazione e/o per porosità: prevalgono in corrispondenza del massiccio etneo, del complesso carbonatico e, in generale, degli affioramenti calcarei, dove l'alta permeabilità dei terreni rende pressoché nullo il ruscellamento, mentre l'infiltrazione assume valori alti;
- Terreni da media ad alta permeabilità: sono rappresentati dai depositi clastici, dal detrito, dalle alluvioni e dai termini principali del Complesso evaporitico;
- Terreni con bassa permeabilità: rappresentano in genere piccole isole sparse in modo difforme sia nel settore settentrionale sia in quelli occidentale e sud-occidentale. Si tratta dei termini calcarenitico-sabbiosi, conglomeratico-arenacei e arenacei;
- Terreni impermeabili: sono presenti soprattutto nelle zone collinari e montane laddove affiorano le formazioni prevalentemente argillose e argillose-marnose. La presenza di terreni impermeabili rende massimo il ruscellamento, annullando quasi totalmente l'infiltrazione efficace.

Si rimanda alla Relazione idrologica ed idrogeologica per gli approfondimenti.

8 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

La struttura geologica della Sicilia comprende tre settori che, da Nord verso Sud, sono rappresentati da:

- Un'area di avampaese, affiorante nella Sicilia sud-orientale e presente nel Canale di Sicilia.
- Un'avanfossa recente, localizzata nell'offshore meridionale della Sicilia e nell'altopiano Ibleo, lungo il margine settentrionale dell'avampaese. Essa è in parte sepolta dal fronte della catena nella Sicilia meridionale e nel Bacino di Gela.
- Una catena complessa, vergente verso Est e Sud-Est, spessa a luoghi più di 15 km, costituita dalle Unità Kabilo-Calabride e dalle Unità Siculo-Maghrebide. Le unità più settentrionali sono generalmente collassate con l'apertura del Tirreno centro-meridionale. Le unità stratigrafico-strutturali che formano la catena hanno raggiunto gli attuali rapporti reciproci sostanzialmente nell'intervallo di tempo compreso tra l'inizio del Miocene e l'inizio del Pleistocene, in conseguenza di una tettonica che viene attribuita a collisione continentale.

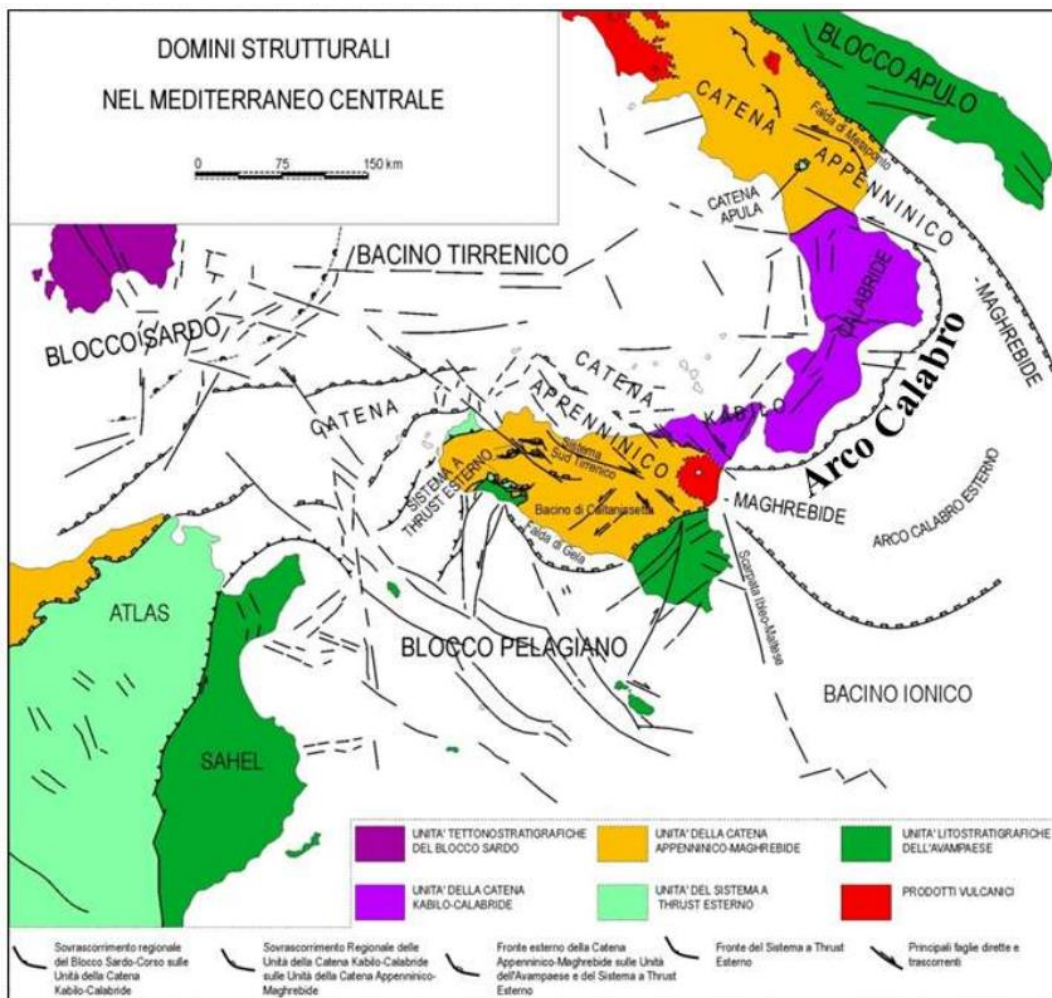


Figura 8-1. Assetto geologico-strutturale del Mediterraneo centrale (modificato da LENTINI et alii, 1996).

Il dominio d'avampaese è caratterizzato da diversi settori che differiscono tra loro sia per le caratteristiche crostali che per le coperture sedimentarie. Questi, separati da importanti discontinuità crostali, si identificano nel Blocco Pelagiano e nel Blocco Apulo, separati dal Bacino Ionico.

I Blocchi Apulo e Pelagiano sono costituiti da crosta continentale, con spessori dell'ordine dei 25-30 km (FINETTI & MORELLI, 1972), su cui poggiano potenti successioni carbonatiche mesozoiche-terziarie di piattaforma (CHANNEL et al., 1979). Il Bacino Ionico è costituito, invece, da un'area a crosta da assottigliata ad oceanica (MAKRIS et al., 1986), caratterizzata da spessori dell'ordine dei 10-15 km (FINETTI, 1982), nei quali sono comprese potenti successioni sedimentarie rappresentate da circa 2000-4000 m di sedimenti carbonatici mesozoico-paleogenici e da circa 2000-4000 m di sedimenti terrigeni supramiocenico-quadernari. Verso NO queste successioni sono interessate da una serie di thrust, che permettono di definire la fascia deformata dell'Arco Calabro Esterno, interpretabile nel suo insieme come un cuneo di accezione neogenico-quadernario (KASTENS, 1981).

In Sicilia orientale il dominio di avampaese è rappresentato dal Plateau Ibleo, caratterizzato da una potente successione mesozoico-terziaria prevalentemente carbonatica, con ripetute intercalazioni di vulcaniti basiche (PATACCA et al., 1979). Questo costituisce una porzione emersa del Blocco Pelagiano come definito da BUROLLET et al. (1978), il promontorio più settentrionale della crosta continentale africana, cui esso è fisicamente collegato attraverso il Canale di Sicilia (BOCCALETTI et al., 1987), che emerge in corrispondenza delle isole maltesi e pelagie. Verso est la continuità fisica del Blocco Pelagiano è interrotta dalla Scarpata di Malta, generata da un sistema di faglie normali di età mesozoica che delimita il Bacino Ionico. Verso nord-ovest l'avampaese Ibleo si flette al di sotto della catena a formare una depressione strutturale denominata "Avanfossa Gela-Catania" (DI GERONIMO et al., 1978).

Nel settore settentrionale, verso la Piana di Catania, il plateau carbonatico è delimitato dal sistema di faglie normali neogenico-quadernarie Pedagaggi-Lentini-Agnone, che ne ha accomodato la flessurazione e attraverso il quale passa da una zona di transizione all'avanfossa vera e propria, comprendente il graben di Scordia-Lentini (CARBONE et al., 1982a) e l'alto strutturale di San Demetrio (TORELLI et al., 1998).

L'Avanfossa Gela-Catania, fortemente subsidente durante la migrazione plio-pleistocenica della catena, è stata sede della deposizione di sedimenti clastici provenienti sia dalle aree esterne di avampaese che dal fronte avanzante della catena stessa. Parte della successione plio-pleistocenica dell'avanfossa siciliana è dunque sepolta sotto le coltri alloctone del sistema frontale della catena, denominato "Falda di gela" (BENEO, 1958), mentre parte si deposita al tetto dell'alloctono durante le fasi finali della migrazione verso sud, suturandone la porzione più avanzata. Nell'area di Catania i sedimenti d'avanfossa sono rappresentati da una successione infra-mediopleistocenica (WEZEL, 1967) costituita da una spessa sequenza di argille marnose passanti ad alcune decine di metri di sabbie costiere e conglomerati fluvio-deltaici. Questa successione è ricoperta in discordanza da una serie di depositi terrazzati costituiti da sabbie e conglomerati fluvio-costieri (KIEFFER, 1971).

Il dominio orogenico si estende dall'Appennino Meridionale, con un andamento generale NO-SE, alla Catena Siculo-Maghrebide, che invece mostra un andamento circa E-O, il tutto per effetto della rotazione antioraria del settore appenninico e oraria di quello siciliano. Questi segmenti d'orogene, costituiti da falde di copertura, sono collegati dalla struttura fortemente arcuata dell'Arco Calabro, nel quale sono rappresentate le unità del basamento cristallino delle porzioni più interne dell'intero sistema orogenico. Per quanto riguarda la struttura crostale, l'area di catena è caratterizzata dalla sovrapposizione di due discontinuità, interpretate come superfici Moho. Di queste una, che trova continuità nel dominio tirrenico, è ubicata a circa 25 km, l'altra, che si raccorda invece con il dominio di avampaese, è definibile a circa 40 km di profondità (MORELLI et al., 1975).

La Catena Appenninica-Maghrebide è formata da un sistema a thrust pellicolare con vergenza verso SE nel tratto Siculo-Maghrebide e verso ENE in quello Appenninico. Questo sistema comprende sequenze mesozoiche-terziarie sia di piattaforma che di bacino, con le relative coperture flyschoidi mioceniche, ritenute da diversi Autori appartenenti ad un paleomargine afro-adriatico (OGNIBEN, 1960; SCANDONE, 1972). Recentemente i dati indicano con notevole

attendibilità che la Catena Appenninico-Maghrebide è costituita da una serie di falde di ricoprimento derivanti dalla deformazione di sequenza depositatesi in diversi domini paleogeografici ubicati tra il paleomargine africano e quello europeo. Questo sistema di thrust è compreso tra la Catena Kabilo-Calabride a tetto e i Sistema a Thrust Esterno a letto. La prima è costituita da falde di basamento con resti dell'originaria copertura meso-cenozoica e rappresenta il risultato della delaminazione eo-oligocenica del margine europeo. Il secondo è un sistema originatosi dalla deformazione post-tortoniana del bordo interno della piattaforma carbonatica africana.

Nell'area di indagine affiorano le Unità tettoniche della Catena Appenninico-Maghrebide, derivanti dalla deformazione di successioni sedimentarie deposte in origine su crosta oceanica e da piattaforme carbonatiche ubicate su crosta continentale, sulle quali si rinvergono i depositi neogenici-quadernari continentali e marini.

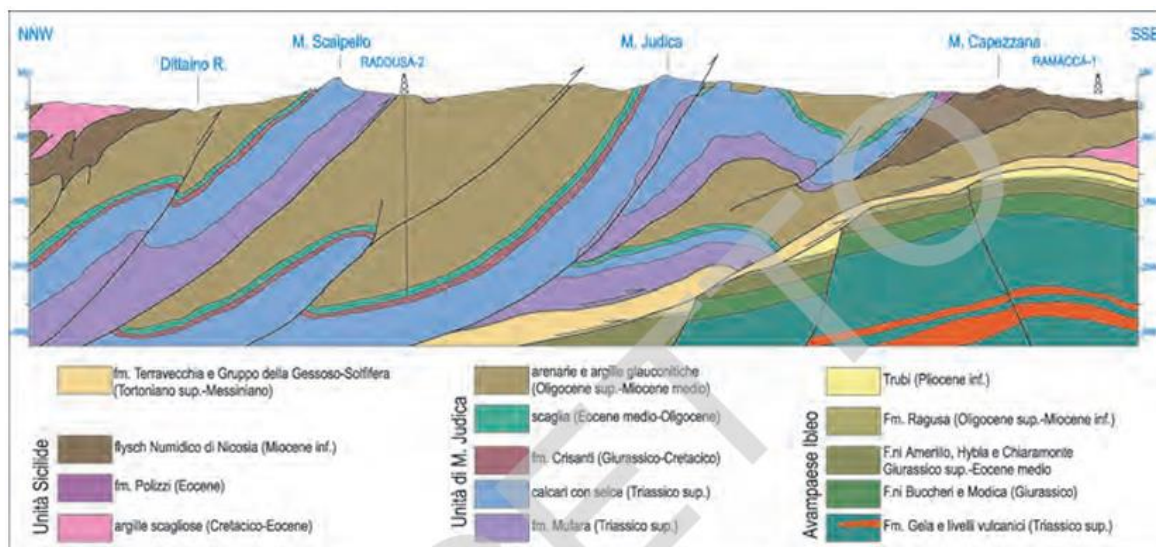


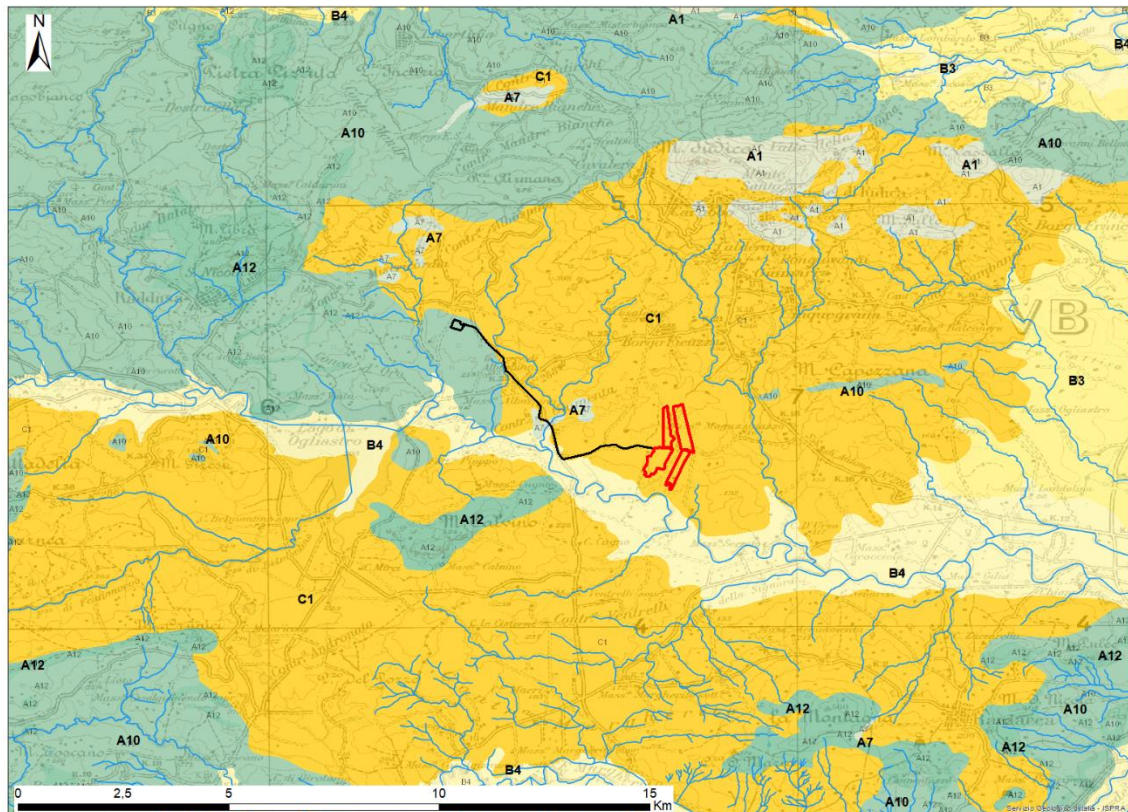
Figura 8-2. Profilo geologico attraverso il gruppo di M. Judica, mostrandone il cuneo della Catena Appenninico-Maghrebide, composto da embrici di unità ionidi (Unità di M. Judica), con resti di falde Alpino-Tetide (Unità Sicilide e flysch numidico). Il cuneo alloctono, sud-vergente, sovrascorre su un intervallo del Miocene superiore costituito da terreni silicoclastici (formazione Terravecchia) e da evaporiti. L'intero edificio a sua volta giace sui Trubi del Pliocene inferiore, al tetto delle Unità Iblee (da Carta Geologica della Sicilia Centro-Orientale, 1990, modificato. Fonte: CARG).

Nello specifico, la litologia dei luoghi è caratterizzata da rocce sedimentarie depositatesi in ambienti e tempi diversi e nell'area che sarà interessata dal progetto in esame affiorano soprattutto, dalla più recente alla più antica, le seguenti formazioni:

- Depositi continentali e marini talora terrazzati. La loro età è il **PLEISTOCENE MEDIO-OLOCENE**.
- Argille varicolori. Appartenenti alla Sottounità di Troina, appartengono al Complesso della Tetide Alpina, unità ubicate originariamente nel bacino della Tetide tra il margine sardo (Blocco Europeo) e il blocco Panormide, e progressivamente traslate sulle unità esterne durante le fasi Balearica e Tirrenica. Sono argille variegatae caotiche con calcilutiti e calcareniti gradate e blocchi di vulcaniti basiche. La loro età è il **CRETACICO - OLIGOCENE**.
- Flysch numidico "alloctono" (Sottounità di Nicosia e di M. Salici). Appartenente anch'esso al Complesso della Tetide Alpina, fa parte delle Unità Numidiche interne. È un'alternanza

caotica di quarzareniti giallastre, argille brune, argille varicolori e marne alla base. La loro età è l'OLIGOCENE SUP. - BURDIGALIANO.

- d) Argille marnose e arenarie glauconitiche di Catenanuova. Appartengono alle unità tettoniche Ionidi, in particolare l'Unità di M. Judica, derivanti dalla deformazione di depositi del Paleobacino Ionico interposto tra i blocchi Panormide e Pelagiano (margine africano). A partire dal Miocene superiore le Ionidi sono andate in ricoprimento sul sistema a thrust Siculo-Pelagiano (parte finale della fase tirrenica). Sono di età compresa fra l'OLIGOCENE SUP. e il SERRAVALLIANO.



Elementi lineari e puntuali

- Giacimento e/o località mineraria
- ✚ Stratimetria
- Sorgente
- ⚡ Cava
- Reticolo idrografico

LITOLOGIA

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> A1 Calcani
Triassico sup. (Carnico ?) A7 Argille e argille marnose
azzurrognole
PLIOCENE A10 Argille sabbiose
(Complessi pelitico-arenacei)
MIOCENE MEDIO A12 Gesso
MIOCENE SUPERIORE | <ul style="list-style-type: none"> B3 Alluvioni ghiaioso-sabbiose
(terreni prevalentemente ghiaiosi)
OLOCENE B4 Coperture fluvio-lacustri
(terreni a granulometria mista)
PLEISTOCENE C1 Calcani detritici
(argille caotiche)
PALEOGENE |
|--|--|

Figura 8-3. Carta Geologica.

9 SISMICITÀ E CARATTERISTICHE SISMICHE

Per la stesura del presente capitolo si sono seguiti i disposti:

- Della Legge del 2/02/74 n.64 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- Dell’Ordinanza n. 3274 del 20/03/03 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- Del D.M. del 14/09/05 “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Dall’Ordinanza n. 3519 del 29/04/06 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”;
- Del D.M. del 14/01/08 “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”, entrato in vigore con Legge n. 77 del 24/06/09;
- Della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 617 del 2/02/09, “Istruzioni per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14/01/08”;
- Del Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018)”;
- Della Deliberazione n. 81 del 24 febbraio 2022. “Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale della Sicilia. Applicazione dei criteri dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519”.

Il modello sismico di riferimento descritto è stato validato e supportato da indagini che gli scriventi ritengono proporzionate, nello specifico, all’importanza dell’opera.

9.1 Storia sismica dell'area

Dall'esame della storia sismica dell'Italia meridionale, che è stato possibile analizzare dall'anno 1000 fino ai nostri giorni, è risultato che il territorio in esame è stato interessato da diversi fenomeni sismici.

Dall'analisi dei dati si è potuto accertare che gli epicentri dei terremoti più significativi sono localizzati in Calabria centrale e meridionale e nello Stretto di Messina.

Tali eventi sismici sono collegati al complesso sistema di fratture profonde che accomoda i movimenti di convergenza tra le placche Africana ed Eurasia. I movimenti tettonici accumulano energia lungo i piani di faglia, che viene liberata attraverso terremoti di grande magnitudo, anche oltre il settimo grado della scala Richter.

Tra i maggiori terremoti storici si ricorda l'evento del 4 febbraio del 1169, che colpì Catania, la costa orientale della Sicilia e la Calabria meridionale. L'epicentro fu individuato nel Mar Ionio, lungo la costa tra Catania e Siracusa, la magnitudo momento stimata fu di 6.6 e si raggiunse il grado X della scala MCS. Secondo alcuni fonti si verificò anche un'eruzione dell'Etna con crollo parziale del versante orientale e un maremoto che risalì il corso del fiume Simeto per circa 6 km. Il terremoto del 4 febbraio 1169 causò danni considerevoli in tutta la Sicilia orientale e parte della Calabria meridionale (BOSCHI et alii, 1995). I più importanti centri abitati della Sicilia orientale furono gravemente danneggiati (BARBANO et alii, 2001). Furono osservati fenomeni permanenti sul terreno in una vasta area fra la costa ionica e Caltagirone.

Il terremoto del 1542 (BOSCHI et alii, 1995) causò danni che si estesero dalla costa ionica, dove diverse località furono quasi del tutto distrutte, fino a Caltagirone. Le vittime furono 147 (CHRONACA SICILIANA, XVI sec.).

Il primo terremoto per il quale troviamo notizie per Belpasso è quello del 1669, quando vi furono fortemente avvertiti i terremoti legati all'apertura delle bocche dell'eruzione che distrusse molte località del versante sud-occidentale etneo (CALCERANO, 1670).

Si ricorda, inoltre, il terremoto del 9 e dell'11 gennaio del 1693, che con magnitudo momento pari a 7.3 viene identificato come il terremoto più forte della storia dell'intero territorio italiano e il ventitreesimo più disastroso della storia dell'umanità, con effetti anche superiori al grado XI della scala MCS. Anche questo evento fu seguito da un maremoto che colpì le coste della Sicilia e lo Stretto di Messina, fino alle Isole Eolie.

L'evento del 20 febbraio 1818 provocò gravi danni e rovine in molte località della regione etnea. Questo terremoto viene generalmente interpretato come un terremoto crostale, associato al segmento più settentrionale della Scarpata Ibleo-Malese (AZZARO & BARBANO, 2000).

Un terremoto accaduto nel versante occidentale etneo il 1° gennaio 1850, provocò i suoi massimi effetti a Biancavilla e Belpasso ($I = 7$).

Più recente è il terremoto del 28 dicembre del 1908, quando una scossa di magnitudo 7.2 colpì la Sicilia orientale e la Calabria meridionale, distruggendo quasi completamente le città di Messina e di Reggio Calabria e provocando danni su un'area di circa 6000 km² e fu avvertito in una regione molto vasta: a est fino al Montenegro (Albania), verso sud fino a Malta ed Agrigento, a ovest fino ad Ustica e a nord fino a Campobasso (BOSCHI et alii, 2000). Anche in questo caso seguì una devastante onda di maremoto che travolse entrambe le coste dello Stretto.

Da questo evento drammatico iniziò da parte dello Stato l'azione per ridurre gli effetti dei terremoti, attraverso l'introduzione della classificazione sismica del territorio nazionale e l'applicazione di specifiche norme per le costruzioni, secondo il Regio Decreto del 1909.

Il terremoto del 13 dicembre 1990 ha interessato circa 250 località delle province di Siracusa, Catania e Ragusa ed è stato anche avvertito in alcune zone della Catena Meridionale (BOSCHI et alii, 1997).

L'ultimo evento significativo è stato il terremoto con epicentro sui Monti Iblei del 08 febbraio 2016. La magnitudo di questo evento è stata stimata pari a 4.4 della scala Richter, un valore che comporta effetti fino al grado VI della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS).

Il "modello sismogenetico" del GNDT suddivide questa fascia appenninica in alcune zone sismogenetiche. Secondo "NT4.1, un catalogo dei terremoti di area italiana al di sopra della soglia di danno" del GNDT, le zone più attive con riflessi in area sono la 68, la 69, la 70, la 71, la 73, la 74, la 78 e la 79.

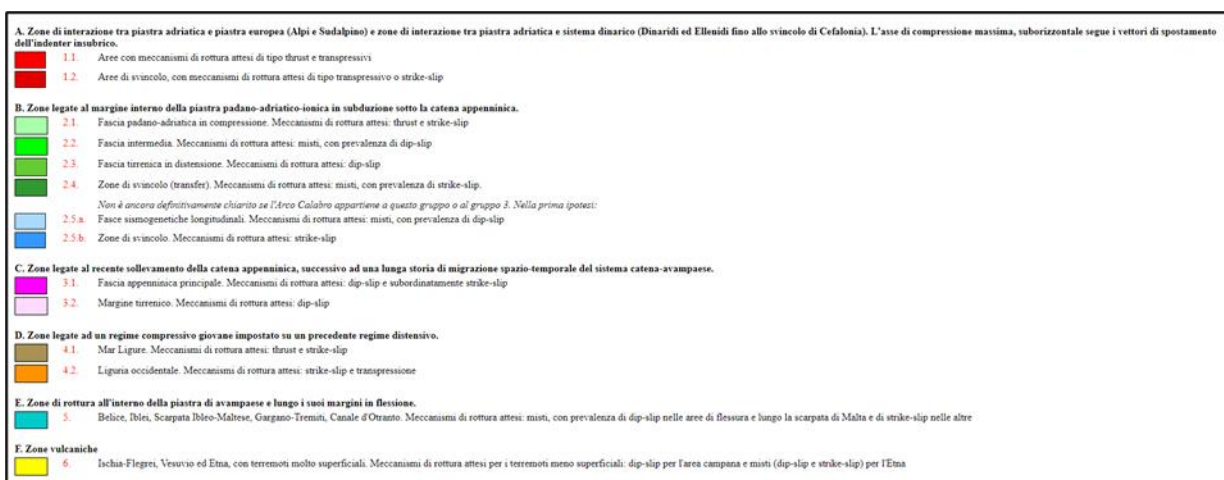


Figura 9-1. Zonazione sismogenetica ZS4 con relativa legenda. Nel cerchio rosso, l'area del della Sicilia orientale.

Zona "68 - 74":

- Zone di svincolo;
- Meccanismi di rottura attesi: strike – slip.

Zona "69 - 71":

- Fasce sismogenetiche longitudinali;
- Meccanismi di rottura attesi: misti, con prevalenza di dip – slip.

Zona "73":

- Ischia-Flegrei, Vesuvio ed Etna, con terremoti molto superficiali;
- Meccanismi di rottura attesi per i terremoti meno superficiali: dip – slip per l'area campana e misti (dip-slip e strike-slip) per l'Etna.

Zona "78 - 79":

- Belice, Iblei, Scarpata Ibleo – Maltese, Gargano – Tremiti, Canale d'Otranto;
- Meccanismi di rottura attesi: misti, con prevalenza di dip – slip nelle aree di flessura e lungo la scarpata di Malta e di strike – slip nelle altre.

Nella ZS 68, sono ubicati i terremoti del 28 marzo 1783 ($I_{max} = 11$ MCS) e dell'8 settembre 1905 ($I_{max} = 10/11$ MCS). Per quanto riguarda le zone sismogenetiche della Calabria meridionale (ZS 69 e 70), le strutture qui certamente più attive sono le faglie del bacino del Mèsima, di Serre, di Gioia Tauro e di Cittanova, la cui attività si è protratta anche nel Pleistocene superiore e nell'Olocene (VALENSISE & D'ADDEZIO, 1994).

Queste strutture con direzione NE-SO sono state probabilmente responsabili dei grandi terremoti calabresi del 5, 6 e 7 febbraio e del 1° marzo del 1783 (BRATTA, 1901). La ZS 71 comprende l'area dello Stretto di Messina, dove è ubicato il terremoto del 28 dicembre 1908 ($M = 7.1$; $I_{max} = 11$ MCS) ampiamente descritto da BRATTA (1901). La ZS 73 corrisponde all'area etnea, dove la sismicità è caratterizzata da eventi di bassa magnitudo e ipocentri superficiali (MONACO et alii, 1997), per cui gli eventi di quest'area sono capaci di produrre localmente effetti distruttivi ma vengono appena avvertiti al di fuori dell'area stessa (AZZARO et al., 2000b). Al confine tra i Nebrodi e i Peloritani occidentali (ZS 74) i terremoti sono localizzati lungo il versante Tirrenico, in particolare lungo l'allineamento Patti-Vulcano-Salina (AZZARO et al., 2000a).

Questa sismicità è associabile alle strutture trascorrenti destre NO-SE presenti nell'area (es. il terremoto di Patti del 1978, BARBANO et al., 1979). In Sicilia sud-orientale la sismicità è distribuita soprattutto lungo la costa ionica, dove gli eventi hanno raggiunto $M=7$ (AZZARO & BARBANO, 2000). La struttura probabilmente responsabile dei terremoti maggiori di quest'area è la Scarpata Ibleo-Maltese. Terremoti di modesta magnitudo sono localizzati invece nel settore più interno del Plateau Ibleo (ZS 78) (AZZARO & BARBANO, 2000).

In tutte le località gli effetti maggiori sono legati all'attività delle faglie normali regionali che si sviluppano lungo la costa ionica siciliana; danni minori sono legati ai terremoti ubicati nello Stretto di Messina, nell'area interna del Plateau Ibleo e nell'area etnea.

Nella più recente zonazione ZS9 il territorio di Ramacca ricade nella zona 935.

Prima del 1983 la classificazione sismica non si basava su studi sismologici approfonditi, ma era definita posteriormente ad un evento sismico attraverso i rilevamenti macrosismici dei danni subiti nei comuni colpiti dai terremoti.

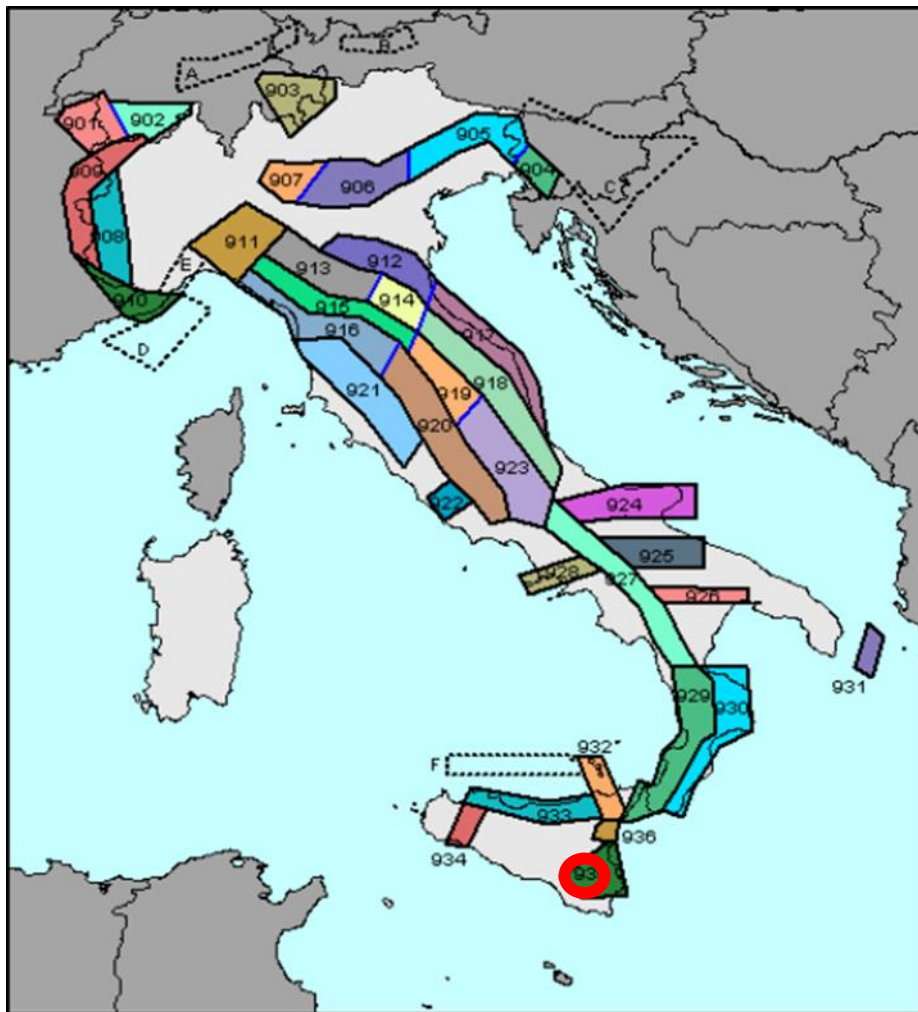


Figura 9-2. Zonizzazione sismogenetica ZS9. Le diverse zone sono individuate da un numero; le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica. Il colore delle zone non è significativo. In rosso, l'area della Sicilia orientale.

Infine, REBEZ (2016) si basa su una zonazione sismotettonica che ha definito “ZS16” per segnare il patrimonio scientifico del modello ZS9 e le sue versioni precedenti, come ZS4. La zonazione è stata focalizzata su alcune analisi di sensibilità (REBEZ E SLEJKO, 2000) come parametri più influenti in uno studio di pericolosità sismica secondo l'approccio sismotettonico di probabilismo.

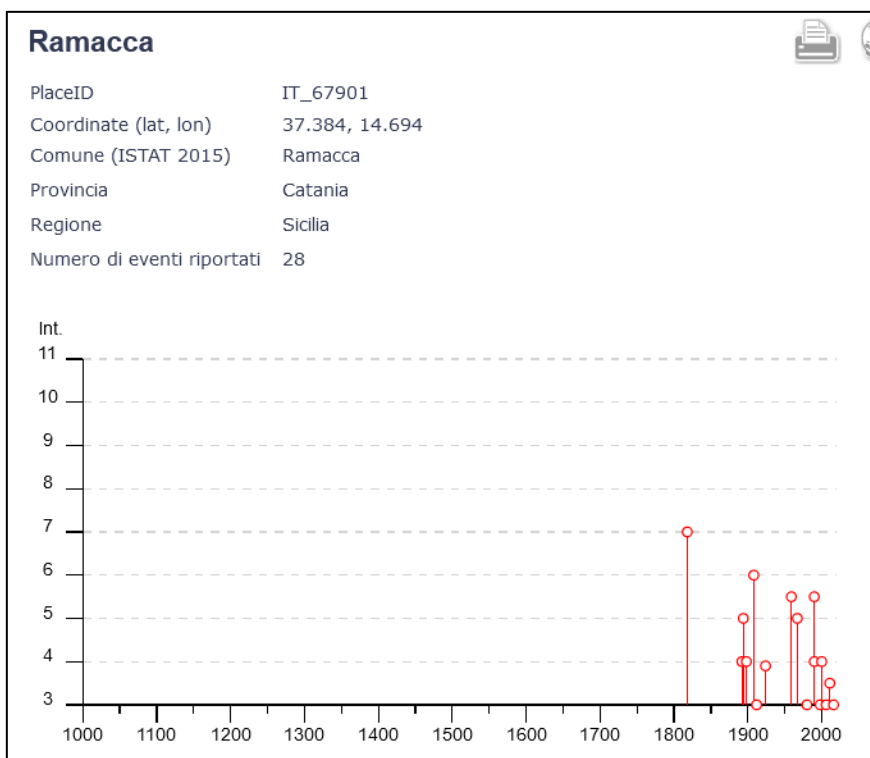


Figura 9-4. Istogramma degli eventi sismici.

Effetti	In occasione del terremoto del							NMDP	Io Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale		
7	1818	03	01	02	45		Monti Iblei	24	7-8 5.57
4	1892	01	22	23	47		Monti Iblei	26	5 4.41
5	1894	11	16	17	52		Calabria meridionale	303	9 6.12
4	1898	11	03	05	59		Calatino	48	5-6 4.51
NF	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11 6.95
NF	1908	12	10	06	20		Monti Peloritani	64	7 5.11
6	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11 7.10
NF	1911	10	29	06	49		Mineo	11	5 4.16
3	1912	12	22	08	05		Stretto di Messina	56	5-6 4.68
F	1924	08	17	21	40		Monti Iblei	22	5 4.74
NF	1947	05	11	06	32	1	Calabria centrale	254	8 5.70
5-6	1959	12	23	09	29		Piana di Catania	108	6-7 5.11
5	1967	10	31	21	08	0	Monti Nebrodi	60	8 5.33
3	1980	01	23	21			Monti Iblei	122	5-6 4.39
5-6	1990	12	13	00	24	2	Sicilia sud-orientale	304	5.61
4	1990	12	16	13	50	2	Ionio meridionale	105	4.38
NF	1997	07	30	16	06	3	Monti Iblei	45	5 4.45
3	1998	01	10	08	45	1	Etna - Versante sud-occidentale	44	6-7 3.96
4	2000	11	05	17	26	2	Etna - Versante meridionale	70	5-6 3.85
NF	2001	01	09	02	51	5	Etna - Zafferana Etnea	104	6 3.73
NF	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641	5.42
2	2004	12	30	04	04	5	Monti Iblei	48	4 3.82
NF	2006	05	20	07	05	5	Etna - Versante sud-occidentale	27	6 3.91
3	2006	12	19	14	58	0	Etna - Versante nord-occidentale	28	6 4.19
NF	2009	12	19	09	01	1	Etna - Maletto	64	6 4.39
3-4	2011	05	06	15	12	3	Etna - Versante nord-occidentale	25	5-6 4.31
NF	2011	10	09	08	28	2	Monti Iblei	26	4 3.47
3	2016	02	08	15	35	4	Monti Iblei	58	5-6 4.44

Tabella 9-1. Storia sismica di Ramacca. (Fonte: INGV – DBMI04, Database osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani).

Dove:

Int: Intensità al sito (MCS);

Ye/Mo/Da/Ho/Mi/Se: Anno-Mese-Giorno-Ora-Minuti- Secondi;

Epicentral Area: Denominazione dell'area dei maggiori effetti;

Io: Intensità massima (MCS);

Mw: Magnitudo momento.

Il DISS è uno strumento ideato per censire le sorgenti sismogenetiche, ovvero le faglie in grado di generare forti terremoti che esistono su uno specifico territorio, esplorandone le dimensioni, la geometria e il comportamento atteso, espresso dallo slip rate e dalla magnitudo degli eventi più forti che tali faglie possono generare.

Dal punto di vista sismogenetico, il territorio di Ramacca è sito a ridosso di una importante sorgente denominata, nel DISS (Database of Seismogenic Sources), Gela-Catania, orientata circa NE-SW con andamento quasi verticale. Tali strutture risultano attive fino alla profondità di 20-25 km.

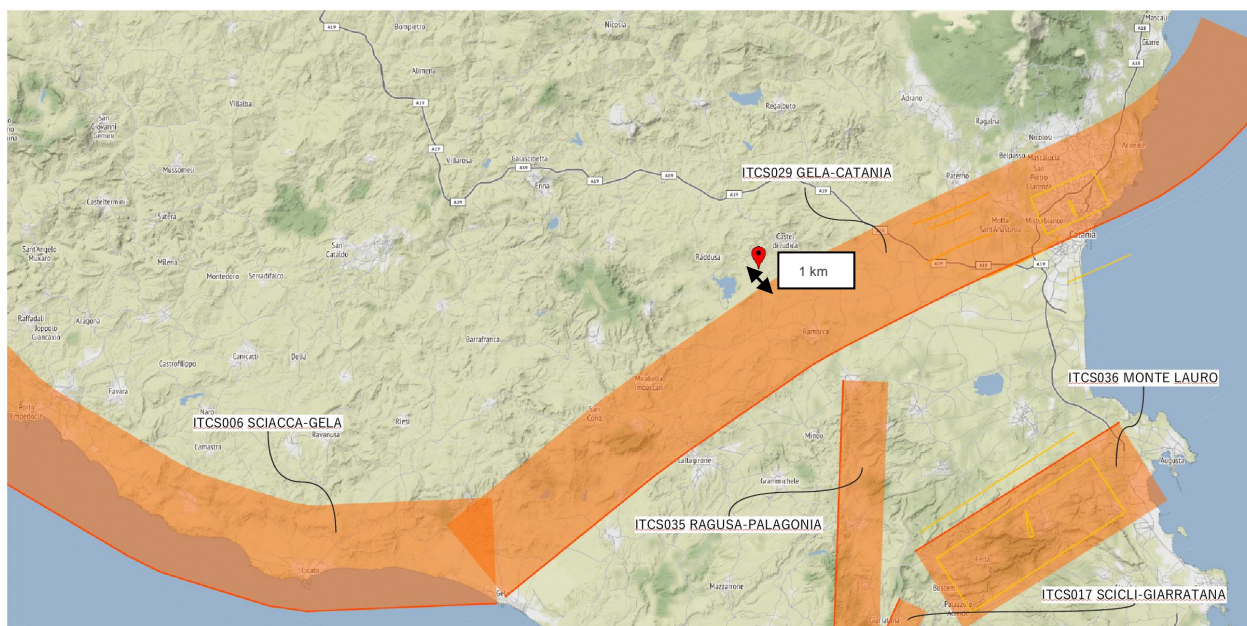


Figura 9-5. Stralcio del Database of Individual Seismogenic Sources per terremoti M > 5.5. Le Composite Seismogenetic Sources sono state evidenziate con i loro Id. In rosso, è stata evidenziato il sito oggetto di studio.

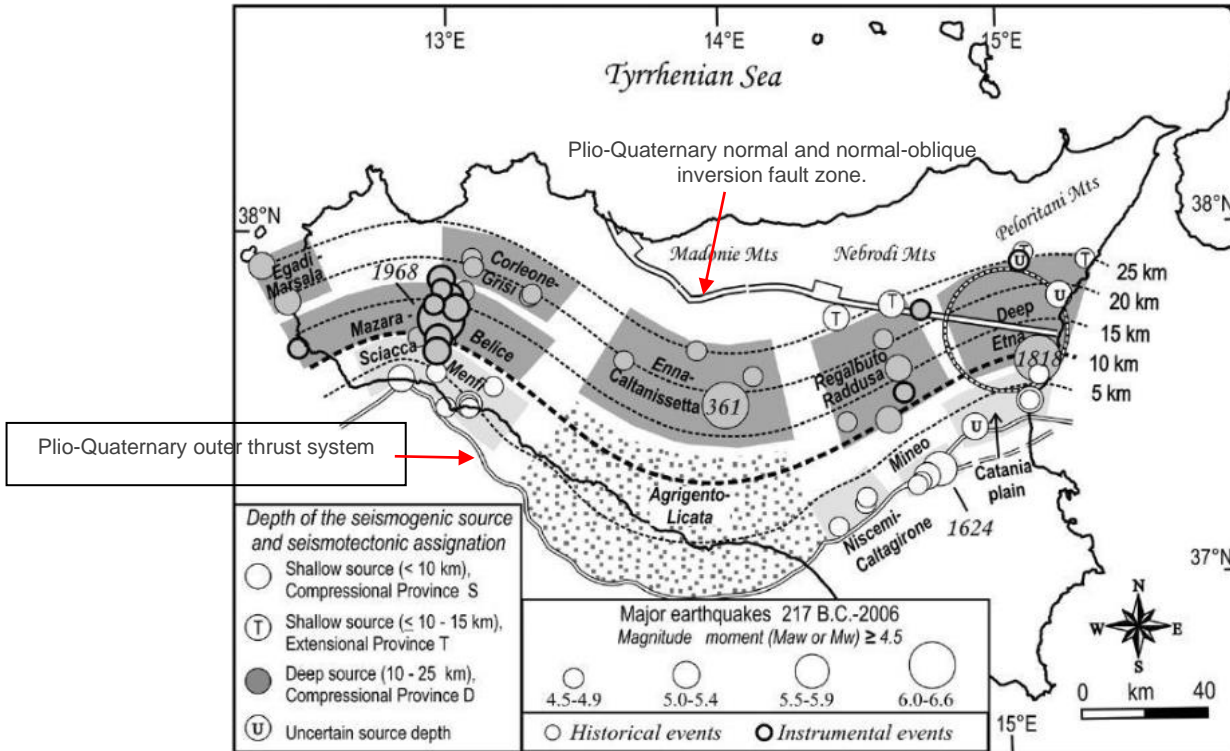


Figura 9-6. Distribuzione dei terremoti significativi con $M_w > 4.5$ rispetto ai settori dei principali fronti di spinta sepolti (da LAVECCHIA et al., 2007).

Il catalogo ITHACA (ITaly HAZards from CApable faults) - Catalogo delle faglie capaci in Italia è in continuo aggiornamento e non può mai considerarsi completo o definitivo; non rappresenta la totalità delle faglie capaci presenti sul territorio nazionale, ma solo quelle per le quali esiste uno studio e quindi un riferimento bibliografico.

La fagliazione superficiale può indurre seri danni agli edifici e alle infrastrutture e quindi rappresentare una rilevante fonte di pericolosità. La conoscenza approfondita e la precisa collocazione spaziale delle faglie in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie (faglie capaci; Pleistocene-Olocene) assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio.

L'importanza di valutare la pericolosità in termini di ground rupture viene indicata anche nell'Eurocodice 8.

Come si evince dallo stralcio cartografico seguente, l'area in esame ricade a ben 17 km dalla faglia più vicina (Grotta di San Febronia, code 14604).

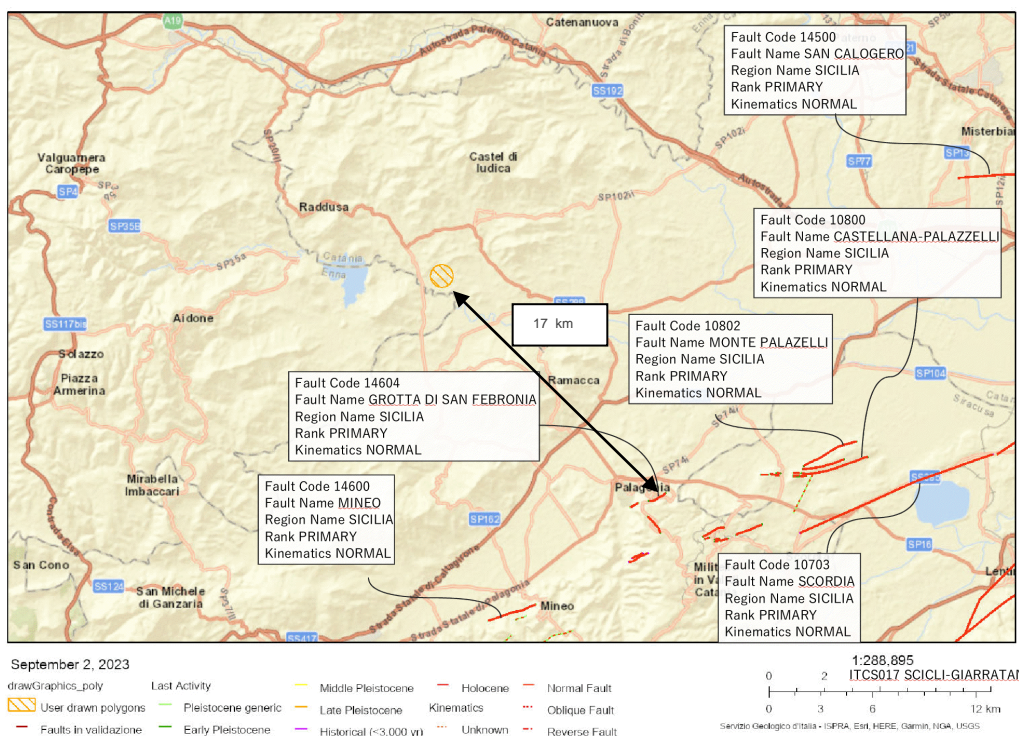


Figura 9-7. Mappa delle faglie capaci che potrebbero recare pericolosità alle zone dell'area di studio (cerchio arancione al centro della mappa).

9.2 Classificazione sismica dell'area

Attualmente le nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni, emanate con il D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, hanno superato il concetto di sola zonazione sismica. Ciò nonostante, resta pur sempre la valenza della classificazione sismica del 2003 nella scelta delle indagini geologiche e negli studi di microzonazione sismica al fine di garantire un idoneo e differenziato controllo della compatibilità geomorfologica in prospettiva sismica.

Con l'OPCM 3519/06 l'intero territorio nazionale viene suddiviso in 4 zone sulla base del differente valore dell'accelerazione di picco a_g su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV-DPC. Gli intervalli di accelerazione (a_g) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni sono stati rapportati alle 4 zone sismiche indicate dall'OPCM 3519/06.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

Tabella 9-2. Suddivisione zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido.

Con la classificazione sismica ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/2003, il territorio del Comune di Ramacca ricade in "Zona sismica 2", ritenuta a media sismicità e che può essere soggetta a scuotimenti modesti.

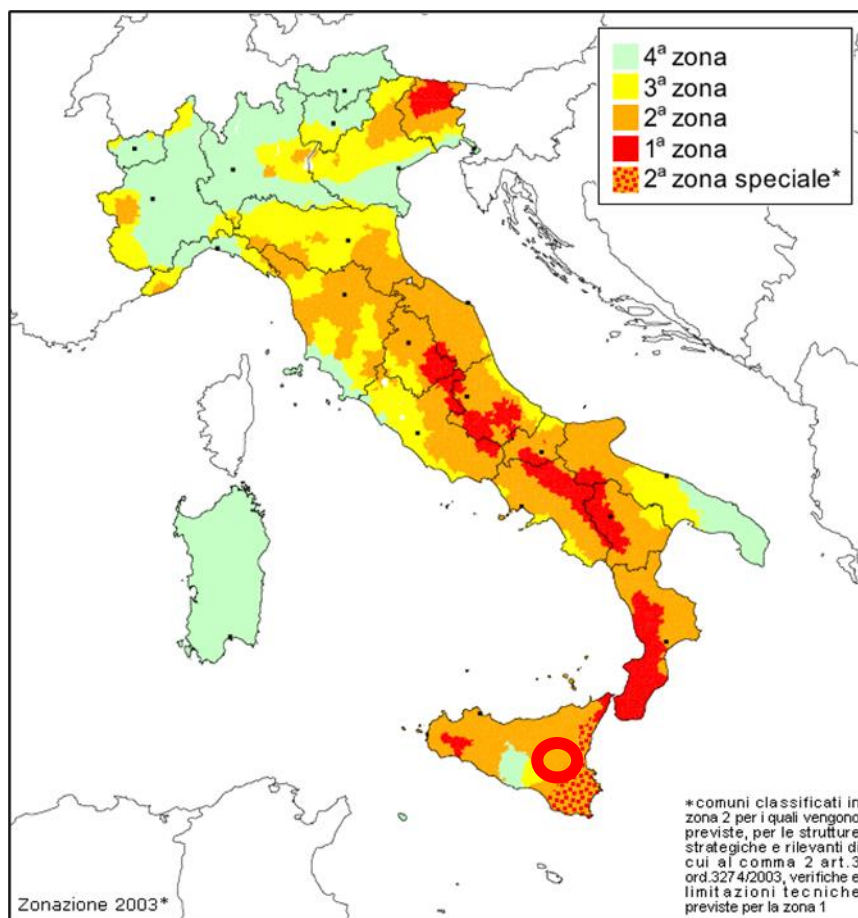


Figura 9-8. Stralcio della Zonizzazione Sismica d'Italia (O.P.C.M. 3274/2004). Nel cerchio rosso l'area di indagine.

Sulla base degli elaborati dell'OPCM n.3519/06, si rileva che l'area in esame è interessata da valori di a_g pari a $0,125 \div 0,150$.

Tali valori presentano una variabilità non sostanziale, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) che si tramuta in valori di possibile intensità del terremoto molto simile fra le diverse zone del territorio.

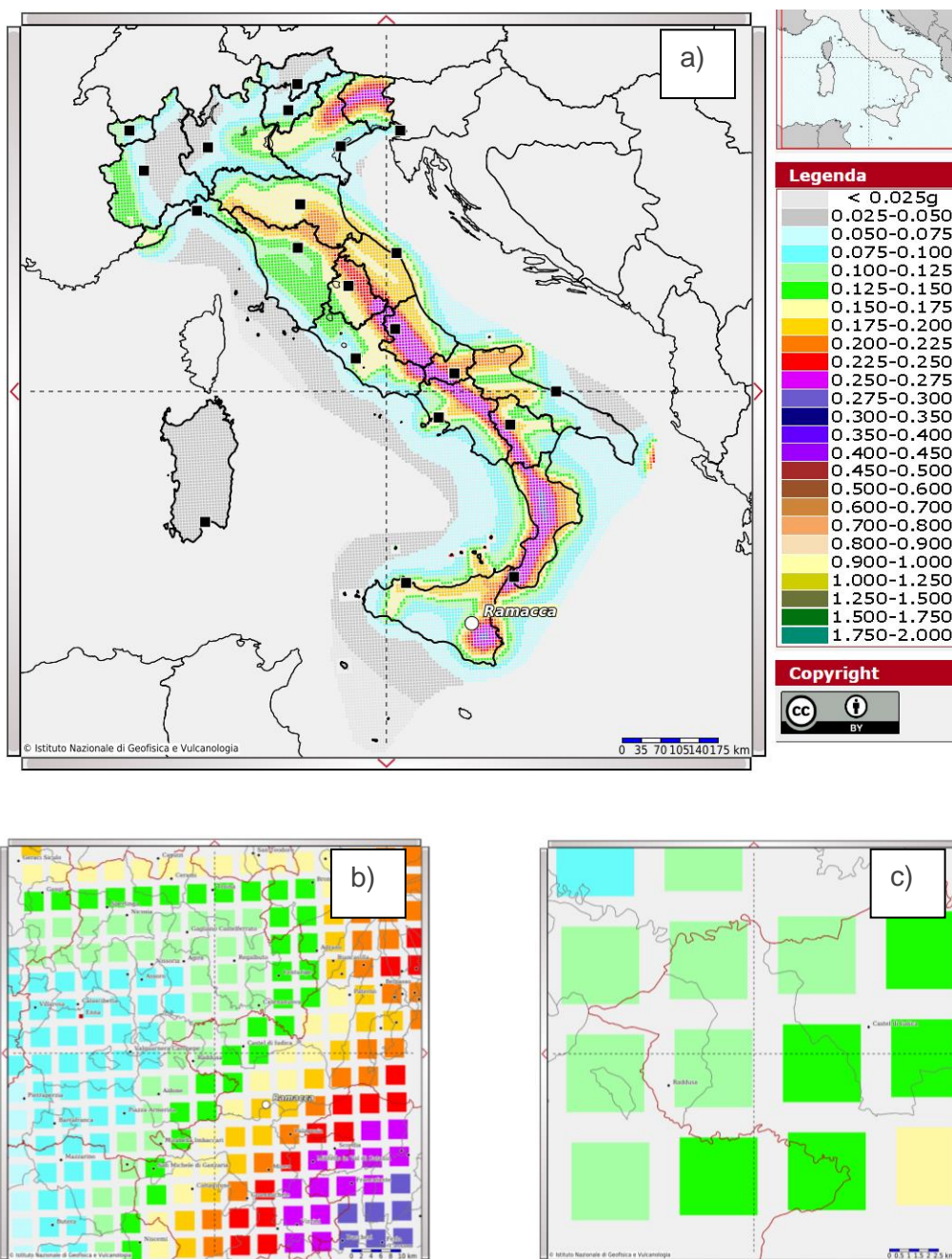


Figura 9-9. a) Mappa di pericolosità sismica (INGV, 2004); b) Mappa di pericolosità sismica (punti di griglia: parametri dello scuotimento a_g ; probabilità di superamento del 10% in 50 anni; percentile 50); c) Particolare - mappa di pericolosità sismica. (Fonte: INGV)

Per la stima della magnitudo caratteristica dall'area in esame si è fatto ricorso ai dati e alla tabella di disaggregazione della pericolosità sismica, per il nodo della griglia INGV-2004 prossimo all'area in esame.

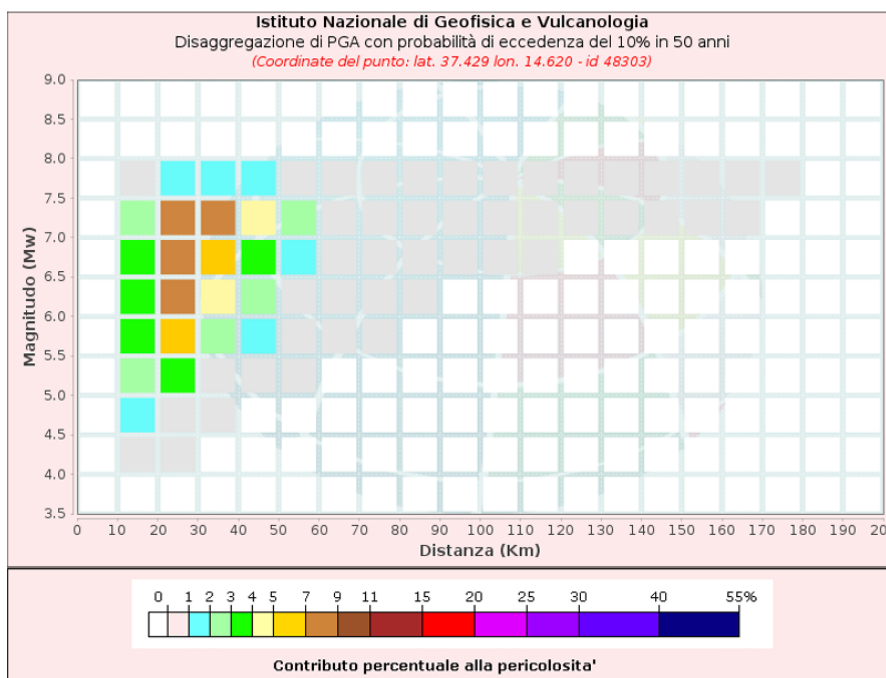


Figura 9-10. Dati di disaggregazione relativi all'area di impianto.

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni											
Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.2810	1.4800	2.7000	3.6600	3.9200	3.4100	2.4700	0.3770	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0427	0.9660	3.1900	5.7900	7.8500	8.4300	7.3600	1.2500	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0307	0.8550	2.6900	4.9200	6.7000	7.1900	1.3600	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.1070	1.0600	2.3500	3.8700	4.9500	1.0400	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0197	0.4100	0.8980	1.7300	2.5700	0.5830	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0850	0.2360	0.5650	0.9790	0.2390	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0101	0.0411	0.1710	0.3560	0.0929	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022	0.0573	0.1580	0.0443	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0244	0.1110	0.0336	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0093	0.0851	0.0286	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.0581	0.0225	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0340	0.0164	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0113	0.0073	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0044	0.0043	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0014	0.0025	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0012	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 6.53 ; distanza = 32.0 ; epsilon = 1.14

Tabella 9-3. Tabella di disaggregazione relativi all'area dell'impianto.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia ultimi che di esercizio, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite ultimi (SLU) dinamici sono:

- SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita (a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali).
- SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso (a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali).

Gli stati limite di esercizio (SLE) dinamici sono:

- SLO - Stato Limite di Operatività (a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi).
- SLD - Stato Limite di Danno (a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature).

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tabella seguente.

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

Tabella 9-4. Stati limite e PVR (NTC, 2018).

I quattro stati limite sono ordinati per azione sismica crescente e per probabilità di superamento decrescente. Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla Pericolosità sismica di base del sito che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento V_R , espresso in anni), si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata P_{VR} (Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento). Sulla base della normativa vigente (Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018) ed in riferimento alle azioni sismiche di progetto, i terreni di fondazione sono classificabili in cinque categorie principali (A, B, C, D ed E), che sono individuate dai valori della velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo ($V_{S,eq}$).

Per $V_{S,eq}$ s'intende la media pesata delle velocità delle onde di taglio negli strati fino a 30 m. di profondità dal piano di posa della fondazione, calcolata secondo la seguente relazione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} = 481.01 \frac{m}{s} \text{ (Ramacca 1); } 476.18 \frac{m}{s} \text{ (Ramacca 2)}$$

Dove:

h_i = spessore (m) dell'*i*-esimo strato compreso nei primi 30 m;

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

N = numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità;

H = profondità del substrato sismico (in m), definito come quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Nelle citate Norme Tecniche 2018, le cinque categorie di profilo stratigrafico sono così definite:

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

Pertanto, si evince che le velocità equivalenti ottenute si collocano all'interno della fascia di valori che identifica nelle NTC-2018 la categoria di sottosuolo "B".

In riferimento alla categoria topografica, l'area in esame è ubicata in corrispondenza di una superficie pianeggiante e pertanto è classificabile come "T1", corrispondente ad un coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1,0.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 9-5: Categoria topografica in funzione dell'inclinazione della superficie (NTC, 2018).

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Tabella 9-6: Categoria topografica in funzione dell'ubicazione dell'opera (Fonte: NTC, 2018).

Pertanto, ad integrazione della stima preliminare dell'azione sismica in precedenza riportata ed impostata sulle "categorie di sottosuolo", nonché della pericolosità sismica di base relativa al reticolo di punti di riferimento per l'area in esame e ai rispettivi valori di a_g e dei parametri spettrali riferiti all'accelerazione orizzontale, si riportano in allegato i risultati delle verifiche ottenute con l'impiego del software Spettri-NTC dell'Ing. Roberto di Girolamo.

In presenza di azioni sismiche e con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso dell'opera, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso:

- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

In particolare, il calcolo è stato impostato assegnando la classe d'uso I, con $C_u = 0,7$ (circa corrispondente alla classe di importanza di EC8) e la vita utile dell'opera pari a 30 anni.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 9-7: Tipologia delle costruzioni e relativi valori minimo di V_N (Fonte: NTC, 2018).

Le azioni sismiche sono valutate in relazione al periodo di riferimento V_R che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \times C_U = 21$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella seguente.

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Tabella 9-8: Classe d'uso e relativi coefficienti C_U (Fonte: NTC, 2018).

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla Pericolosità sismica di base del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In Allegato gli spettri e i relativi parametri ottenuti dai calcoli effettuati.

9.3 Classificazione sismica da indagine MASW

Il metodo M.A.S.W (Multichannel Analysis Surface Waves) (PARK et alii, 1999) è una tecnica di indagine che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio Vs registrate da diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Si basa sulla misura della propagazione delle onde di superficie di Rayleigh, generate da una sorgente impulsiva verticale, o di Love, generate da una sorgente di taglio.

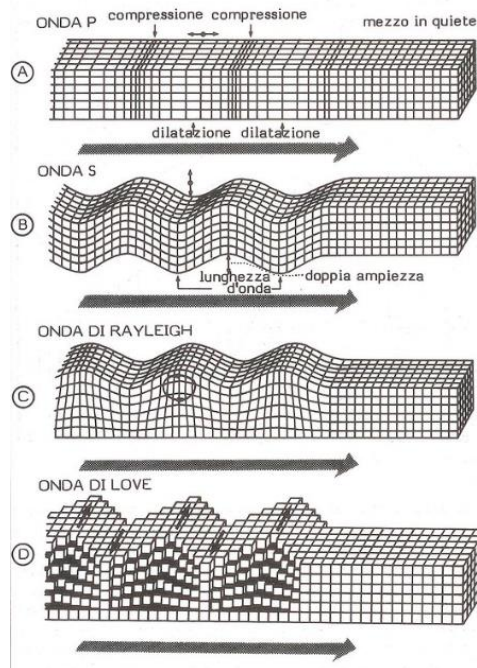


Figura 9-11. Tipi di onde.

Il metodo di indagine sismica M.A.S.W. si dice di tipo “attivo” in quanto le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta sul piano campagna. Esso consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenze compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo.

Qualsiasi segnale sismico è costituito dai diversi tipi di onde, ciascuno dei quali può essere osservato come combinazione di un infinito numero di componenti di frequenza (f), con ampiezza (A) e fase (c). In un mezzo omogeneo e di estensione infinita, tutte le frequenze, di un determinato tipo di onda di volume, si propagano alla stessa velocità. Se invece il mezzo di propagazione non è omogeneo, ogni componente di frequenza si propaga con una diversa velocità (velocità di fase) in relazione alle caratteristiche del mezzo, dando luogo al fenomeno della dispersione.

Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche le onde di volume, intervengono due aspetti che rendono il contributo delle onde di Rayleigh prevalente:

- Le onde Rayleigh trasportano circa i 2/3 dell'energia generata dalla sorgente;
- Allontanandosi dalla sorgente, le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geom.ca inferiore rispetto alle onde di volume, perché le onde Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, coassiali rispetto alla sorgente; invece le onde di volume si propagano secondo fronti d'onda sferici.

Per l'esecuzione della prova è necessaria una superficie pianeggiante, più o meno ampia in relazione alla profondità di indagine. La prova consiste nel produrre, sulla piastra battente posta sulla

superficie del terreno, una sollecitazione dinamica verticale, in un determinato campo di frequenze, e nel registrare le vibrazioni prodotte a distanze note e prefissate (in questo caso: 1,5 m).

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di rigidità può scomporsi in due fasi fondamentali:

- Deduzione della curva di dispersione caratteristica, del sito in esame;
- Processo di inversione, finalizzato ad ottenere partendo dalla curva suddetta una stima del profilo di rigidità ad essa associato.

La componente verticale del moto, indotta dalle onde di Rayleigh, è predominante su quella orizzontale e si attenua con la profondità rapidamente fino a diventare insignificante ad una quota di poco superiore alla lunghezza d'onda (λ) della sollecitazione indotta.

La velocità V_R risulta sperimentalmente assai prossima a quella V_S (variando in funzione del coefficiente di Poisson) e per il suo tramite è possibile ricavare le caratteristiche meccaniche del terreno.

In sintesi, l'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica effettuata. Gli spettri bidimensionali ottenuti dalla registrazione M.A.S.W. vengono successivamente combinati in modo da ottenere uno spettro unico.

Le categorie di sottosuolo riportate nelle NTC18 e le azioni sismiche corrispondenti tengono conto soltanto delle amplificazioni stratigrafiche (1D) nei primi 30 m di sottosuolo.

È incontrovertibile che la rigidità del sottosuolo prossimo alla superficie, e quindi il profilo di V_S , abbia un ruolo negli effetti di sito, ma l'amplificazione sismica locale è condizionata da più fattori alquanto complessi (topografia, effetti di sorgente, profilo di rigidità fino al bedrock sismico, ecc.) per poter essere descritta in maniera compiuta da un parametro sintetico come la $V_{S,eq}$.

Quello che conta, ai fini dello sviluppo di un'amplificazione sismica locale, sono i parametri seguenti:

Profilo di V_S + Profondità dei Contrasti di Impedenza = Frequenze di Risonanza

Si ha "risonanza", ossia particolare accentuazione dell'amplificazione, per periodo $T = 4h/V_s$

Dove:

h = spessore della copertura;

V_s = velocità delle onde di taglio nella copertura.

9.3.1 Esecuzione dell'indagine e calcolo della $V_{s,eq}$

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale A6000S MAE, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- Capacità di campionamento dei segnali tra 0.002 e 0.00003 sec;
- Sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break);
- Filtri High Pass e Band Reject;
- "Automatic Gain Control";
- Convertitore A/D a 24 bit.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea". In particolare, è stato utilizzato il seguente set-up:

- 12 geofoni ad asse di oscillazione verticale con interspazio (G_x) di 3 metri;
- n. 2 energizzazioni ad offset (S_x) 3 e 6 metri;
- Passo di campionatura pari a 1000 Hz;
- Lunghezza delle tracce sismiche pari a 2048 sec.;
- Massa battente pesante di 10 Kg.

Tale configurazione ha consentito di mitigare gli effetti near-field dovuti alle onde di volume ed ha altresì consentito di avere le seguenti risoluzioni spazio-temporali: lungo i numeri d'onda k la risoluzione è di 0.174 m^{-1} , mentre la risoluzione in frequenza è pari a 0.244 Hz.



Figura 9-12. Corografia dei punti di indagine mediante MASW.



Figura 9-13. Foto dello stendimento. A sinistra, Ramacca 1; a destra, Ramacca 2.

Il profilo di velocità stimato individua una sequenza di sismostrati in cui il “bedrock” sismico non viene intercettato entro i 30,00 m. di profondità dal p.c.

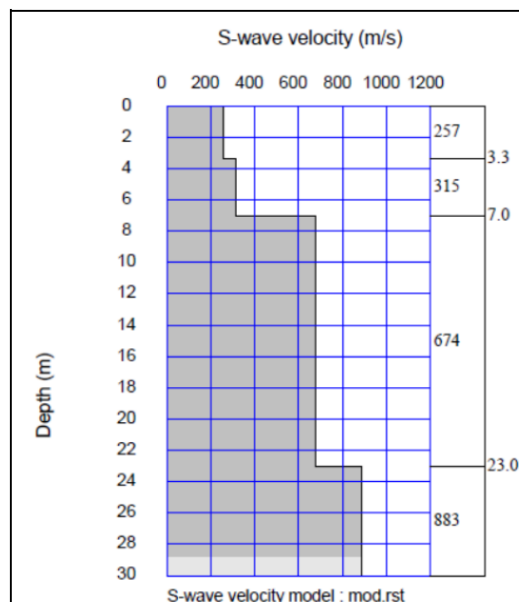
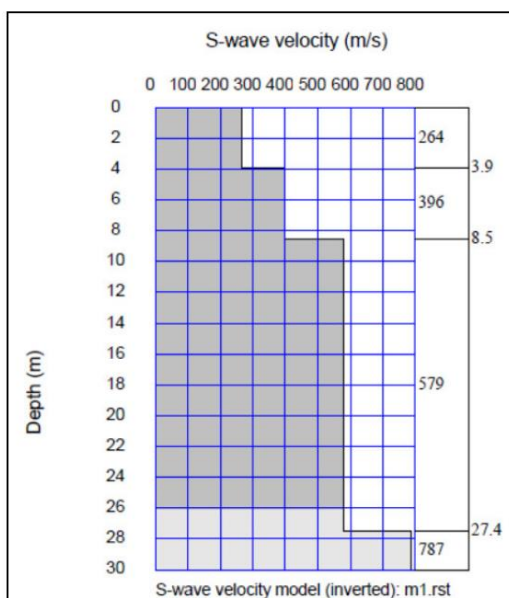


Figura 9-14. Modello di velocità del sottosuolo.

Si rimanda al report delle indagini geognostiche per un maggiore approfondimento.

10 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per la caratterizzazione del sottosuolo sono state seguite le indicazioni di cui alla lettera B del D.M. 11/3/88 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione” e ss.mm.ii.

In particolare, a seguito delle indagini geofisiche MASW e dei risultati ottenuti, sono state programmate e realizzate le indagini e le prove in sito ritenute tra le più idonee per:

- Valutare la stabilità di insieme della zona, prima ed a seguito degli interventi in progetto;
- Individuare i problemi che la natura e le caratteristiche geotecniche dei terreni pongono nelle scelte delle soluzioni progettuali e dei corrispondenti procedimenti costruttivi;
- Confrontare le soluzioni possibili per la realizzazione di quanto previsto in progetto.

La scelta è ricaduta sulla prova penetrometrica dinamica, tenendo presente il tipo di progetto e l'ampiezza dell'area da esso interessata, le caratteristiche litologiche e strutturali del sottosuolo e lo stato delle conoscenze raccolte sulla zona in esame.

Le prove penetrometriche dinamiche sono largamente diffuse ed utilizzate sul territorio italiano da geologi e geotecnici, in quanto di semplice, economica e rapida esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo investigato, per mezzo di un'immagine in continuo, che permette di ottenere anche un raffronto circa le consistenze dei vari livelli attraversati. La sonda penetrom.ca consente, inoltre, di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii e la consistenza, in generale, del terreno. L'esecuzione di ciascuna prova prevede l'infissione, con un sistema di battuta automatico, che assicura circa 20-30 colpi/minuto, di una punta conica, in questo caso a recupero; ogni 10 cm di avanzamento della punta si misura il numero di colpi: tale valore, opportunamente elaborato, viene utilizzato per determinare il valore di numerosi parametri geotecnici per mezzo di abachi.

Si tratta di una prova in situ, utile per determinare la stratificazione e le proprietà meccaniche del terreno, offrendo la possibilità di ottenere dei dati in continuo. Essa è indicata per tutti i terreni, tranne che per i depositi ghiaiosi, e consente di ricostruire la successione litostratigrafica dell'area e avere una stima in continuo dei valori di resistenza alla punta e di attrito laterale.

Tale tipologia di prova penetrometrica consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno. La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta, un martinetto idraulico, opportunamente ancorato al suolo. Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato in numero di colpi (N_{spt}) che è direttamente proporzionale all'energia specifica.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare, consente di ottenere informazioni sull'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici, la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche ed i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

10.1.1 Esecuzione delle prove penetrometriche

L'indagine penetrometrica è stata eseguita, a cura dello Studio di Geologia del Dott. Geol. Corrado Zocco della S.G.M. s.r.l. di Catania (CT), con l'ausilio di un penetrometro dinamico DPSH 63 prodotto e commercializzato dalla Geo Deep Drill.

L'indagine, eseguita in data 15/05/2023, è consistita nella realizzazione di tre prove denominate P1, P2 e P3 entro l'area d'interesse progettuale.



Figura 10-1. Corografia delle indagini penetrometriche dinamiche.



Figura 10-2. Foto delle postazioni.

La disamina delle figure seguenti, che riportano il numero di colpi misurato sul campo ogni 10 cm di avanzamento della punta, mette in evidenza la presenza di materiale incoerente o coesivo, sciolto, variamente denso e compatto.

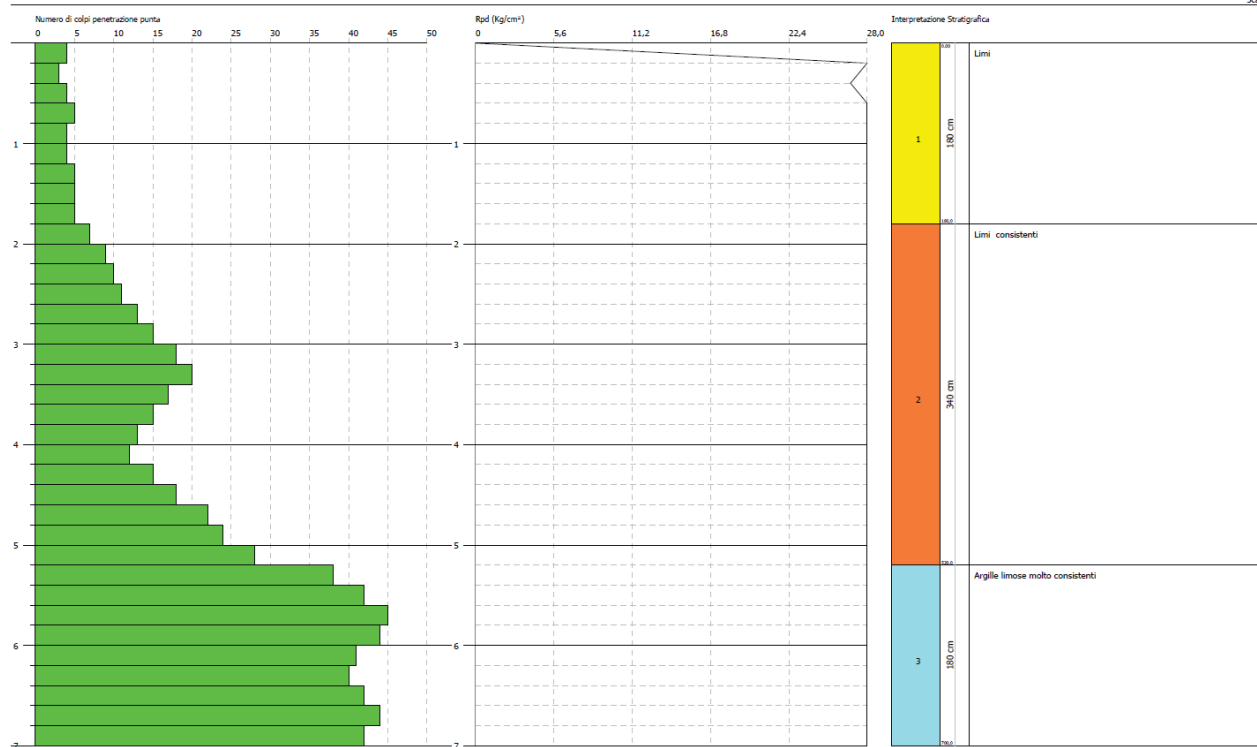


Figura 10-3. Elaborazione indagine penetrometrica DPSH 1.

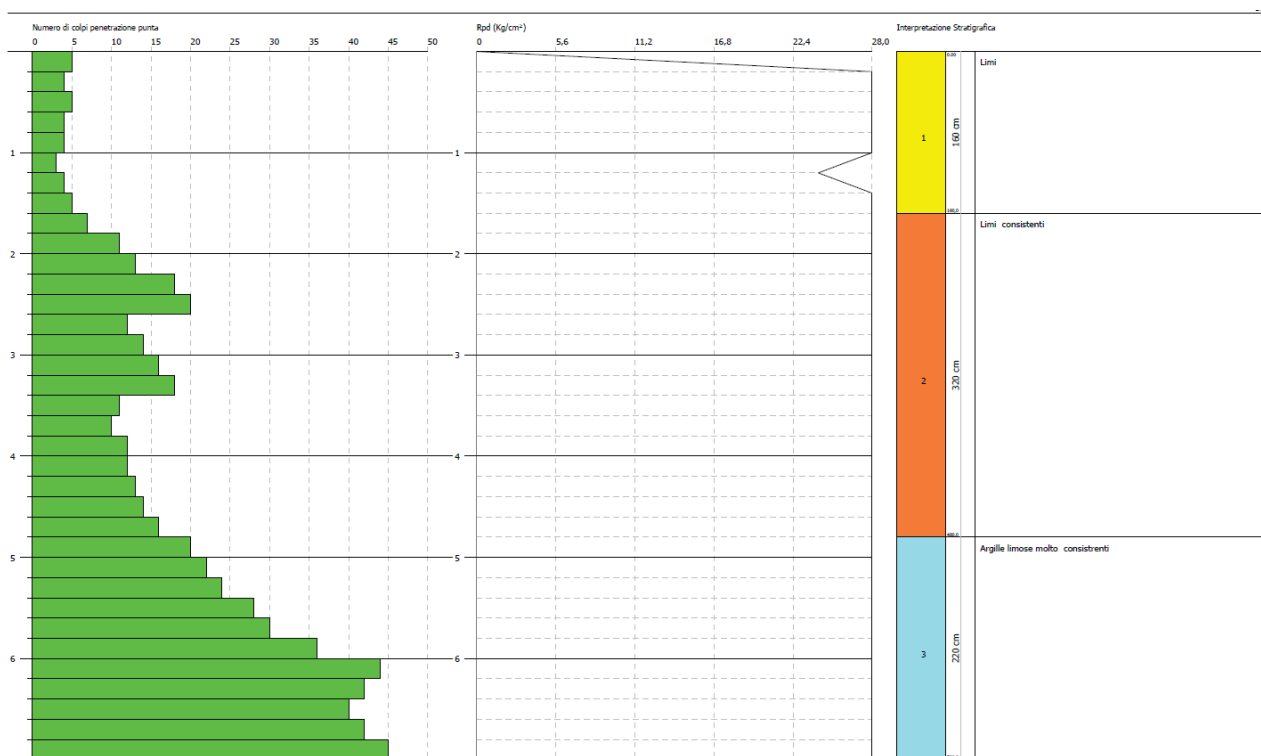


Figura 10-4. Elaborazione indagine penetrometrica DPSH 2.

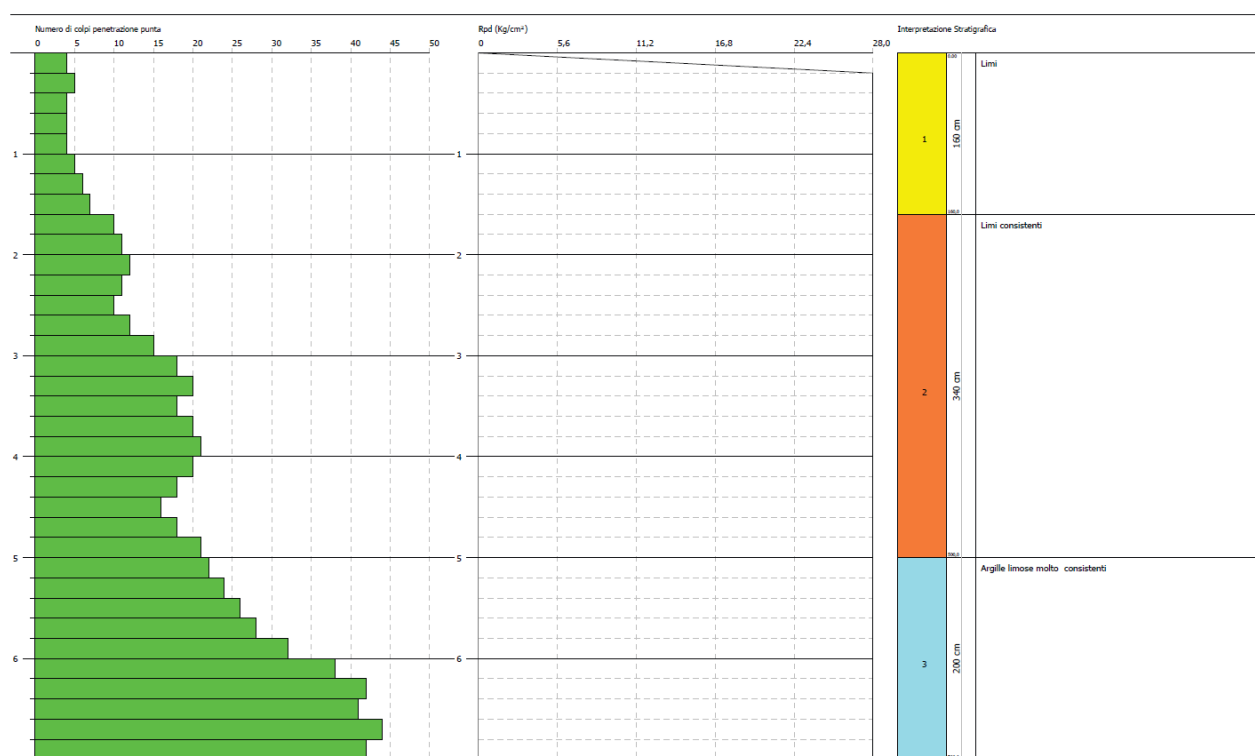


Figura 10-5. Elaborazione indagine penetrometrica DPSH 3.

Si rimanda al report delle indagini geognostiche per un maggiore approfondimento.

11 STIMA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

I fenomeni di liquefazione, che interessano i depositi sabbiosi o sabbioso-limosi, dipendono dalle proprietà geotecniche dei terreni, dalle caratteristiche delle vibrazioni sismiche e dalla loro durata, dalla genesi e dalla storia geologica dei terreni, dalla presenza di acque di falda, da fattori ambientali. Un terreno incoerente saturo, in assenza di sollecitazioni sismiche è soggetto soltanto alla pressione litostatica, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti (in campo libero e con superficie piana). Durante una sollecitazione sismica vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante. Per tutta la durata della scossa ogni elemento di terreno soggetto ad una serie di sforzi tangenziali che cambiano ripetutamente verso ed ampiezza. Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce.

La resistenza alla liquefazione è maggiore con la profondità. Quindi, maggiore è la durata di un terremoto più alta è la possibilità che si arrivi (maggior numero di cicli) alla liquefazione. Inoltre, maggiore è l'ampiezza della vibrazione e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione. La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso. Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione.

Anche la distribuzione, la forma delle particelle e il grado di uniformità influenzano notevolmente il fenomeno, per le implicazioni che questi fattori hanno sulla resistenza al taglio e per il modo di dissiparsi della pressione interstiziale in eccesso. Per quanto riguarda la storia delle sollecitazioni sismiche su un deposito si può affermare che precedenti deformazioni moderate influiscano positivamente sulla resistenza del deposito, mentre una storia caratterizzata da alti livelli di deformazione (deposito già soggetto a liquefazione) ha effetti negativi sul potenziale di ri-liquefazione. I depositi sabbiosi con più alto potenziale di liquefazione sono i più recenti.

A parità di composizione e di altre condizioni lo stesso deposito, se più antico, avrà sviluppato legami inter-granulari e cementazioni sempre più forti con il tempo. Inoltre, la struttura di un deposito antico sarà resa più stabile e omogenea per gli effetti delle vibrazioni indotte da precedenti terremoti di piccola entità. Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{v0} - u) \tan \varphi$$

Dove:

c = coesione del terreno;

σ_{v0} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine;

u = pressione interstiziale dell'acqua;

φ = angolo di resistenza al taglio del terreno.

È evidente che la grandezza “ τ ” si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

- $c = 0$;
- $(\sigma_{v0} - u) = 0$.

(il caso $\varphi = 0$ non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione “ $c = 0$ ” non può ovviamente verificarsi). La condizione a) vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} = u$).

In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sottofalda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Anche se l'area in esame non risponde alle caratteristiche necessarie per rientrare tra le situazioni descritte, pur ipotizzando una significativa, quanto improbabile, risalita del livello piezometrico di falda in loco, si illustrano di seguito due metodi di calcolo della suscettibilità utilizzati per le verifiche cautelative.

Nello studio di BARANI et al. (2022), vengono analizzate le mappe di pericolosità del movimento del suolo e la disaggregazione dei pericoli al fine di definire le aree in cui non è possibile escludere l'innescò di liquefazione dovuto all'attività sismica. A tal fine si fa riferimento ai criteri di innescò proposti dalle Linee Guida Italiane per la Microzonazione Sismica, descritti nel corpo principale del manoscritto.

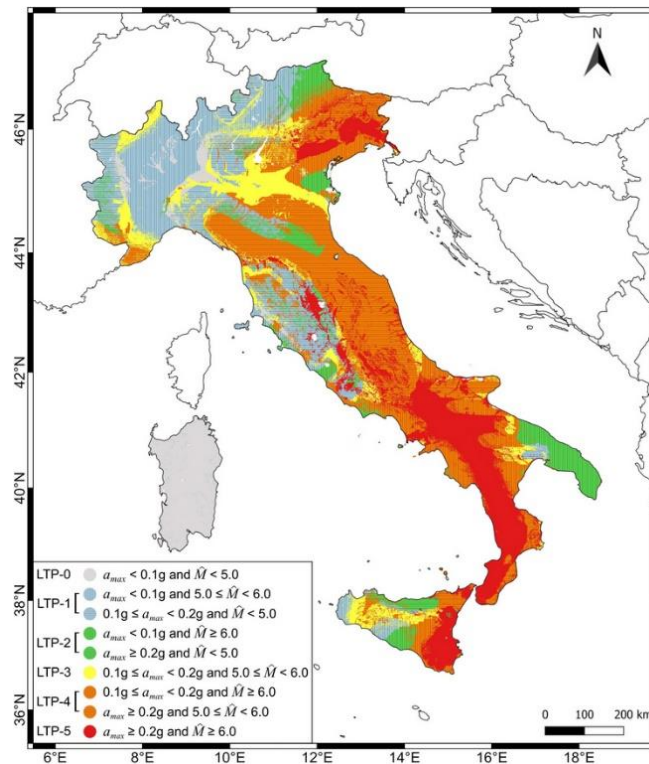


Figura 11-1. MILQ (Mappa del potenziale d'Innesco della Liquefazione).

Criterio di Youd & Perkins (1978)

Si tratta di un metodo che si basa sul tipo di deposito sedimentario e della sua età. Viene fornita un'indicazione qualitativa del grado di vulnerabilità della formazione. La probabilità di liquefazione è ricavabile dalla seguente tabella:

Tipo deposito	Età del deposito			
	500 anni	Olocene	Pleistocene	Pre-Pleistocene
Canali fluviali	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Pianure di esondazione	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pianure e conoidi alluvionali	Moderata	Bassa	Bassa	Molto bassa
Spianate e terrazzi marini	----	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Deltaici	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Lacustri	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Colluvioni	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Scarpate	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Dune	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Loess	Alta	Alta	Alta	Molto bassa
Glaciali	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa

Tabella 11-1. Schema di Youd & Perkins.

Nel nostro caso, l'area ad agrivoltaico è posta in una zona perlopiù pianeggiante costituita da argille caotiche riferibili al Paleogene. La probabilità di liquefazione è "Molto Bassa".

Procedura di Sherif & Ishibashi (1978)

Il metodo di Sherif & Ishibashi ammette che si possano verificare fenomeni di liquefazione solo nei livelli costituiti da sabbie o sabbie limose, al di sotto del livello statico della falda e con spessore degli strati di copertura < 3 m.

Il metodo si basa sul confronto delle granulometrie con due profili standard. Per poter emettere un giudizio definitivo sulla vulnerabilità del deposito occorre prendere in considerazione il suo grado di addensamento, valutato attraverso prove SPT o SCPT.

Se il numero di colpi ricade, anche parzialmente, nella fascia A, il deposito è liquefacibile, se ricade nella fascia C non è liquefacibile. La fascia B infine riguarda strati in cui la liquefazione è possibile, ma non probabile.

Nel caso in esame, sulla base delle granulometrie dei terreni e delle elaborazioni delle prove S.P.T. eseguite, si ricade in Zona c "non liquefacibile".

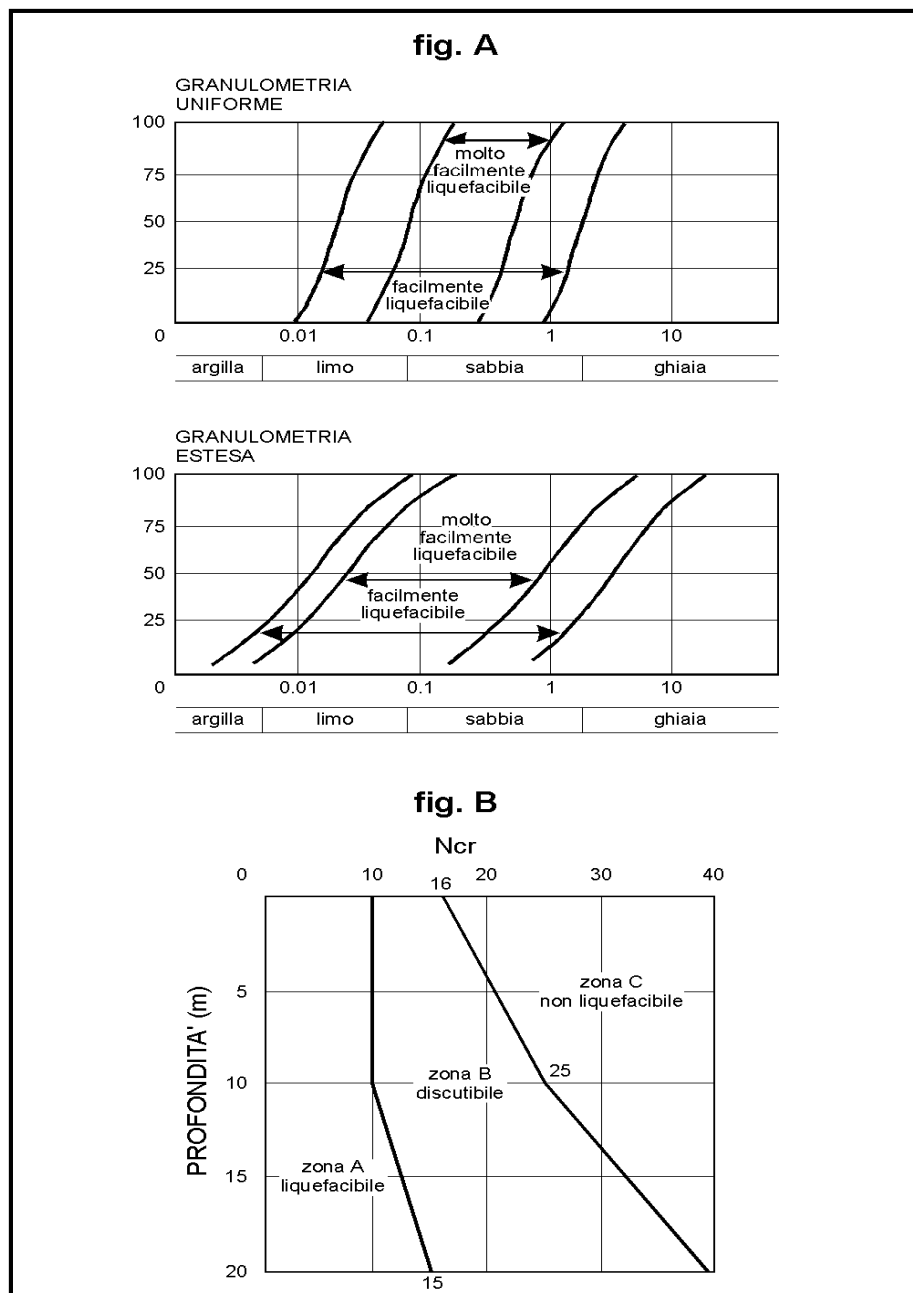


Figura 11-2. Schema di Sherif & Ishibashi.

Le “Norme tecniche per le costruzioni” del 2018 (D.M. 17.01.2018), al § 7.11.3.4, “stabilità nei confronti della liquefazione”, forniscono la seguente definizione nei riguardi di tale possibile manifestazione: “fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate”.

Ciò avviene quando la pressione dell’acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero. In questo contesto, il problema principale che si pone in fase di progettazione è la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie, ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine lino-argillosa. In riferimento al § 7.11.3.4.2

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

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g:

$$a_{\max} > 0,1g$$

2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali:

-40 m dal p.c.

3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrom.ca normalizzata* $(N_1)_{60} > 30$ oppure $qc_1N > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 1 kg/cm² e qc_1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 1 kg/cm²:

[non applicabile, non sono sabbie pulite]

Metodo geologico

Il metodo geologico esclude:

Suscettibilità alla Liquefazione l'area dell'impianto agrivoltaico poggia su depositi ascrivibili all'Olocene, con profondità della falda acquifera > 15 m;

Pertanto, viste le locali condizioni geologiche, stratigrafiche ed idrogeologiche, sussiste un rischio di liquefazione dei terreni solo nella porzione più superficiale di terreno, ma è il risultato di modifiche antropiche effettuate per migliorare la capacità drenante dei terreni agricoli.

Valutazione del potenziale di liquefazione /da prove dinamiche SPT)				
Metodo semplificato di Seed e Idris (1982)				
Parametri	P ₁			
		1	2	3
	γ	1,83 g/cm ³	2,11 g/cm ³	2,5 g/cm ³
	σ _{vo}	0,33 Kg/cm ²	1,10 Kg/cm ²	1,75 Kg/cm ²
	σ' _{vo}	0,33 Kg/cm ²	1,10 Kg/cm ²	1,75 Kg/cm ²
	Profondità della prova	180 cm	520 cm	700 cm
	N _{spt}	6,37	23,13	61,82
	Profondità della falda	4000 cm	4000 cm	4000 cm
	γ H ₂ O	1 g/cm ³	1 g/cm ³	1 g/cm ³
	Pressione neutra	0,000 Kg/cm ²	0,000 Kg/cm ²	0,000 Kg/cm ²
	z	1,8 m	5,2 m	7 m
Na = N _{spt} (1,7/(σ _{vo} +0,7))+N _f		10,51972023	21,87903405	42,8955102
N _f (variabile in funzione della granulometria)		0	0	0
Resistenza al taglio mobilitata = Na/90		0,11688578	0,243100378	0,47661678
T sforzo di taglio indotto dal sisma = 0.65(a _{max} /g)(σ _{vo} /σ' _{vo})r _d		0,1581125	0,149825	0,1454375
1,3 ≤ Fs = R/T Sabbie sature		0,73925705 Non Verificato	1,622562178 Verificato	3,277124401 Verificato

Tabella 11-2. Verifica del P.L. della prova n.1.

Valutazione del potenziale di liquefazione /da prove dinamiche SPT)				
Metodo semplificato di Seed e Idris (1982)				
Parametri	P ₂			
		1	2	3
	γ	1,82 g/cm ³	2,10 g/cm ³	2,50 g/cm ³
	σ _{vo}	0,29 Kg/cm ²	1,01 Kg/cm ²	1,75 Kg/cm ²
	σ' _{vo}	0,29 Kg/cm ²	1,01 Kg/cm ²	1,75 Kg/cm ²
	Profondità della prova	160 cm	480 cm	700 cm
	N _{spt}	6,26	19,96	49,92
	Profondità della falda	4000 cm	4000 cm	4000 cm
	γ H ₂ O	1 g/cm ³	1 g/cm ³	1 g/cm ³
	Pressione neutra	0,000 Kg/cm ²	0,000 Kg/cm ²	0,000 Kg/cm ²
	z	1,6 m	4,8 m	7 m
Na = N _{spt} (1,7/(σ _{vo} +0,7))+N _f		10,73648103	19,86651054	34,63836735
N _f (variabile in funzione della granulometria)		0	0	0
Resistenza al taglio mobilitata = Na/90		0,119294234	0,1508	0,384870748
T sforzo di taglio indotto dal sisma = 0.65(a _{max} /g)(σ _{vo} /σ' _{vo})r _d		0,1586	0,15786875	0,1454375
1,3 ≤ Fs = R/T Sabbie sature		0,752170452 Non Verificato	1,463786512 Verificato	2,646296507 Verificato

Tabella 11-3. Verifica del P.L. della prova n.2.

Valutazione del potenziale di liquefazione /da prove dinamiche SPT)				
Metodo semplificato di Seed e Idris (1982)				
Parametri	P ₃			
		1	2	3
	γ	1,87 g/cm ³	2,11 g/cm ³	2,5 g/cm ³
	σ _{vo}	0,3 Kg/cm ²	1,06 Kg/cm ²	1,75 Kg/cm ²
	σ' _{vo}	0,3 Kg/cm ²	1,06 Kg/cm ²	1,75 Kg/cm ²
	Profondità della prova	160 cm	500 cm	700 cm
	N _{spt}	7,18	23,46	49,9
	Profondità della falda	4000 cm	4000 cm	4000 cm
	γ H ₂ O	1 g/cm ³	1 g/cm ³	1 g/cm ³
	Pressione neutra	0,000 Kg/cm ²	0,000 Kg/cm ²	0,000 Kg/cm ²
	z	1,6 m	5 m	7 m
Na = N _{spt} (1,7/(σ _{vo} +0,7))+N _f		12,21577262	22,72478632	34,6244898
N _f (variabile in funzione della granulometria)		0	0	0
Resistenza al taglio mobilitata = Na/90		0,135730807	0,252497626	0,384716553
T sforzo di taglio indotto dal sisma = 0.65(a _{max} /g)(σ _{vo} /σ' _{vo})r _d		0,1586	0,1503125	0,1454375
1,3 ≤ Fs = R/T Sabbie sature		0,855805844 Non Verificato	1,679817885 Verificato	2,645236292 Verificato

Tabella 11-4. Verifica del P.L. della prova n.1.

12 CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI

A vantaggio della sicurezza, si consiglia al progettista di impiegare per i calcoli e le verifiche del caso i dati più cautelativi dei parametri idrologici ed idrogeologici ottenuti dall'elaborazione dei dati, riportati nei capitoli precedenti.

In funzione delle soluzioni di progetto che saranno prescelte sarà possibile apportare eventuali modifiche a quanto riportato nella presente relazione, a vantaggio della sicurezza.

I sopralluoghi ed i controlli in cantiere richiesti dal progettista e/o direttore dei lavori, saranno effettuati previa comunicazione.

I sottoscritti si rendono disponibili ad effettuare incontri e sopralluoghi chiarificatori con il progettista, con gli altri consulenti tecnici, con i responsabili degli Uffici della P.A.

Sulla base di quanto rilevato, analizzato e calcolato, la presenza di condizioni idrologiche ed idrogeologiche favorevoli consente la fattibilità degli interventi in progetto.

Tanto si doveva per l'incarico ricevuto.

Foligno, 25 gennaio 2024

Prof. Geol. Alfonso Russi



Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie



Dott.ssa Geol. Federica Ucci



13 BIBLIOGRAFIA & WEB REFERENCES

13.1 Bibliografia

- AZZARO R., BARBANO M.S., RIGANO R. & ANTIVHI B. (2000b) – Contributo alla revisione delle zone sismogenetiche della Sicilia. In: F. GALADINI, C. MELETTI, A. REBEZ (Eds.): “Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999)”. CNR-GNDT, Roma, 31-38.
- AZZARO R., BARBANO M.S. (2000) – Analysis of the seismicity of southeastern Sicily: a proposed tectonic interpretation. *Annali di geofisica*, Vol. 43, n.1, February 2000.
- BALLATORE G.P., FIORETTI G. (1968) – Commento alla carta dei suoli della Sicilia, *Ind. Graf. Naz.*, Palermo.
- BARANI S., FERRETTI G., SCAFARDI D. (2022) - MILQ: Una mappa dell'innescò della liquefazione per l'Italia. *EGUsphere [preprint]*, <https://doi.org/10.5194/egusphere-2022-1139>, 2022.
- BARANO M.S., RIGANO R., COSENTINO M. & LAMBARDO G. (2001) – Seismic history and hazard in some localities of south-eastern Sicily. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, 42 (1-2): 107-120.
- BARATTA M. (1901) - I Terremoti d'Italia. Saggio di Storia, Geografia e Bibliografia Sismica Italiana con 136 sismocartogrammi. Torino, 950 pp
- BENEO E., (1958) - Sull'olistostroma quaternario di Gela (Sicilia meridionale). *Boll. Serv. Geol. D'It.* 79, 5-15
- BOCCALETTI, M., CELLO G. AND TORTORICI, L. (1987) - Transtensional tectonics in the Sicily Channel, *J. Struct. Geol.* 9, 869-876.
- BOSCHI E., GUIDOBONI E., FERRARI G., GASPERINI P., MARIOTTI D., VALENSISE G. (2000) - Catalogue of strong Italian earthquakes from 461 B.C. to 1997. *Ann. Geofis.* 43, 843–868 and CD-ROM.
- BOSCHI E., GUIDOBONI E., FERRARI G., VALENSISE G., GASPERINI P. (1997) - Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990 (2). ING-SGA, Roma, 644 p.
- BOSCHI E., FERRARI G., GASPERINI P., GUIDOBONI E., SMRIGLIO G., VALENSISE G. (Eds), (1995) - Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980. ING, Roma – SGA, Bologna, pp.973.
- BUROLLET P.F., MUGNIOT G.M & SWEENLY (1978) - The geology of the Pelagian Block: the margins and basins of Southern Tunisia and Tripolitana. In: A. Nairn, W. Kanes & F.G. Stelhi (Ed.) “The Ocean Basins and Margins”, Plenum Press, New York: 331-339.
- CALCERANO P. (1970) – Cronaca dal 1656 26 settembre al 1670 19 settembre. *Manoscritti*, III. 6.11, copia 1752. Biblioteca Zelantea Acireale (CT).
- CARBONE M S., COSENTINO M., GRASSO M., LENTINI F., LOMBARDO G. & PATANÈ G. (1982 a) - Elementi per una prima valutazione dei caratteri sismotettonici dell'Avampaele Ibleo (Sicilia sud-orientale). *Mem. Soc. Geol. It.*, 24, 507-520.
- CATALANO R., SULLI A., AGATE M., AVELLONE G. & BASILONE L. (2004) – Evoluzione geologica della Sicilia. Dipartimento di Geologia e Geodesia, Università di Palermo.
- CHANNEL J. E. T., D'ARGENIO B. & HORVATH F. (1979) - Adria, the African Promontory, in *Mesozoic Mediterranean Palaeogeography*. *Eart-Scienze Reviews*, 15, 213-292.
- DIGERONIMO I., GHISETTI F., LENTINI F. & VEZZANI L. (1978) - Lineamenti neotettonici della Sicilia orientale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 19, 543-549.
- FINETTI I. (1982) - Structure, stratigraphy and evolution of central Mediterranean *Boll. di geofis. teor ed Appl* Vol. 24 n.96 (1982) 247-312, 34 ff., 3 tav. f.t.
- FINETTI I. & MORELLI C. (1972) - Wide scale digital seismic exploration of the Mediterranean Sea. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, 14: 291-342.
- FLORINSKY I. (2012) - *Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology*. Elsevier, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford.
- GRUBER S. & PECKHAM S. (2009) – Land-surface parameters and objects in hydrology. In: T. Hengl & H.I. Reuter (eds) *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*, pp.171-194. Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- HUDSON N.W. (1992) - *Soil Conservation*. B.T. Batsford Limited, London.
- KASTENS, K.A., CITA, M.B. (1981) - Tsunami-induced sediment transport in the abyssal Mediterranean Sea: *Geological Society of America Bulletin*, v. 92, p. 845–857, doi: 10.1130/0016-7606(1981)92<845: TSTITA>2.0.CO;2.

- KIEFFER, G. (1971) - Dépôts et niveaux marins et fluviatiles de la région de Catane (Sicile). Méditerranée, 5-6, 591-626.
- LAVECCHIA G., FERRARINI F., DE NARDIS R., VISINI F., BARBANO M.S. (2007) - Active thrusting as a possible seismogenic source in Sicily (Southern Italy): some insights from integrated structural-kinematic and seismological data. *Tectonophysics*, 445, 145–167.
- LAVEE H., IMESON A.C., SARAH P., (1998) - The impact of climate change on geomorphology and desertification along a Mediterranean-arid transect. *Land Degradation & Development* 9, 407–422.
- LENTINI F., CARBONE S., CATALANO S., GRASSO M. (1996) - Elementi per la ricostruzione del quadro strutturale della Sicilia orientale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 51, 145-156.
- LENTINI F., CARBONE S., CATALANO S., DI STEFANO A., GARGANO C., ROMEO M., STRAZZULLA S. & VINCI G. (1995) – Sedimentary evolution of basins in mobile belts: examples from Tertiary terrigenous sequences of the Peloritani Mts (NE Sicily). *Terra Nova*, Vol. speciale 7(2), 161-170.
- MAKRIS J., NICOLICH R. & WEIGEL W. (1986) – A seismic study in the western Ionian sea. *Ann. Geophys.*, 6: 665-678.
- MONACO C., TORTORICI L. & CATALANO S. (2000) – Tectonic escape in the Sicilian mountains (western Sicily). *Mem. Soc. Geol. It.*, 55, 17-25.
- MONACO C., TAPPONIER P., TORTORICI L. & GILLOT P.Y. (1997) – Late Quaternary slip rates on the Acireale-Piedimonte normal faults and tectonic origin of Mt. Etna (Sicily). *Earth and Planetary Science Letters*, 147: 125-139.
- MÖLLER I., SONDERGAARD V.H., JORGENSEN F., AUKEN E. & CHRISTIANSEN A.V. (2009) - Integrated management and utilization of hydrogeophysical data on a national scale. *Near Surface Geophysics* 7, 647-659.
- MOORE I. D., & GRAYSON R. B. (1991) - Terrain-based catchment partitioning and runoff prediction using vector elevation data. *Water Resources Research*, 27(6), 1177-1191. [doi: 10.1029/91WR00090]
- MORELLI C., GANTAR C. & PISANI M. (1975) - Bathymetry, gravity and magnetism in the Strait of Sicily and in the Ionian Sea. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, 17: 39-58.
- OGNIBEN L. (1960) - Nota illustrativa dello schema geologico della Sicilia Nord-Orientale. *Riv. Min. Sic.*, 2: 183-212.
- OLAYA V. & CONRAD O. (2009) - Chapter 12 Geomorphometry in SAGA. In T. Hengl & H.I. Reuter (eds.), *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*. Book series Developments in Soil Science, 33, Elsevier, Amsterdam, 293-308, doi: 10.1016/S0166-2481(08)00012-3.
- PARK C.B., MILLER R.D. e XIA J. (1999) - Multi-Channel Analysis of Surface Waves (MASW) "A summary report of technical aspects, experimental results, and perspective". Kansas Geological Survey January, 1997.
- PATACCA E., SCANDONE P., GIUNTA G. & LIGUORI V. (1979) - Mesozoic paleotectonic evolution of the Ragusa zone (Southeastern Sicily). *Geologica Romana*, 18, 331-369.
- REBEZ A., SANTULIN M., SANI F., POLI M.E., BARANI S., BARRECA G., CORTI G., BONINI M., MARTELLI L., SLEJKO D., BUSETTI M., ZANFERRARI A., SPALLAROSSA D., MONACO C., TAMARO A., MARCHESINI A., SCAFIDI D., DAL CIN M.; (2016) - MPS16 Project - Model A1 descriptive report. Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, Trieste, Relazione OGS n. 2016/78 CRS16. 52 pp.
- REBEZ A., SLEJKO D. (2000) - Analisi di sensibilità per la carta di consenso di pericolosità sismica del territorio nazionale. In questo volume.
- ROSGEN D.L. (1994) – A classification of natural rivers. *Wildland Hydrology*, 157649 U.S. Highway 160, Pagosa Spings, CO 81147. *Catena* 22 1669-199.
- SCANDONE P. (1972) – Studi di geologia lucana: nota di aggiornamento, illustrativa alla carta dei terreni della serie calcareo-silico-marnosa. *Boll. Soc. dei Natur.* In Napoli.
- SEED H.B., IDRIS I.M. (1982) – Ground motions and soil liquefaction during earthquakes. *Earthquake Engineering Research Institute*, Berkeley, California, 134 pp.
- SHERIF A.M., ISHIBASHI I., TSUCHIYA C. (1978) – Pore pressure prediction during earthquake loadings. *Soils and Foundations*, vol. XVIII, n. 4, pp. 19-30.
- TORELLI L., GRASSO M., MAZZOLDI G. & PEIS D. (1998) – Plio-Quaternary tectonic evolution and structure of the Catania foredeep, the northern Hyblean Plateau and the Ionian shelf (SE Sicily). *Tectonophysics*, 298: 209-221.
- VALSENISE G. & D'ADDEZIO G. (1994) – Il contributo della geologia di superficie all'identificazione delle strutture sismogenetiche della Piana di Gioia Tauro, *Pubblicazione I.N.G.*, 559, 34 pp.

WEZEL, F.C. (1967) - I terreni quaternari del substrato dell'Etna. Atti Acc. Gioiemia Sc. Nat. Catania, 6, 271-282.

THORNTON C. W. and MATHER J.R., 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Publ. in Climatology, 10: 181-311.

YOUD T.L., ASCE M. & PERKINS D.M. (1978) – Mapping liquefaction-Induced Ground Failure Potential. Journal of the geotechnical engineering division. April 1978

ZHAO G.J. (2009) - Water Science and Engineering, Dec. 2009, Vol. 2, No. 4, 1-15.

13.2 Web references

<https://www.sitr.regione.sicilia.it/geoportale/it/metadata/details/540>

http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/WMS_v1.3/Vettoriali/AreasofPotentialSignificantFloodRisk_IT_20190322.map

http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/WMS_v1.3/Vettoriali/Alluvioni_Classi_di_Rischio.map

http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/WMS_v1.3/Vettoriali/PAI_pericolosita.map

https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/

<https://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html#>

<http://sgi.isprambiente.it/ithaca/viewer/index.html>

<http://zonesismiche.mi.ingv.it/>



COMUNE:
Ramacca

PROVINCIA:
CT

DIAGRAMMI CLIMATICI

Sommario

1. Dati del Comune.....	3
2. Indici.....	4
3. Diagramma Pluviometrico.....	6
4. Diagramma Termometrico.....	7
5. Diagramma Termopluviometrico.....	8
6. Diagramma Ombrotermico.....	9
7. Diagramma Walter & Lieth.....	10
8. Climogramma Precipitazioni e Temperature.....	11
9. Climogramma di Peguy.....	12

1. Dati del Comune

Comune di	Ramacca
Provincia	CT
Altitudine [m]	270
Latitudine	37,3891
Longitudine	14,6935
Temperatura Massima Annuale [°C]	35,29
Temperatura Minima Annuale [°C]	1,59

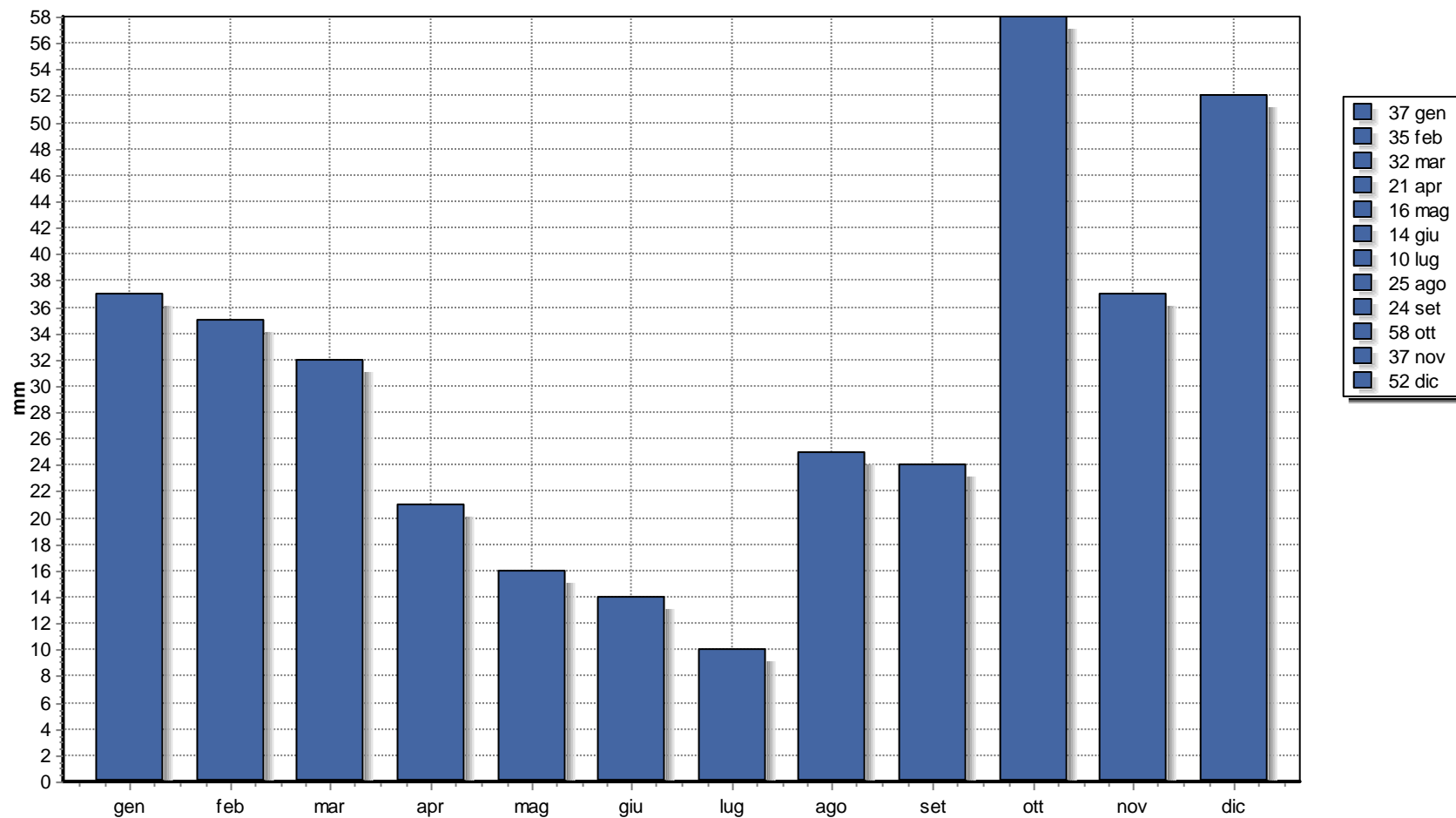
I dati climatici sono stati acquisiti dalla Norma UNI 10349 e sono relativi ad un periodo minimo di 30 anni.

2. Indici

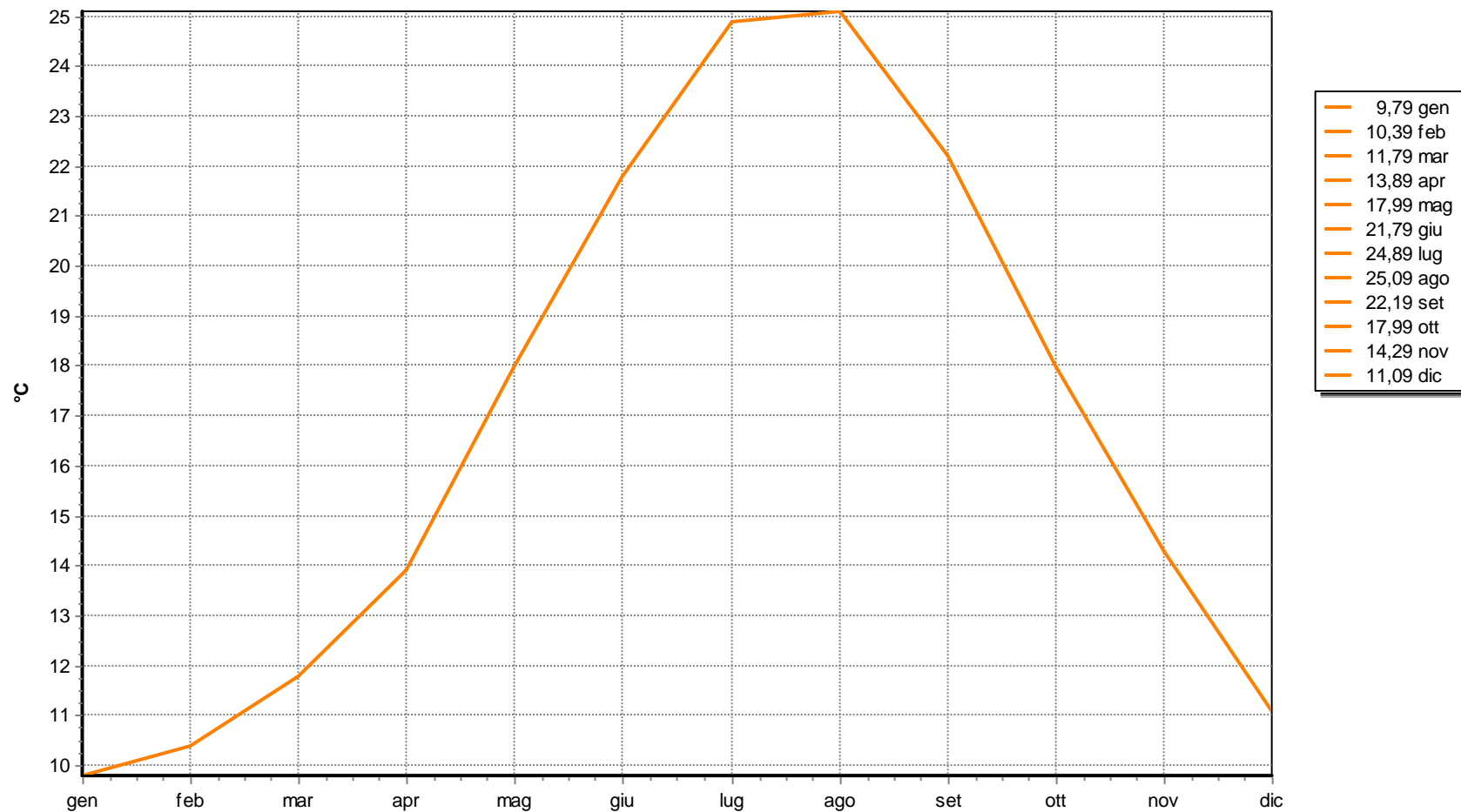
Precipitazioni [mm]:	Totale:	361
	Media:	30,11
Temperatura Media [°C]	16,80	
Indice di Continentalità di Gams	36° 47'	
Indice di Fournier	9,32	
Evaporazione Idrologica di Keller [mm]	501,88	
Pluviofattore di Lang	21,49	
Indice di Amann	396,39	
Mesi Aridi:	Secondo Koppen:	apr mag giu lug ago set
	Secondo Gaussen:	apr mag giu lug ago set
Indice di De Martonne	13,47	
Indice di De Martonne-Gottmann	8,45	
Indice di Aridità di Crowther	-19,34	
Indice Bioclimatico di J.L. Vernet	6,81	
Indice FAO	1,02	
Evaporazione Media mensile [mm]	154,93	
Quoziente Pluviometrico di Emberger	54,40	
Indice di Continentalità di Currey	1,14	
Indice di Continentalità di Conrad	28,83	
Indice di Continentalità di Gorczynski	22,43	
Evapotraspirazione Reale di Turc [mm]	329,04	
Evapotraspirazione Reale di Coutagne [mm]	361,00	
Indici di Rivas-Martinez:	Continentalità [°C]:	15,30
	Termicità:	364,80 ± 0,00
	Ombrotermico Annuale:	1,79
	Ombrotermico Estivo:	0,68
Indici di Mitrakos:	SDS (Summer Drought Stress):	100,67
	WCS (Winter Cold Stress):	7,37
	YDS (Year Drought Stress):	305,78
	YCS (Year Cold Stress):	103,18

[C°]	gen	feb	mar	apr	mar	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Temperature	9,79	10,39	11,79	13,89	17,99	21,79	24,89	25,09	22,19	17,99	14,29	11,09
Massime	13,19	14,09	15,59	17,89	22,09	25,89	29,09	29,29	25,99	21,59	17,89	14,39
Minime	6,49	6,69	8,09	9,89	13,99	17,69	20,69	20,89	18,39	14,39	10,79	7,79
Massime Estreme	17,09	19,29	20,29	23,09	27,79	30,69	35,29	34,69	30,39	26,29	22,49	18,39
Minime Estreme	1,59	2,09	3,59	5,79	9,89	13,49	16,89	16,69	14,49	9,49	5,49	3,69
[mm]	gen	feb	mar	apr	mar	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Precipitazioni	37	35	32	21	16	14	10	25	24	58	37	52
Indice di Angot	14,47	15,15	12,51	8,49	6,26	5,66	3,91	9,78	9,70	22,68	14,95	20,33
Indice di De Martonne (mensile)	22,44	20,60	17,62	10,55	6,86	5,28	3,44	8,55	8,95	24,87	18,28	29,59
Stress di Mitrakos (idrico)	26	30	36	58	68	72	80	50	52	0	26	0
Stress di Mitrakos (termico)	28,08	26,48	15,28	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,68

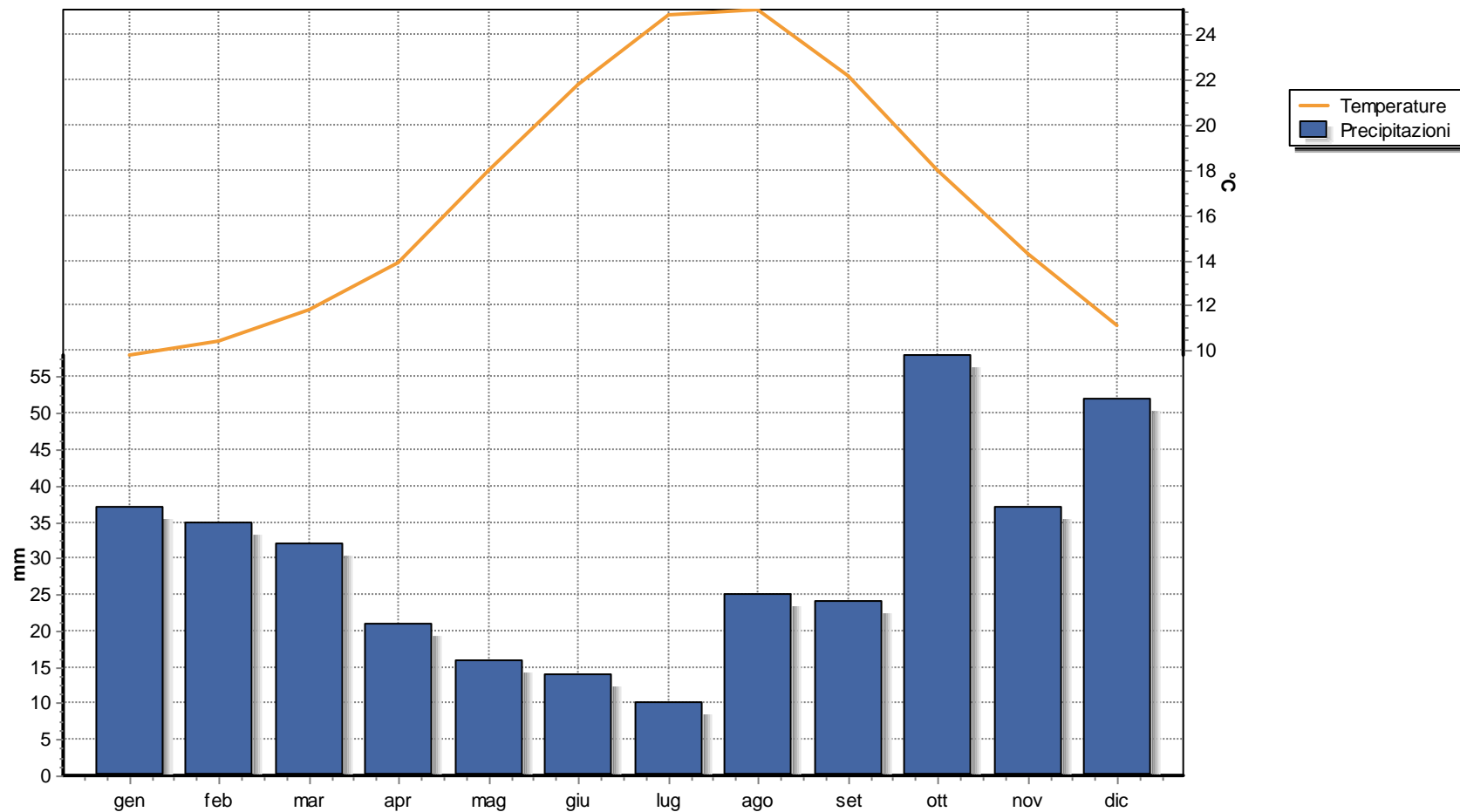
3. Diagramma Pluviometrico



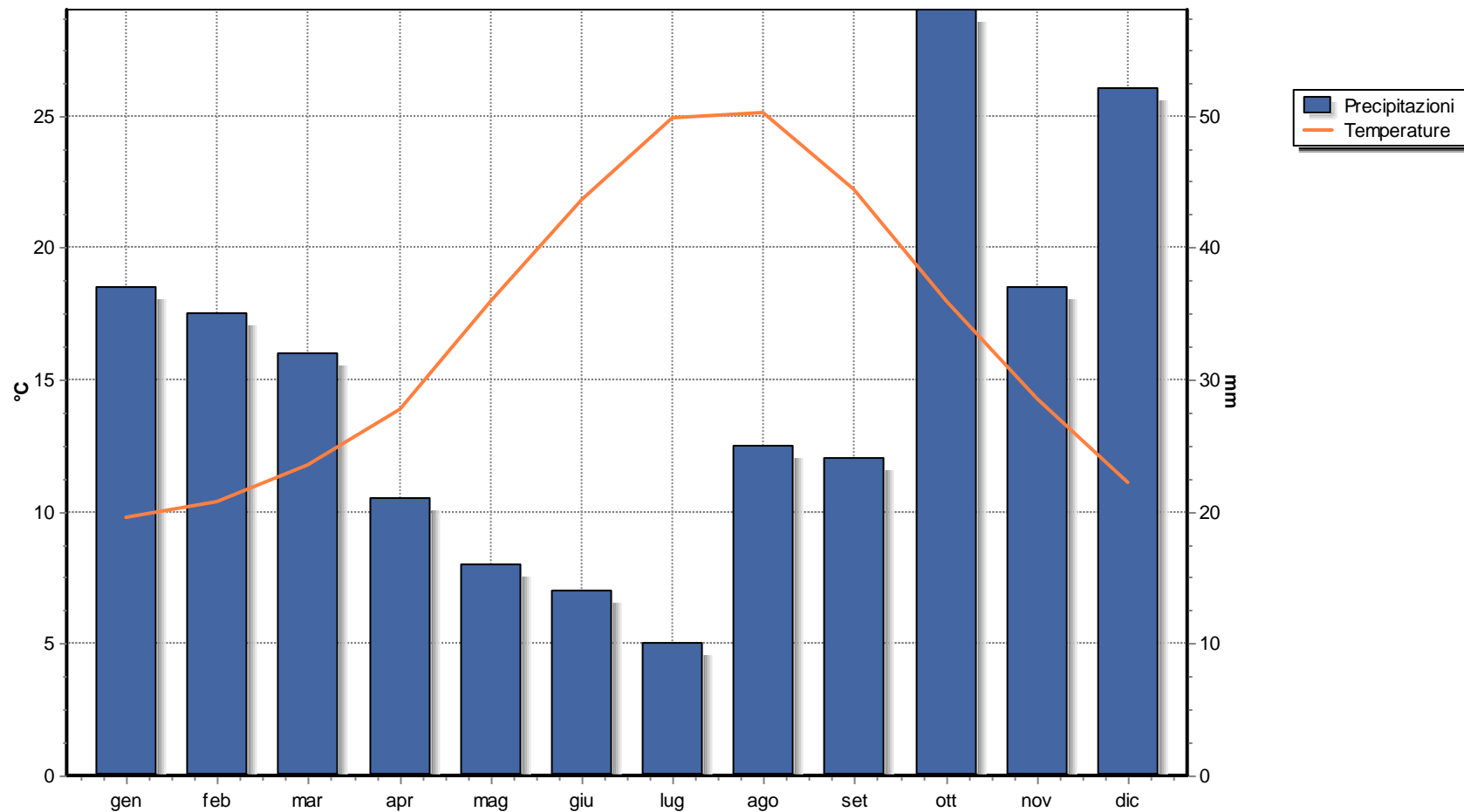
4. Diagramma Termometrico



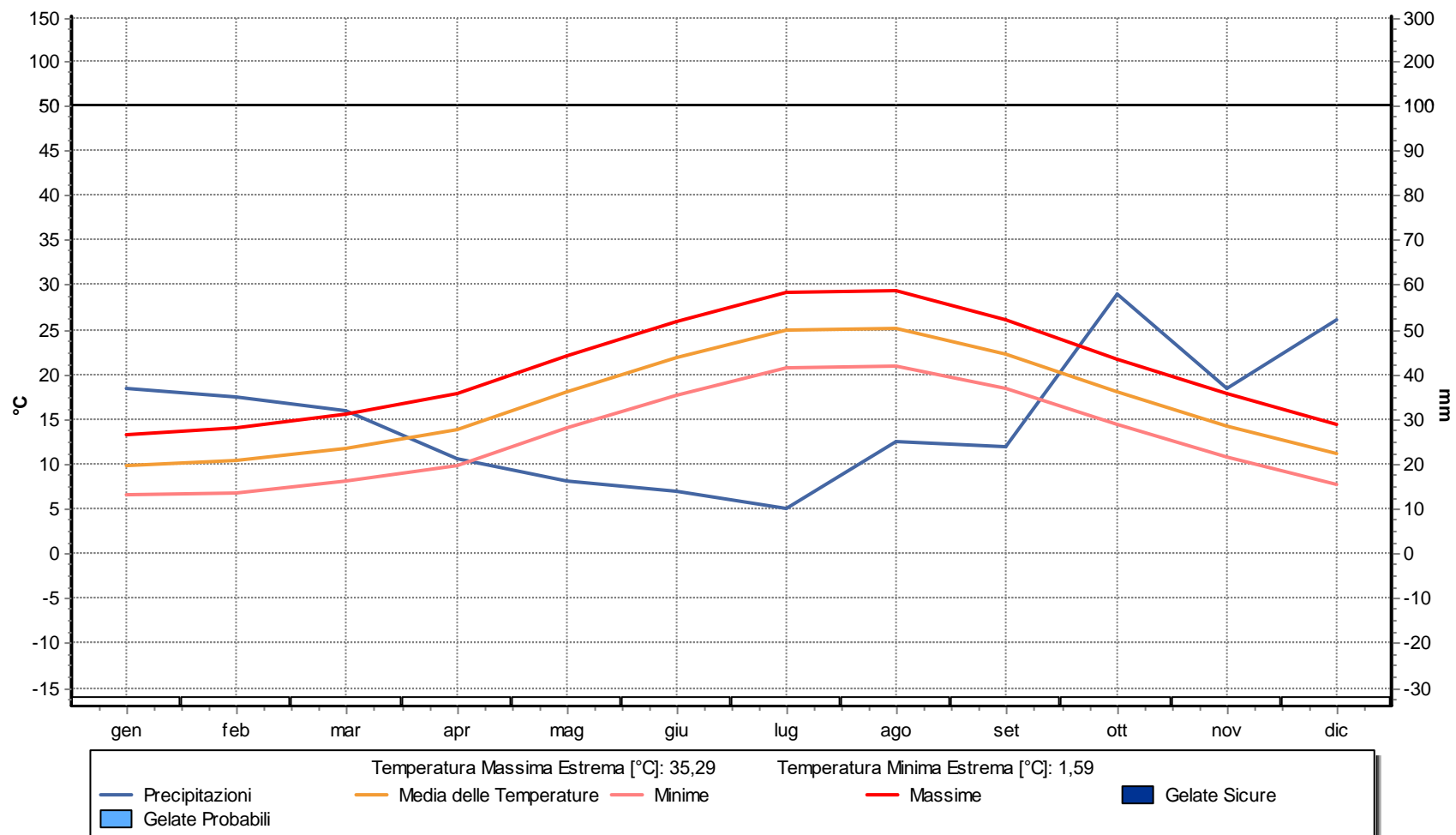
5. Diagramma Termopluviometrico



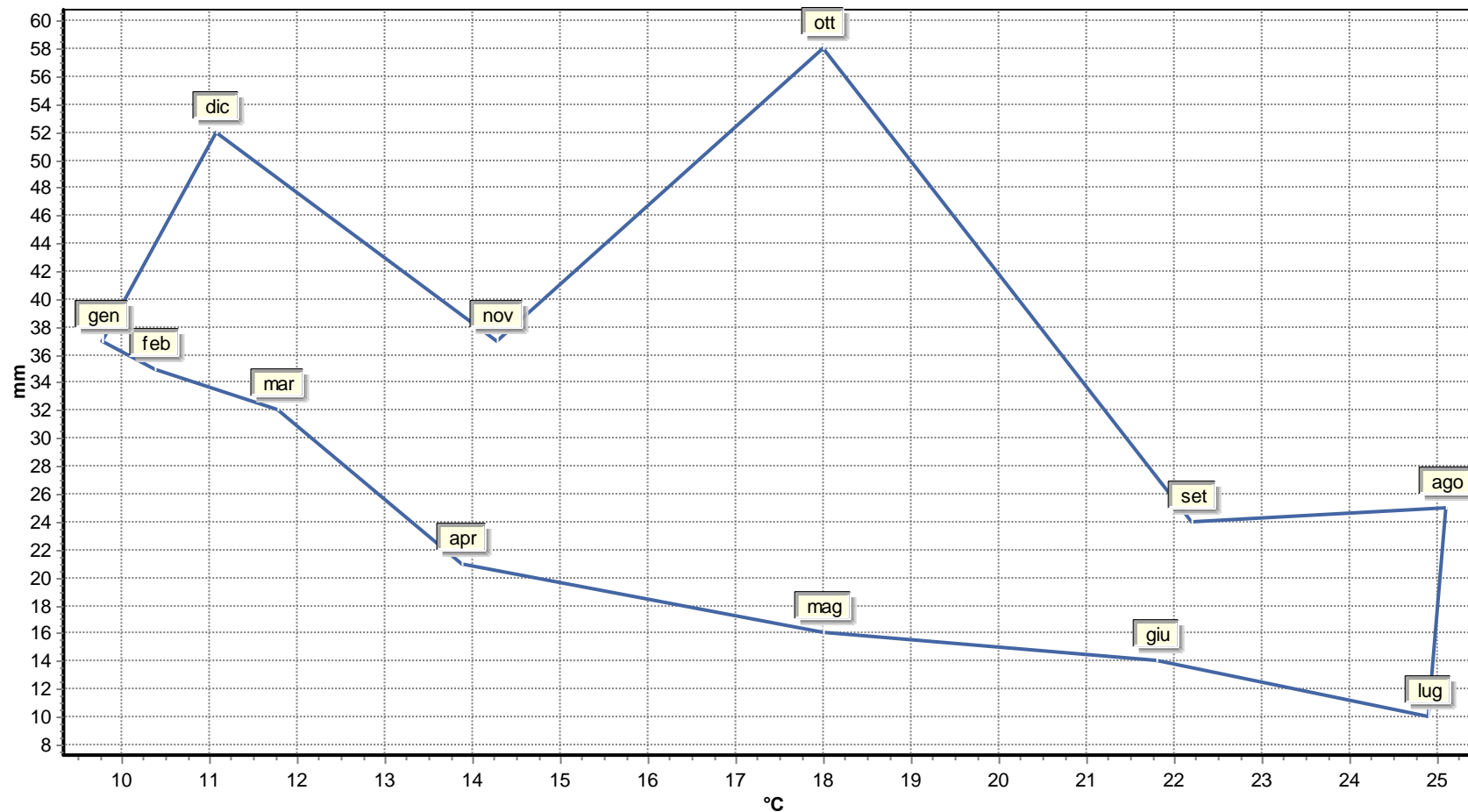
6. Diagramma Ombrotermico



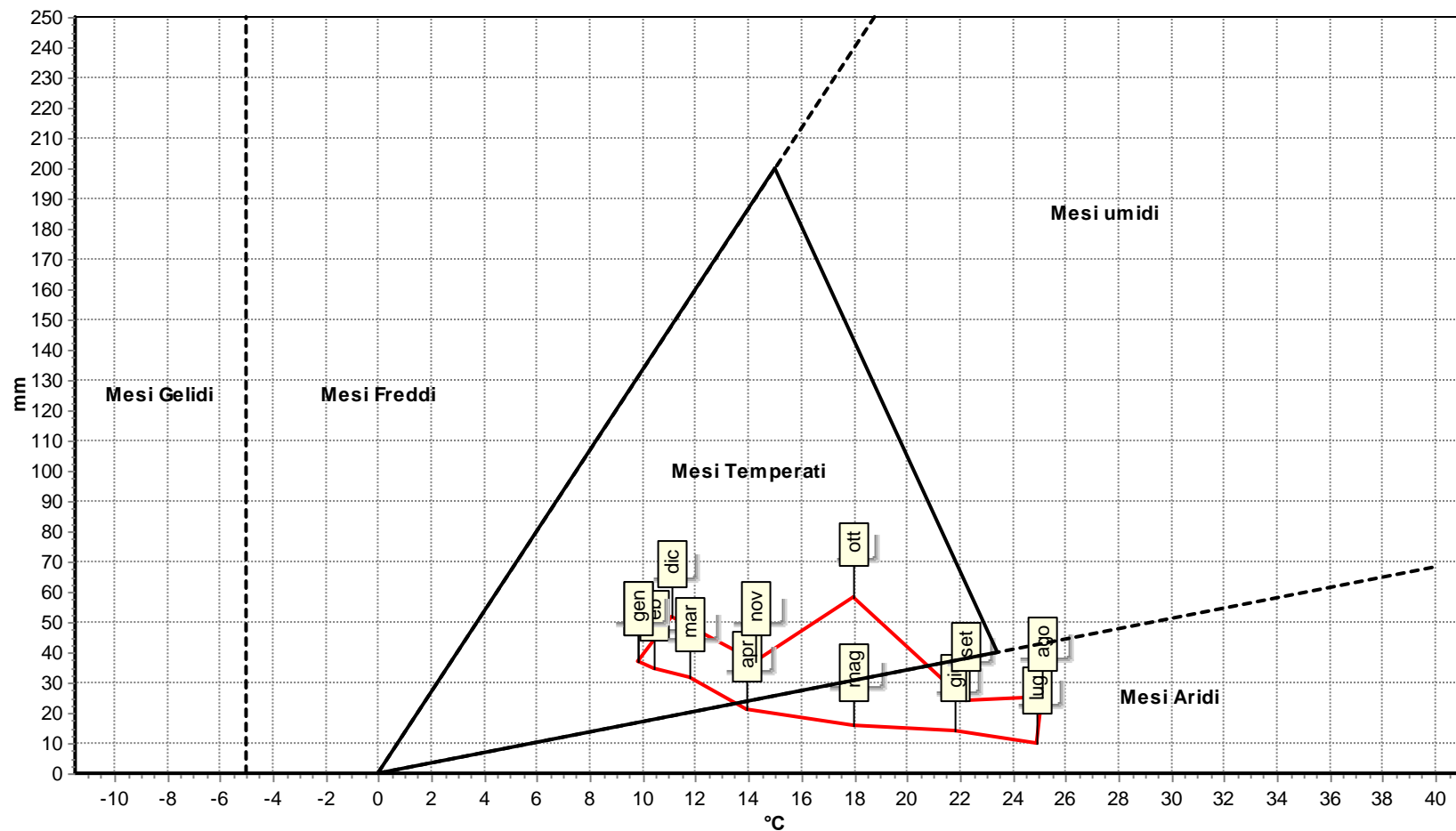
7. Diagramma Walter & Lieth



8. Climogramma Precipitazioni e Temperature



9. Climogramma di Peguy



RAPPORTO DI PROVA Nr. 23/05026-00

del 01/06/2023

Pagina 1 di 2

DATI DEL CLIENTE

Nome / Ragione Sociale **Alfonso Russi**
Indirizzo **Via Friuli, 5 – Foligno PG**

DATI DEL CAMPIONE

Etichetta campione **RAMACCA 1**
Descrizione del campione **Terreno agricolo**
Esame richiesto **Analisi chimica completa**
Luogo e punto di prelievo **Comune di Ramacca (CT)**
Metodo campionamento **D.M. 13/09/1999**
Prelievo eseguito da **Cliente**
Data di accettazione **15/05/2023**
Data inizio prova **22/05/2023**

Data prelievo **15/05/2023**
Note in accettazione **//**
Data fine prova **01/06/2023**

RISULTATI DELLE PROVE

Parametro	Risultato	U ±	U.M.	Metodo	V.N.
Scheletro	4,0	0,4	%	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. II.1 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	-
pH in acqua a 20 °C	Estratto saturo 7,6	0,1	Unità pH	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. III.1 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	6,5 - 7,5
Conducibilità elettrica a 25 °C	Estratto saturo 2,02	0,06	mS/cm	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. IV.1 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	0,2 - 2,0
Azoto Totale	N 1,20	0,06	g/Kg	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. XIV.2, XIV.3 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	> 1
Carbonio Organico	1,26	0,06	%	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. VII.2 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	> 1,7
Sostanza Organica	2,17	0,11	%	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. VII.2 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	> 3
Tessitura					
Argilla	50,0	-	%	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. II.6 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	3 - 25
Limo	37,5				15 - 40
Sabbia	12,5				50 - 85
Calcare Totale	CaCO ₃ 4,8	0,2	%	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. V.1 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	10 - 15
Calcare Attivo	CaCO ₃ 2,4	0,2	%	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. V.2 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	< 10
Fosforo assim.	P ₂ O ₅ 204	10	mg/Kg	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. XV.3 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	60 - 140
Basi di Scambio					
Calcio scamb.	Ca 4579	229	mg/Kg	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. XIII.5 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	5000 - 6500
Magnesio scamb.	Mg 233	12	mg/Kg	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. XIII.5 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	400 - 650
Sodio scamb.	Na 88	4	mg/Kg	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. XIII.5 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	< 300 (400)
Potassio scamb.	K 361	18	mg/Kg	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. XIII.5 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	150 - 300
C.S.C.	26,1	-	meq/100g	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. XIII.2 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	25 - 30

Rapporti Agronomici

ESP (% Sodio Scambiabile)	3,06	-	%	Da calcolo	< 5
Rapporto C/N	10,4	-	-	Da calcolo	-
Rapporto Mg/K	0,7	-	-	Da calcolo	-
Rapporto Ca/Mg	20,0	-	-	Da calcolo	-

RIFERIMENTI I valori normali si riferiscono, con le opportune specifiche valutazioni agronomiche, ai terreni a tessitura medio impasto. **I risultati delle prove sono espressi sulla sostanza secca come indicato nel D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. II.2 .**

Le seguenti unità di misura sono equivalenti:

dS/m \equiv mS/cm;

ppm \equiv mg/Kg

Per convertire il risultato da % a g/Kg, moltiplicare per un fattore 10.

LEGENDA

U.M. = unità di misura; n.a. = Non applicabile; LoQ = Limite di Quantificazione; ss = sostanza secca;

R% = Recupero medio percentuale (non viene utilizzato per correggere il dato).

U = Incertezza estesa, espressa nelle stesse unità di misura del risultato, calcolata adottando un fattore di copertura K=2 (se non diversamente specificato) per assicurare un livello di fiducia prossimo al 95%;

NOTE

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente al campione sottoposto a prova. Il laboratorio non si assume la responsabilità per i dati relativi al campionamento se effettuato dal Cliente.

La presente copia può essere riprodotta solo per intero, la parziale riproduzione deve essere autorizzata dal Laboratorio. Tempi di conservazione del campione dopo l'analisi: 7 giorni.

Certificato valido a tutti gli effetti di Legge ai sensi degli articoli:
Art.16 R.D. 01/03/1928 n° 842; Art.li 16 e 18 Legge 19/07/1957 n°679; D.M. 21/06/1978; Art. 8 c.3 D.M. 25/03/1986 "Per le prestazioni analitiche deve essere rilasciato un certificato firmato dal Chimico".

IL RESPONSABILE DI LABORATORIO

Dott. TINO LORIA



FINE RAPPORTO DI PROVA

RAPPORTO DI PROVA Nr. 23/05027-00

del 01/06/2023

Pagina 1 di 2

DATI DEL CLIENTE

Nome / Ragione Sociale **Alfonso Russi**
Indirizzo **Via Friuli, 5 – Foligno PG**

DATI DEL CAMPIONE

Etichetta campione **RAMACCA 2**
Descrizione del campione **Terreno agricolo**
Esame richiesto **Analisi chimica completa**
Luogo e punto di prelievo **Comune di Ramacca (CT)**
Metodo campionamento **D.M. 13/09/1999**
Prelievo eseguito da **Cliente**
Data di accettazione **15/05/2023**
Data inizio prova **22/05/2023**

Data prelievo **15/05/2023**
Note in accettazione **//**
Data fine prova **01/06/2023**

RISULTATI DELLE PROVE

Parametro	Risultato	U ±	U.M.	Metodo	V.N.
Scheletro	0,5	0,1	%	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. II.1 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	-
pH in acqua a 20 °C	Estratto saturo 7,6	0,1	Unità pH	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. III.1 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	6,5 - 7,5
Conducibilità elettrica a 25 °C	Estratto saturo 1,92	0,04	mS/cm	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. IV.1 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	0,2 - 2,0
Azoto Totale	N 1,36	0,07	g/Kg	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. XIV.2, XIV.3 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	> 1
Carbonio Organico	1,29	0,06	%	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. VII.2 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	> 1,7
Sostanza Organica	2,23	0,11	%	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. VII.2 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	> 3
Tessitura					
Argilla	48,8	-	%	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. II.6 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	3 - 25
Limo	40,2				15 - 40
Sabbia	11,1				50 - 85
Calcare Totale	CaCO ₃ 6,7	0,3	%	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. V.1 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	10 - 15
Calcare Attivo	CaCO ₃ 3,0	0,2	%	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. V.2 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	< 10
Fosforo assim.	P ₂ O ₅ 170	9	mg/Kg	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. XV.3 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	60 - 140
Basi di Scambio					
Calcio scamb.	Ca 4849	242	mg/Kg	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. XIII.5 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	5000 - 6500
Magnesio scamb.	Mg 215	11	mg/Kg	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. XIII.5 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	400 - 650
Sodio scamb.	Na 175	9	mg/Kg	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. XIII.5 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	< 300 (400)
Potassio scamb.	K 325	16	mg/Kg	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. XIII.5 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	150 - 300
C.S.C.	27,6	-	meq/100g	D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. XIII.2 + D.M. 25/03/2002 G.U. n°84 10/04/2002	25 - 30

Rapporti Agronomici

ESP (% Sodio Scambiabile)	2,76	-	%	Da calcolo	< 5
Rapporto C/N	9,5	-	-	Da calcolo	-
Rapporto Mg/K	0,7	-	-	Da calcolo	-
Rapporto Ca/Mg	22,5	-	-	Da calcolo	-

RIFERIMENTI I valori normali si riferiscono, con le opportune specifiche valutazioni agronomiche, ai terreni a tessitura medio impasto. **I risultati delle prove sono espressi sulla sostanza secca come indicato nel D.M. 13/09/1999 G.U. n°248 21/10/99 Met. II.2 .**

Le seguenti unità di misura sono equivalenti:

dS/m \equiv mS/cm;

ppm \equiv mg/Kg

Per convertire il risultato da % a g/Kg, moltiplicare per un fattore 10.

LEGENDA

U.M. = unità di misura; n.a. = Non applicabile; LoQ = Limite di Quantificazione; ss = sostanza secca;

R% = Recupero medio percentuale (non viene utilizzato per correggere il dato).

U = Incertezza estesa, espressa nelle stesse unità di misura del risultato, calcolata adottando un fattore di copertura K=2 (se non diversamente specificato) per assicurare un livello di fiducia prossimo al 95%;

NOTE

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente al campione sottoposto a prova. Il laboratorio non si assume la responsabilità per i dati relativi al campionamento se effettuato dal Cliente.

La presente copia può essere riprodotta solo per intero, la parziale riproduzione deve essere autorizzata dal Laboratorio. Tempi di conservazione del campione dopo l'analisi: 7 giorni.

Certificato valido a tutti gli effetti di Legge ai sensi degli articoli:
Art.16 R.D. 01/03/1928 n° 842; Art.li 16 e 18 Legge 19/07/1957 n°679; D.M. 21/06/1978; Art. 8 c.3 D.M. 25/03/1986 "Per le prestazioni analitiche deve essere rilasciato un certificato firmato dal Chimico".

IL RESPONSABILE DI LABORATORIO

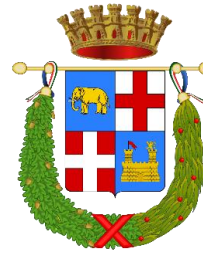
Dott. TINO LORIA


**FINE RAPPORTO DI PROVA**

Comune di: RAMACCA

Provincia di: CATANIA

Regione: SICILIA



PROponente

PODINI S.P.A
Via Lattuada, 30 – 20135 MILANO (MI)
xi-3, I4, t4; C.F. e P.IVA IT02246400218

OPERA

PROGETTO DEFINITIVO
IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE
AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 34.527,60 kWp E RELATIVE OPERE DI
CONNESSIONE ALLA RETE RTN
“SOLARE RAMACCA-FIUME GORNALUNGA”

OGGETTO

TITOLO ELABORATO:

SPETTRI E PARAMETRI SISMICI

DATA:

10/01/2024

N°/CODICE ELABORATO:

Tipologia: ALL (ALLEGATI)

ALL

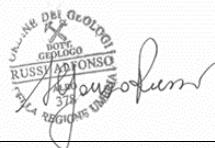
ITECNICI

PROGETTISTI:

EDILSAP s.r.l.
Via di Selva Candida, 452 00166 ROMA
Ing. Fernando Sonnino Project Manager



Prof. Geol. Alfonso Russi
Via Friuli, 5 - 06034 FOLIGNO



PROFESSIONISTI:

Prof. Geol. Alfonso Russi
Via Friuli, 5 - 06034 FOLIGNO



Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie



00	202202224	Emissione per Progetto Definitivo	Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie	Prof. Geol. Alfonso Russi	Ing. Fernando Sonnino
N° REVISIONE	Cod. STMG	OGGETTO DELLA REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

Proprietà e diritto del presente documento sono riservati - la riproduzione è vietata

Coordinate WGS84		Lat.=	37,442549	Lon.=	14,633690				
Coordinate ED50		Lat.=	37,443612	Lon.=	14,634513				
Classe d'Uso:		I . 0.7	Vita Nominale:		50 anni	Vita di Riferimento VR [anni]=		35	
							1		1
T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]	Stato Limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]	
30	0,039	2,551	0,246	SLO	30	0,039	2,551	0,246	
50	0,048	2,488	0,286	SLD	35	0,041	2,532	0,258	
72	0,057	2,509	0,298	SLV	332	0,118	2,476	0,409	
101	0,065	2,595	0,315	SLC	682	0,171	2,429	0,474	
140	0,076	2,576	0,337						
201	0,090	2,550	0,360		ID	Lat.	Lon.	d	
475	0,142	2,425	0,448		48304	37,42841	14,68291	4,5953	
975	0,204	2,432	0,502		48303	37,42909	14,62015	2,0532	
2475	0,297	2,541	0,547		48082	37,4784	14,68378	5,8200	
					48081	37,47909	14,62099	4,1216	
SUOLO		B		Ss =	1,200	St =	1,000		
CAT. TOPOGRAFICA		T1		Tb =	0,179	Tc =	0,538	Td =	2,070
STATO LIMITE		SLV		ag ancoraggio =	0,141	ag,plateau =	0,349		

Tabella 1. Elaborazione numerica per SLV - parametri e valori progettuali (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

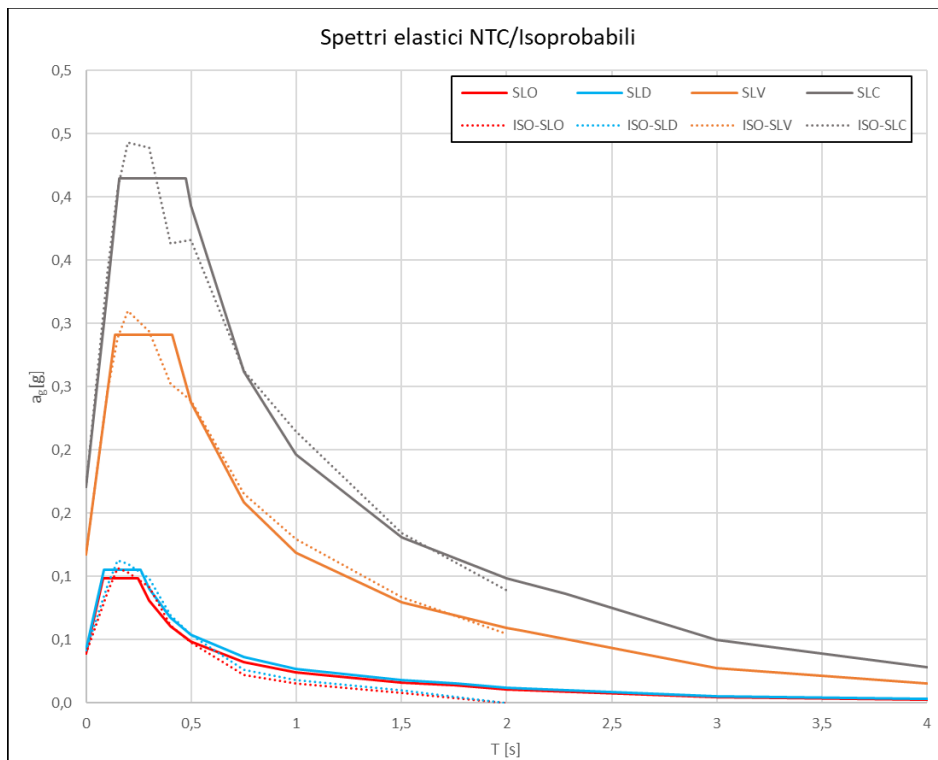


Figura 2. Spettri elastici NTC/isoprobabili (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

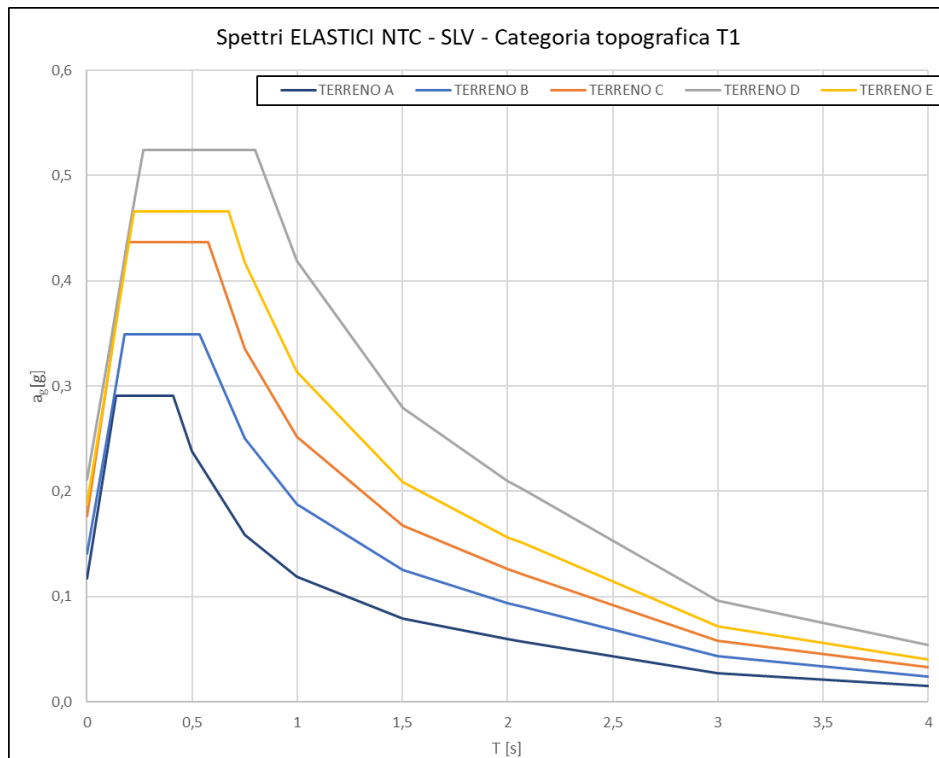


Figura 3. Spettri elastici per SLV (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

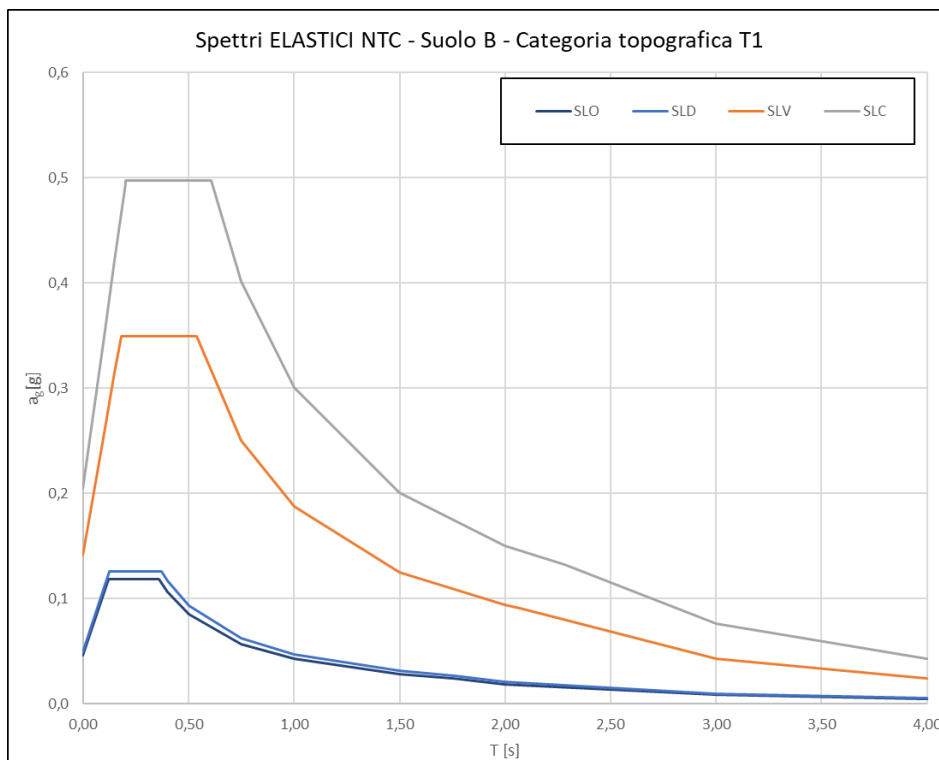


Figura 4. Spettri elastici per categoria di sottosuolo C (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

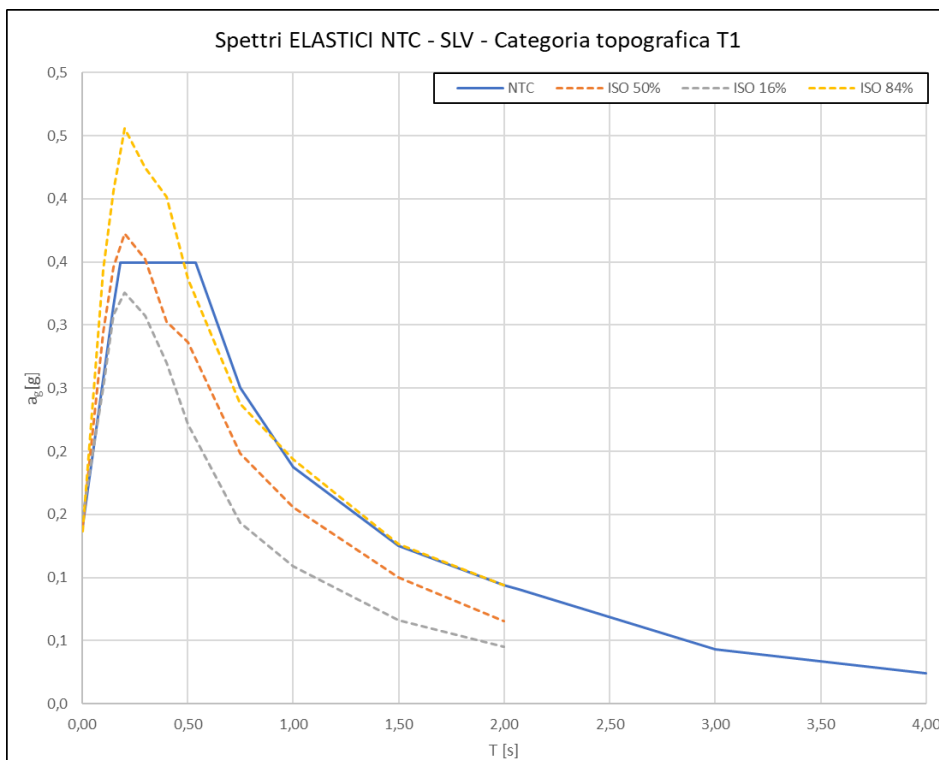


Figura 5. Spettri elastici per SLV (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

Coordinate WGS84		Lat.=	37,442549	Lon.=	14,633690					
Coordinate ED50		Lat.=	37,443612	Lon.=	14,634513					
Classe d'Uso:		I . 0.7	Vita Nominale:		50 anni	Vita di Riferimento VR [anni]=		35		
								1	1	
T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]		Stato Limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]	
30	0,039	2,551	0,246		SLO	30	0,039	2,551	0,246	
50	0,048	2,488	0,286		SLD	35	0,041	2,532	0,258	
72	0,057	2,509	0,298		SLV	332	0,118	2,476	0,409	
101	0,065	2,595	0,315		SLC	682	0,171	2,429	0,474	
140	0,076	2,576	0,337							
201	0,090	2,550	0,360		ID	Lat.	Lon.	d		
475	0,142	2,425	0,448		48304	37,42841	14,68291	4,5953		
975	0,204	2,432	0,502		48303	37,42909	14,62015	2,0532		
2475	0,297	2,541	0,547		48082	37,4784	14,68378	5,8200		
					48081	37,47909	14,62099	4,1216		
SUOLO		B			$S_s =$	1,200	$S_t =$	1,000		
CAT. TOPOGRAFICA		T1			$T_b =$	0,202	$T_c =$	0,605	$T_d =$	2,282
STATO LIMITE		SLC			a_g ancoraggio =	0,205	a_g , plateau =	0,497		

Tabella 2. Elaborazione numerica per SLC - parametri e valori progettuali (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

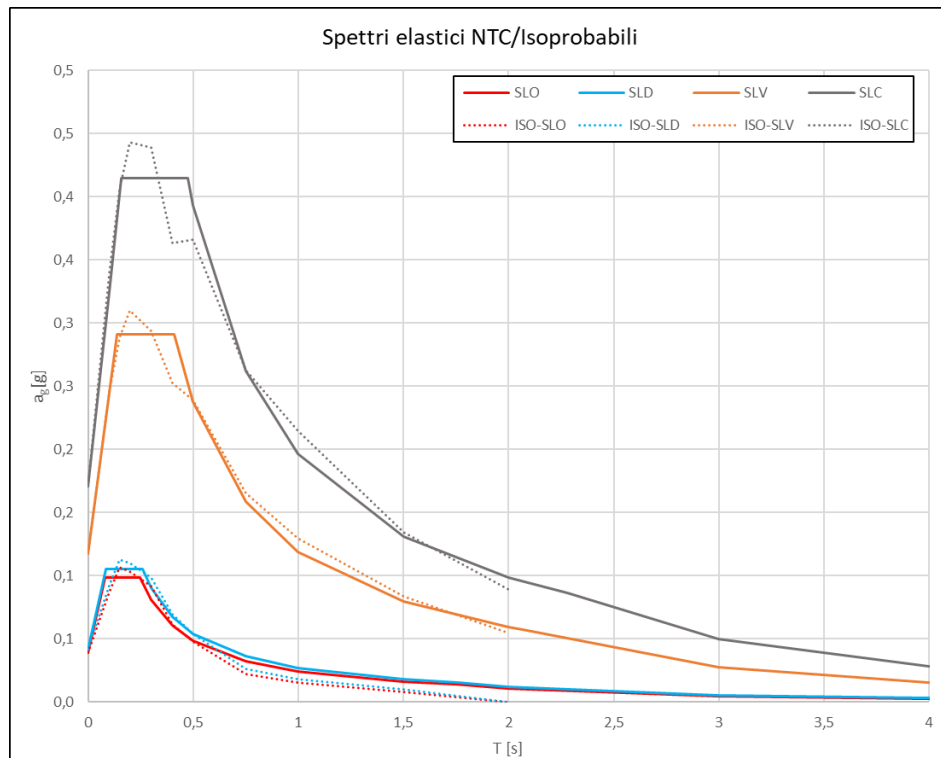


Figura 6. Spettri elastici NTC/isoprobabili (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

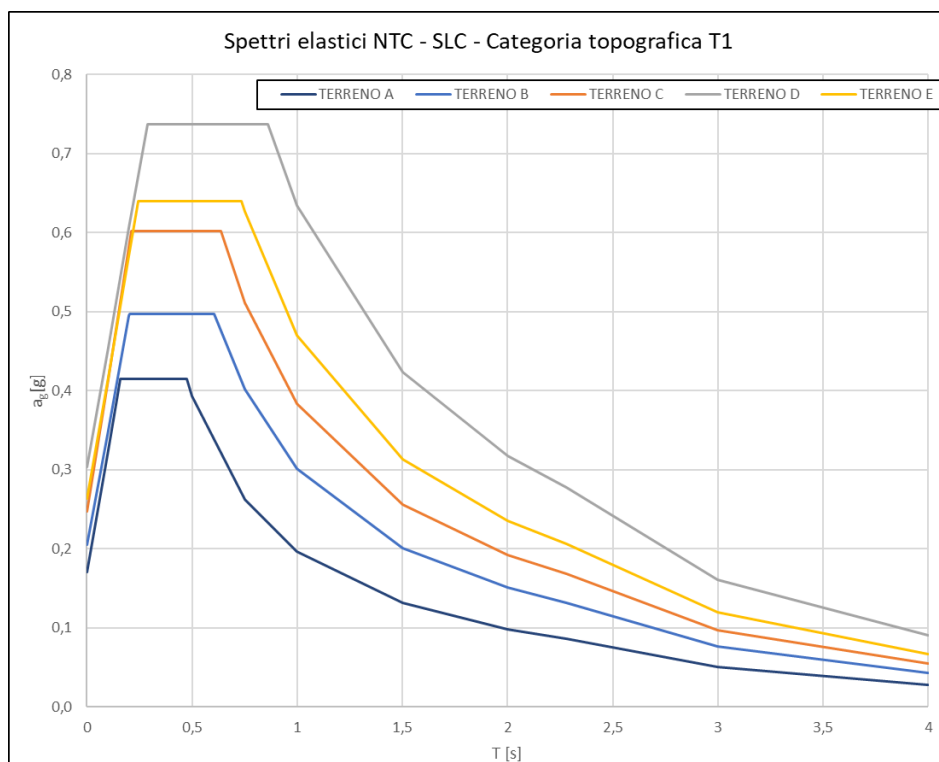


Figura 7. Spettri elastici per SLC (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

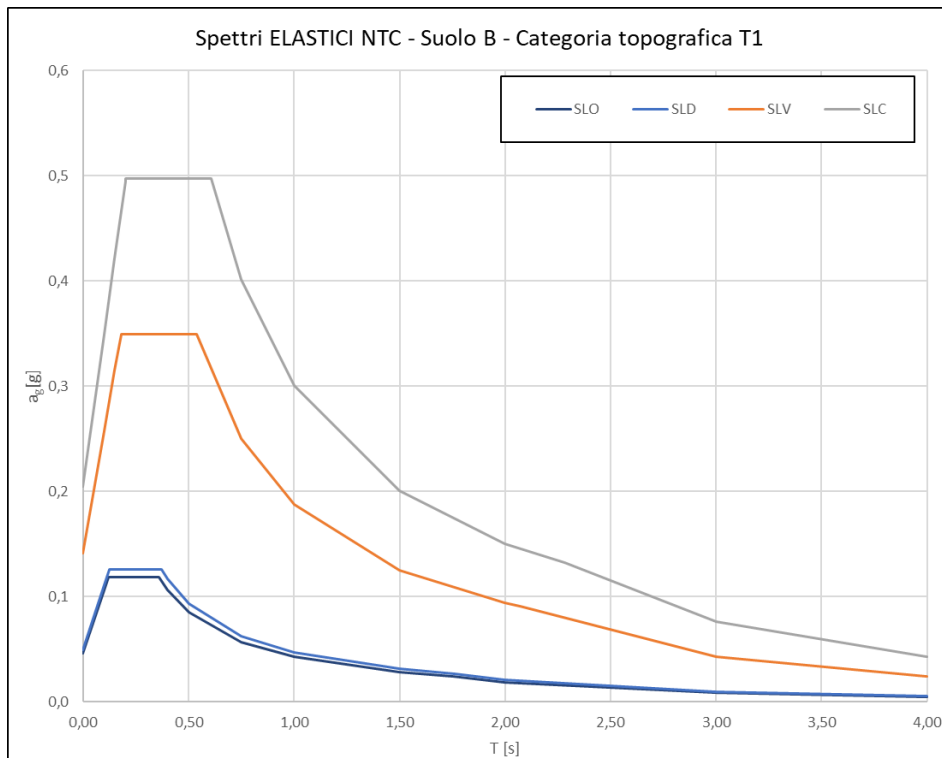


Figura 8. Spettri elastici per categoria di sottosuolo C (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

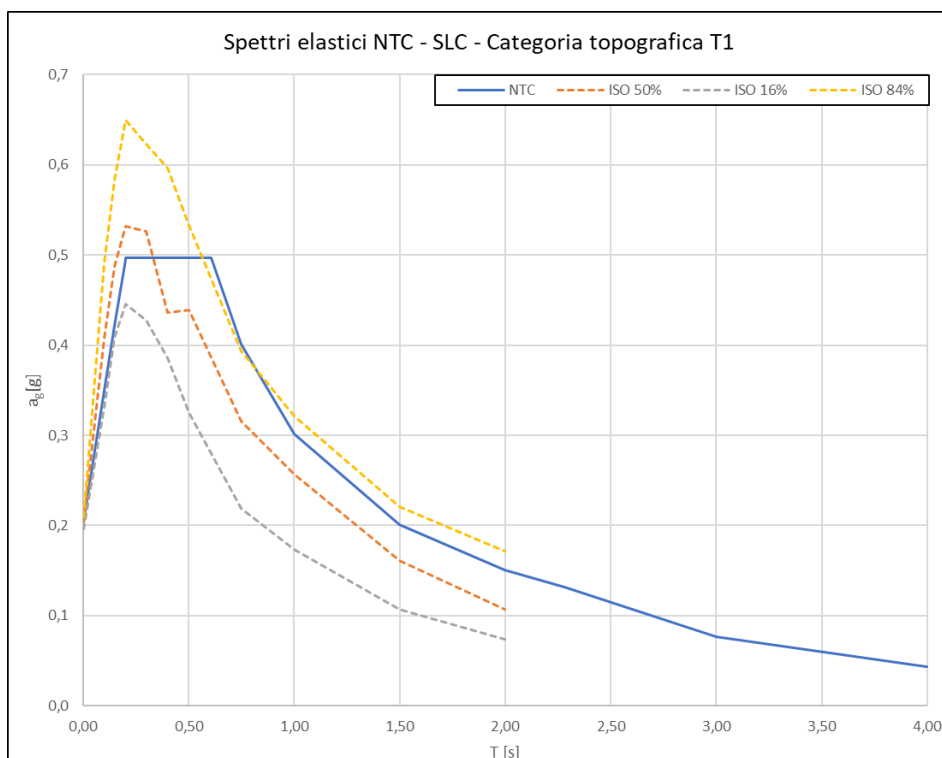


Figura 9. Spettri elastici per SLC (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

COMMITTENTE - PURCHASER <h2 style="margin: 0;">Eolica srl</h2>		
TIPO DOCUMENTO - DOCUMENT TYPE <h3 style="margin: 0;">INDAGINI GEOGNOSTICHE</h3>		
LOCALITA' - LOCATION <h3 style="margin: 0;">RAMACCA</h3>		
OGGETTO - SUBJECT <h3 style="margin: 0;">Indagini geognostiche impianto fotovoltaico nel territorio comunale di Ramacca</h3>		
		
DATA INDAGINE - SURVEY DATE <p style="text-align: center; margin: 0;">29 Aprile 2023</p>	DATA FINE REPORT - REPORT END DATE <p style="text-align: center; margin: 0;">15 Maggio 2023</p>	DATA CONSEGNA REPORT - REPORT DELIVERY <p style="text-align: center; margin: 0;">24 Maggio 2023</p>

						<small>N° VERBALE ACCETTAZIONE</small> <h2 style="margin: 0;">47/23</h2>	
	EMISSIONE - ISSUE	24/05/2023	Dott. Geol. Corrado Zocco	Dott. Geol. Corrado Zocco	Geol. Alfonso Russi	<small>SCALA - SCALE</small> N.A.	<small>PAGINA - SHEET</small> 0/25
	<small>DESCRIZIONE - DESCRIPTION</small>	<small>DATA DATE</small>	<small>DIRETTORE DI LABORATORIO</small>	<small>DIRETTORE CANTIERE</small>	<small>DIRETTORE DEI LAVORI</small>		
IL PRESENTE DOCUMENTO E' PROPRIETA' S.G.M. A TERMINE DI LEGGE OGNI DIRITTO E' RISERVATO THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF S.G.M. ALL RIGHTS ARE RESERVED ACCORDING TO LAW					SOSTITUISCE IL - REPLACES SOSTITUITO DA - REPLACES		

Premessa

Su incarico della Eolica s.r.l. è stata eseguita una indagine geognostica a supporto dell'esecuzione di un Impianto Fotovoltaico sito nel territorio Comunale di Ramacca (CT).

L'ubicazione, la denominazione, il numero, la profondità e le modalità tecnico-esecutive delle indagini sono stati indicati dal Geol. Alfonso Russi.

L'indagine geognostica è stata così distinta:

Modellazione Litostratigrafica e geotecnica

n. 3 prove D.P.S.H.

Modellazione Geofisica

n. 2 Prove M.A.S.W.

1. MODALITÀ ESECUTIVE

1.1. Prove D.P.S.H.

Sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H. per uno sviluppo lineare complessivo di metri lineari 21.00

Sondaggio	Profondità (m.)
DPSH 1	7.00
DPSH 2	7.00
DPSH 3	7.00



Foto Postazioni

Il penetrometro utilizzato per l'esecuzione delle prove è:

- **Geo Deep Drill DPSH 63 installato su carro con cingoli**

La spinta viene esercitata idraulicamente mediante un circuito oleodinamico alimentato da un motore a scoppio e trasferita alla punta attraverso una batteria di aste di dimensioni standard della lunghezza unitaria di 1 mt.

La prova viene eseguita con l'ausilio di una massa battente del peso di 63,5 kg che viene lasciata cadere da un'altezza di 75 cm (Penetrometro Geo Deep Drill) e massa battente del peso di 73 kg che viene lasciata cadere da un'altezza di 75 cm (Penetrometro Pagani)

La prova penetrometrica consiste nel conteggio del numero di colpi necessari per infiggere nel terreno, per intervalli costanti di 20 cm, mediante massa battente, collegata ad una batteria di aste.

Il terreno come mezzo fisico oppone alla penetrazione della punta una resistenza che è funzione delle intrinseche caratteristiche fisico meccaniche dipendenti dalle dimensioni dei granuli e dello stato di addensamento per i terreni incoerenti e dal grado di consistenza (che è connesso al grado di umidità naturale) per i terreni coesivi.

Le interpretazioni dei dati acquisiti sono riportate schematicamente in allegato.

1.2.1 Acquisizione dei dati ed elaborazione

L'acquisizione dei dati viene effettuata mediante la lettura del numero dei colpi per ogni tratto di 20 cm, fino ad un massimo di 50 colpi.

Successivamente tali dati vengono trasferiti nel PC e vengono elaborati utilizzando il Software Geostru 2015.

1.3 Indagine geofisica

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè sono onde con diverse lunghezze d'onda che si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo; in altre parole, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè si tratta di onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

1.3.1 Strumentazione e configurazione geometrica utilizzata

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale A6000S MAE, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.002 e 0.00003 sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break);
- filtri High Pass e Band Reject;
- "Automatic Gain Control";
- convertitore A/D a 24 bit;

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea". In particolare è stato utilizzato il seguente set-up:

- 12 geofoni ad asse di oscillazione verticale con interspazio (G_x) di 3 metri;
- n. 2 energizzazioni ad offset (S_x) 3 e 6 metri;

- passo di campionatura pari a 1000 Hz;
- lunghezza delle tracce sismiche pari a 2048 sec.;
- massa battente pesante di 10 Kg.

Tale configurazione ha consentito di mitigare gli effetti near-field dovuti alle onde di volume ed ha altresì consentito di avere le seguenti risoluzioni spazio-temporali: lungo i numeri d'onda k la risoluzione è di 0.174 m^{-1} , mentre la risoluzione in frequenza è pari a 0.244 Hz.

1.3.2 Elaborazione dati

L'analisi MASW può essere ricondotta in quattro fasi:

- la prima fase prevede la trasformazione delle serie temporali (fig. 1) nel dominio frequenza f – numero d'onda K (fig. 2);
- la seconda fase consiste nella individuazione delle coppie f - k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale). Attraverso tali punti applicando la (1) si ottiene la curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano V_{fase} (m/sec) – frequenza (Hz) (fig.3) .

$$V_R(\omega) = \frac{2\pi f}{k_{MAX}} \quad (1)$$

- la terza fase consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p , la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo (fig. 4);
- la quarta ed ultima fase consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo (fig. 5).

1.3.3 Definizione Suolo Tipo

Le NTC 2018 definiscono l'azione sismica di progetto, in assenza di analisi specifiche, sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera.

La norma suddivide il territorio nazionale in zone sismiche, contraddistinte dal valore a_g dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità.

I valori convenzionali di a_g assegnati alle aree sismiche fanno riferimento all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A, cioè roccia affiorante o suolo omogeneo molto rigido (vedi **tabella 1**), per il quale il moto sismico al bedrock non subisce variazioni sostanziali.

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

Tabella 1 "Range" Vs30 da normativa DM 14/01/2018

In presenza di suoli di tipo B, C, D E il moto sismico in superficie in genere risulta modificato rispetto al moto sismico al bedrock, in funzione dell'intensità e del contenuto in frequenza dell'input sismico e delle caratteristiche geotecniche sismiche e dello spessore del suolo attraversato dalle onde sismiche per giungere in superficie.

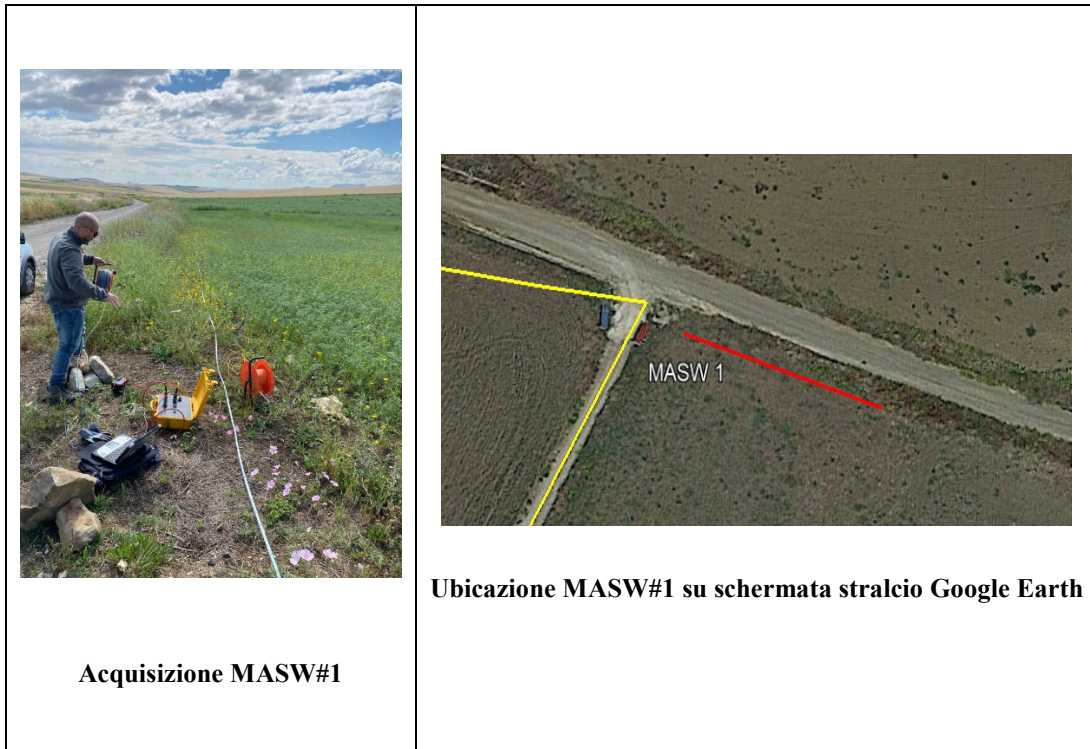
In assenza di una specifica analisi di amplificazione sismica locale per il suolo in esame, per valutare l'accelerazione sismica spettrale in presenza di suoli di tipo B, C, D E la normativa introduce un fattore di amplificazione S e i periodi T che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%.

La classificazione del suolo è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro la profondità di rinvenimento del bedrock:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

- 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.

1.3.4 RISULTATI MASW 1



MODELLO FINALE

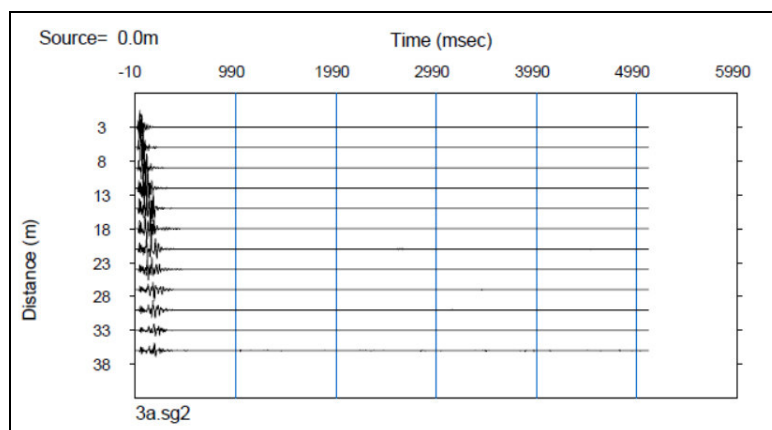


Fig. 1 Serie temporali prova MASW offset 3 metri

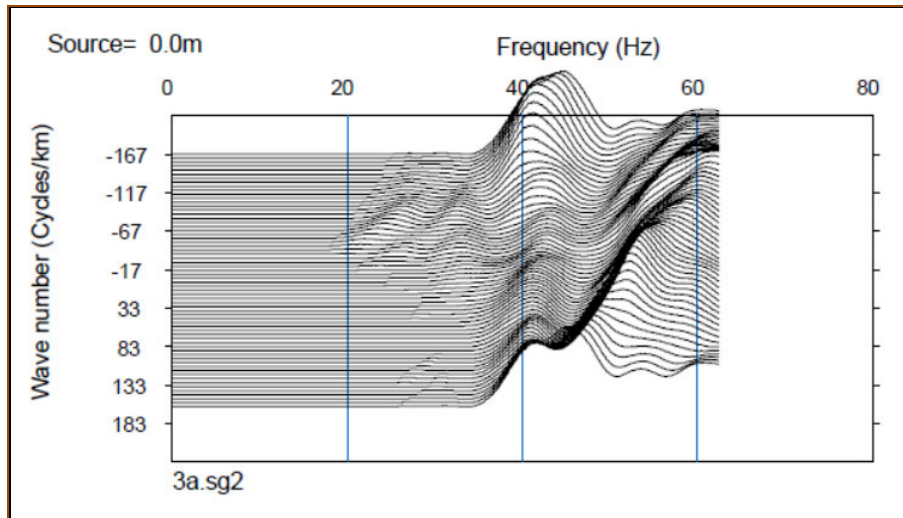
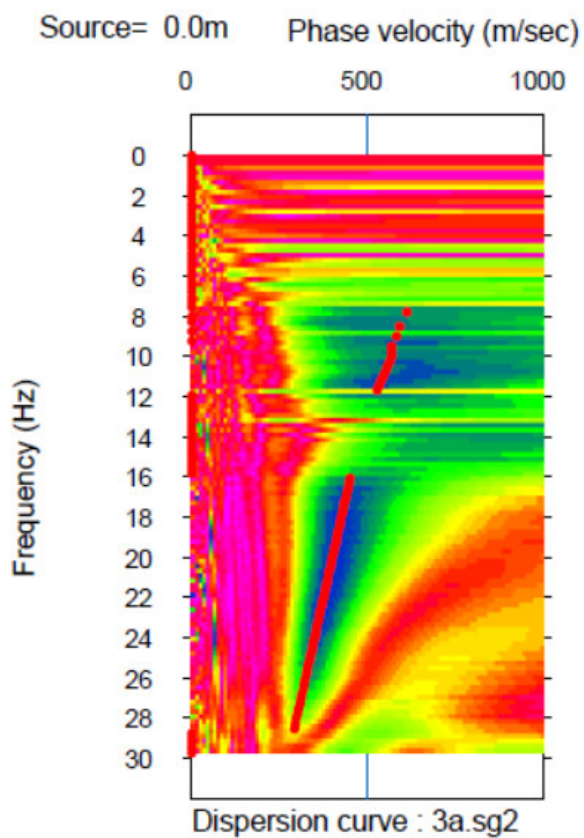


Fig. 2 Analisi dominio f-k

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 7.63 Hz e 28.92 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 299.47 m/s e 602.83 m/s (Fig.3).

La curva mostra, nel suo complesso, un andamento normal dispersivo.



Z (m)	V _s (m/sec)
0.00	264.01
3.90	396.44
8.55	579.23
27.45	787.34

Tabella 2 - Modello di
velocità teorico relativo alla
curva teorica di Fig. 4

Fig. 3 – Densità spettrale normalizzata nel piano Velocità di fase apparente
/frequenza

La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità a variazione continua degli strati ha uno scarto pari $RMSE = 10.55$ m/s con la curva di dispersione sperimentale (Fig. 5).

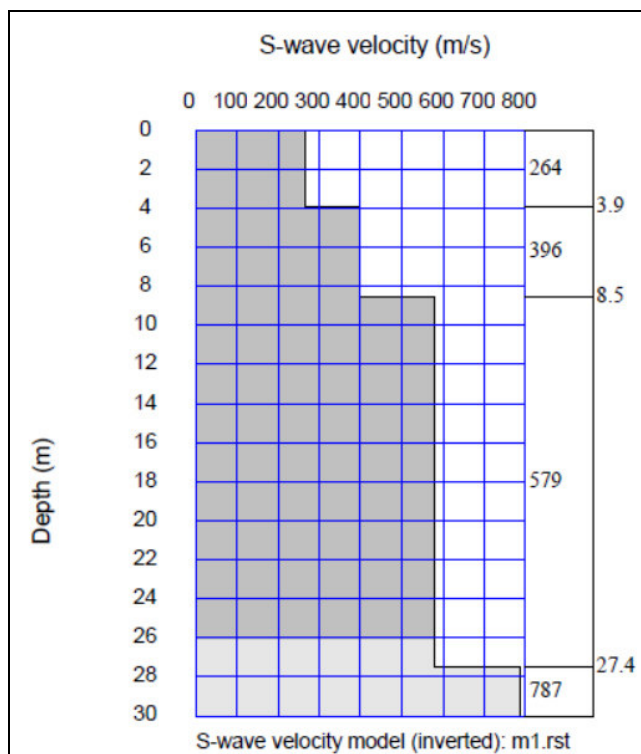


Fig.4 – Modello di velocità del sottosuolo

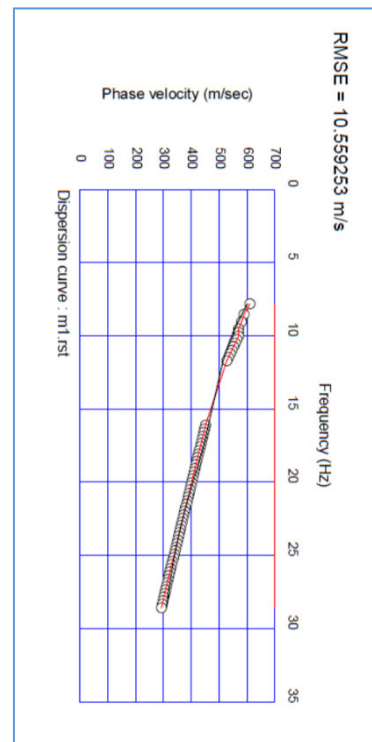


Fig. 5 – Confronto tra curva di dispersione teorica calcolata attraverso il modello di velocità teorico del sottosuolo (curva nera) con la curva sperimentale (curva rossa)

Il profilo di velocità stimato individua una sequenza di sismostrati in cui il “bedrock” sismico non viene intercettato entro i 30,00 m. di profondità dal p.c.

1.3.5 DEFINIZIONE SUOLO TIPO

Per il caso in esame, utilizzando i valori del modello di velocità relativo alle onde di taglio, tenuto conto che non è stato intercettato il bedrock entro 30,00 m di profondità dal p.c., si è proceduto al calcolo della velocità media equivalente per una profondità di 30,00 m. (come prescritto nella normativa).

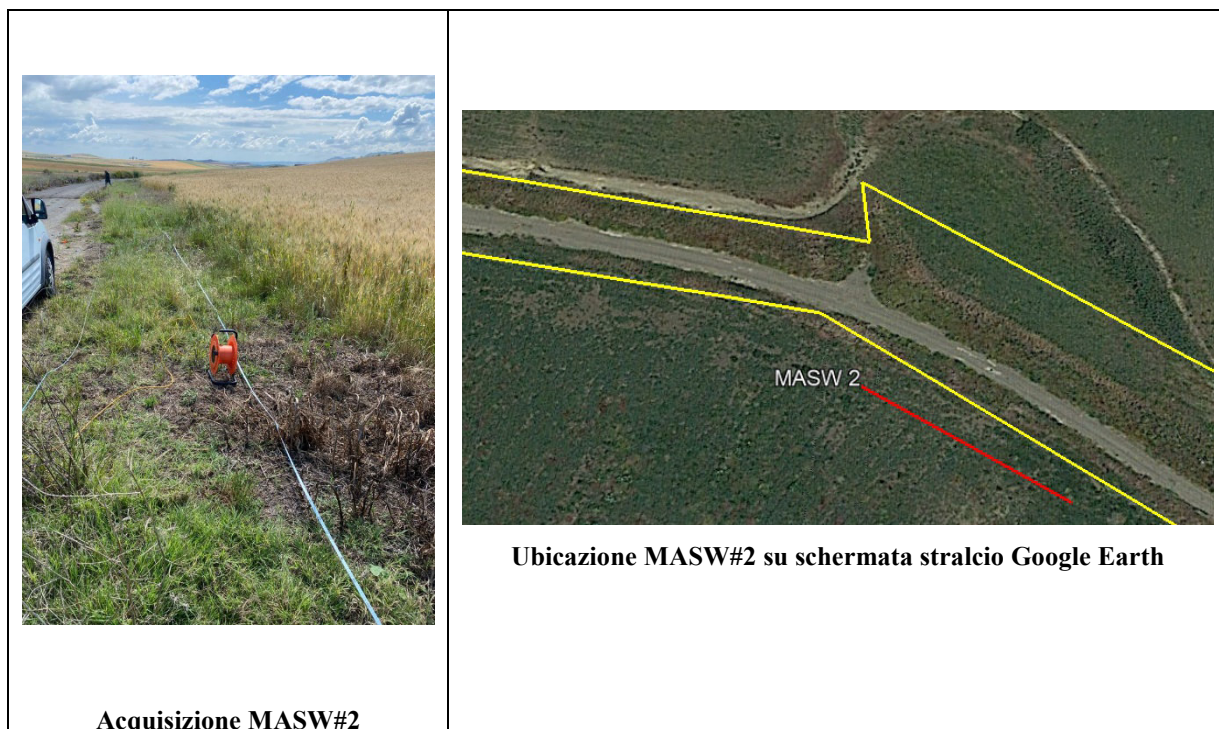
Il sottosuolo appartiene quindi alla CATEGORIA **B¹**.

¹ La categoria del sottosuolo è stata definita a partire dal piano campagna

Sismostrato	Spessore h (m)	V_s (m/s)	h/V_s (sec)	V_{seq} (m/s)
1	3.90	264.01	0.0148	481.01
2	4.65	396.44	0.0117	
3	18.90	579.23	0.0326	
4	2.55	787.34	0.0032	

Suolo tipo A	$V_{s30} > 800$ m/s
Suolo tipo B	360 m/s $< V_{s30} < 800$ m/s
Suolo tipo C	180 m/s $< V_{s30} < 360$ m/s
Suolo tipo D	100 m/s $< V_{s30} < 180$ m/s
Suolo tipo E	100 m/s $V_s < 360$ m/s max giacenti su di un substrato $V_s > 800$ m/sec

1.3.6 RISULTATI MASW 2





MODELLO FINALE

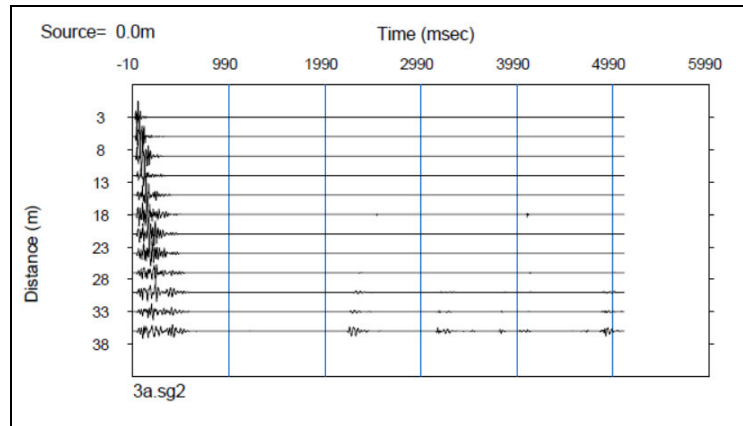


Fig. 1 Serie temporali prova MASW offset 3 metri

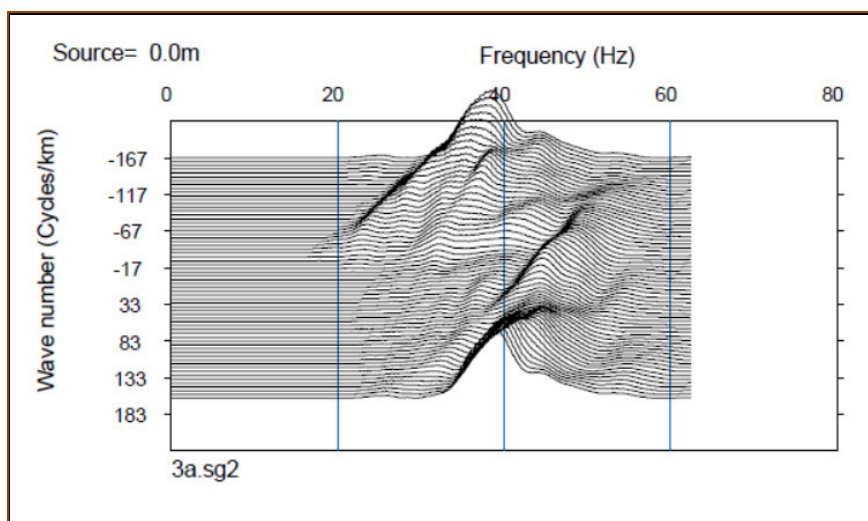
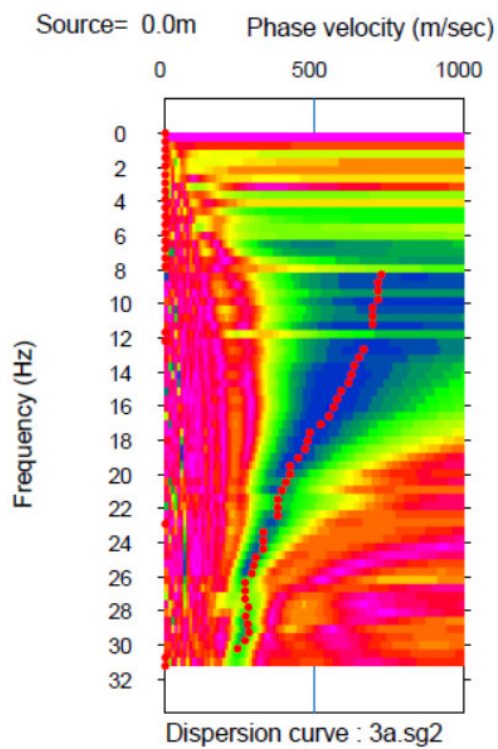


Fig. 2 Analisi dominio f-k

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 7.94 Hz e 30.29 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 266.62 m/s e 705.60 m/s (Fig.3).

La curva mostra, nel suo complesso, un andamento normal dispersivo.



Z (m)	V _s (m/sec)
0.00	257.69
3.35	315.10
7.01	674.97
23.02	883.66

Tabella 2 - Modello di
velocità teorico relativo alla
curva teorica di Fig. 4

Fig. 3 – Densità spettrale normalizzata nel piano Velocità di fase apparente
/frequenza

La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità a variazione continua degli strati ha uno scarto pari $RMSE = 18.19 \text{ m/s}$ con la curva di dispersione sperimentale (Fig. 5).

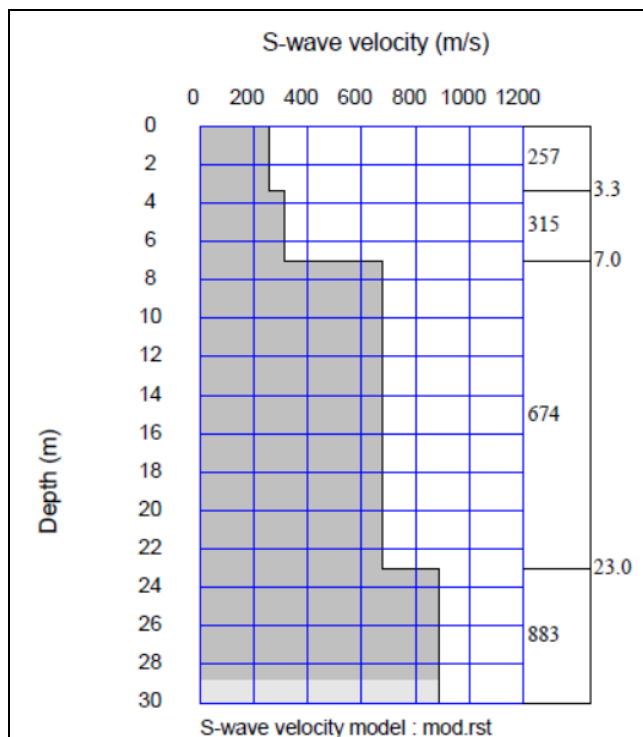


Fig. 4 – Modello di velocità del sottosuolo

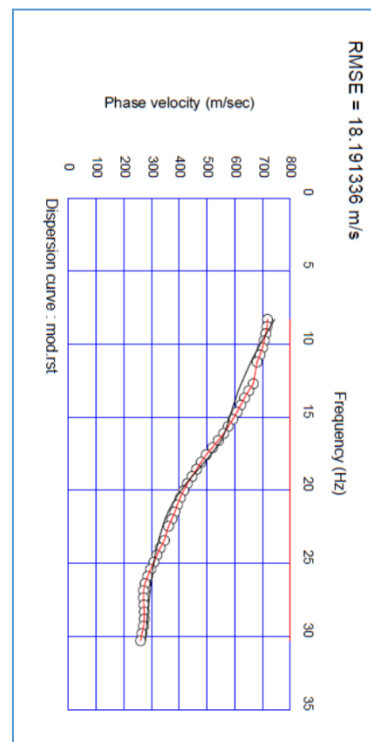


Fig. 5 – Confronto tra curva di dispersione teorica calcolata attraverso il modello di velocità teorico del sottosuolo (curva nera) con la curva sperimentale (curva rossa)

Il profilo di velocità stimato individua una sequenza di sismostrati in cui il “bedrock” sismico non viene intercettato entro i 30,00 m di profondità dal p.c.

1.3.7 DEFINIZIONE SUOLO TIPO

Per il caso in esame, utilizzando i valori del modello di velocità relativo alle onde di taglio, tenuto conto che è stato intercettato il bedrock entro 30,00 m di profondità dal p.c., si è proceduto al calcolo della velocità media equivalente per una profondità di 23.02 m (come prescritto nella normativa).

Il sottosuolo appartiene quindi alla CATEGORIA **B²**.

Sismostrato	Spessore h (m)	V_s (m/s)	h/V_s (sec)	V_{seq} (m/s)
1	3.35	257.69	0.0130	476.18
2	3.66	315.10	0.0116	
3	16.01	674.97	0.0237	
4	6.98	883.66	0.0079	
	Suolo tipo A	V _{s30} > 800 m/s		
	Suolo tipo B	360 m/s < V _{s30} < 800 m/s		
	Suolo tipo C	180 m/s < V _{s30} < 360 m/s		
	Suolo tipo D	100 m/s < V _{s30} < 180 m/s		
	Suolo tipo E	100 m/s V _s < 360 m/s max		
		giacenti su di un substrato V _s > 800 m/sec		

1.3.8 CONCLUSIONI

Il presente lavoro ha avuto come scopo quello della definizione della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio e per definire la categoria di appartenenza del suolo secondo la normativa sismica vigente.

I principali risultati possono così essere sintetizzati:

M.A.S.W. 1

- La curva di dispersione mostra, nel suo complesso, un andamento normal dispersivo e le velocità di fase risulta così dispersa nel piano Velocità di fase (m/s) - frequenza (Hz):

² La categoria del sottosuolo è stata definita a partire dal piano campagna

	f_{min} (Hz)	f_{max} (Hz)	$V_{fasemin}$ (m/s)	$V_{fasemax}$ (m/s)
<i>Masw</i>	7.63	28.92	299.47	481.01

- In accordo alle NTC 2018:

	V_{seq} (m/s)	Suolo tipo
<i>Masw</i>	472.24	<i>B</i>

M.A.S.W. 2

- La curva di dispersione mostra, nel suo complesso, un andamento normal dispersivo e le velocità di fase risulta così dispersa nel piano Velocità di fase (m/s) - frequenza (Hz):

	f_{min} (Hz)	f_{max} (Hz)	$V_{fasemin}$ (m/s)	$V_{fasemax}$ (m/s)
<i>Masw</i>	7.94	30.29	266.62	476.18

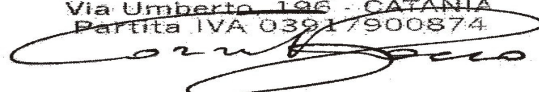
- In accordo alle NTC 2018:

	V_{seq} (m/s)	Suolo tipo
<i>Masw</i>	472.24	<i>B</i>

Catania li 24.05.2023

S.G.M. Società Geognostica Mediterranea s.r.l.

S.G.M. s.r.l.
 SOCIETA' GEOGNOSTICA MEDITERRANEA
 Via Umberto 196 - CATANIA
 Partita IVA 03917900874



Mapa senza titolo

Scrivi una descrizione per la tua mappa.



Legenda
PROVA DPSH

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH 63- GEO DEEP DRILL
 Prova eseguita in data 29/04/2023
 Profondità prova 7,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	4	0,855	35,92	42,03	1,80	2,10
0,40	3	0,851	26,82	31,52	1,34	1,58
0,60	4	0,847	32,67	38,57	1,63	1,93
0,80	5	0,843	40,66	48,22	2,03	2,41
1,00	4	0,840	32,39	38,57	1,62	1,93
1,20	4	0,836	32,26	38,57	1,61	1,93
1,40	5	0,833	40,16	48,22	2,01	2,41
1,60	5	0,830	36,96	44,55	1,85	2,23
1,80	5	0,826	36,82	44,55	1,84	2,23
2,00	7	0,823	51,35	62,38	2,57	3,12
2,20	9	0,820	65,77	80,20	3,29	4,01
2,40	10	0,817	72,81	89,11	3,64	4,46
2,60	11	0,814	74,18	91,10	3,71	4,55
2,80	13	0,761	81,98	107,66	4,10	5,38
3,00	15	0,759	94,25	124,23	4,71	6,21
3,20	18	0,756	112,70	149,07	5,63	7,45
3,40	20	0,753	124,79	165,63	6,24	8,28
3,60	17	0,751	98,74	131,50	4,94	6,58
3,80	15	0,748	86,84	116,03	4,34	5,80
4,00	13	0,746	75,02	100,56	3,75	5,03
4,20	12	0,794	73,68	92,83	3,68	4,64
4,40	15	0,741	86,03	116,03	4,30	5,80
4,60	18	0,739	96,56	130,62	4,83	6,53
4,80	22	0,687	109,70	159,65	5,48	7,98
5,00	24	0,685	119,31	174,17	5,97	8,71
5,20	28	0,683	138,78	203,19	6,94	10,16
5,40	38	0,631	174,02	275,76	8,70	13,79
5,60	42	0,579	166,23	287,03	8,31	14,35
5,80	45	0,577	177,53	307,53	8,88	15,38
6,00	44	0,575	173,05	300,70	8,65	15,04
6,20	41	0,574	160,76	280,20	8,04	14,01
6,40	40	0,572	156,37	273,36	7,82	13,67
6,60	42	0,570	154,70	271,23	7,73	13,56
6,80	44	0,569	161,61	284,15	8,08	14,21
7,00	42	0,567	153,83	271,23	7,69	13,56

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH 63- GEO DEEP DRILL
 Prova eseguita in data 29/04/2023
 Profondità prova 7,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	5	0,855	44,90	52,54	2,24	2,63
0,40	4	0,851	35,76	42,03	1,79	2,10
0,60	5	0,847	40,84	48,22	2,04	2,41
0,80	4	0,843	32,53	38,57	1,63	1,93
1,00	4	0,840	32,39	38,57	1,62	1,93
1,20	3	0,836	24,19	28,93	1,21	1,45
1,40	4	0,833	32,13	38,57	1,61	1,93
1,60	5	0,830	36,96	44,55	1,85	2,23
1,80	7	0,826	51,54	62,38	2,58	3,12
2,00	11	0,823	80,69	98,02	4,03	4,90
2,20	13	0,770	89,21	115,84	4,46	5,79
2,40	18	0,767	123,05	160,40	6,15	8,02
2,60	20	0,764	126,58	165,63	6,33	8,28
2,80	12	0,811	80,64	99,38	4,03	4,97
3,00	14	0,759	87,96	115,94	4,40	5,80
3,20	16	0,756	100,18	132,51	5,01	6,63
3,40	18	0,753	112,31	149,07	5,62	7,45
3,60	11	0,801	68,15	85,09	3,41	4,25
3,80	10	0,798	61,76	77,36	3,09	3,87
4,00	12	0,796	73,89	92,83	3,69	4,64
4,20	12	0,794	73,68	92,83	3,68	4,64
4,40	13	0,741	74,56	100,56	3,73	5,03
4,60	14	0,739	75,10	101,60	3,76	5,08
4,80	16	0,737	85,59	116,11	4,28	5,81
5,00	20	0,735	106,68	145,14	5,33	7,26
5,20	22	0,683	109,04	159,65	5,45	7,98
5,40	24	0,681	118,61	174,17	5,93	8,71
5,60	28	0,679	129,96	191,36	6,50	9,57
5,80	30	0,677	138,86	205,02	6,94	10,25
6,00	36	0,625	153,88	246,03	7,69	12,30
6,20	44	0,574	172,52	300,70	8,63	15,04
6,40	42	0,572	164,19	287,03	8,21	14,35
6,60	40	0,570	147,33	258,31	7,37	12,92
6,80	42	0,569	154,26	271,23	7,71	13,56
7,00	45	0,567	164,82	290,60	8,24	14,53

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... DPSH 63- GEO DEEP DRILL
 Prova eseguita in data 29/04/2023
 Profondità prova 7,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

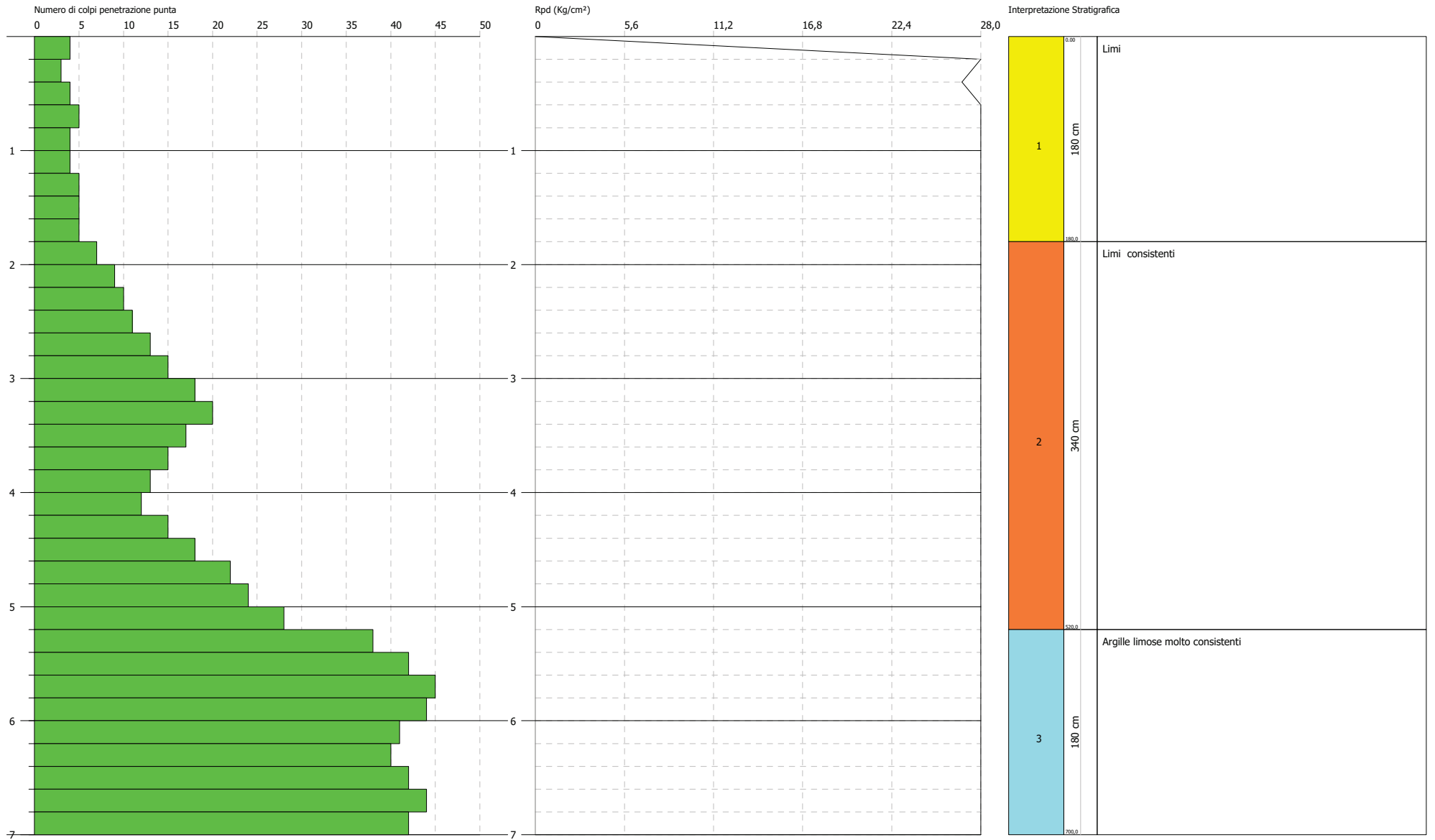
Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	4	0,855	35,92	42,03	1,80	2,10
0,40	5	0,851	44,70	52,54	2,23	2,63
0,60	4	0,847	32,67	38,57	1,63	1,93
0,80	4	0,843	32,53	38,57	1,63	1,93
1,00	4	0,840	32,39	38,57	1,62	1,93
1,20	5	0,836	40,32	48,22	2,02	2,41
1,40	6	0,833	48,19	57,86	2,41	2,89
1,60	7	0,830	51,74	62,38	2,59	3,12
1,80	10	0,826	73,63	89,11	3,68	4,46
2,00	11	0,823	80,69	98,02	4,03	4,90
2,20	12	0,820	87,70	106,93	4,38	5,35
2,40	11	0,817	80,10	98,02	4,00	4,90
2,60	10	0,814	67,43	82,82	3,37	4,14
2,80	12	0,811	80,64	99,38	4,03	4,97
3,00	15	0,759	94,25	124,23	4,71	6,21
3,20	18	0,756	112,70	149,07	5,63	7,45
3,40	20	0,753	124,79	165,63	6,24	8,28
3,60	18	0,751	104,55	139,24	5,23	6,96
3,80	20	0,748	115,79	154,71	5,79	7,74
4,00	21	0,696	113,07	162,45	5,65	8,12
4,20	20	0,744	115,06	154,71	5,75	7,74
4,40	18	0,741	103,24	139,24	5,16	6,96
4,60	16	0,739	85,83	116,11	4,29	5,81
4,80	18	0,737	96,28	130,62	4,81	6,53
5,00	21	0,685	104,39	152,40	5,22	7,62
5,20	22	0,683	109,04	159,65	5,45	7,98
5,40	24	0,681	118,61	174,17	5,93	8,71
5,60	26	0,679	120,67	177,69	6,03	8,88
5,80	28	0,677	129,60	191,36	6,48	9,57
6,00	32	0,625	136,79	218,69	6,84	10,93
6,20	38	0,624	161,98	259,70	8,10	12,98
6,40	42	0,572	164,19	287,03	8,21	14,35
6,60	41	0,570	151,01	264,77	7,55	13,24
6,80	44	0,569	161,61	284,15	8,08	14,21
7,00	42	0,567	153,83	271,23	7,69	13,56

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH 63- GEO DEEP DRILL

Committente: Dott. Geol. Alfonso Russi
 Cantiere:
 Località: Ramacca

Data: 29/04/2023

Scala 1:49

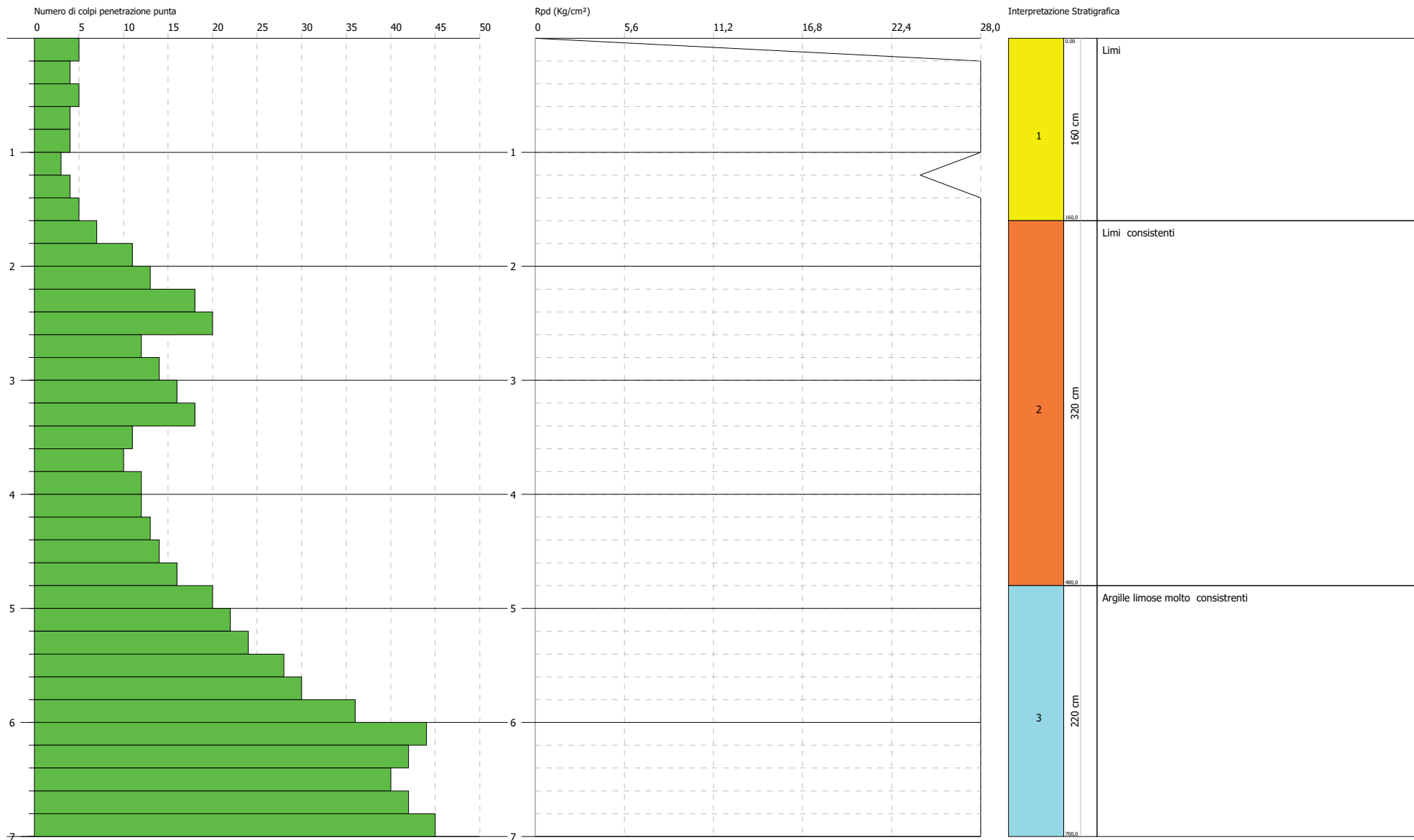


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH 63- GEO DEEP DRILL

Committente: Dott. Geol. Alfonso Russi
 Cantiere:
 Località: Ramacca

Data: 29/04/2023

Scala 1:49



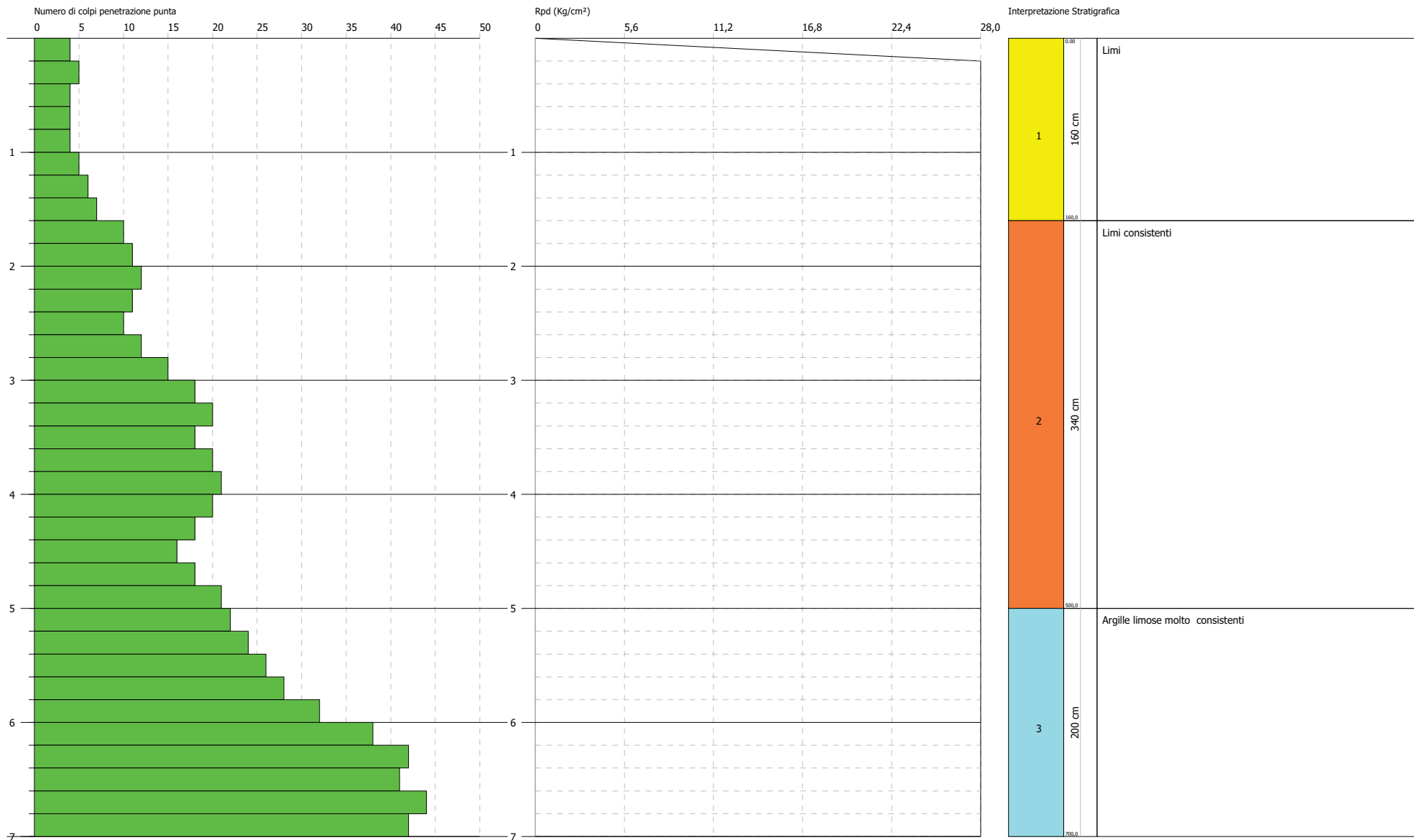
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3

Strumento utilizzato... DPSH 63- GEO DEEP DRILL

Committente: Dott. Geol. Alfonso Russi
 Cantiere:
 Località: Ramacca

Data: 29/04/2023

Scala 1:49



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Limi	6,37	0.00-1,80	Terzaghi-Peck	0,4
Strato (2) Limi consistenti	23,13	1,80-5,20	Terzaghi-Peck	1,56
Strato (3) Argille limose molto consistenti	61,82	5,20-7,00	Terzaghi-Peck	4,17

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Limi	6,37	0.00-1,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	66,76
Strato (2) Limi consistenti	23,13	1,80-5,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	237,70
Strato (3) Argille limose molto consistenti	61,82	5,20-7,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	632,32

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Limi	6,37	0.00-1,80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (2) Limi consistenti	23,13	1,80-5,20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato (3) Argille limose molto consistenti	61,82	5,20-7,00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) Limi	6,37	0.00-1,80	Meyerhof	1,83
Strato (2) Limi consistenti	23,13	1,80-5,20	Meyerhof	2,11
Strato (3) Argille limose molto consistenti	61,82	5,20-7,00	Meyerhof	2,50

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Limi	6,26	0.00-1,60	Terzaghi-Peck	0,39
Strato (2) Limi consistenti	19,96	1,60-4,80	Terzaghi-Peck	1,35
Strato (3) Argille limose molto consistenti	49,92	4,80-7,00	Terzaghi-Peck	3,37

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Limi	6,26	0.00-1,60	Buisman-Sanglerat	31,3
Strato (2) Limi consistenti	19,96	1,60-4,80	Buisman-Sanglerat	149,7
Strato (3) Argille limose molto consistenti	49,92	4,80-7,00	Buisman-Sanglerat	374,4

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Limi	6,26	0.00-1,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (2) Limi consistenti	19,96	1,60-4,80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato (3) Argille limose molto consistenti	49,92	4,80-7,00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) Limi	6,26	0.00-1,60	Meyerhof	1,82
Strato (2) Limi consistenti	19,96	1,60-4,80	Meyerhof	2,10
Strato (3) Argille limose molto consistenti	49,92	4,80-7,00	Meyerhof	2,50

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Limi	7,18	0,00-1,60	Terzaghi-Peck	0,45
Strato (2) Limi consistenti	23,46	1,60-5,00	Terzaghi-Peck	1,58
Strato (3) Argille limose molto consistenti	49,9	5,00-7,00	Terzaghi-Peck	3,37

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Limi	7,18	0,00-1,60	Buisman-Sanglerat	35,9
Strato (2) Limi consistenti	23,46	1,60-5,00	Buisman-Sanglerat	175,95
Strato (3) Argille limose molto consistenti	49,9	5,00-7,00	Buisman-Sanglerat	374,25

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Limi	7,18	0,00-1,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (2) Limi consistenti	23,46	1,60-5,00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato (3) Argille limose molto consistenti	49,9	5,00-7,00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) Limi	7,18	0,00-1,60	Meyerhof	1,87
Strato (2) Limi consistenti	23,46	1,60-5,00	Meyerhof	2,11
Strato (3) Argille limose molto consistenti	49,9	5,00-7,00	Meyerhof	2,50