

Comuni di: DORNO
Comuni di: SCALDASOLE
Comuni di: PIEVE ALBIGNOLA
Provincia di: PAVIA
Regione: LOMBARDIA



PROPONENTE

NEOEN

NEOEN RENEWABLES ITALIA srl
Via Giuseppe Rovani, 7 - 20123 MILANO (MI)

OPERA

PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE
RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 104.734,56
kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

"SOLARE DORNO - NEOEN"

OGGETTO

TITOLO DELL' ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

DATA:

17/07/2024

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



00

202304086

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

INDICE

1	PREMESSA	1
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
3	CARATTERISTICHE CLIMATICHE.....	6
3.1	Dati termopluviometrici	6
3.1.1	Comune di Dorno.....	6
3.1.2	Comune di Scaldasole	9
3.1.3	Comune di Pieve Albignola	11
3.2	Bilancio idrologico	14
3.2.1	Comune di Dorno.....	14
3.2.2	Comune di Scaldasole	15
3.2.3	Comune di Pieve Albignola	16
4	CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE	17
5	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	29
5.1	Aree esondabili.....	42
5.2	Erosione	46
6	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE	48
7	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	49
8	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE	50
8.1	Caratteristiche tettoniche.....	53
9	SISMICITA' E CARATTERISTICHE SISMICHE	58
9.1	Storia sismica dell'area.....	59
9.2	Classificazione sismica dell'area	64
9.3	Classificazione sismica da indagine MASW	71
9.3.1	Esecuzione dell'indagine e calcolo delle $V_{e,eq}$	72
10	INDAGINI GEOGNOSTICHE	77
10.1	Esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche	78
11	STIMA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE	82
12	CONCLUSIONI	87
13	BIBLIOGRAFIA E WEB REFERENCES	88
13.1	Bibliografia	88
13.2	Web References.....	89

1 PREMESSA

La *Neoen Renewables S.r.l.*, con sede a Milano (MI) in Via G. Rovani n.7, ha affidato agli scriventi l'incarico di eseguire delle analisi geologiche e sismiche nell'area d'intervento per la realizzazione di un impianto agrivoltaico nei Comuni di Dorno, Scaldasole e Pieve Albignola (PV).

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;
- 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 la 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) Stima del rischio di liquefazione;
- 12) 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

La Lomellina è una porzione del territorio lombardo situata nella provincia di Pavia. Racchiuso dal Piemonte, il territorio lomellino è esteso su una superficie di 1.240 chilometri quadrati e, dal punto di vista storico-geografico, è composto da 57 Comuni tra il fiume Sesia a ovest, il fiume Po a ovest e a sud, il fiume Ticino a est e il Basso Novarese (Piemonte) a nord. Superati i corsi d'acqua, a occidente si trova il Monferrato (Piemonte), a meridione il Tortonese (Piemonte) e l'Oltrepò Pavese, a oriente alcuni comuni del pavese e del milanese.

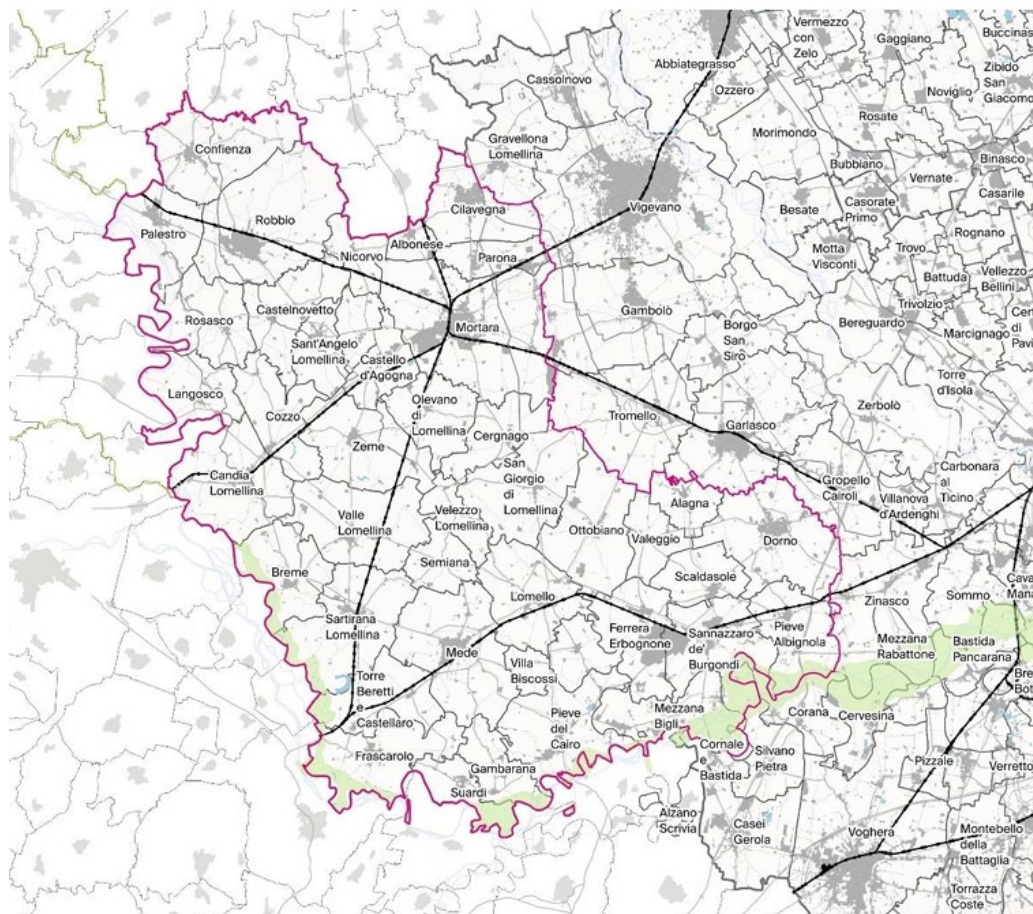


Figura 2-1. Perimetrazione della lomellina.

Anche se il territorio della provincia di Pavia è principalmente ad andamento pianeggiante, con altitudine minima pari a 50 m s.l.m., si integra con una parte collinare di vaste dimensioni e con il settore appenninico dell'Oltrepò, che arriva fino ai 1.724 m s.l.m. del Monte Lesima. Il quadro morfologico del territorio presenta una notevole ricchezza di ambienti naturali diversi: fluviali, collinari e montani, con parchi e riserve naturali. La Lomellina ha una forte tradizione legata alla vocazione agricola, che nel corso del tempo è stata integrata dallo sviluppo di altri settori economici.

In Lomellina si concentra uno dei più vasti sistemi agricoli a scala regionale, con circa 50 mila ettari di superficie dedicata. L'agricoltura occupa infatti il 65% dell'intera superficie territoriale e si caratterizza per la prevalente presenza di risaie, pari a più di due terzi dell'intera superficie coltivata, fonte di circa l'80% della produzione regionale di riso. Il sistema agricolo con la sua fitta rete idrica costituisce l'elemento essenziale e tipico del paesaggio. La presenza di numerosi corsi d'acqua a carattere fluviale e torrentizio ha giocato infatti un importante ruolo paesistico-morfologico e storico nella configurazione spaziale di questo territorio. L'abbondante disponibilità della risorsa idrica ha costituito la base per la

realizzazione della maglia di un sistema agricolo che presenta caratteri distintivi se paragonato alla restante parte della pianura padana.

L'area di impianto è racchiusa nel reticolo di strade principale:

- SP19 a N;
- A7 a E;
- SP 193 bis a S;
- SP206 e SP16 a O.

Le Coordinate Geografiche, corrispondenti al centro dei lotti, e i rispettivi Fogli e Particelle sono riportati nella tabella sottostante. La somma totale delle superficie ammonta a circa 215,31 ha.

Lotto	Comune	Località	Area (ha)	Potenza nominale (kWp)	Latitudine	Longitudine	Altitudine media (m)
1	SCALDASOLE (PV)	Cascina Paralupo	20,60	10.160,16	45,137778	8,921944	88
2	SCALDASOLE (PV)	Cascina Paralupo	4,84	1.288,32	45,137778	8,927222	87
3	SCALDASOLE (PV) e DORNO (PV)	Cascina Paralupo	115,34	51.474,24	45,131111	8,929167	95
4	DORNO (PV) e PIEVE ALBIGNOLA (PV)	Cascina Gorana Nuova	74,52	41.811,84	45,1225	8,936389	86
TOT			215,31	104.734,56	45,128611	8,932222	89

Tabella 2-1. Localizzazione dei lotti.

La quota media è di 87 m s.l.m.

3 CARATTERISTICHE CLIMATICHE

L'area in esame ha un clima continentale con inverni freddi e lunghi ed estati calde e brevi. Le precipitazioni si concentrano in autunno e in primavera, non superano mai i 900 mm all'anno. In inverno sono frequenti le nebbie e le neviccate, in estate i temporali, spesso accompagnati da grandine.

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 ciclogenese) 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.

3.1 Dati termopluviometrici

3.1.1 Comune di Dorno

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

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

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
71	64	83	89	127	113	110	129	94	109	111	56

Tabella 3-1. Tabella precipitazioni medie.

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

Periodo	mm	% annua
Apr-Set	662	75
Ott-Mar	494	25

Tabella 3-2. Precipitazioni, ripartizione semestrale.

Le precipitazioni totali sono pari a 1156 mm. Analizzando la distribuzione mensile delle piogge, si evidenzia un picco di piovosità in corrispondenza del mese di dicembre, mentre il minimo si verifica nel mese di luglio.

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

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 23 °C ai minimi non inferiori a 0°C.

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
0,93	3,63	8,33	12,63	17,23	21,03	23,33	22,53	18,93	13,13	6,73	2,23

Tabella 3-3. Tabella temperature medie.

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.

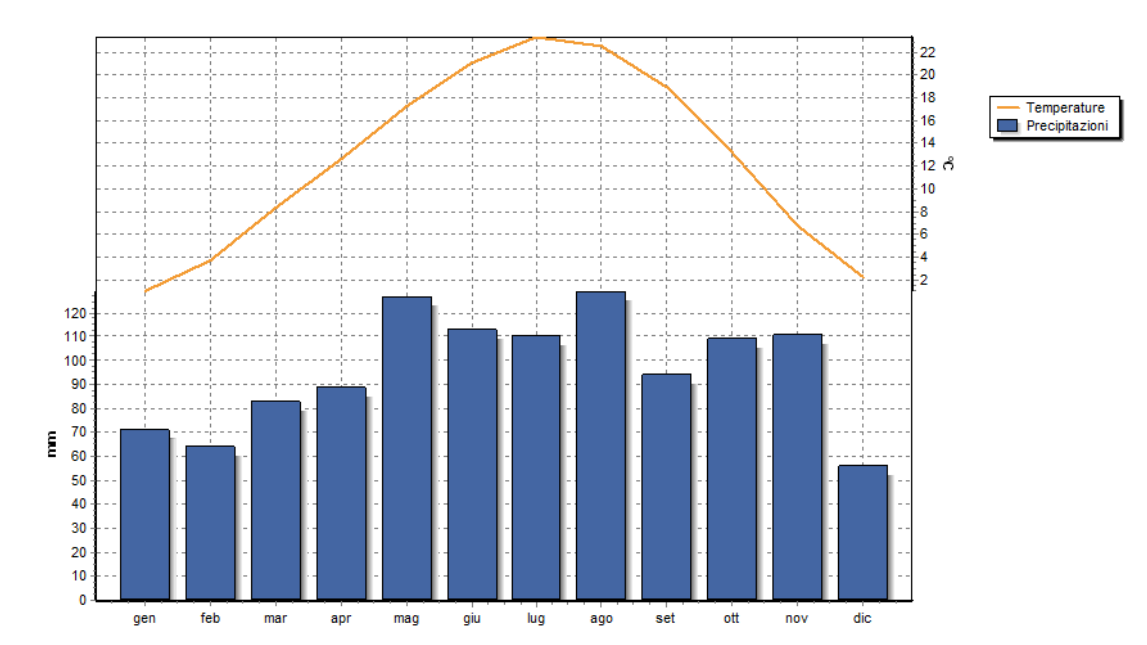


Figura 3-1. Diagramma Ombrotermico.

Dal diagramma ombrotermico si evince che i mesi definibili come "umidi" sono, giugno, luglio e agosto. Dal climogramma di *Peguy* si può constatare che i mesi di gennaio, febbraio, marzo, aprile maggio, settembre, ottobre, novembre e dicembre sono "temperati", mentre giugno, luglio e agosto sono "umidi".

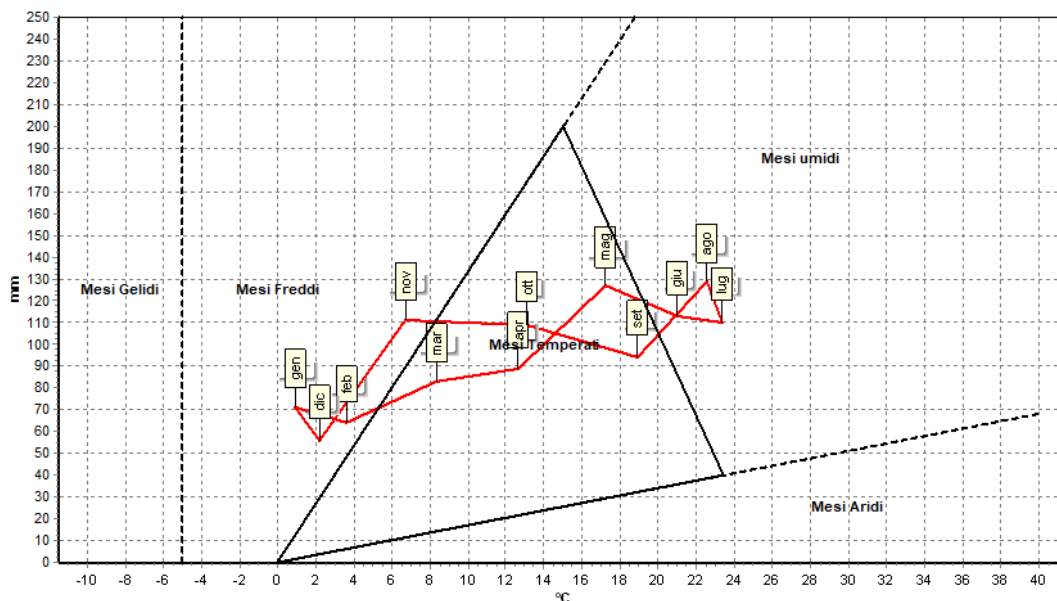


Figura 3-2. Climogramma di Peguy.

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

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

Pluviofattore di Lang	91,75
Indice di Fournier	14,40
Indice di Amann	650,25
Evaporazione Idrologica di Keller	594,10 mm
Mesi aridi secondo Köppen	Nessuno
Mesi aridi secondo Gausson	Nessuno
Indice ombrotermico annuale	7,67
Indice ombrotermico estivo	5,26

Tabella 3-4. Elenco principali indici climatici (per l'elenco completo si rimanda all'allegato).

Si rimanda agli Allegati per il report climatico completo.

3.1.2 Comune di Scaldasole

Per la zona relativa al quarto lotto sono state considerate valide le caratteristiche climatiche di Scaldasole in quanto la valenza statistica delle serie P/T ha fornito dei valori attendibili.

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

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
71	64	83	89	127	113	110	129	94	109	111	56

Tabella 3-5. Tabella precipitazioni medie.

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

Periodo	mm	% annua
Apr-Set	662	75
Ott-Mar	492	25

Tabella 3-6. Precipitazioni, ripartizione semestrale.

Le precipitazioni totali sono pari a 1156 mm. Analizzando la distribuzione mensile delle piogge, si evidenzia un picco di piovosità in corrispondenza del mese di dicembre, mentre il minimo si verifica nel mese di luglio.

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

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 23 °C ai minimi non inferiori a 0°C.

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
0,95	3,65	8,35	12,65	17,25	21,05	23,35	22,55	18,95	13,15	6,75	2,25

Tabella 3-7. Tabella temperature medie.

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.

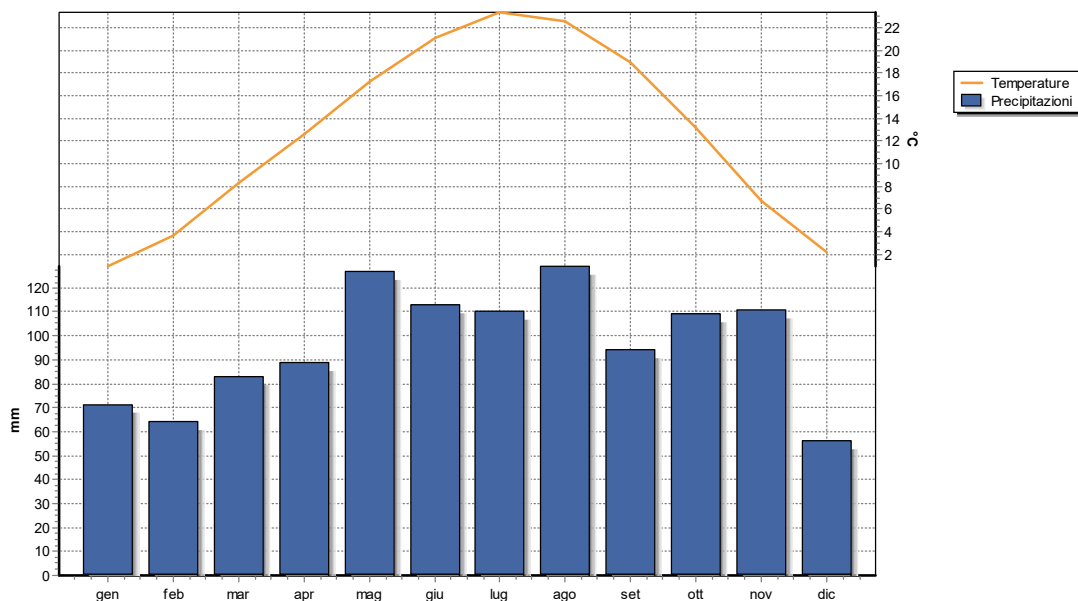


Figura 3-3. Diagramma Ombrotermico.

Dal diagramma ombrotermico si evince che i mesi definibili come “umidi” sono, giugno, luglio e agosto. Dal climogramma di Peguy si può constatare che i mesi di gennaio, febbraio, marzo, aprile, maggio, settembre, ottobre, novembre e dicembre sono “temperati”, mentre giugno, luglio e agosto sono “umidi”.

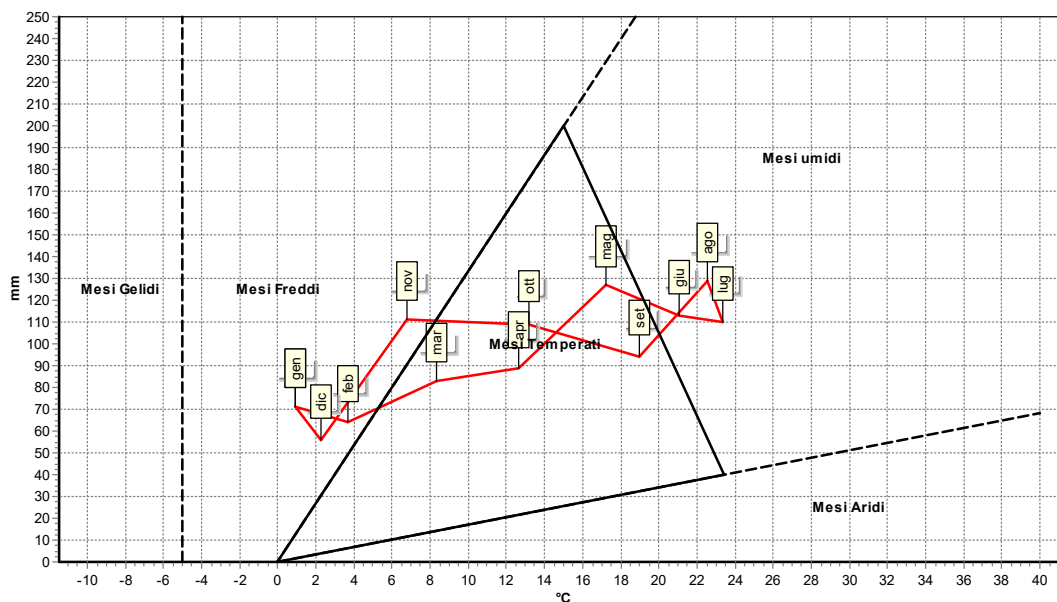


Figura 3-4. Climogramma di Peguy.

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

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

Pluviofattore di Lang	91,60
Indice di Fournier	14,40
Indice di Amann	651,28
Evaporazione Idrologica di Keller	594,10 mm
Mesi aridi secondo Köppen	Nessuno
Mesi aridi secondo Gausson	Nessuno
Indice ombrotermico annuale	7,66
Indice ombrotermico estivo	5,26

Tabella 3-8. Elenco principali indici climatici (per l'elenco completo si rimanda all'allegato).

Si rimanda agli Allegati per il report climatico completo.

3.1.3 Comune di Pieve Albignola

Per la zona relativa a primo, secondo e terzo lotto sono state considerate valide le caratteristiche climatiche di Pieve Albignola in quanto la valenza statistica delle serie P/T ha fornito dei valori attendibili

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

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
71	64	83	89	127	113	110	129	94	109	111	56

Tabella 3-9. Tabella precipitazioni medie.

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

Periodo	mm	% annua
Apr-Set	662	75
Ott-Mar	494	25

Tabella 3-10. Precipitazioni, ripartizione semestrale.

Le precipitazioni totali sono pari a 1156 mm. Analizzando la distribuzione mensile delle piogge, si evidenzia un picco di piovosità in corrispondenza del mese di dicembre, mentre il minimo si verifica nel mese di luglio.

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

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 23 °C ai minimi non inferiori a 0°C.

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
0,96	3,66	8,36	12,66	17,26	21,06	23,36	22,56	18,96	13,16	6,76	2,26

Tabella 3-11. Tabella temperature medie.

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.

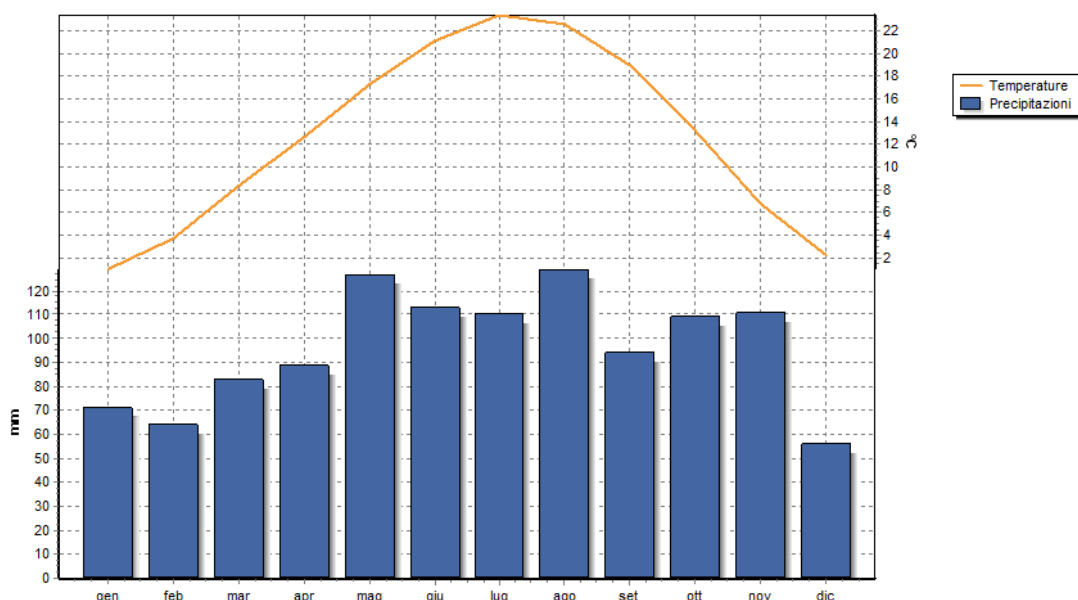


Figura 3-5. Diagramma Ombrotermico.

Dal diagramma ombrotermico si evince che i mesi definibili come "umidi" sono, giugno, luglio e agosto. Dal climogramma di *Peguy* si può constatare che i mesi di gennaio, febbraio, marzo, aprile maggio, settembre, ottobre, novembre e dicembre sono "temperati", mentre giugno, luglio e agosto sono "umidi".

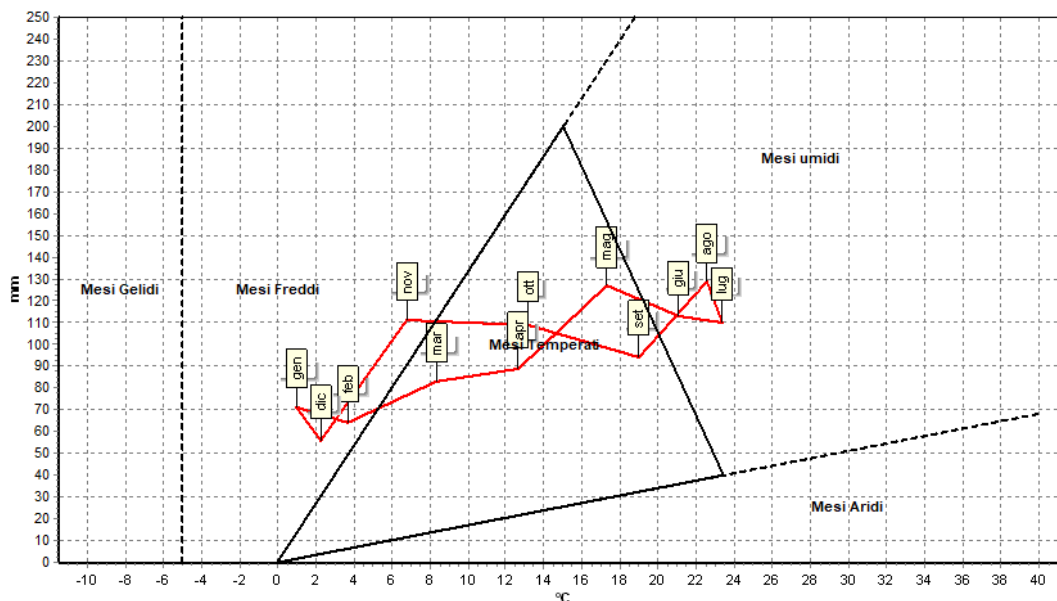


Figura 3-6. Climogramma di Peguy.

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

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

Pluviofattore di Lang	91,53
Indice di Fournier	14,40
Indice di Amann	651,80
Evaporazione Idrologica di Keller	594,10 mm
Mesi aridi secondo Köppen	Nessuno
Mesi aridi secondo Gausson	Nessuno
Indice ombrotermico annuale	7,65
Indice ombrotermico estivo	5,26

Tabella 3-12. Elenco principali indici climatici (per l'elenco completo si rimanda all'allegato).

Si rimanda agli Allegati per il report climatico completo.

3.2 Bilancio idrologico

3.2.1 Comune di Dorno

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 relativi alla Stazione di Dorno si evidenzia che, a fronte di 1156 mm/anno di Precipitazioni, si registra un'evapotraspirazione potenziale (Etp) di ben 784,7 mm/anno. Ciò evidenzia una situazione di aridità alquanto marcata, infatti il deficit idrico (D) è di ben 38,7 mm/anno e si concentra nel periodo da maggio ad ottobre.

Anche i dati relativi all'acqua a disposizione delle piante nella zona radicale (PAW) sono d'interesse. Infatti, il quantitativo totale, con i suoi 784,7 mm/anno, è concentrato nei mesi da ottobre a giugno, in netta contrapposizione con il marcato deficit. Il ruscellamento (R) risulta essere 316,4 mm/anno.

Modello di Thornthwaite

Bilancio idrico mensile

z	0,8	m	Profondità apparato radicale
FC	0,3	m ³ /m ³	Capacità di ritenzione idrica
PWP	0,18	m ³ /m ³	Punto di appassimento
mxPAW=(FC-PWP) * z	96	mm	Acqua massima utilizzabile dalle piante

MESE	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
Precipitazioni	71,0	64,0	83,0	89,0	127,0	113,0	110,0	129,0	94,0	109,0	111,0	56,0	1156,0
Etp	1,2	8,2	32,6	64,3	112,1	148,8	174,5	153,6	103,7	56,5	18,8	3,9	878,2
dS	69,8	55,8	50,4	24,7	14,9	-35,8	-60,2	0,0	0,0	52,5	92,2	52,1	
PAW	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	60,2	0,0	0,0	0,0	52,5	96,0	96,0	784,7
AET	1,2	8,2	32,6	64,3	112,1	148,8	170,2	129,0	94,0	56,5	18,8	3,9	
R	69,8	55,8	50,4	24,7	14,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,7	52,1	316,4
D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	24,6	9,7	0,0	0,0	0,0	38,7

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

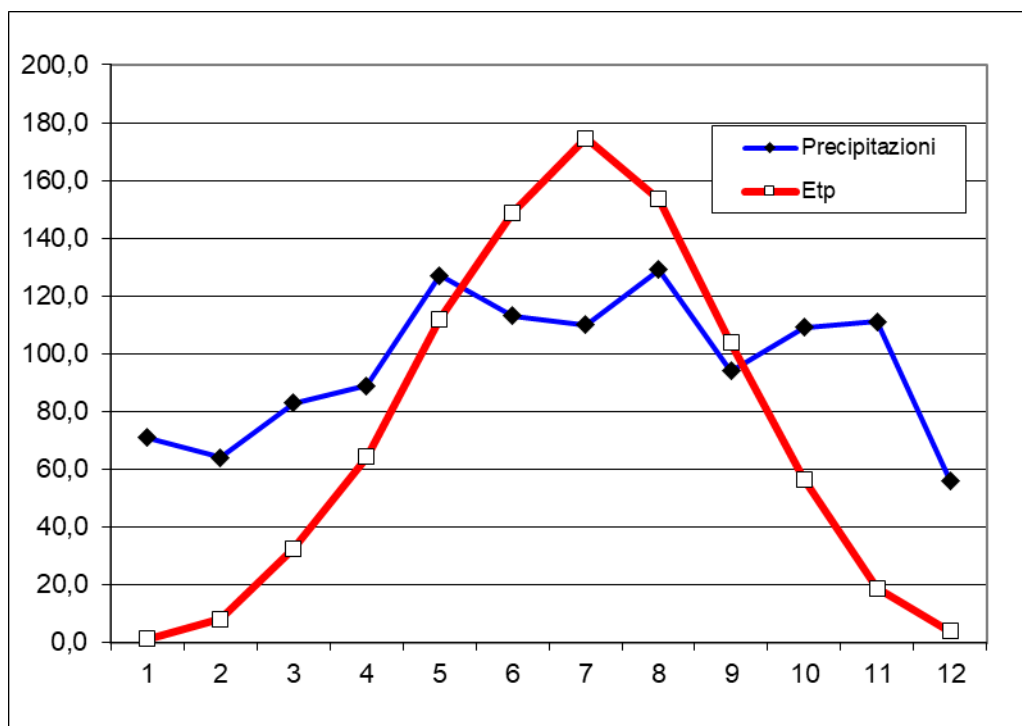


Figura 3-7. Grafico di Thornthwaite.

3.2.2 Comune di Scaldasole

Dall'analisi dei dati relativi alla Stazione di Scaldasole si evidenzia che, a fronte di 1156 mm/anno di Precipitazioni, si registra un'evapotraspirazione potenziale (Etp) di ben 879,4 mm/anno. Ciò evidenzia una situazione di aridità alquanto marcata, infatti il deficit idrico (D) è di ben 39,3 mm/anno e si concentra nel periodo da maggio ad ottobre.

Anche i dati relativi all'acqua a disposizione delle piante nella zona radicale (PAW) sono d'interesse. Infatti, il quantitativo totale, con i suoi 784,5 mm/anno, è concentrato nei mesi da ottobre a giugno, in netta contrapposizione con il marcato deficit. Il ruscellamento (R) risulta essere 316,0 mm/anno.

Modello di Thornthwaite

Bilancio idrico mensile

z	0,8	m	Profondità apparato radicale
FC	0,3	m ³ /m ³	Capacità di ritenzione idrica
PWP	0,18	m ³ /m ³	Punto di appassimento
$m \times PAW = (FC - PWP) \times z$	96	mm	Acqua massima utilizzabile dalle piante

MESE	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
Precipitazioni	71,0	64,0	83,0	89,0	127,0	113,0	110,0	129,0	94,0	109,0	111,0	56,0	1156,0
Etp	1,3	8,2	32,7	64,4	112,2	149,0	174,7	153,8	103,8	56,5	18,8	3,9	879,4
dS	69,7	55,8	50,3	24,6	14,8	-36,0	-60,0	0,0	0,0	52,5	92,2	52,1	
PAW	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	60,0	0,0	0,0	0,0	52,5	96,0	96,0	784,5
AET	1,3	8,2	32,7	64,4	112,2	149,0	170,0	129,0	94,0	56,5	18,8	3,9	
R	69,7	55,8	50,3	24,6	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,6	52,1	316,0
D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	24,8	9,8	0,0	0,0	0,0	39,3

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

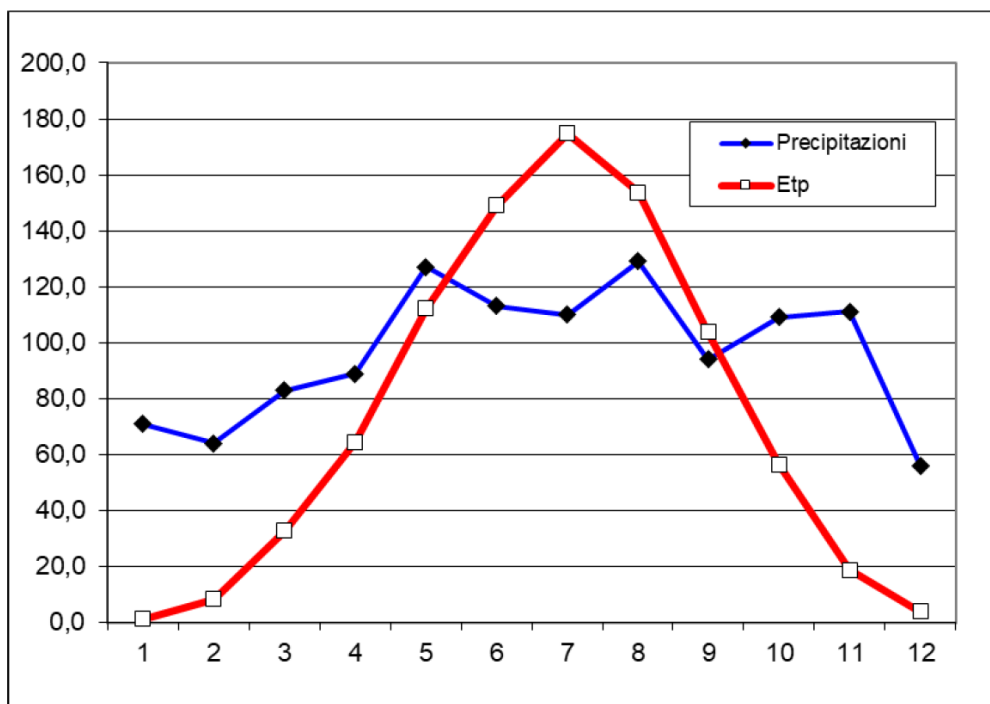


Figura 3-8. Grafico di Thornthwaite.

3.2.3 Comune di Pieve Albignola

Dall'analisi dei dati relativi alla Stazione di Pieve Albignola si evidenzia che, a fronte di 1156 mm/anno di Precipitazioni, si registra un'evapotraspirazione potenziale (Etp) di ben 879,4 mm/anno. Ciò evidenzia una situazione di aridità alquanto marcata, infatti il deficit idrico (D) è di ben 39,3 mm/anno e si concentra nel periodo da maggio ad ottobre.

Anche i dati relativi all'acqua a disposizione delle piante nella zona radicale (PAW) sono d'interesse. Infatti, il quantitativo totale, con i suoi 784,5 mm/anno, è concentrato nei mesi da ottobre a giugno, in netta contrapposizione con il marcato deficit. Il ruscellamento (R) risulta essere 316,0 mm/anno.

Modello di Thornthwaite

Bilancio idrico mensile

z	0,8 m	Profondità apparato radicale
FC	0,3 m ³ /m ³	Capacità di ritenzione idrica
PWP	0,18 m ³ /m ³	Punto di appassimento
mxPAW=(FC-PWP) * z	96 mm	Acqua massima utilizzabile dalle piante

MESE	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
Precipitazioni	71,0	64,0	83,0	89,0	127,0	113,0	110,0	129,0	94,0	109,0	111,0	56,0	1156,0
Etp	1,3	8,3	32,7	64,4	112,2	149,1	174,8	153,8	103,9	56,6	18,9	3,9	879,9
dS	69,7	55,7	50,3	24,6	14,8	-36,1	-59,9	0,0	0,0	52,4	92,1	52,1	
PAW	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	59,9	0,0	0,0	0,0	52,4	96,0	96,0	784,3
AET	1,3	8,3	32,7	64,4	112,2	149,1	169,9	129,0	94,0	56,6	18,9	3,9	
R	69,7	55,7	50,3	24,6	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,6	52,1	315,7
D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	24,8	9,9	0,0	0,0	0,0	39,8

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

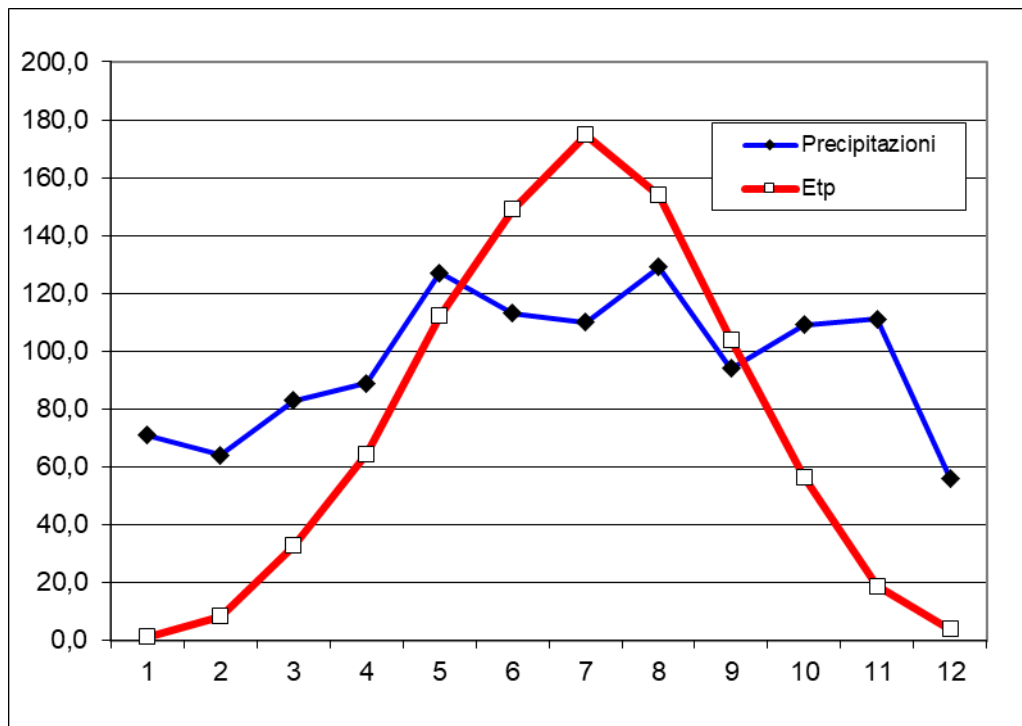


Figura 3-9. Grafico di Thornthwaite.

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.

Il rilevamento di dettaglio eseguito ha comportato anche il prelievo di n.3 campioni di terreno (vedi punti riportati nella corografia seguente) che sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio presso la *Chem Service Italia* di Catania.

Nell'area del territorio in esame è possibile individuare soprattutto due tipologie di colture: il seminativo avvicendato e il seminativo avvicendato con colture arboree.

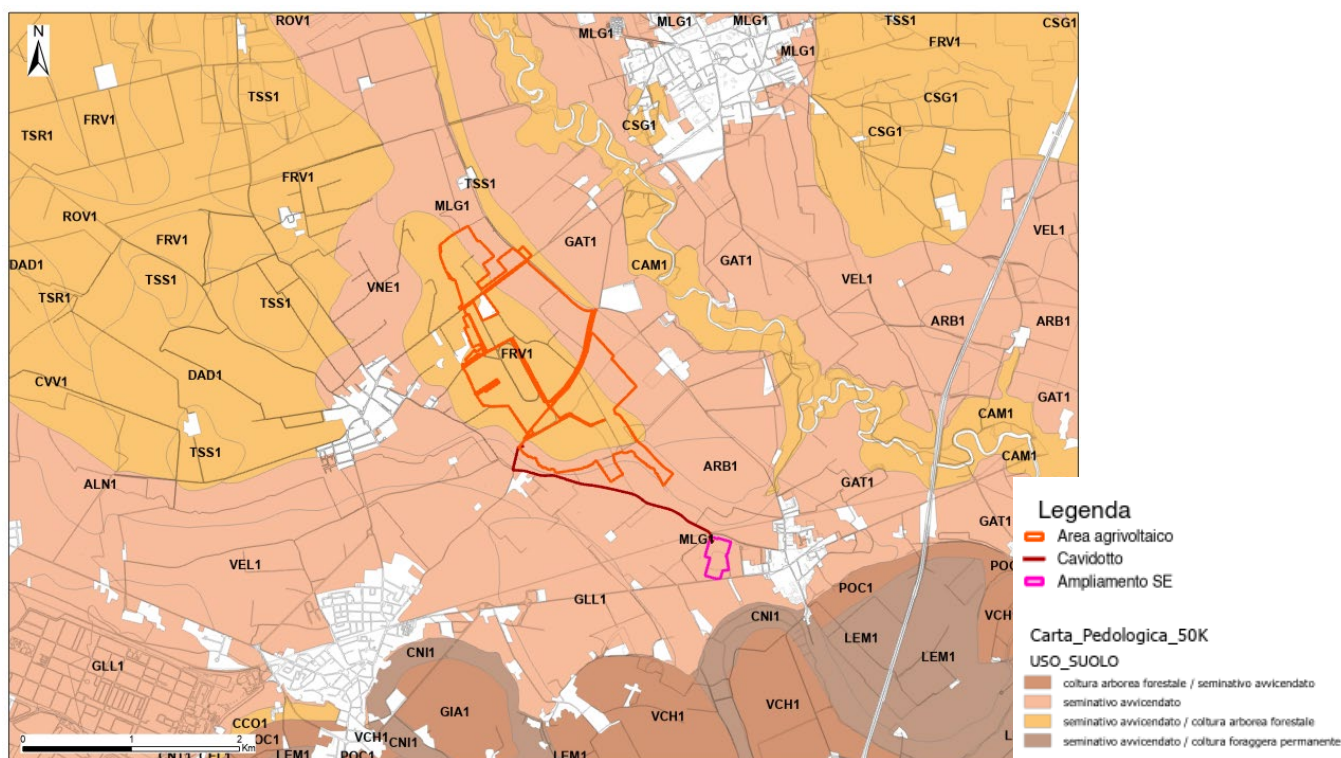


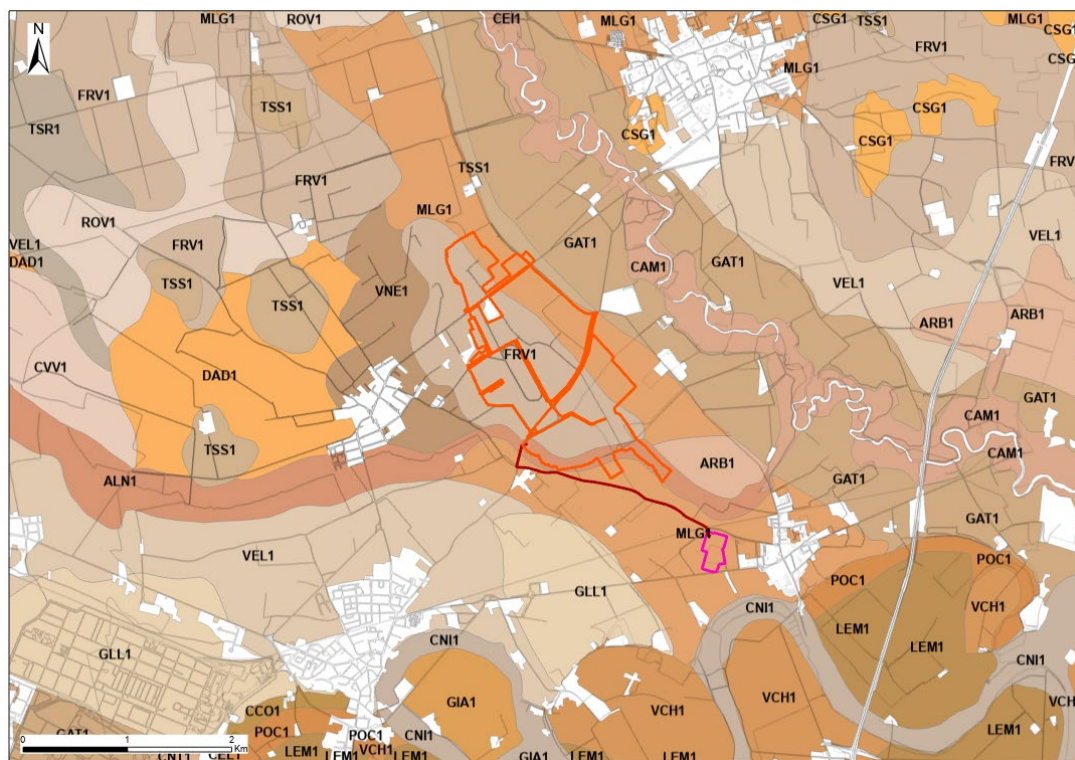
Figura 4-1. Stralcio cartografico dell'uso del suolo, su base DBT regionale (Fonte: Geoportale della Regione Lombardia).

Per gli aspetti pedologici il progetto ricade soprattutto in cinque tipologie di suolo:

- ALN1: Aquic Ustipsomments Mixed, Mesic;

- CSG1: Typic Ustipsomments Mixed, Mesic;
- FRV1: Typic Ustipsomments Mixed, Mesic;
- MLG1: Ultic Haplustals Corse loami over sandy skeletal, Mixed, Superactive;
- GAT1: Inceptic Haplustalfs Coarse loamy, Mixed, Supractive, Mesic

La granulometria dei suoli, come atteso, è prevalentemente sabbiosa (62,6 ÷ 65,9%), passante a limosa (21,6 ÷ 24,9%), con poca argilla (10,0 ÷ 12,5%). Qui lo scheletro è praticamente assente (< 0,1%).



Legenda

- ▬ Area agrivoltaica
- ▬ Cavidotto
- ▬ Ampliamento SE

Carta_Pedologica_50K

COMP1,TAX_COMP1

- ALN1,Aquic Ustipsamments Mixed, Mesic
- ARB1,Aquultic Haplustalfs Coarse silty, Mixed, Superactive, Mesic
- CAM1,Aquic Ustipsamments Mixed, Mesic
- CCO1,Aquic Haplustepts Coarse loamy, Mixed, Superactive, Mesic
- CEL1,Oxyaquic Haplustalfs Coarse loamy, Mixed, Superactive, Mesic
- CNI1,Aquic Ustifluvents Coarse silty, Mixed (calcareous), Superactive, Mesic
- CNT1,Aquic Haplustalfs Coarse silty, Mixed, Superactive, Mesic
- CSG1,Typic Ustipsamments Mixed, Mesic
- CV1,Aquic Haplustalfs Coarse loamy, Mixed, Superactive, Mesic
- DAD1,Aquultic Haplustalfs Coarse silty, Mixed, Superactive, Mesic
- FRV1,Typic Ustipsamments Mixed, Mesic
- GAT1,Inceptic Haplustalfs Coarse loamy, Mixed, Superactive, Mesic
- GIA1,Oxyaquic Haplustepts Coarse loamy, Mixed, Superactive, Mesic
- GLL1,Oxyaquic Haplustalfs Fine silty, Mixed, Superactive, Mesic
- LEM1,Aquic Haplustepts Coarse loamy, Mixed, Superactive, Mesic
- MLG1,Ultic Haplustalfs Corse loamy over sandy or sandy skeletal, Mixed, Superactive,
- POC1,Thapto-histic Endoaquolls Fine silty, Mixed, Superactive, Nonacid, Mesic
- ROV1,Typic Endoaqualls Coarse loamy, Mixed, Active, Mesic
- TSR1,Aquic Ustipsamments Mixed, Mesic
- TSS1,Lamellic Ustipsamments Mixed, Mesic
- VCH1,Typic Ustipsamments Mixed, Mesic
- VEL1,Aquic Haplustalfs Coarse loamy, Mixed, Superactive, Mesic
- VNE1,Typic Haplustalfs Fine loamy, Mixed, Superactive, Mesic

Figura 4-2.Stralcio cartografico delle caratteristiche pedologiche, su base DBT regionale e ortofoto (Fonte: Geoportale della Regione Lombardia).

Data la presenza di una fitta rete di canalizzazioni e drenaggi, non si rende necessario procedere a particolari sistemazioni del terreno (per ridurre l'eccessiva velocità di scorrimento delle acque). Non sono stati rilevati segni di erosione superficiale diffusa e/o concentrata in rivoli.

Il rilevamento pedologico, effettuato nel gennaio 2024 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 3 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 24/02001-00) Lat. 45° 08' 09,96" Long. 8° 55' 36,42";
- Campione n.2 (rapporto di prova 24/02002-00) Lat. 45° 07' 29,25" Long. 8° 55' 41,79";
- Campione n.3 (rapporto di prova 24/02003-00) Lat. 45° 07' 24,24" Long. 8° 56' 22,53".

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



Figura 4-3. Corografia ubicazione *Minipit 1* ↓



Figura 4-4. Corografia ubicazione *Minipit 2* ↓



Figura 4-5. Corografia ubicazione *Minipit 3* ↓

Dai rilievi effettuati in sito il 30 gennaio 2024 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 87 m s.l.m.
- b) la pendenza dell'area all'intorno è praticamente nulla (superficie pianeggiante).
- c) in base ai dati granulometrici si ottiene:
 - 65,9% Sabbia;
 - 21,6% Limo;
 - 12,5% Argilla.
- d) pertanto, il terreno si può definire come "Franco sabbioso".
- e) in base alle *Munsell Soil Color Charts* si può definire 4/3 Tab.10YR
- 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 7,1 si può definire "Neutro".
- g) per la dotazione di Sostanza Organica (S.O. = 1,72 • Corg) la valutazione agronomica si può definire "Elevata".
- h) per la dotazione di CSC la valutazione agronomica si può definire "Media".



Figura 4-6. *Minipit n.1*

RILIEVO PEDOLOGICO-S1				
Parametro		Unità di misura Standard adottato	Valore	Definizione Classificazione
1	Colore	Munsell (hue-value- chroma)	10YR – 4/3	
2	Quota	m s.l.m.	87	
3	Clivometria	%	-	Superficie pianeggiante
4	Esposizione	°	-	
5	Uso suolo	ISSDS 97	220	Seminativo – Mais
6	Roccosità	%	0	Assente
7	Pietrosità	%	0	Assente
8	Curvatura morfometrica	Shoeneberger	LL	Lineare-Lineare
9	Forma	Carnicelli&Wolf	PCE	Piana alluvionale elevata
10	Durezza	Shoeneberger	S	Soffice
11	Erosione reale	ISSDS 97	0	Assente
12	Rischio inondazione	Carnicelli&Wolf	0	Assente
13	Adesività	Carnicelli&Wolf	31	Non adesivo
14	Grado di aggregazione	ISSDS 97	1	Sciolto
15	Densità apparente	USDA	1,2 (FS)	Bassa
16	Drenaggio interno	SSM	3	Ben drenato
17	Capacità di accettazione piogge	Jarvis e Mackney	1	Molto alta
18	Conducibilità idraulica	SSM	A-13 / S- 66	Moderatamente alta
19	Presenza radici	SSM	2 ÷ 5	Medie
20	Presenza tracce attività biologica	SINA	7	Non rilevata

Campione 2

- a) la quota della stazione è di 87 m s.l.m.
- b) la pendenza dell'area all'intorno è praticamente nulla (superficie pianeggiante).
- c) in base ai dati granulometrici si ottiene:
 - 65,4% Sabbia;
 - 24,6% Limo;
 - 10,0% Argilla.
- d) pertanto, il terreno si può definire come "Franco sabbioso".
- e) in base alle *Munsell Soil Color Charts* si può definire 4/4 Tab.10YR
- 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 • Corg) la valutazione agronomica si può definire "Elevata".
- h) per la dotazione di CSC la valutazione agronomica si può definire "Media".



Figura 4-7. Minipit n.2

RILIEVO PEDOLOGICO-S2				
Parametro		Unità di misura Standard adottato	Valore	Definizione Classificazione
1	Colore	Munsell (hue-value-chroma)	10YR – 4/4	
2	Quota	m s.l.m.	87	
3	Clivometria	%	-	Superficie pianeggiante
4	Esposizione	°	-	
5	Uso suolo	ISSDS 97	230	Seminativo – Risaia
6	Rocciosità	%	0	Assente
7	Pietrosità	%	0	Assente
8	Curvatura morfometrica	Shoeneberger	LL	Lineare-Lineare
9	Forma	Carnicelli&Wolf	PCE	Piana alluvionale elevata
10	Durezza	Shoeneberger	S	Soffice
11	Erosione reale	ISSDS 97	0	Assente
12	Rischio inondazione	Carnicelli&Wolf	0	Assente
13	Adesività	Carnicelli&Wolf	31	Non adesivo
14	Grado di aggregazione	ISSDS 97	1	Sciolto
15	Densità apparente	USDA	1,2 (FS)	Bassa
16	Drenaggio interno	SSM	3	Ben drenato
17	Capacità di accettazione piogge	Jarvis e Mackney	1	Molto alta
18	Conducibilità idraulica	SSM	A-10 / S-65	Moderatamente alta
19	Presenza radici	SSM	1 ÷ 5	Fini e Medie
20	Presenza tracce attività biologica	SINA	7	Non rilevata

Campione 3

- a) la quota della stazione è di 86 m s.l.m.
- b) la pendenza dell'area all'intorno è praticamente nulla (superficie pianeggiante).
- c) in base ai dati granulometrici si ottiene:
 - 62,6% Sabbia;
 - 24,9% Limo;
 - 12,5% Argilla.
- d) pertanto, il terreno si può definire come "Franco sabbioso".
- e) in base alle *Munsell Soil Color Charts* si può definire 4/4 Tab.10YR
- 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 6,9 si può definire "Neutro".
- g) per la dotazione di Sostanza Organica (S.O. = 1,72 • Corg) la valutazione agronomica si può definire "Elevata".
- h) per la dotazione di CSC la valutazione agronomica si può definire "Bassa".



Figura 4-8. Minipit n.3

RILIEVO PEDOLOGICO-S3				
Parametro		Unità di misura Standard adottato	Valore	Definizione Classificazione
1	Colore	Munsell (hue-value-chroma)	10YR – 4/4	
2	Quota	m s.l.m.	86	
3	Clivometria	%	-	Superficie pianeggiante
4	Esposizione	°	-	
5	Uso suolo	ISSDS 97	230	Seminativo – Risaia
6	Rocciosità	%	0	Assente
7	Pietrosità	%	0	Assente
8	Curvatura morfometrica	Shoeneberger	LL	Lineare-Lineare
9	Forma	Carnicelli&Wolf	PCE	Piana alluvionale elevata
10	Durezza	Shoeneberger	S	Soffice
11	Erosione reale	ISSDS 97	0	Assente
12	Rischio inondazione	Carnicelli&Wolf	0	Assente
13	Adesività	Carnicelli&Wolf	31	Non adesivo
14	Grado di aggregazione	ISSDS 97	1	Sciolto
15	Densità apparente	USDA	1,2 (FS)	Bassa
16	Drenaggio interno	SSM	3	Ben drenato
17	Capacità di accettazione piogge	Jarvis e Mackney	1	Molto alta
18	Conducibilità idraulica	SSM	A-13 / S-63	Moderatamente alta
19	Presenza radici	SSM	1 ÷ 5	Fini e Medie
20	Presenza tracce attività biologica	SINA	7	Non rilevata

In allegato i Rapporti di prova n. 24/02001-00, 24/02002-00 e 24/02003-00 del Laboratorio Pedologico *ChemService* di Catania, a cui si rimanda anche per l'analisi degli altri parametri pedologici (calcare, azoto, fosforo, sodio, potassio, ecc.).

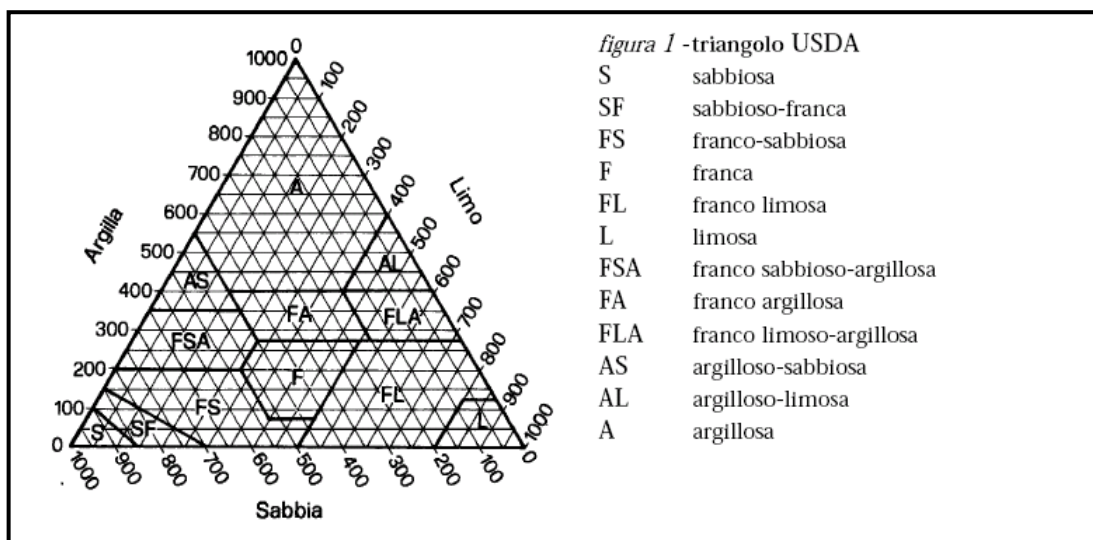


Figura 4-9. Diagramma granulometrico ternario USDA.

DORNO, SCALDASOLE, PIEVE ALBIGNOLA (PV)	
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).

DORNO, SCALDASOLE, PIEVE ALBIGNOLA (PV)				
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.

Dorno, Scaldasole, Pieve Albignola (PV)	
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:

$$Permeabilità (K) = h1 - \frac{h_2}{t_2} - t_1 * 1 + \frac{\left(\frac{2h_m}{b}\right)}{27 * \left(\frac{h_m}{b}\right) + 3}$$

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.

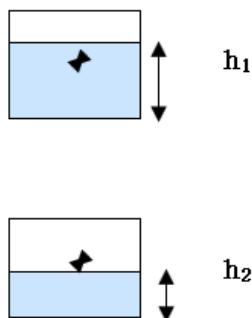


Figura 4.1. Prova di permeabilità a carico variabile in pozzetto superficiale (standard AGI, 1977).

DATI	Unità di misura	Misura 1	Misura 2	Misura 3	Media
h_1 = altezza iniziale del livello dell'acqua	cm	55	54	53	
h_2 = altezza finale del livello dell'acqua	cm	54	53	52	
$t_2 - t_1$ = tempo trascorso per il raggiungimento di h_2	min	3,3	3,8	4,5	
h_m = altezza media tra h_1 e h_2	cm	54,5	53,5	52,5	
b = lato della base del pozzetto	cm	25	25	25	
K = coefficiente di permeabilità	cm/sec	0,00044	0,00038	0,00032	0,00036

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	165	164	163	
h_2 = altezza finale del livello dell'acqua	cm	164	163	162	
$t_2 - t_1$ = tempo trascorso per il raggiungimento di h_2	min	3	3,5	4,4	
h_m = altezza media tra h_1 e h_2	cm	164,5	163,5	162,5	
b = lato della base del pozzetto	cm	25	25	25	
K = coefficiente di permeabilità	cm/sec	0,00044	0,00037	0,00030	0,00037

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

DATI	Unità di misura	Misura 1	Misura 2	Misura 3	Media
h_1 = altezza iniziale del livello dell'acqua	cm	168	167	165	
h_2 = altezza finale del livello dell'acqua	cm	167	166	164	
$t_2 - t_1$ = tempo trascorso per il raggiungimento di h_2	min	3,5	4,1	4,7	
h_m = altezza media tra h_1 e h_2	cm	167,5	166,5	164,5	
b = lato della base del pozzetto	cm	25	25	25	
K = coefficiente di permeabilità	cm/sec	0,00037	0,00032	0,00028	0,00032

Tabella 4-6. 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 4-7. 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 attività agricole di superficie e alle caratteristiche granulometriche del suolo che, come si evince dalle prove di laboratorio eseguite, presentano una componente sabbiosa significativa.

5 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

La macro area di studio ricade nel settore nord-occidentale della Pianura Padana. Quest'ultima si sviluppa in direzione E-O attraverso il nord d'Italia per oltre 40.000 km² rappresentando il più ampio bacino alluvionale della Penisola. Essa è delimitata a nord e a sud rispettivamente dagli alti topografici delle Alpi e degli Appennini, mentre ad est è delimitata dalla costa adriatica. La Pianura Padana si estende trasversalmente fino ad un'ampiezza di 100 km, ed è caratterizzata da un sistema di drenaggio principale avente una lunghezza di 652 km e rappresentato dal fiume Po. Quest'ultimo è caratterizzato da un bacino idrografico ampio più di 70.000 km².

La fascia morfologica di inquadramento dei territori comunali di Dorno, Scaldasole e Pieve Albignola è quella della Lomellina centrale compresa fra le aste fluviali dei torrenti Agogna ad Est e Terdoppio ad Ovest.

Dal punto di vista geomorfologico, l'area è caratterizzata da terrazzi fluviali successivi che si sono formati attraverso una combinazione di processi erosivi e deposizionali. I terrazzi più antichi sono costituiti dai depositi di natura fluviale e fluvioglaciale, composti da ciottoli e ghiaie, a cui si sovrappongono sedimenti più fini di natura sabbiosa e limosa: lungo i margini di transizione tra la media e la bassa pianura corre la linea delle risorgive.

Tale porzione di territorio si colloca entro il livello fondamentale della pianura padana, impostato sui terreni che costituiscono il terrazzo *Würmiano*, ossia l'insieme dei sedimenti continentali che ha colmato le preesistenti depressioni originate dalla fase interglaciale erosiva *Riss-Würm* con il sovralluvionamento delle antiche superfici, ad esclusione di taluni lembi residuali (dossi).

I cicli fluvioglaciali, di cui il *Würm* rappresenta l'ultima fase, corrispondono al periodo quaternario di alluvionamento successivo al Villafranchiano e coincidono con l'alternarsi di pulsazioni climatiche calde e fredde, correlabili direttamente con le azioni di avanzamento ed arretramento delle fronti glaciali con apporto ed accumulo di sedimenti durante i cicli freddi (glaciali o stadiali) e terrazzamento erosivo durante i periodi caldi (interglaciale o interstadiale).

Nel corso dell'Olocene, infine (periodo postglaciale, 12.000-10.000 anni fa), i fiumi hanno inciso il suolo formando valli dal caratteristico profilo a "cassetta" entro cui sono visibili le oscillazioni degli alvei (Marchetti *et al.* 1984).

Nell'ambito della fase Würmiana sono stati distinti più cicli stadiali (*Würm* 1, 2, 3) di cui al primo (*Würm* 1), corrispondente alla massima espansione glaciale, è attribuibile il maggior apporto di sedimenti e quindi la prevalente azione di colmamento e seppellimento delle antiche depressioni interglaciali, mentre i cicli successivi avrebbero operato l'apporto di modeste coltri detritiche, producendo principalmente dei terrazzi di erosione nella superficie principale.

Per questo motivo, il livello fondamentale della pianura nella Lomellina centrosettentrionale si presenta come una conoide terrazzata con superfici blandamente ondulate, vergenti verso S-SE, assimilabili in gran parte al livello del ciclo Würmiano principale, mentre i terrazzi inferiori determinano morfologie a tratti depresse, comunque marginali arealmente rispetto alla superficie fondamentale.

I materiali ripresi dai depositi morenici, granulometricamente eterogenei, vengono depositati in un ordine (ghiaie-sabbie-limiargille) che non è mai rigido e che dipende da diversi fattori tra cui la portata delle varie fasi di piena e la composizione litologica (rocce più o meno pesanti), tenendo conto, inoltre, che un tempo i fiumi privi di argini cambiavano spesso alveo e i loro depositi si sovrapponevano a quelli di altri.

Il risultato delle azioni descritte è una coltre alluvionale che, analizzata in una sezione verticale, appare formata da livelli grossolani alternati a sabbie a volte cementate e ad argille contenenti falde idriche più o meno potenti. Analizzando una sezione NO-SE della Pianura lombarda possiamo osservare che le ghiaie dominano verso Nord (fascia dell'alta pianura) e i sedimenti fini prevalgono verso Sud (fascia della bassa pianura). Tra le due fasce possiamo individuarne una di transizione (media pianura), con caratteristiche litologiche intermedie, che nel vicentino ha un'ampiezza variabile dai 2 ai 10 chilometri ed è compresa tra i 64 e i 30 metri s.l.m.

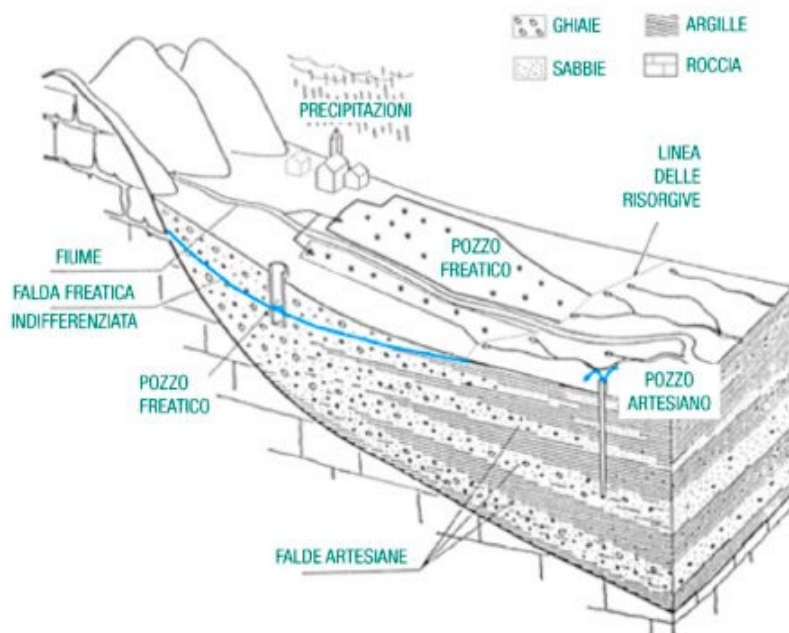


Figura 5-1. Schema deposizionale della pianura lombarda.

Le maggiori accentuazioni positive della superficie fondamentale della pianura sono costituite dai dossi che rappresentano ondulazioni altimetricamente elevate, rispetto al “Piano Generale Terrazzato”, di pochi metri rispetto alle piane circostanti, aventi senso di allungamento planimetrico NNO-SSE, analogo a quello delle paleo linee di drenaggio ben conservate fra le incisioni dei torrenti Agogna ed Terdoppio; essi rappresentano i lembi residuali di paleosuperfici relitte di formazione Rissiana, e sono riconducibili a quelle forme caratteristiche della morfologia fluviale rappresentate dalle barre sabbiose. La maggiore potenza del ciclo deposizionale Riss nei confronti di quello Würmiano, fu la causa del non completo colmamento delle antiche superfici e forme di modellamento fluviale da parte delle nuove assise alluvionali, motivo per cui i rilievi attuali, sebbene rimaneggiati parzialmente dalla rielaborazione eolica e soprattutto dagli interventi di insediamento che ne hanno provocato il progressivo livellamento alla pianura circostante, sono da considerarsi come delle forme di modellamento o paleo superfici fluviali relitte, corrispondenti dal punto di vista della genesi sedimentologica ad una fase antecedente ai cicli alluvionali Würmiani, così come le linee di paleo drenaggio attualmente riconoscibili corrispondono ai relitti di un sistema di canalizzazione modello “braided” collegato alle divagazioni fluviali e parzialmente sepolto dai successivi eventi di colluvionamento.

Analoghi per antichità e modalità di formazione alle grandi dune sabbiose dell’entroterra centro-europee (Paesi Bassi, Germania, Polonia), i “dossi” della Lomellina, detti anche “sabbioni”, erano delle dune di sabbia soggette al rimodellamento da parte del vento. La formazione dei depositi che hanno originato i dossi risale al *Diluvium* recente, il periodo in cui le fiumane originate dallo scioglimento delle calotte glaciali che ricoprivano l’Italia settentrionale durante l’ultima glaciazione portarono a valle un’enorme quantità di detriti (Boni, 1947). L’azione del vento seppellì i detriti più grossi e pesanti – pietre e ciottoli – sotto la sabbia, che venne modellata in dune e dossi.

Un tempo molto più diffusi in Lomellina, i dossi vennero spianati dall’uomo fin dall’epoca romana per ottenere terreno agricolo (Boni, 1947).

La Lomellina si configura per un andamento debolmente ondulato del piano di campagna, interrotto da aree blandamente sopraelevate denominate “dossi”. Si tratta di rilievi di modeste dimensioni, 5° 6 metri di rilievo rispetto al piano di campagna, costituite da materiale. La loro diffusione, attualmente concentrata in alcune aree e quantitativamente ai minimi storici a causa dell’intenso lavoro di bonifica agraria, era molto maggiore fino a metà del secolo scorso e in età preistorica costituiva probabilmente il tratto distintivo dell’intera Lomellina. L’origine di queste formazioni è probabilmente legata ad un mix di fattori eolici e fluviali, in cui l’azione di modellamento dei fiumi ha creato delle barre sabbiose deposte in periodi di sovralluvionamento e rimaneggiate dall’azione di deposizione e deflazione del vento.

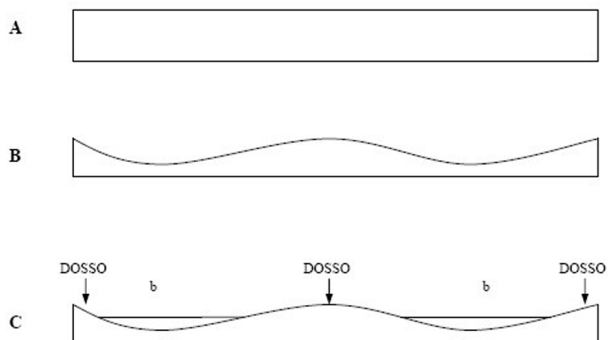


Figura 5-2. Schema di formazione dei dossi sabbiosi. Il livello fondamentale della pianura (A) viene modificato dall'azione fluviale che determina la creazione di barre sabbiose (B). L'azione del vento ha causato un rimodellamento della superficie (C), determinando la deposizione di substrato di più recente formazione (b) e lasciando scoperti i dossi.

Il substrato geologico della Lomellina è di tipo alluvionale, prevalentemente sabbioso e a tratti limosoargilloso in superficie, formatosi nel tardo Pleistocene.

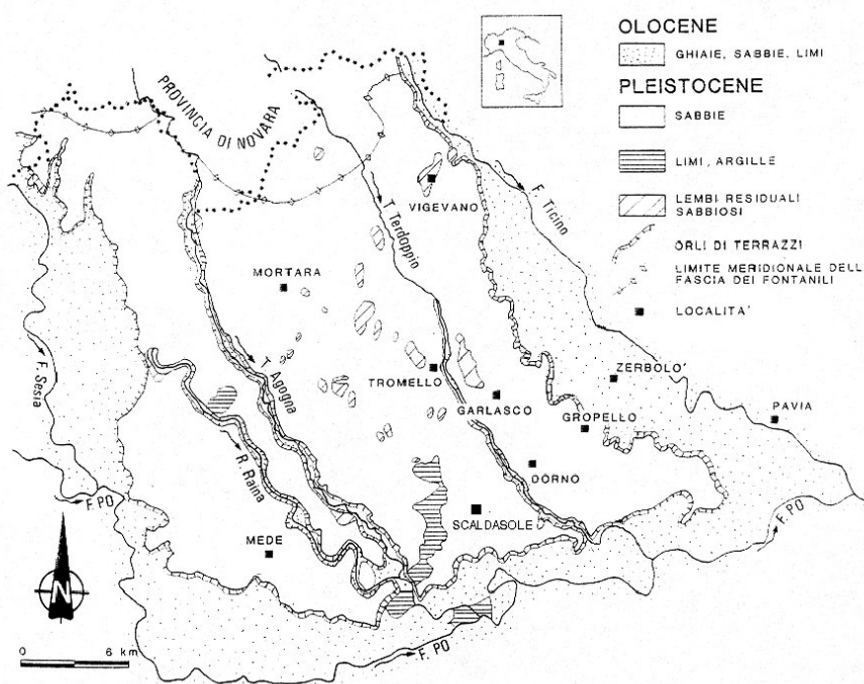


Figura 5-3. Geologia schematica della Lomellina. (Fonte: Taramelli, 1916).

In definitiva, per la macro area oggetto di studio, si possono identificare tre unità fisiografiche:

- la pianura generale terrazzata, formata durante l'ultima glaciazione ad opera dei vari fiumi alpini, che hanno depositato sabbie, ghiaie, limi e argille, i prodotti di erosione e di outwash glaciali;
- le valli a cassetta incise dai corsi d'acqua nella pianura durante il corso dell'Olocene;
- i dossi, piccoli rilievi tradizionalmente considerati lembi, isolati ed erosi, dalla precedente pianura rissiana, che vengono attualmente ricollegati a fenomeni di sollevamento tettonico.

La macro area di studio è caratterizzata da quote comprese tra i 56 m s.l.m. e i 96 m s.l.m; sulla base del *Digital Elevation Model* (DEM), in ambiente QGis, è stato approntato il livello tematico di carattere morfometrico, ossia la carta rappresentante la zonizzazione del territorio in funzione della clivometria.

La distribuzione delle classi di acclività è in buona parte controllata dall'energia cinetica dei corsi d'acqua, che dipende dalla portata e dalla velocità, in quanto la pianura pavese è dotata di una rete idrografica ben definita, costituita da corsi d'acqua a regime prevalentemente torrentizio che incidono i depositi quaternari.

L'area dell'impianto in oggetto sorge su un ripiano morfologico pianeggiante, con un'altitudine media di circa 95 m s.l.m.

La variabile *Topographic Position Index* caratterizza le forme di paesaggio. Essa si basa su 10 differenti forme di paesaggio. In letteratura per la definizione della classificazione dei valori dei pixel, in termini di forme del paesaggio, può avere un significato più strettamente idrologico, oppure più strettamente geomorfologico.

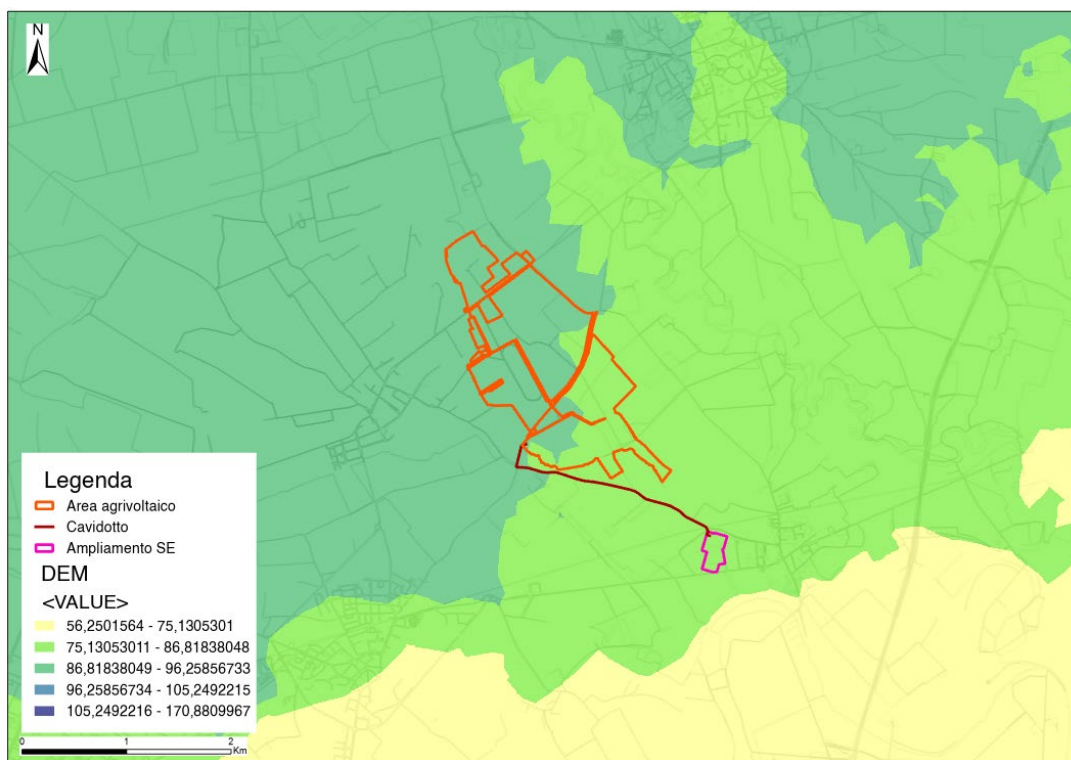


Figura 5-4. Condizioni al contorno imposte – Elaborazione, su base DBT regionale, delle quote topografiche nonché dell'energia del rilievo.

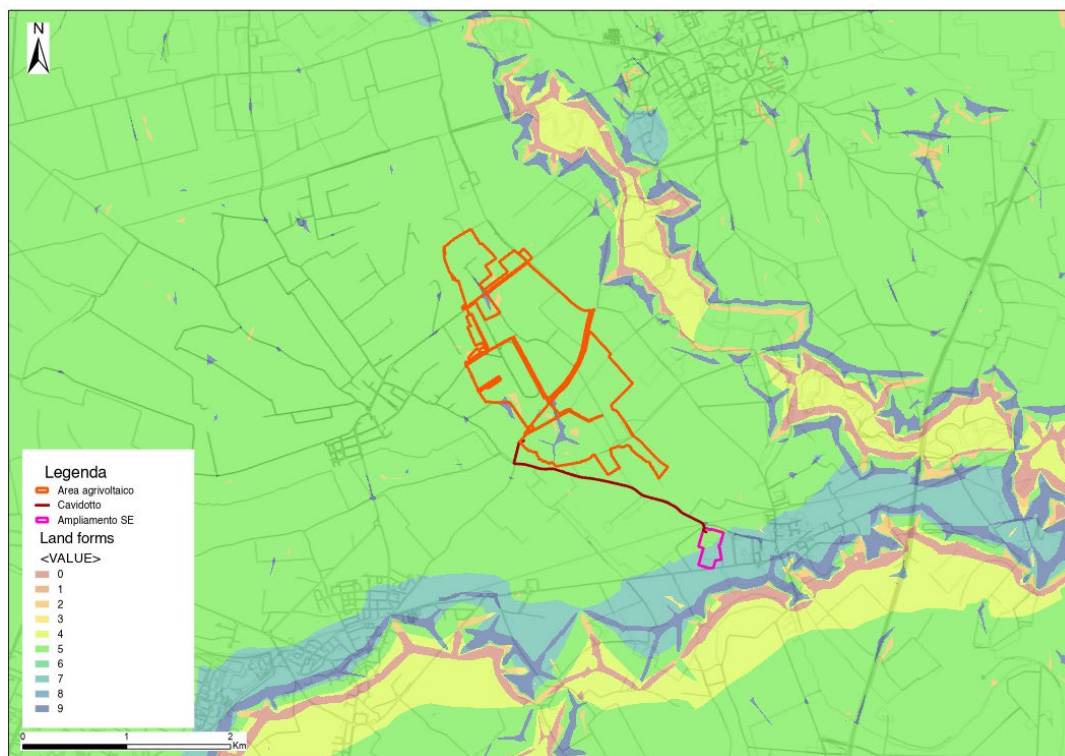


Figura 5-5. Condizioni al contorno imposte – Elaborazione, su base DBT regionale, della classificazione delle forme del paesaggio.

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*.

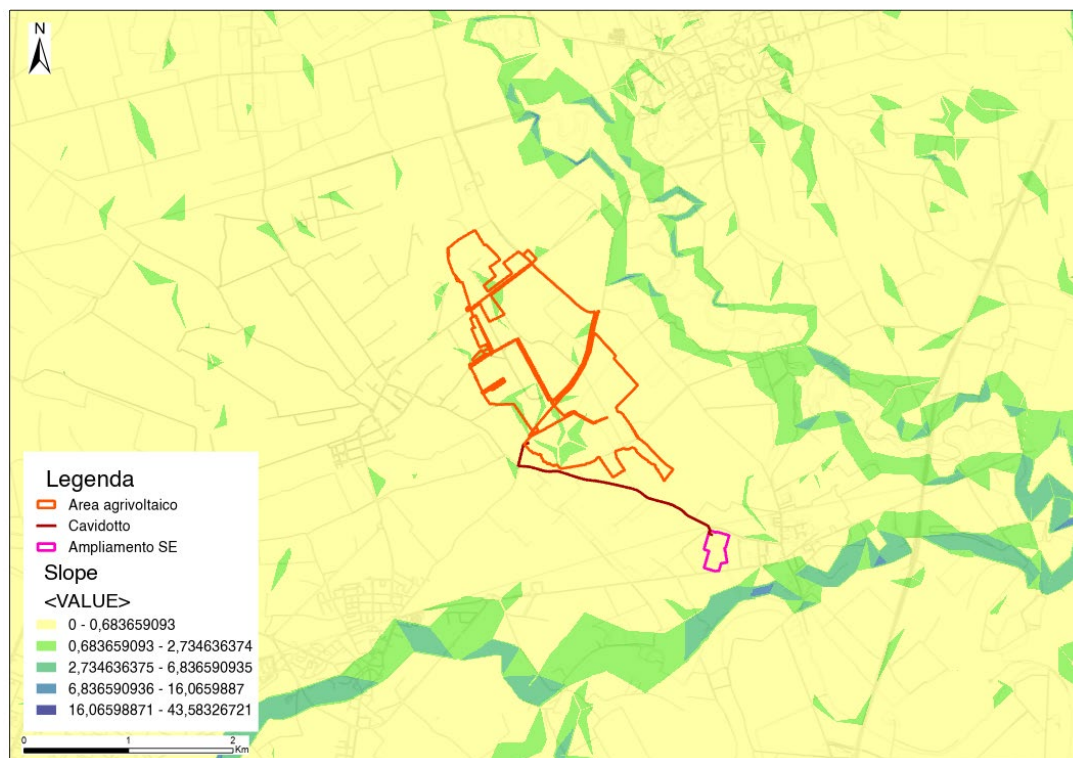


Figura 5-6. Condizioni al contorno imposte – Elaborazione, su base DBT regionale, delle pendenze.

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).

La velocità del deflusso superficiale può essere limitata, da azioni di miglioramento della permeabilità dei suoli e dalla vegetazione o residui vegetali. Anche le barriere fisiche che limitano lo scorrimento delle acque superficiali, intercettando i flussi, possono diminuire la capacità erosiva delle acque superficiali.

Corsi d'acqua di tipo non confinato o semiconfinato (eccetto soglie rocciose intermedie), di dimensioni da intermedie a grandi con alveo alluvionale (a fondo mobile) è libero di auto-modellarsi, sia in senso altimetrico che planimetrico, a differenza degli alvei confinati. La configurazione planoaltimetrica dell'alveo 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 5-7. Stralcio dell'ortofoto satellitare con evidenza di alcune delle aree di golena. ↓

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

La classificazione si basa su tre livelli di conoscenza:

- caratteristiche del fiume, le quali 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.

Nello specifico, il Torrente Terdoppio, ricade nel tipo "C". Tale tipo si trova in valli da strette ad ampie, costruite da depositi alluvionali. Essi hanno una golena ben sviluppata (poco trincerate), sono relativamente sinuosi con una pendenza del canale del 2% o inferiore e una morfologia del letto indicativa di una configurazione *riffle/pool* 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, dal regime di flusso e dai sedimenti.

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

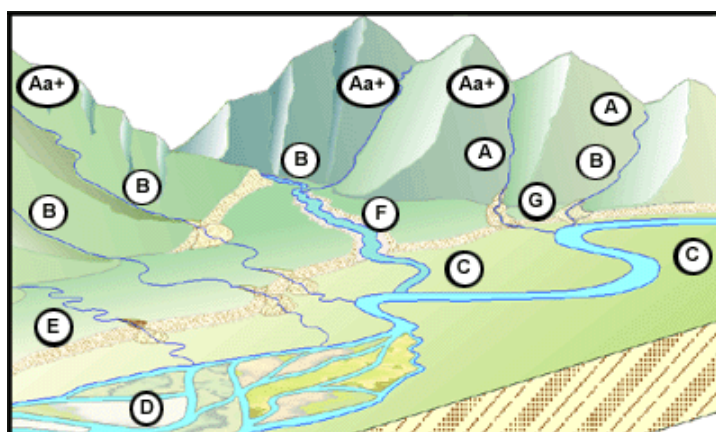


Figura 5-8. Condizioni al contorno imposte - Diversi tipi fluviali in diverse zone del paesaggio.

Il Terdoppio lomellino, nel tratto a valle della chiusa di Batterra, in comune di Garlasco, costituisce uno dei migliori esempi di morfologia fluviale a meandri della Pianura padana. La posizione incassata in una incisione fluviale non impedisce al corso d'acqua di formare una successione di meandri, con aspetti di erosione e deposizione dei sedimenti di rilevante valore naturalistico e documentario.

Il torrente Terdoppio da Divignano a Cerano alterna tratti sinuosi e meandriformi a tratti sostanzialmente rettilinei; la struttura dell'alveo è monocursale. La sezione dell'alveo non ha subito variazioni significative di larghezza e a tratti si è riscontrato un modesto aumento della lunghezza. Fino a monte di Suno, sia in destra che in sinistra, il corso d'acqua scorre tra superfici terrazzate piuttosto rimodellate; da valle di Suno fino allo scolmatore in Ticino (roggia Cerano), solo localmente sono presenti scarpate di erosione fluviale alte pochi metri.

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 di 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 il 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 Fiume Terdoppio).

La variabile *Flow direction* è tipicamente utilizzata per comprendere il flusso idrologico. Consente di mappare la direzione del flusso idrologico, determinata dalla massima pendenza (ZHAO *et al.* 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 il *run off* delle acque meteoriche, fornendo una misura di quanto un'area tende a saturarsi (OLAYA e CONRAD 2009). L'indice è funzione della pendenza che dell'area contribuente a monte per unità di larghezza, ortogonale alla direzione del flusso. I numeri di accumulo nelle aree pianeggianti saranno molto grandi, quindi il TWI non sarà una variabile rilevante. L'indice è altamente correlato con diversi attributi del suolo come profondità dell'orizzonte, percentuale di limo, contenuto di materia organica e fosforo. Tale elaborazione può essere messa a conferma che le aree di golena sono ricche di limo e ghiaia, molto permeabili.

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 al.* 1991) la quale 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 al.* 2008).

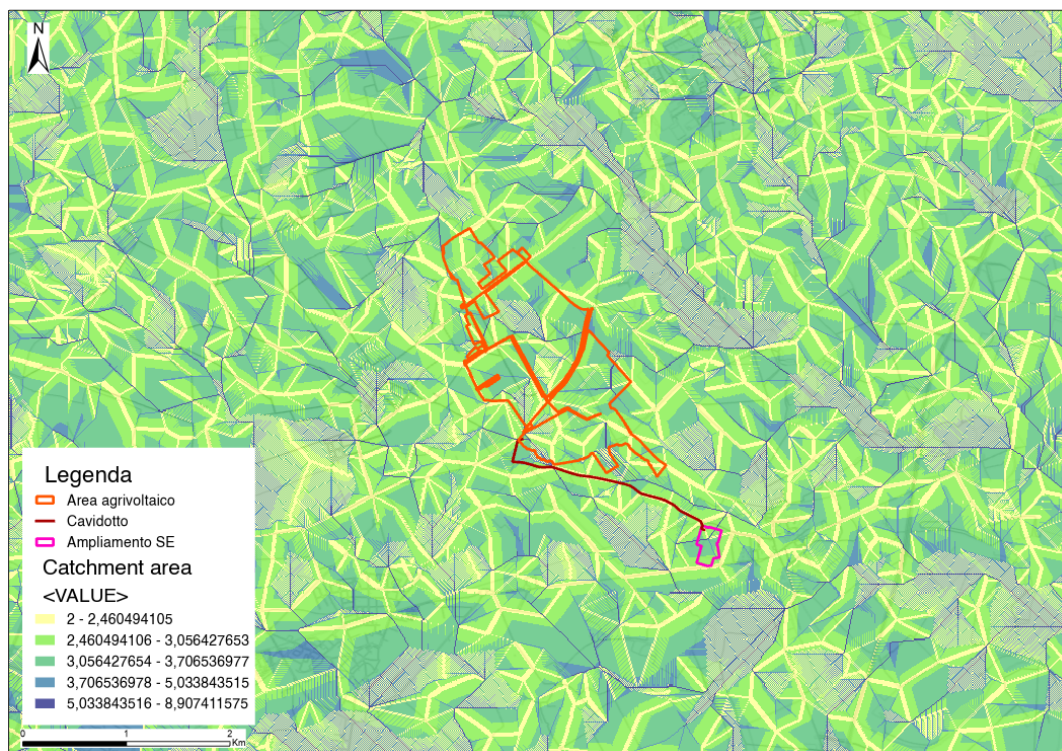


Figura 5-9. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido - Elaborazione, su base DBT regionale, della classificazione *catchment area*.

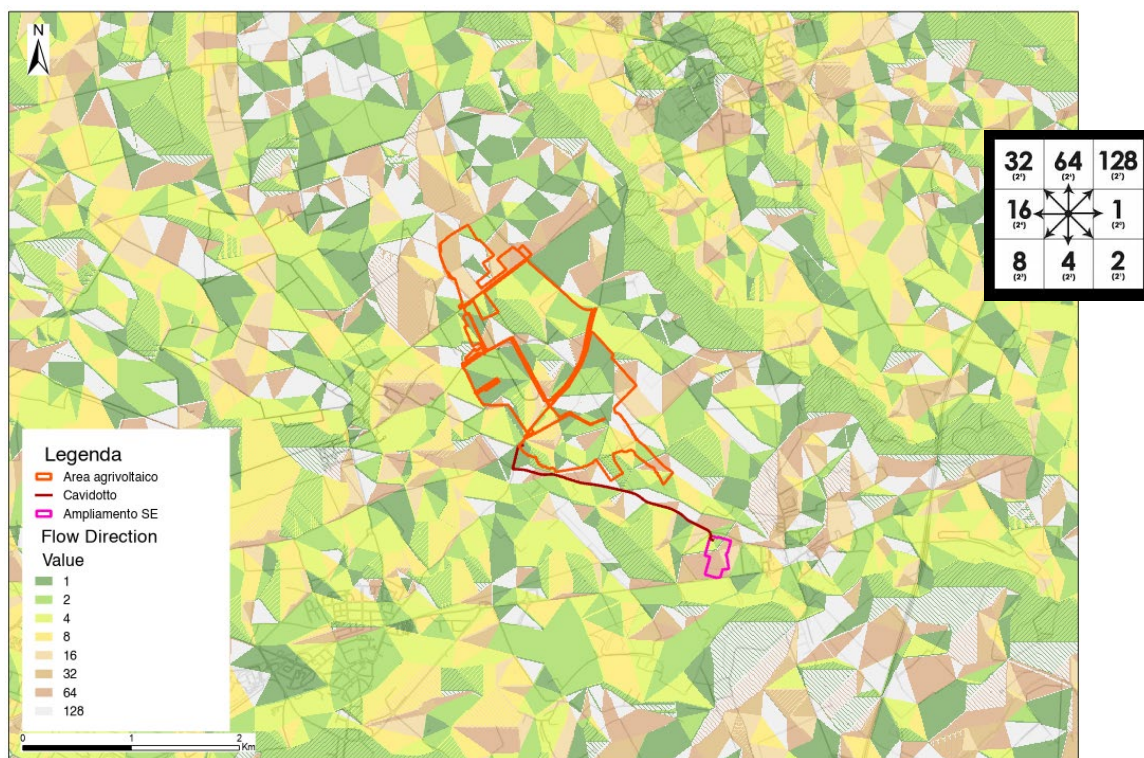


Figura 5-10. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione, su base DBT regionale, della *Flow Direction*.

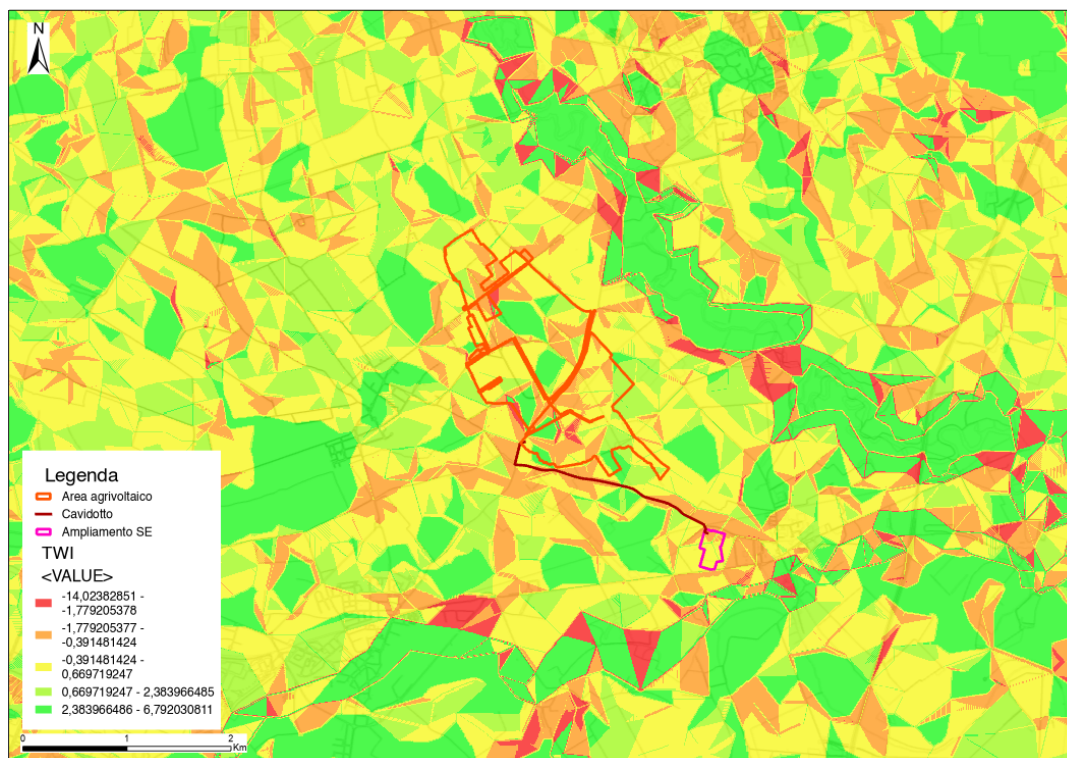


Figura 5-11. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione, su base DBT regionale, della classificazione TWI.

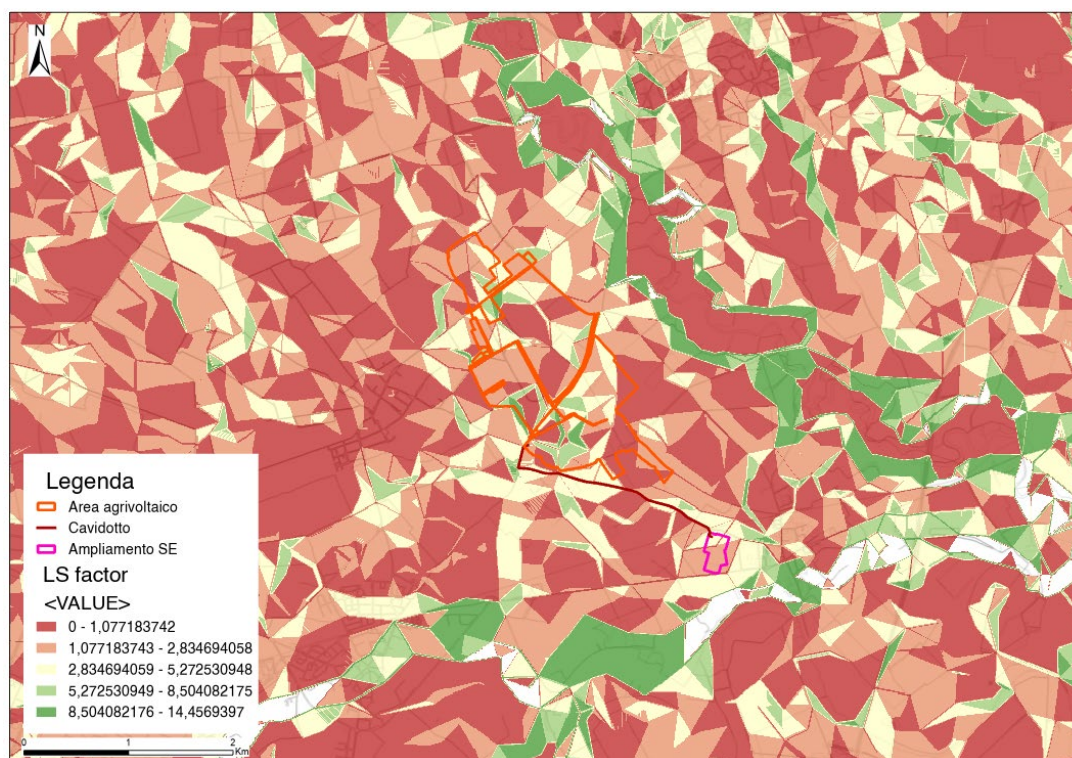


Figura 5-12. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione, su base DBT regionale, della classificazione LS factor.

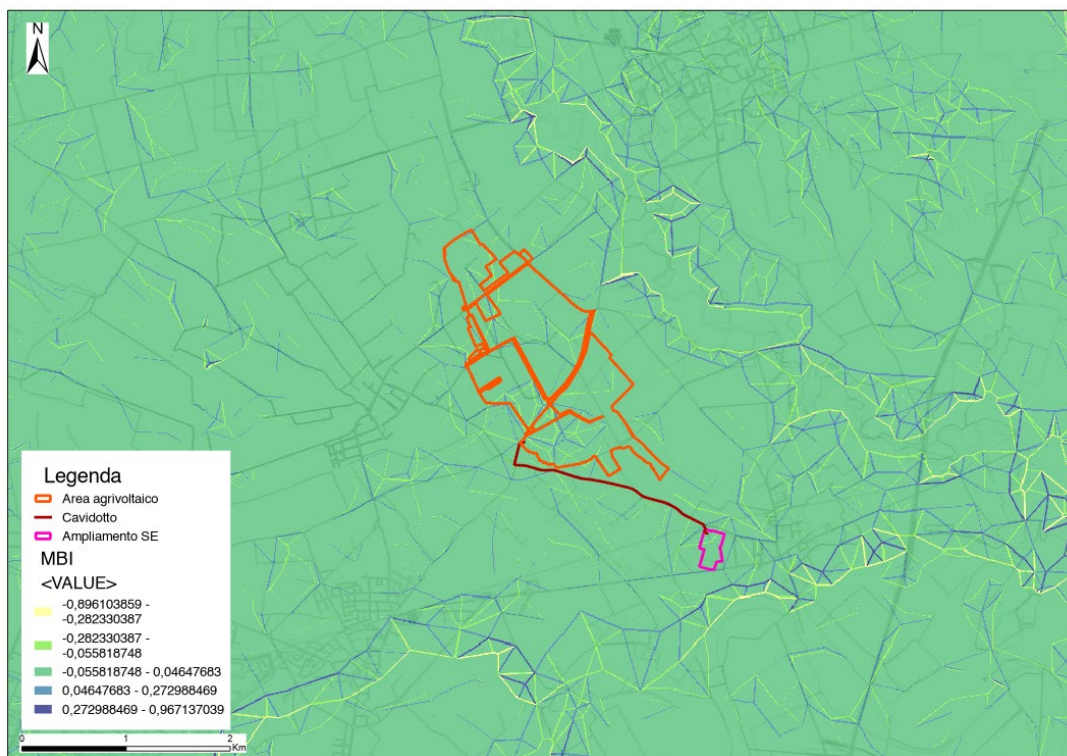


Figura 5-13. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione, su base DBT regionale, della MBI.

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.

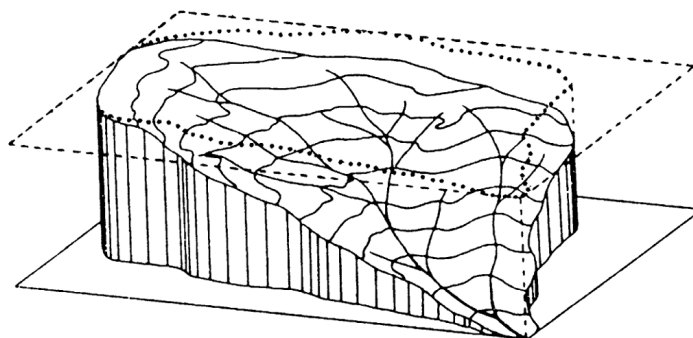


Figura 5-14. Schema generico di approfondimento di un bacino idrografico.

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 geom.ca con primo termine pari alla pendenza media dei segmenti del primo ordine e con ragione pari al rapporto di pendenza”*.

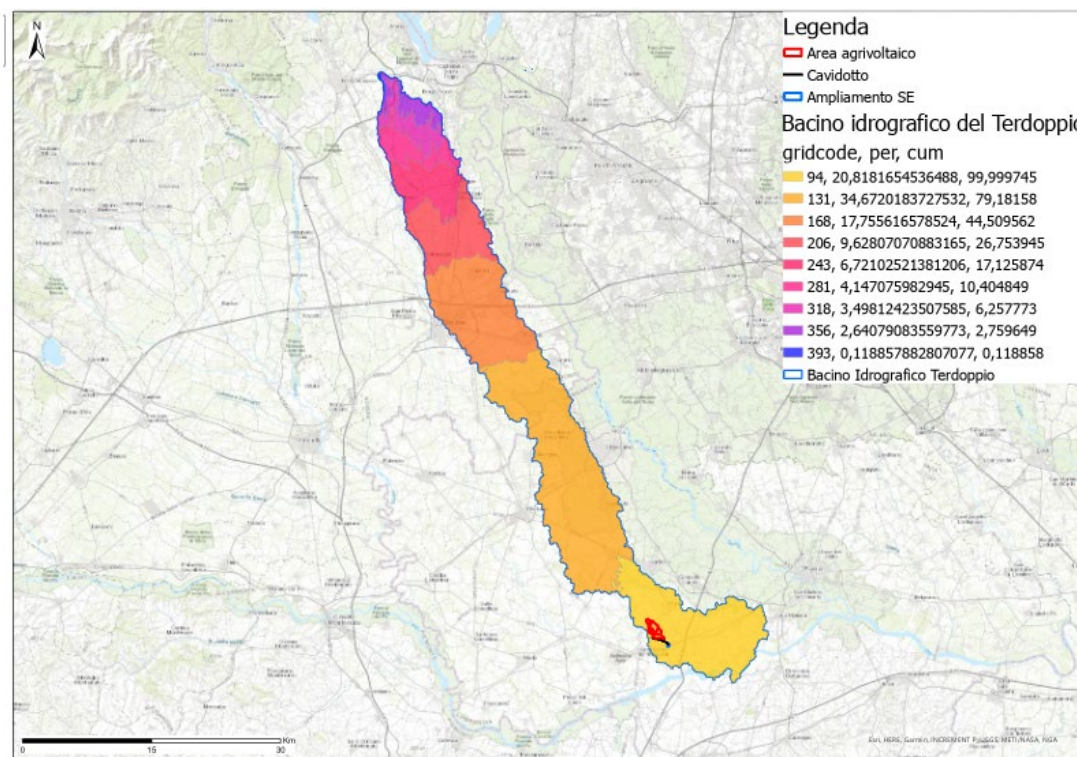


Figura 5-15. Altimetrie del bacino idrografico del Terdoppio.

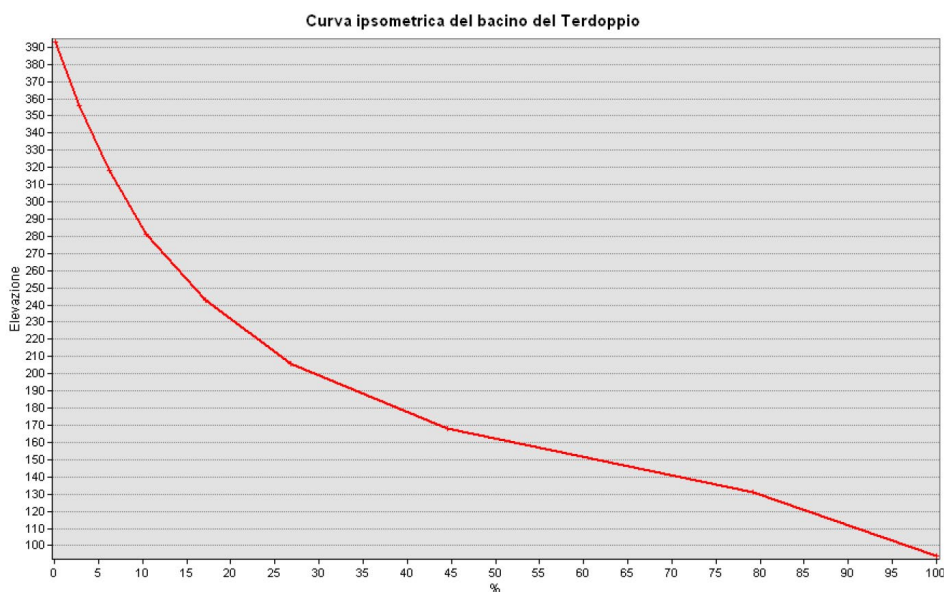


Figura 5-16. Curva Ipsometrica del bacino idrografico del bacino del Fiume Terdoppio.

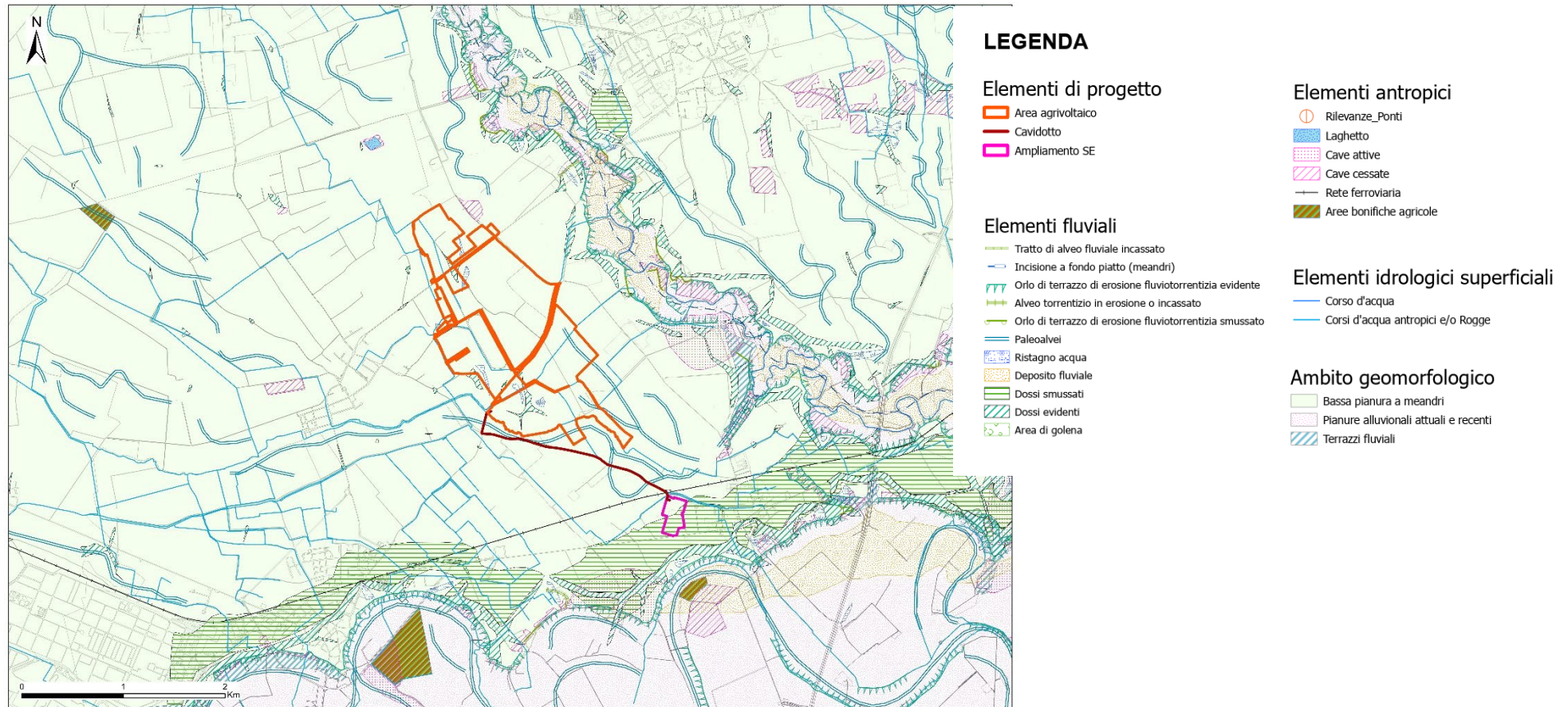


Figura 5-17. Carta geomorfologica (su base DBT regionale).

5.1 Aree esondabili

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 (PGRA), da predisporre per ciascuno dei distretti idrografici individuati nell'art. 64 del D.lgs. 152/2006, 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 (APSF), 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.

Con delibera n. 26 del 20 dicembre 2021, la Conferenza Istituzionale Permanente, ai sensi degli articoli 65 e 66 del d.lgs. 152/2006, ha adottato il primo aggiornamento del Piano di gestione del rischio di alluvioni 2021-2027 – secondo ciclo di gestione – del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, che è stato successivamente approvato, ai sensi degli articoli 57, 65 e 66 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con D.P.C.M. 1 dicembre 2022, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 31 del 7.02.2023.

Nel Distretto del fiume Po sono considerate significative le alluvioni di origine fluviale e marina e pertanto, la mappatura è stata effettuata solo in relazione ad esse. Nel II ciclo di gestione, le mappe sono state redatte con riferimento a tutte le Aree a Potenziale Rischio Significativo (APSF), le quali rappresentano un sottoinsieme delle aree allagabili complessive del distretto, ove sono presenti situazioni di rischio potenziale significativo. L'aggiornamento delle mappe di pericolosità ha riguardato pertanto:

- le mappe di pericolosità (aree allagabili, tiranti, velocità) nelle APSF, oggetto di reporting alla Commissione europea;
- le mappe delle aree allagabili complessive (rappresentate nella figura di seguito riportata), che costituiscono quadro conoscitivo del PAI e alle quali sono associate specifiche norme del PAI.

Tali mappe sono aggiornate con Decreto del Segretario Generale, in esito a nuovi approfondimenti, realizzazione di interventi di mitigazione del rischio e al verificarsi di nuovi eventi alluvionali.

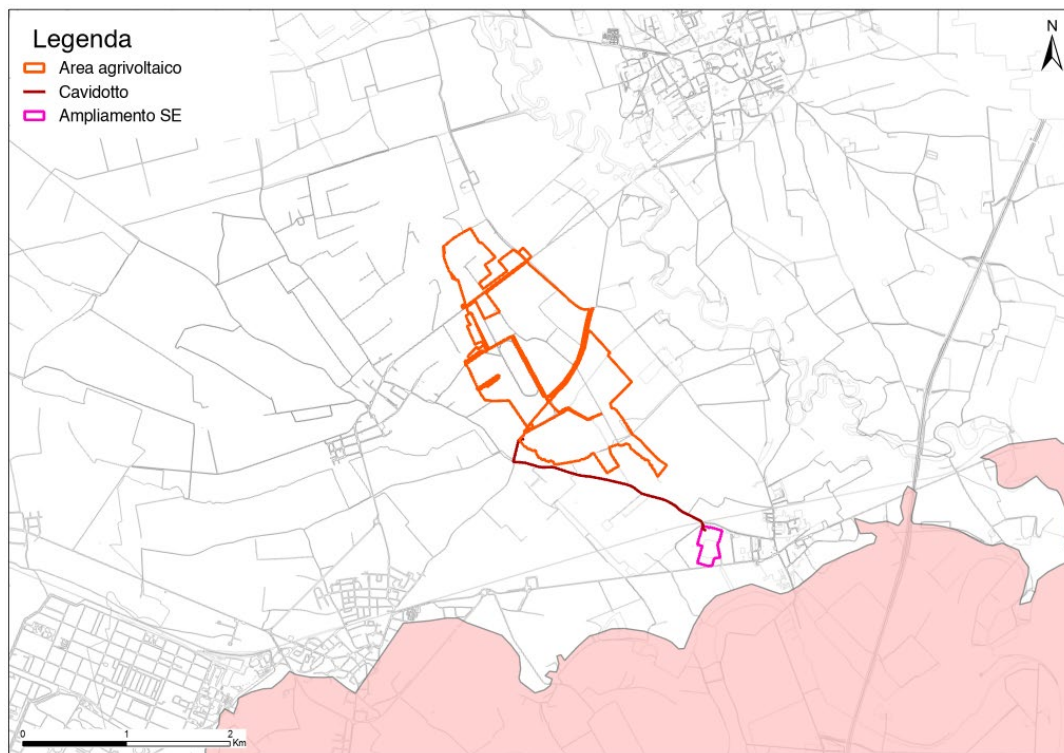


Figura 5-18. Stralcio, su base DBT regionale, del *Areas of Potential Significant Flood Risk*

Dallo stralcio si evince come le aree ad agrivoltaico non sono interessate da *Areas of Potential Significant Flood Risk*.

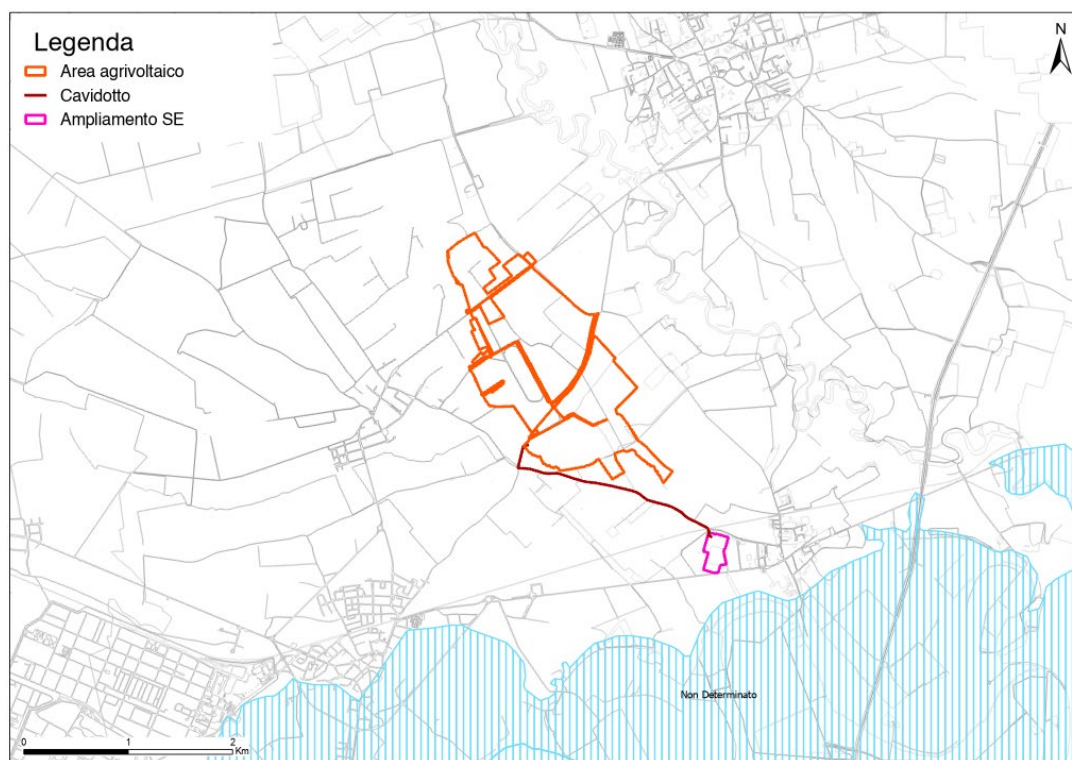


Figura 5-19. Stralcio, su base DBT regionale, del pericolo alluvioni (Fonte: PAI).

Dallo stralcio si evince come le aree ad agrivoltaico non sono interessate da pericolo di alluvioni.

Nell'UoM del fiume Po, la rilevante estensione del bacino e la peculiarità e diversità dei processi alluvionali che avvengono lungo il suo reticolo idrografico, hanno reso necessario effettuare la mappatura della pericolosità secondo approcci metodologici differenziati per i diversi ambiti territoriali. Tali ambiti sono di seguito brevemente descritti:

- reticolo principale (RP): costituito dall'asta principale del fiume Po e dai suoi maggiori affluenti nei tratti di pianura e nei principali fondivalle montani e collinari (lunghezza complessiva pari a circa 5.000 km).
- reticolo secondario collinare e montano (RSCM): costituito dai corsi d'acqua secondari nei bacini collinari e montani e dai tratti montani dei fiumi principali.
- reticolo secondario di pianura (RSP): costituito dai corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio-bassa pianura padana.
- aree costiere marine (ACM): sono le aree costiere del mare Adriatico in prossimità del delta del fiume Po.
- aree costiere lacuali (ACL): sono le aree costiere dei grandi laghi alpini (Maggiore, Como, Garda, ecc.).

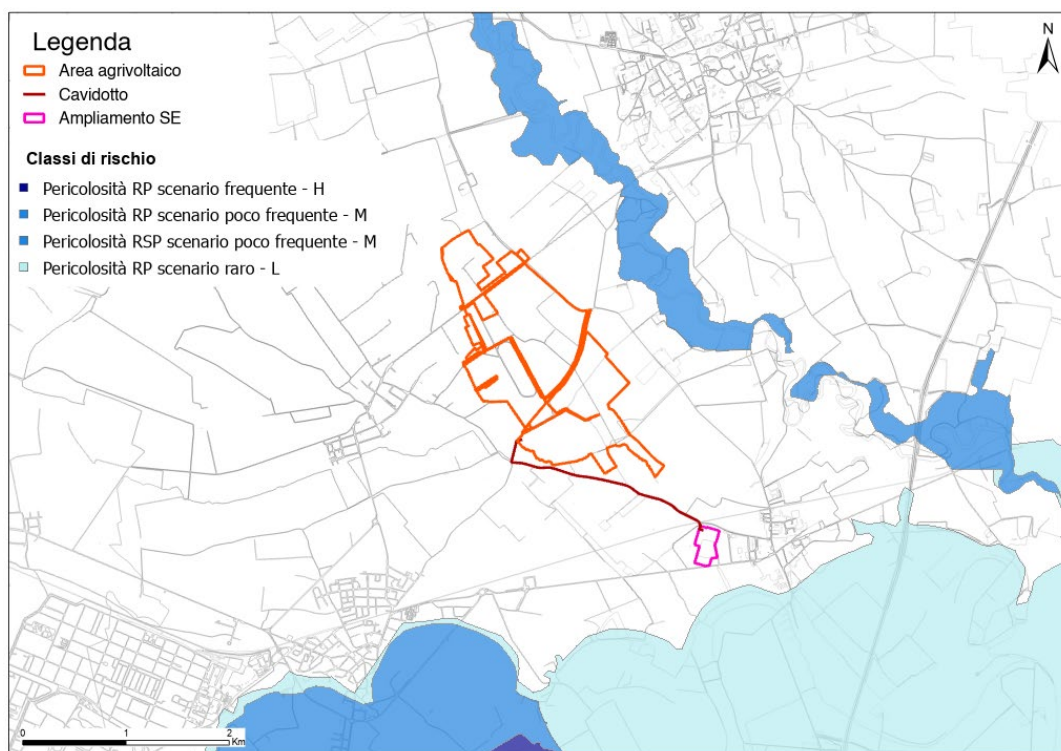


Figura 5-20. Stralcio, su base DBT regionale, della pericolosità (Fonte: PGRA).

Dallo stralcio si evince come le aree ad agrivoltaico non sono interessate da pericolosità idraulica.

La Direttiva Alluvioni stabilisce che in corrispondenza di ciascuno scenario di probabilità, siano redatte mappe del rischio di alluvioni, in cui devono essere rappresentate le potenziali conseguenze avverse in termini di:

- numero indicativo di abitanti potenzialmente interessati;
- tipo di attività economiche insistenti nell'area potenzialmente interessata;

- c) impianti di cui alla Direttiva 96/61/CE che potrebbero provocare inquinamento accidentale in caso di alluvioni e aree protette (di cui all'allegato IV, paragrafo 1, punti i), iii) e v) della Dir. 2000/60/CE) potenzialmente interessate;
- d) altre informazioni considerate utili dai MS, come l'indicazione delle aree in cui possono verificarsi alluvioni con elevato trasporto solido e colate detritiche e informazioni su altre fonti notevoli di inquinamento.

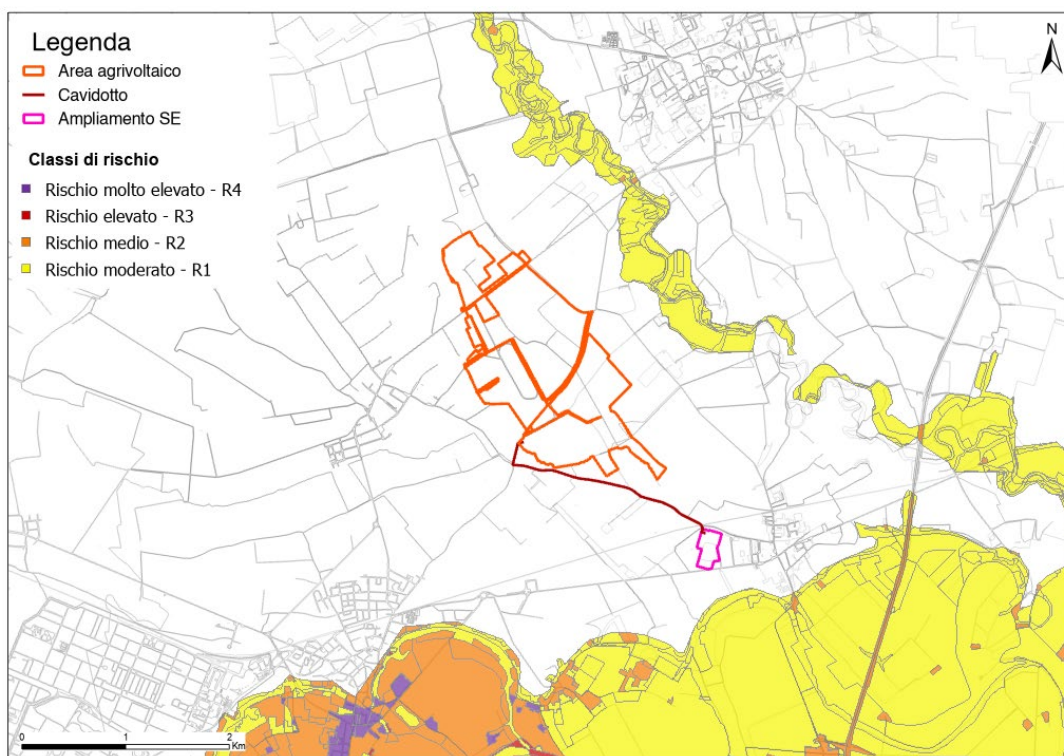


Figura 5-21. Stralcio, su base DBT regionale, del rischio (Fonte: PGRA).

Dallo stralcio si evince come le aree ad agrivoltaico non sono interessate da rischio idraulico.

5.2 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).

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 ($^\circ$).

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_1 – precipitazione del mese più piovoso (mm)	129
P – precipitazione media annuale (mm)	1156
H – altitudine media del pendio (m s.l.m.)	145
a_m – inclinazione media del pendio ($^\circ$)	1
E – sedimento trascinato ($t \cdot km^2 \cdot anno$)	32.97
Superficie del bacino (km^2)	592
E_t - erosione totale nel bacino ($t \cdot anno$)	18917

Tabella 5-2. Calcolo dell'erosione secondo Fournier per il bacino del Terdoppio.

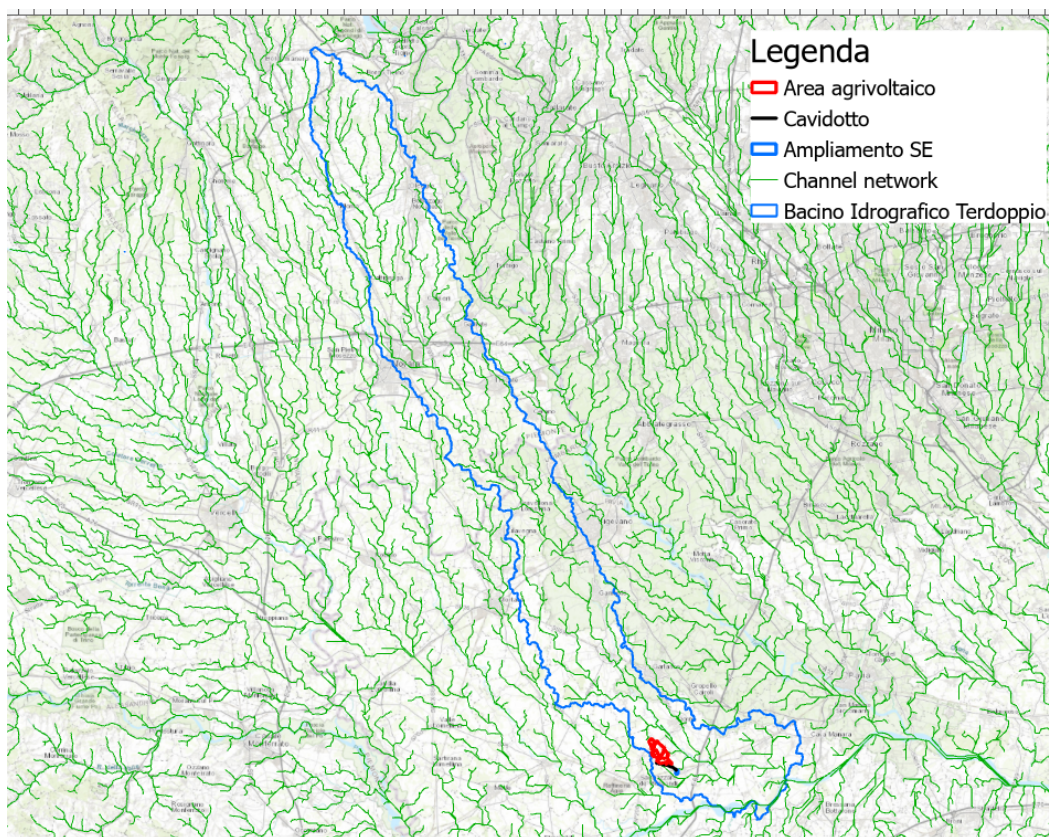


Figura 5-22. Delimitazione dei bacini idrografici. In blu, bacino idrografico del Terdoppio.

6 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE

Il bacino del Terdoppio ha una superficie complessiva di circa 515 km² interamente in ambito di pianura; è suddiviso in due bacini parziali, il novarese e il lomellino di superficie circa uguale. Il torrente nasce dal gruppo delle Prealpi compreso tra il lago Maggiore e il lago d'Orta, scorre in direzione sud-est-sud e, dopo aver percorso il basso novarese, attraversa la provincia di Pavia, confluendo nel Po nel comune di Zinasco. Lo sviluppo complessivo del corso d'acqua, dalle sorgenti al Po, è di circa 86 km. In realtà, il corso del torrente Terdoppio si divide in due tratte distinte:

- il Terdoppio novarese che confluisce in Ticino a valle di Cerano;
- il Terdoppio lomellino che termina nel Po a valle di Zinasco.

La continuità del corso d'acqua è stata artificialmente interrotta in epoca medioevale per far luogo a derivazioni irrigue; pertanto il tratto terminale del Terdoppio novarese è attualmente costituito da uno scolmatore artificiale che recapita le acque in Ticino; mentre a sud il corso d'acqua prosegue fino al Po. Ai fini delle analisi conoscitive e della successiva delineazione degli interventi di Piano, il bacino idrografico del Terdoppio viene suddiviso nelle sue componenti: l'asta principale, il bacino montano e la rete idrografica minore.

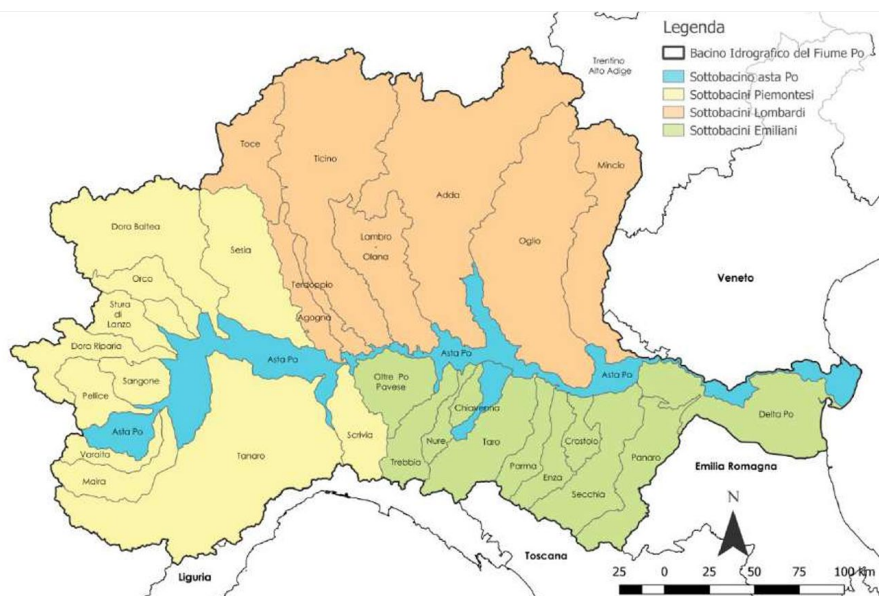


Figura 6-1. Delimitazione del Bacino Idrografico del Fiume Po con relativi sottobacini (Fonte: Autorità di Bacino distrettuale del Fiume Po).

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

7 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'alta pianura è caratterizzata da una pendenza relativamente accentuata (15‰) in quanto i fiumi, a causa della forte dispersione delle proprie acque nel sottosuolo, perdono rapidamente di portata depositando così la maggior parte dei materiali grossolani. È questa, infatti, l'area di ricarica delle falde. In questi terreni molto permeabili le acque sotterranee, la cui velocità di scorrimento orizzontale può arrivare fino a 12 metri al giorno, costituiscono una falda indifferenziata in cui le isofreatiche si avvicinano, procedendo verso sud-est, alle quote del piano campagna.

Nella bassa pianura la pendenza diminuisce sensibilmente (2 ‰), i materiali fini depositati hanno una bassa permeabilità e separano una serie di falde le cui acque scorrono a una velocità di 1-10 centimetri al giorno. Queste falde sono spesso in pressione e possono alimentare pozzi artesiani in cui le acque risalgono a una altezza che è legata al loro punto di alimentazione, secondo il principio dei vasi comunicanti. La fascia di transizione tra l'alta e la bassa pianura viene definita da alcuni autori "media" pianura, e corrisponde alla fascia delle risorgive dove abbiamo l'affioramento spontaneo della falda. La falda sotterranea, infatti, fortemente alimentata dalle acque meteoriche e da quelle dei fiumi che si infiltrano nei terreni permeabili dell'alta pianura a Nord, ha un notevole carico idrostatico, ma viene ostacolata nel suo deflusso verso Sud dai terreni impermeabili della bassa pianura. Le acque vengono in questo modo "costrette" ad emergere, formando le risorgive. Da un punto di vista puramente idraulico le risorgive costituiscono il "troppo pieno" del grande acquifero indifferenziato del Vicentino.

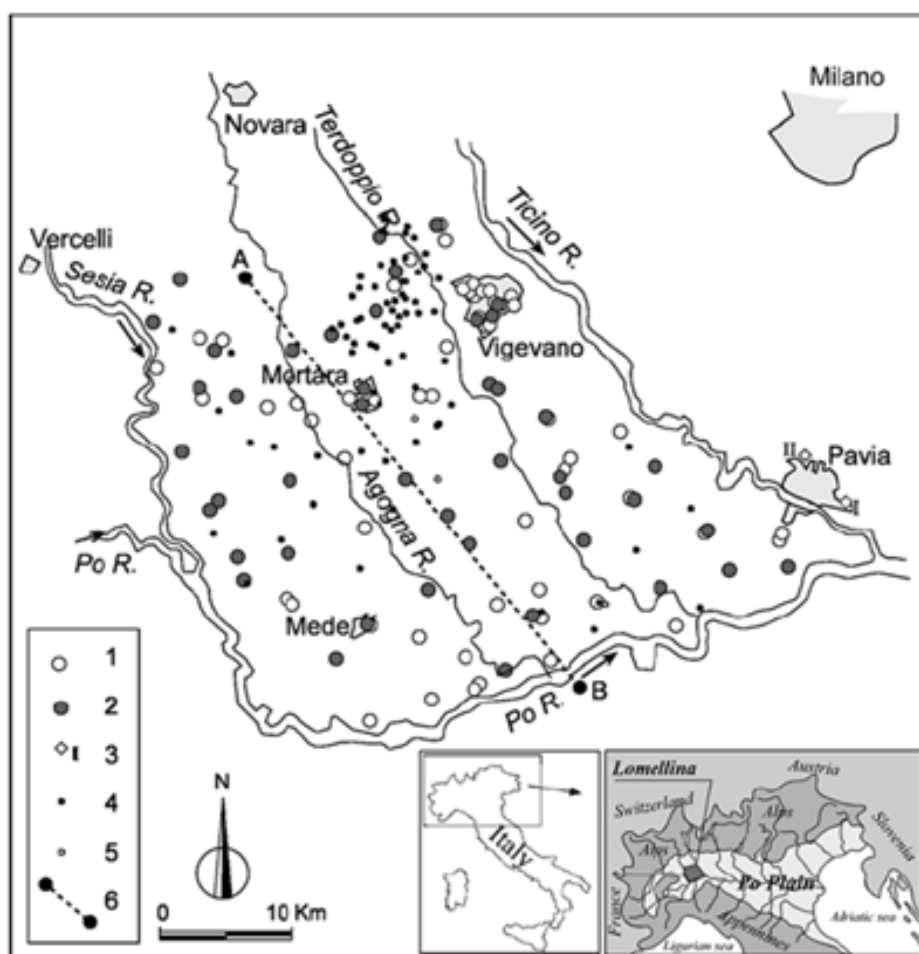


Figura 7-1. Schema della lomellina con indicati i pozzi ad uso domestico. 123 = pozzo; 4,5 = sorgente naturale. (da Pilla *et al.* 2006).

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

8 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Da un punto di vista geologico la pianura corrisponde ad un bacino sedimentario fortemente subsidente (avanfossa post-oligogenica), anche in maniera marcatamente differenziata: la base del Pliocene presenta, infatti una superficie molto articolata e controllata dalle strutture tettoniche del substrato, e supera in alcuni punti i 6.000 metri di profondità; lo spessore medio della successione plio-quadernaria è di circa 3500 metri, di cui oltre la metà sono attribuibili al Quaternario.

Essa si è originata da una progressiva migrazione della placca africana verso quella europea, in conseguenza della subduzione della microplacca padano-adriatica, che rappresenta il lembo settentrionale del blocco adriatico-pugliese, a seguito del duplice fenomeno compressivo generato dalle coltri appenniniche e sud-alpine. Lo stile tettonico compressivo ha determinato rilevanti fenomeni di sovrascorrimento e sottoscorrimento, particolarmente evidenti sul bordo esterno del fronte appenninico, con strutture trasversali che interrompono la continuità degli archi esterni, fra cui assumono particolare rilevanza quelle rilevate nel sottosuolo della pianura pavese (faglia trascorrente Voghera- Lodi).

Quest'ultima distingue due ambiti, definiti da un differente avvicinamento dell'arco esterno delle pieghe appenniniche alle strutture più meridionali del dominio sud-alpino, dei quali il più orientale vede le strutture menzionate fronteggiarsi direttamente, mentre ad occidente le stesse appaiono distanziate di circa 50 Km, con l'interposizione di una zona poco deformata che corrisponde al settore pavese-lomellino della pianura.

Per meglio comprendere l'assetto strutturale sepolto della pianura pavese, si rimanda alla locale configurazione litostratigrafica del sottosuolo, ove si rileva la presenza di una coltre di depositi continentali di spessore variabile disposti a copertura delle formazioni di genesi marina, definite da peculiari strutture morfo-tettoniche costruite dalle ultime fasi dell'orogenesi alpina, protrattesi sino all'era quadernaria e caratterizzate da opposte vergenze. In particolare si individuano per queste strutture due direttrici di sviluppo ortogonali, ricollegabili a quella dominante lungo il fronte appenninico (NO-SE) ed antiappenninico (SO-NE): nel primo caso, le strutture sepolte assumono la configurazione di alti morfo-strutturali generati da una serie di faglie esplicanti un'azione compressiva e prevalentemente immergenti verso i quadranti meridionali.

Per la relativa posizione esterna nei confronti dei retrostanti tratti di catene emerse ed in funzione del reciproco orientamento, gli alti morfo-strutturali descritti hanno determinato e condizionato lo sviluppo dei sedimenti continentali sovrastanti, sia in senso verticale che areale, attraverso fasi deposizionali verificatesi solo all'avvenuto colmamento delle adiacenti depressioni morfo-strutturali, mentre nel periodo di lacuna deposizionale le porzioni sommitali degli alti erano sottoposte ad intensi processi erosivi subaerei e di mare sottile che hanno dato origine a spianate assimilabili alle platee di erosione marina.

La scarpata esterna delle platee, dotata di acclività antitetica rispetto alle superfici di accavallamento tettonico, funge da limite di separazione e discordanza fra le formazioni marine costituenti lo zoccolo dislocato degli alti strutturali ed i depositi fluvio-glaciali che hanno colmato le depressioni antistanti e, attraverso un processo di *overlapping*, le spianate sommitali sino al completo seppellimento.

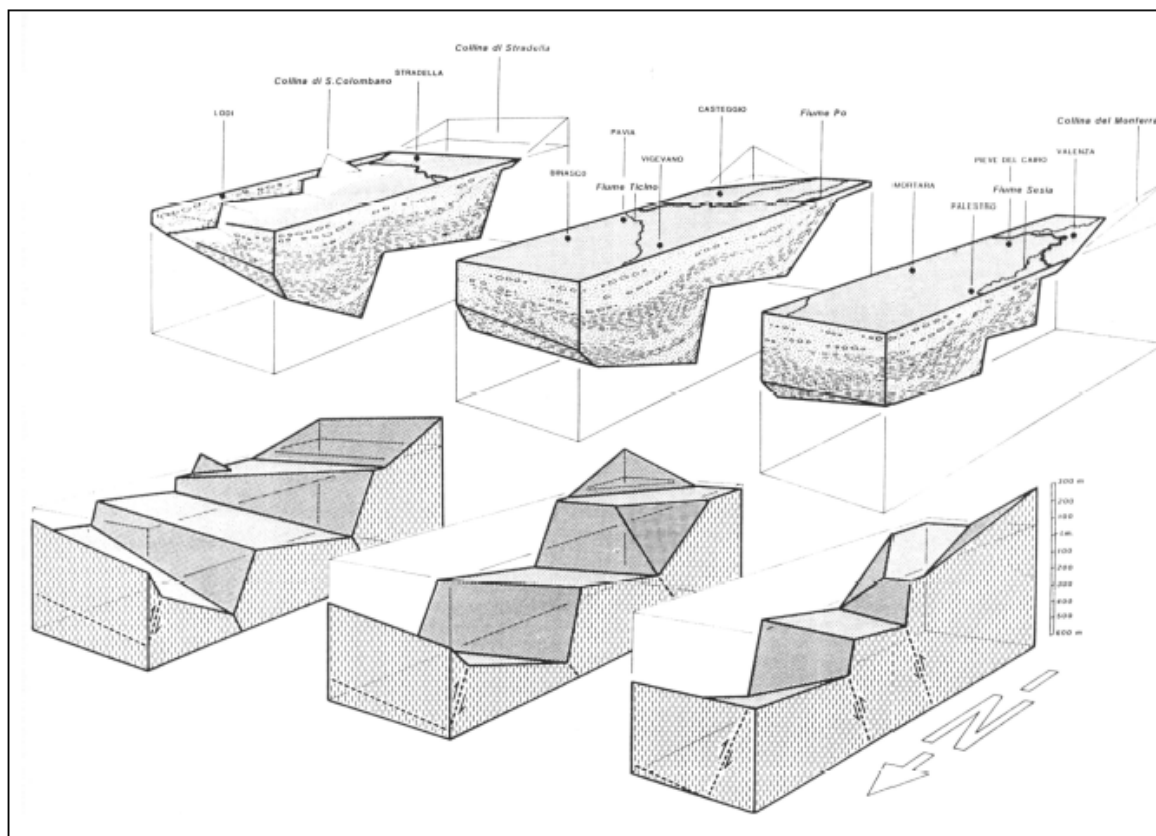
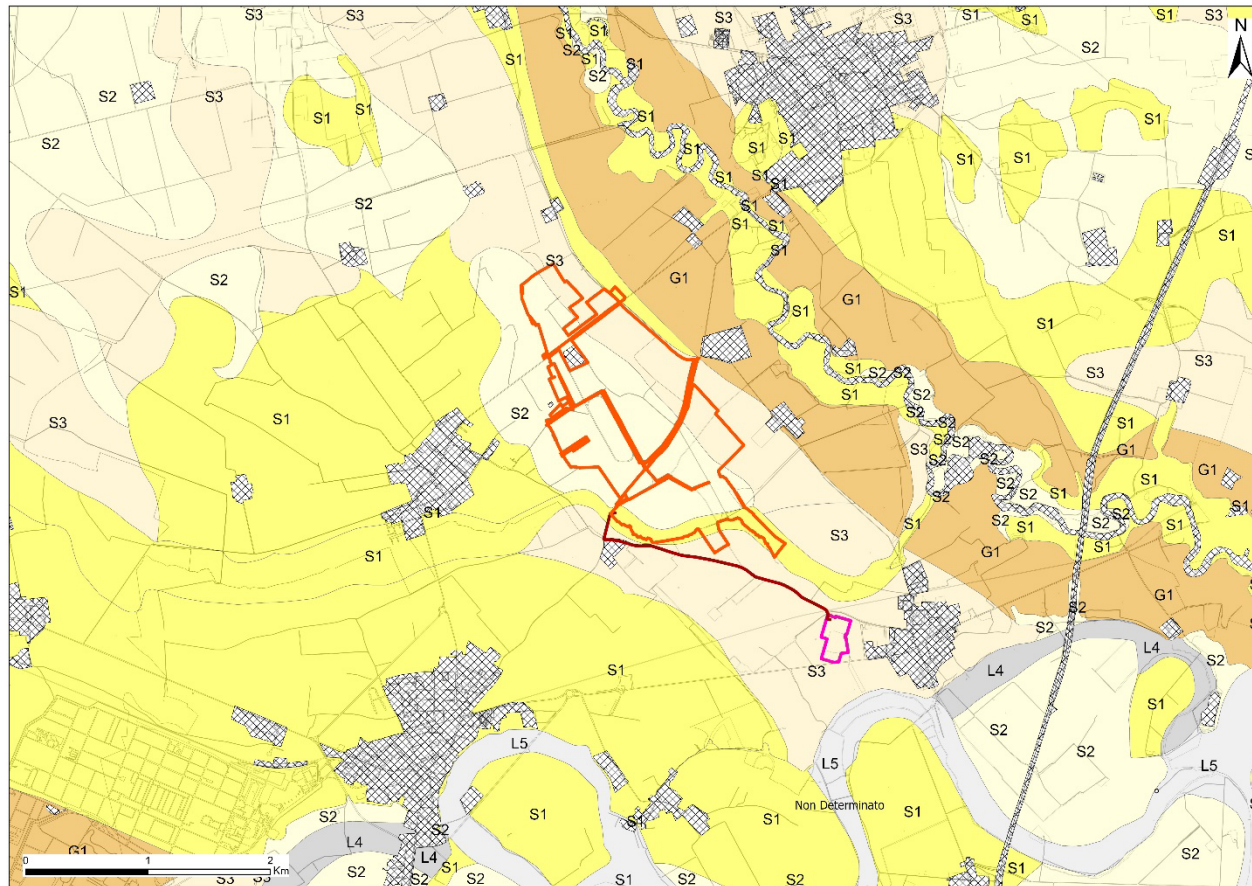


Figura 8-1. Schematizzazione della configurazione morfo-strutturale delle principali strutture sepolte e l'assetto idrogeologico della sovrastante copertura continentale quaternaria, sulla quale è impostata la Pianura Pavese (Fonte: Braga-Cerro, 1988).

I processi descritti sono confermati dall'assetto giaciturale dei depositi continentali, che risulta molto disturbato alla base delle scarpate e tende progressivamente a regolarizzarsi procedendo verso la superficie: le deformazioni dei sedimenti sono riconducibili sia a fenomeni di costipamento differenziale che in conseguenza dei fenomeni di riattivazione residuale dei sistemi di fratture (faglie inverse) che si sviluppano lungo le fronti di accavallamento tettonico (ENEL, 1984).

Secondo un'altra ipotesi, verificata attraverso indagini sismiche, il disturbo della sequenza continentale sarebbe da attribuirsi all'attività di una faglia avente orientamento O-E e dislocante il letto di tali depositi che determina il ribassamento relativo del blocco settentrionale di diverse centinaia di metri e la conseguente presenza di potenze maggiori nei depositi fluvio-lacustri (ASS. IRR. EST SESIA, 1984). La sedimentazione del dominio (golfo padano) è generalizzata e continua dal Pliocene inferiore (ciclo Pliocene-Quaternario) e si conclude mediamente con la fine del Pleistocene inferiore-medio, anche se, ovviamente, tale termine non è sincrono in tutta l'area e si registrano successivamente diversi cicli di ingressione e regressione in concomitanza dei diversi episodi glaciali (almeno 4 cicli principali). Anche i depositi prevalentemente continentali di chiusura, che corrispondono per lo più all'intervallo pleistocenico medio-superiore ed olocenico, hanno uno spessore assai variabile (fino a 300 metri e oltre, comprendendo anche gli episodi marini intercalati), ancora controllato dalle strutture tettoniche del substrato profondo, ma generalmente crescente dai margini della pianura verso il centro e verso il mare.

Tali depositi sono per la maggior parte di origine fluviale e fluvio-glaciale nella zona pedealpina, litorali e lagunari. Essi formano una complessa alternanza di strati ghiaiosi, sabbioso-ghiaiosi, sabbiosi, siltosi e argillosi. In linea generale, le lito facies più permeabili si distinguono lungo l'alta pianura pedealpina e lungo quella pedeappenninica, anche se in quest'ultima le intercalazioni limoso-argillose risultano più frequenti. I sedimenti diventano via via più fini, con permeabilità proporzionalmente decrescente, verso il centro della pianura del Po.



LEGENDA

Elementi di progetto

-  Area agrivoltaico
-  Cavidotto
-  Ampliamento SE

Litologia








-  G1 Unita' a ghiaie dominanti
-  L4 Unita' a limi dominanti
-  L5 Unita' a limi frammisti a sabbie e ghiaie
-  S1 Unita' a sabbie dominanti
-  S2 Unita' a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie
-  S3 Unita' a sabbie con depositi fini (limi e argille) e ghiaie
-  < no suolo >

Figura 8-2. Carta geologica su base DBT regionale

8.1 Caratteristiche tettoniche

le Alpi sono dovute alla spinta verso Ovest e Nord-Ovest della placca adriatica sulla placca europea, mentre gli Appennini sono stati generati dalla subduzione della placca adriatica verso Ovest.

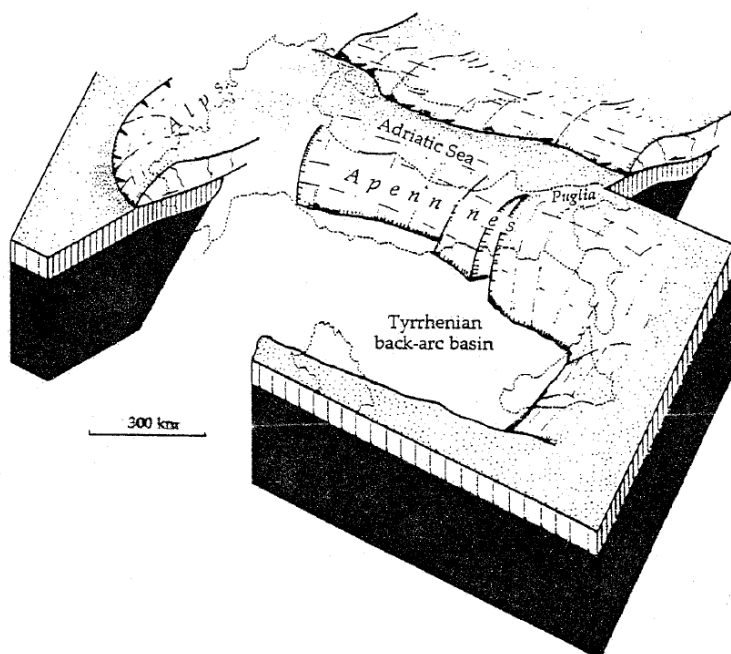


Figura 8-3. Diagramma schematico che mostra la placca adriatica sta subducendo verso Ovest sotto gli Appennini, mentre sta spingendo la placca europea generando le Alpi. Anche la placca adriatica sta subducendo verso ENE, generando l'orogene dinarico.

Gli Appennini mostrano ad ovest un bacino di retroarco, il Mar Tirreno.

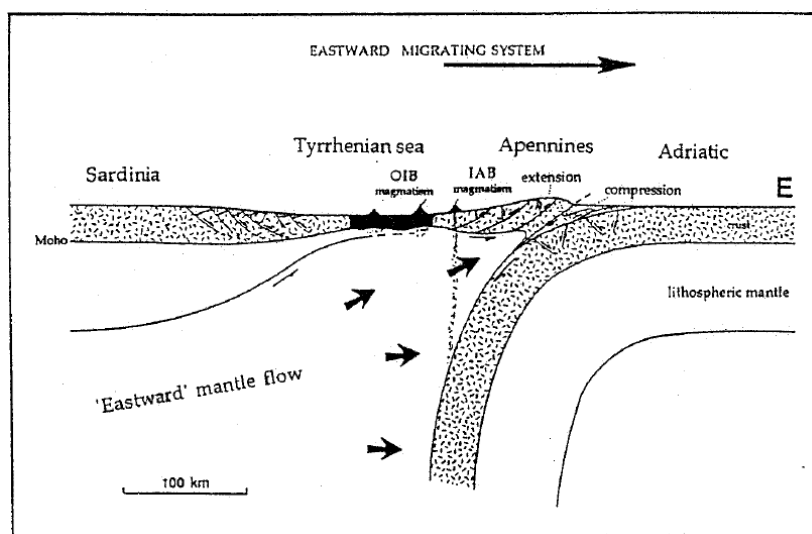


Figura 8-4. Sezione schematica del sistema Tirreno-Appenninico. OIB, basalti delle isole oceaniche; IAB, basalti dell'arco insulare. Si noti che il cuneo di accrezione appenninico attivo è situato ad Est della catena, prevalentemente al di sotto del livello del mare, mentre la catena è in estensione.

In Italia, non sono state coinvolte dalle due ondate orogeniche aree molto limitate, ovvero la Puglia, parte dell'Altopiano Ibleo (SE-Sicilia), alcune aree della pianura padana e veneta e la Sardegna. Ma queste aree di avampaese, anche se non compresse o debolmente compresse dalle onde orogenetiche, subirono movimenti di subsidenza o di sollevamento legati alla migrazione dei fronti alpini o appenninici.

Alpi e appennini mostrano geometrie tipiche della spinta della catena, con pieghe di propagazione delle faglie, pieghe di faglia, zone triangolari, ventagli imbricati, ecc. In particolare, nell'Appennino la catena di spinta è sezionata da numerose faglie normali più giovani (Plio-Quaternari). La deformazione duttile ha interessato le unità Austro-alpine e Penniniche del Piemonte e della Val d'Aosta, le rocce metamorfiche erciniche ed alpine della Calabria e delle Apuane, e gran parte del basamento ercinico.

Alpi e Appennini deformarono il margine continentale passivo mesozoico settentrionale e occidentale della placca adriatica.

Le Alpi e gli Appennini forniscono un contesto geodinamico unico in cui confrontare le differenze strutturali tra le fasce di spinta associate a subduzioni opposte, vale a dire E-immersa e W-immersa. Le Alpi hanno un elevato rilievo strutturale e morfologico, rocce cristalline profonde affioranti (affioramenti diffusi di basamento cristallino) e un'avanzata fossa poco profonda.

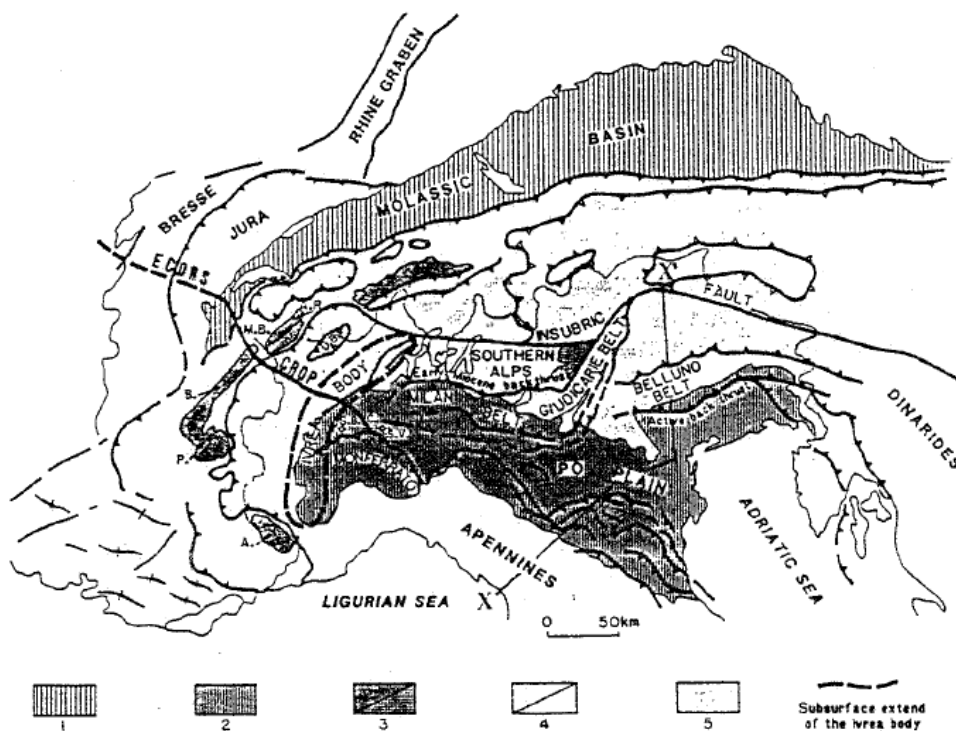


Figura 8-5. Carta strutturale schematica delle Alpi, dopo ROURE *et al.* (1990). Legenda: 1, Molasse del Miocene; 2, Riempimento Plio-Quaternario della Pianura del Po; 3, Massicci cristallini; 4, Pennidi; 5, Alpi meridionali. A, Massiccio Argentera; P, Pelvoux; B, Belledonne; MB, Monte Bianco; A.R., Aiguille Rouge; D.B., Dent Blanche.

Gli appennini hanno bassi rilievi strutturali e morfologici, rocce poco profonde coinvolte (principalmente rocce sedimentarie mesozoico-terziarie), bacino di retroarco e una profonda avanzata fossa.

La prima differenza macroscopica tra Alpi e Appennini è nella morfologia. L'altitudine media è ovviamente più elevata per le Alpi: la montagna più alta delle Alpi è il Monte Bianco (4810 m), mentre sugli Appennini è il Gran Sasso d'Italia (2914 m). L'altitudine media delle Alpi è di 1200-1300 m, mentre per gli Appennini è di circa 400-600 m.

Le Alpi hanno anche un rilievo strutturale molto più elevato. L'erosione ha eliminato gran parte dei strati di spinta sollevati che avrebbero raggiunto alcune decine di chilometri di quota se avessero potuto mantenere la loro posizione originaria. Tale elevazione strutturale è segnata anche dagli estesi affioramenti di rocce metamorfiche non presenti nell'Appennino.

Gli scisti blu e le rocce in facies eclogite contenenti coesite, un minerale che indica una pressione molto elevata (30 Kbar), mostrano che ora in superficie nelle Alpi si trovano rocce precedentemente formatesi a diverse decine di chilometri di profondità (anche 100 km). L'Appennino presenta invece preponderanti affioramenti di copertura sedimentaria e solo pochi ritrovamenti sparsi di rocce metamorfiche, per lo più relitti del basamento ercinico, sollevato durante la prima fase alpina.

Tuttavia la differenza più impressionante tra i due orogeni è la presenza di un bacino di retroarco solo nell'Appennino occidentale. Inoltre il rilievo appenninico è caratterizzato da estensione, o più esattamente il sollevamento della catena è controllato da regime tensionale, mentre nelle Alpi il sollevamento dell'orogene è dovuto all'ispessimento dei sistemi croste-litosfera generato dalla compressione, anche se sono presenti evidenti manifestazioni tensionali di faglie normali nel suo nucleo.

La fagliazione tensionale nelle Alpi è probabilmente determinata dal sovra ispessimento orogenico e dall'interferenza con altri fattori geodinamici (ad esempio l'estensione oligocenica evidente nei *graben* del Reno e del Rodano, l'interferenza con l'apertura del Bacino pannonic nelle Alpi orientali). La Linea Sestri-Voltaggio con andamento N-S, in Liguria, è una caratteristica convenzionale che attualmente separa le strutture alpine da quelle appenniniche, a Ovest il Gruppo Voltri con ofioliti e peridotiti tranciate, e ad Est le Argille Scagliose, un complesso flyscoid. In realtà le Alpi continuano verso sud.

Frammenti delle Alpi affiorano nella fascia appenninica (es. Calabria, Isole Pontine, Toscana, Isola d'Elba). Questi indicano che l'estensione e la forma delle Alpi durante la loro storia di subduzione-collisione del Cretaceo-Eocene erano continue verso Sud. Un fronte di spinta frontale e la relativa fascia di spinta coniugata delle Alpi sono stati sovrastampati fin dall'Oligocene dall'onda appenninica, e le Alpi fanno quindi parte del nucleo dell'Appennino occidentale.

Alpi e Appennini sono diacronici e hanno ritmi di evoluzione e vitalità molto diversi. La subduzione alpina iniziò durante il Cretaceo inferiore e continuò fino al Pliocene, con riattivazioni successive più lente. Il sistema Appenninico-Tirrenico è invece molto recente perché formatosi prevalentemente negli ultimi 10-15 Ma. Tuttavia all'interno dell'Appennino sono presenti strutture legate a fasi di subduzione precedenti, cioè la subduzione con immersione a W connessa all'apertura di retroarco del bacino provenzale durante il tardo Eocene-Miocene inferiore, ma in particolare questo sistema ha invertito il precedente orogene alpino.

L'estensione neogenetica nell'Appennino ha caratteri diversi da quella dell'arco alpino. Il contesto geodinamico è diverso, i tempi e i tassi di sollevamento differiscono fortemente. L'estensione nella dorsale appenninica non può essere considerata come il collasso dell'orogene, ma piuttosto il sollevamento del cuneo di accrezione, formatosi nelle parti esterne dell'arco in condizioni morfologiche e strutturali più basse. Le Alpi hanno avuto un'evoluzione strutturale diversa, prima si sono ispessite e sollevate, poi potrebbero essere crollate.

Le Alpi meridionali costituiscono la fascia di regressione dell'orogene alpino. Si propagarono verso Sud-Sud-Est tra il Cretaceo superiore (parte occidentale) e il Pliocene. L'avanfossa sudalpina presentava tassi di subsidenza che raramente superavano i 300 m/Ma, dividendo l'intero spessore dei depositi di flysch e molassa per la loro durata di deposizione (2-6 km di sedimenti depositati in 15-40 o più Ma). Nella parte orientale dell'avanfossa sudalpina, anche l'avanfossa dinarica interferisce con i suoi effetti di subsidenza dal Paleocene fino Miocene inferiore. Gli Appennini sono caratterizzati da un cuneo di accrezione frontale attivo, al di sotto del livello del mare, mentre la dorsale principale elevata è in sollevamento ed estensione. Più ad Ovest, verso il Mar Tirreno, la sismicità diminuisce e la subsidenza è legata principalmente al raffreddamento termico. Questi diversi campi tettonici si sono mossi e si stanno ancora muovendo verso Est espandendo l'arco appenninico a velocità comprese tra 1 e 7 cm/anno, velocità paragonabili ad altri archi legati alla subduzione ad immersione a W. Il ripiegamento verso Est della litosfera adriatica accompagna questa migrazione.

Nella dorsale appenninica in elevazione, quanto precedentemente accreato nella parte frontale (principalmente copertura mesozoica e depositi di facies profonda dell'avanfossa) è stato sollevato e tagliato trasversalmente da faglie normali. In contrasto con le Alpi, gli Appennini hanno un'avanfossa molto pronunciata, con la base pliocenica anche a 8,5 km (BIGI *et al.*, 1989) e indicando tassi di subsidenza compresi tra 1000-1600 m/Ma. Gran parte dell'avanfossa appenninica è situata al di sopra del cuneo di accrezione, e non solo nella sua parte anteriore. Ciò significa che il cosiddetto bacino *piggy-back* è spesso la vera avanfossa appenninica. L'apporto clastico nell'avanfossa appenninica è fornito non solo dal cuneo accezionale appenninico, ma anche dalle Alpi e dalle Dinaridi che circondano la placca adriatica.

L'Appennino, dal Piemonte (NW-Italia) alla Sicilia, ha un arco asimmetrico. Rotazioni antiorarie comprese tra 90° e 140° sono state descritte nella fascia di sovrascorrimento siciliana, più corta, che rappresenta il braccio appenninico meridionale, caratterizzata da transpressione destra nell'entroterra e da transtensione sinistra nel Mar Tirreno sud-occidentale. La tettonica estensionale è una propagazione in avanti appena dietro la stretta cintura di compressione. Archi più piccoli dovuti a *horst* e *graben* mesozoici, ereditati o cambiamenti di facies, producono diversi ventagli con dispersione delle massime traiettorie degli stress. Le ondulazioni maggiori si verificano nelle parti settentrionale e meridionale dell'arco, all'intersezione con la caratteristica di tendenza N-S ereditata, vale a dire la grande ondulazione del Mar Ionio all'intersezione della placca Iblea-scarpata di Malta, o il Banco dell'Avventura, ecc. Ondulazioni simili si riscontrano nella catena appenninica settentrionale sepolta lungo la pianura del Po.

In tutto l'Appennino l'espansione migratoria verso Est è coeva alla compressione nelle adiacenti catene di rescorrimento ad Est. Si osserva una chiara migrazione verso Est del *rifting* nel Tirreno stesso, dal Tortoniano, nella parte occidentale, al Plio-Pleistocene, in quella orientale. Allo stesso modo, il *rifting* continentale e il relativo magmatismo in Toscana mostrano una migrazione verso Est.

La geometria del prisma di accrezione dell'Appennino settentrionale è costituita da tre principali sistemi di spinta arcuati (archi Monferrato, Emiliano e Ferrarese-Romagnolo-Adriatico in AMADORI *et al.*, 2019).

Le strutture anticlinali sono associate a sovrascorrimenti di rampa e sono separate da grandi sinclinali che registrano tassi di subsidenza molto maggiori (CARMINATI *et al.*, 2003; GHIELMI *et al.*, 2010; MARTELLI *et al.* 2017).

Il progetto ITHACA (*ITaly HAzards from CApable faults*) del Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia dell'ISPRA riporta la presenza di faglie attive e capaci nell'area in esame.

Il catalogo 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.

Le faglie attive e capaci più vicine alle aree di progetto fanno parte del Sistema Torino-Cremona, con direzioni E-NE e O-NO e che dista circa 20 km, a sud, delle aree di progetto stesse.

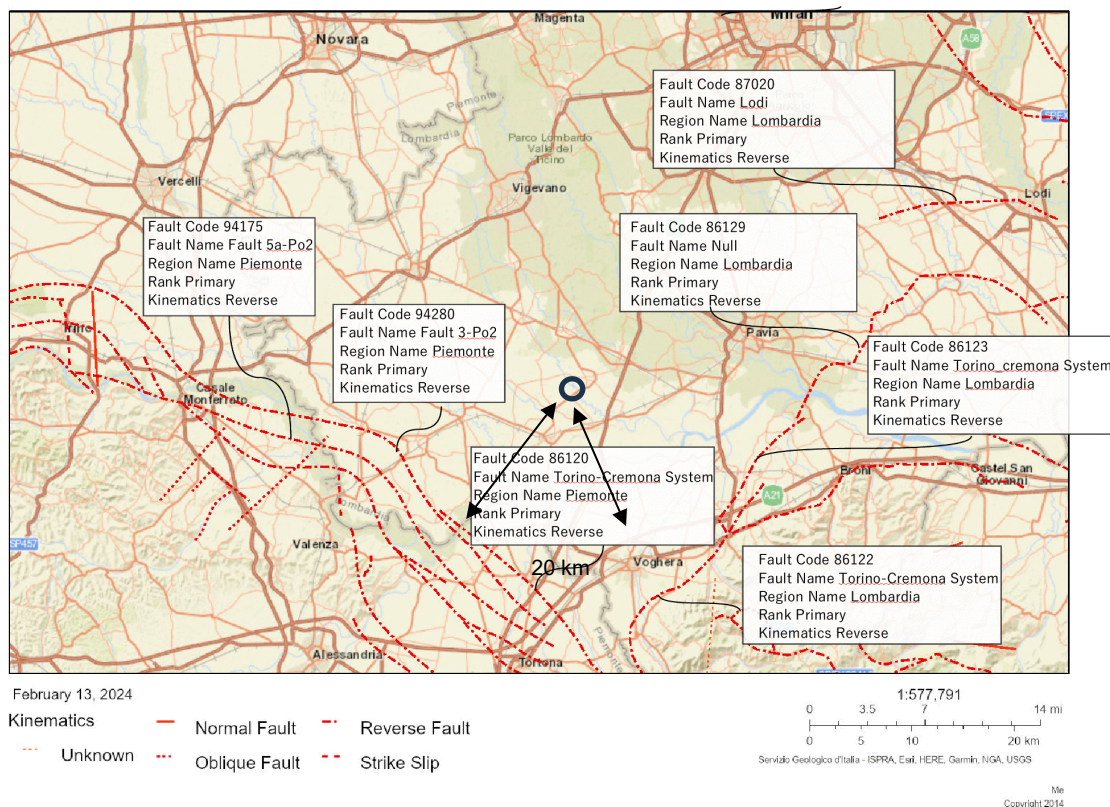


Figura 8-6. Stralcio della cartografia del progetto Ithaca-ISPRA (In nero, l'area di progetto).

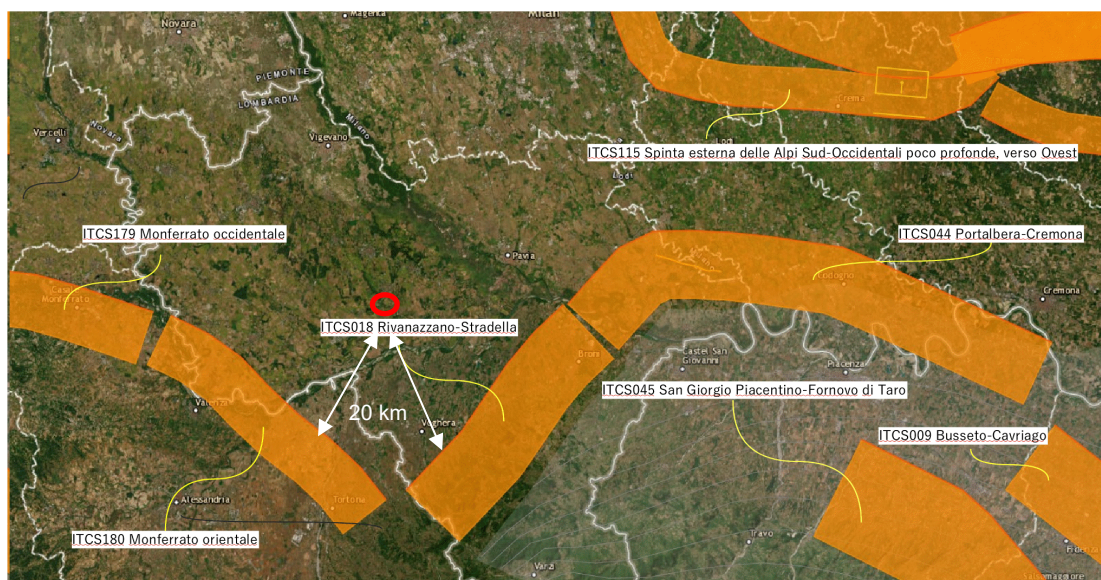


Figura 8-7. Stralcio del Database of Individual Seismogenic Sources per terremoti $M > 5.5$. Le Composite Seismogenic Sources sono state evidenziate con i loro Id. (In rosso, è stata evidenziato il sito oggetto di studio).

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 della Giunta regionale 2 dicembre 2019, n. XI/2584 “Linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica”.

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 settentrionale, che è stato possibile analizzare dall'anno 0 fino ai nostri giorni, è risultato che il territorio in esame è stato interessato da scarsi fenomeni sismici.

L'area di indagine è caratterizzata da scarsa sismicità. Nella porzione lombarda della Pianura Padana pochi terremoti di magnitudo da media a bassa sono localizzati principalmente lungo il margine delle Alpi tra i laghi di Garda e Iseo, mentre verso O gli eventi si presentano più sparsi. In generale, si osserva una diminuzione sia dell'energia rilasciata sia del numero di terremoti da E verso O; la sismicità nell'area di studio è quasi nulla. Nella macroarea di studio, il CPT104, nell'intervallo temporale 1000-2002 riporta il solo terremoto del 26 novembre 1396 (Mw 5.37 ± 0.30).

Anche la sismicità strumentale (1981-2006) è molto bassa: il CSI 1.1 (CASTELLO *et al.*, 2006) e il Bollettino Strumentale INGV riportano solamente tre eventi. I tre eventi con ML ≥ 2.0 si localizzano a SO di Milano e tra questi il più forte (ML 2.6) è quello avvenuto il 5 ottobre 2002.

Il terremoto del 7 aprile 1786 è localizzato vicino Lodi sulla base di otto dati di intensità, con I 7 MCS a Crema, Piacenza e Liscate (ENEL, 1985). Nella stessa zona è localizzato l'epicentro del terremoto del 15 maggio 1951, i cui effetti maggiori, pur non superando I 6 MCS, hanno interessato 28 località in un'ampia porzione della pianura padana, da Monza a N a Fidenza verso S.

Dai dati rilevati per il Programma "Geodinamica" del CNR, si è constatato che dalla fine del Pleistocene tutta l'area della Pianura Padana è stata interessata da un abbassamento generale.

La Regione Lombardia, con Delibera n. 153 del 2 marzo 2004 ha recepito i disposti dell'Ordinanza n. 3274 del 20/03/03 della Presidenza del Consiglio dei Ministri 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", suddividendo il territorio regionale nelle tre zone previste dalla nuova normativa.

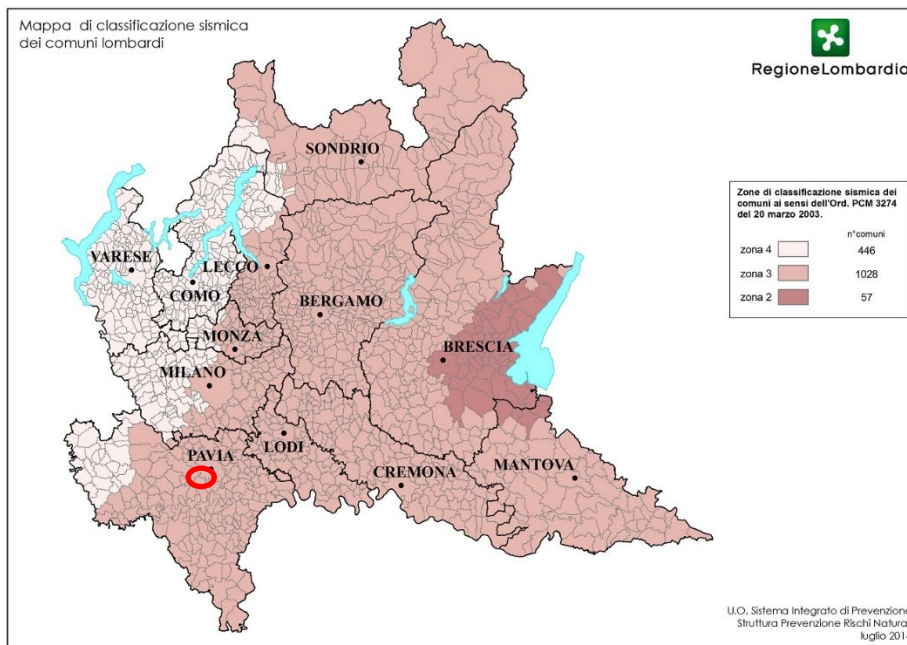


Figura 9-1. Mappa di classificazione sismica dei comuni lombardi. In rosso, la macro area di indagine.

Di queste tre zone, le prime corrispondono dal punto di vista della relazione con gli adempimenti previsti dalla Legge 64/74 alle zone di sismicità alta, media e bassa.

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 8 la 9 la 10 la 26 e la 30.

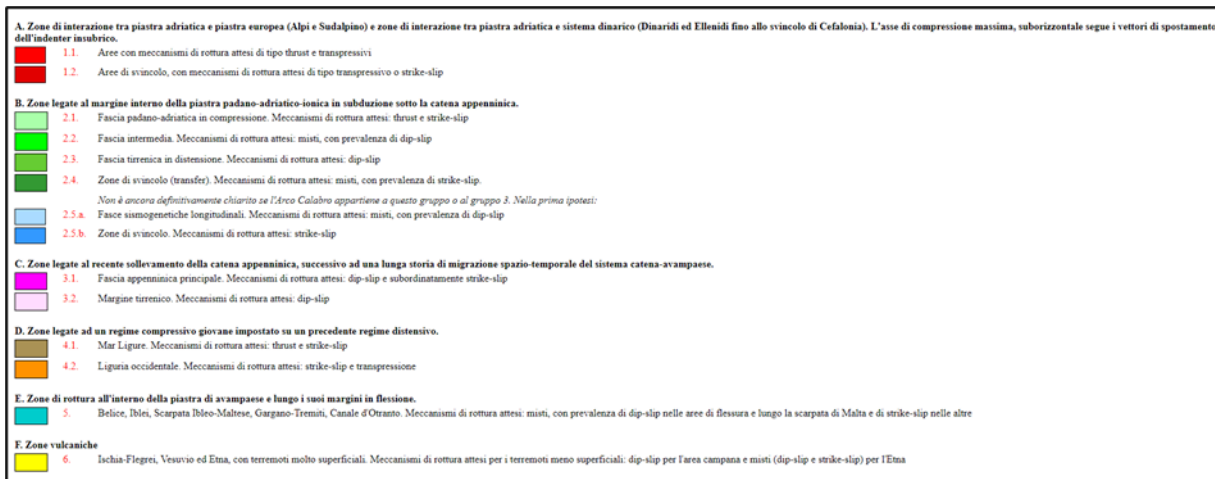
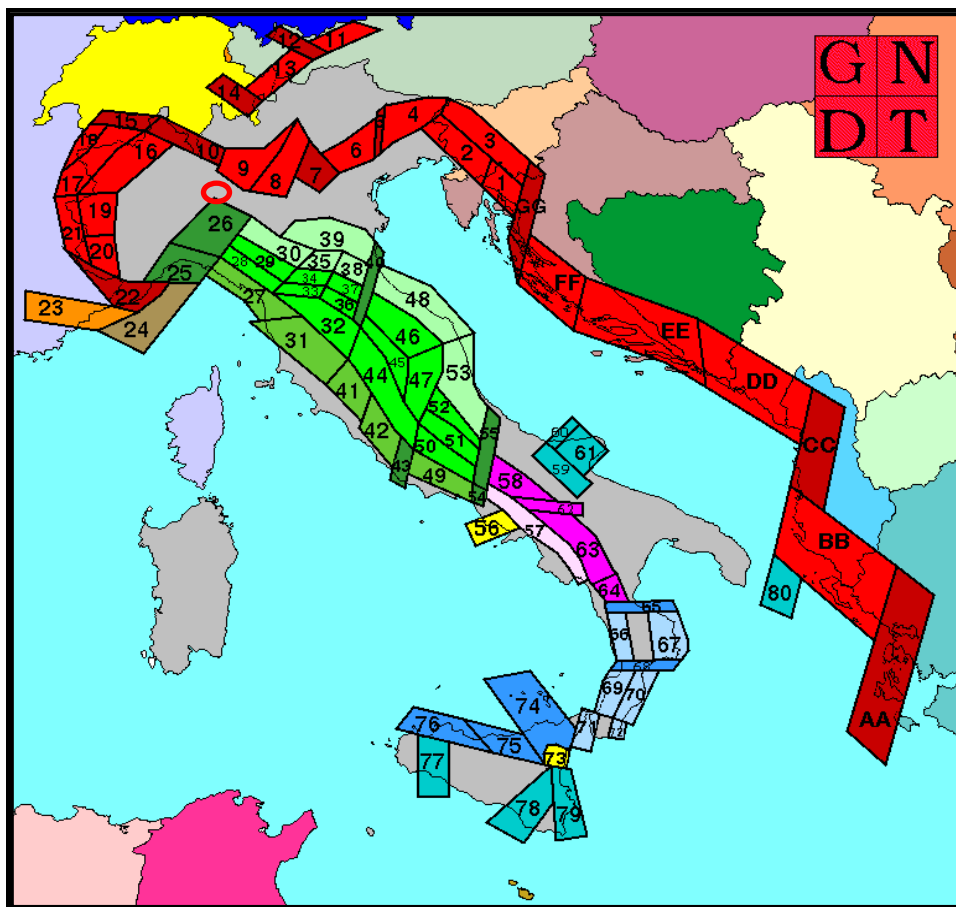


Figura 9-2. Schema della zonazione sismogenetica ZS4. In rosso, la macro area di indagine.

Zone "8 - 9"

- Aree con meccanismi di rottura di tipo *thrust* e transpressivi.

Zona "10"

- Aree di svincolo, con meccanismi di rottura attesi di tipo transpressivo o strike-slip.

Zona “26”

- Zona di svincolo (transfer). Meccanismi di rottura attesi: misti, con prelatenza di *strike-slip*.

Zona “30”

- Fascia padano-adriatica in compressione. Meccanismi di rottura attesi: *thrust* e *strike-slip*.

Nella più recente zonazione ZS9 il territorio di indagine ricade nella zona marginale della 911, solo in parte corrispondente alla precedente zona 26.

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.

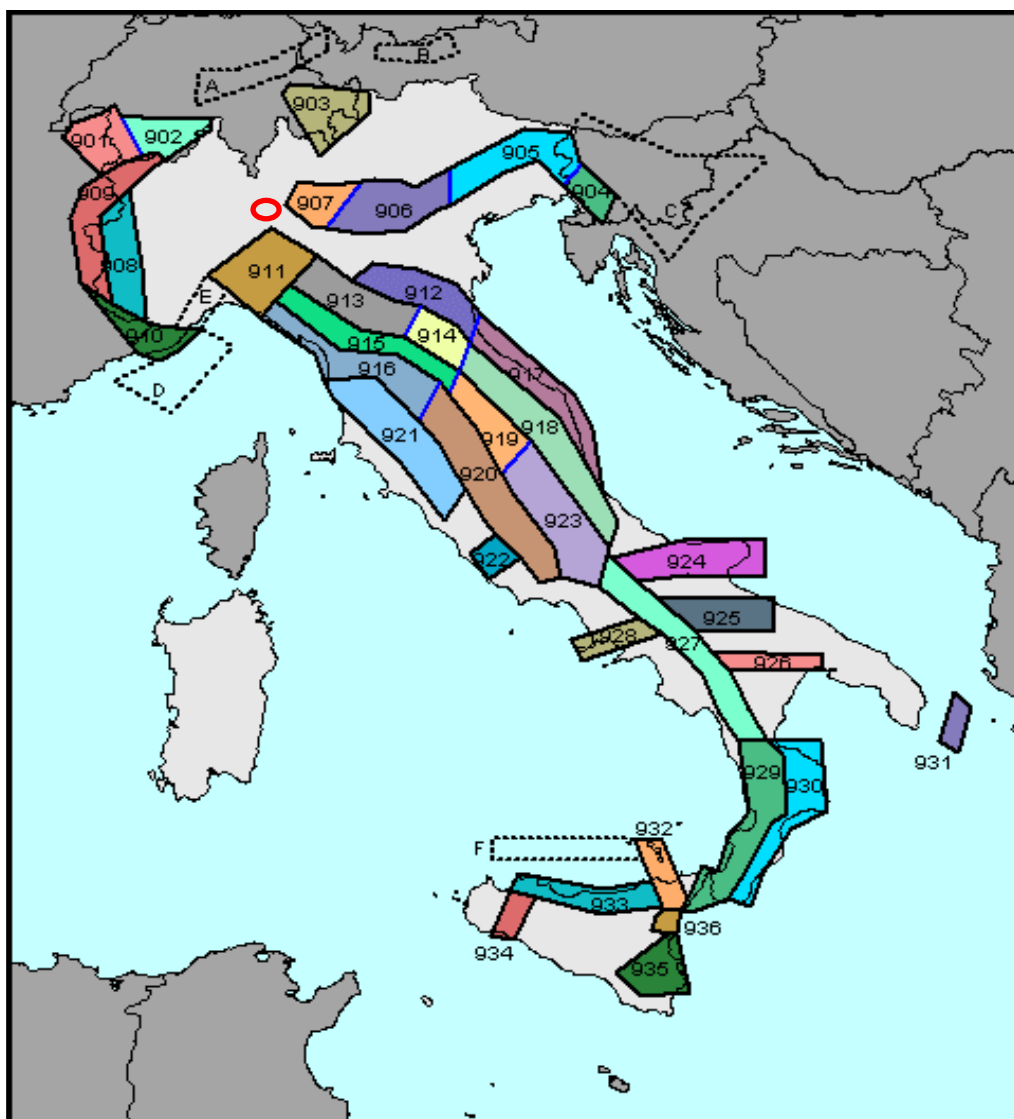


Figura 9-3. Schema delle zone sismogenetiche ZS9. In rosso, la macro area di indagine.

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; BARANI *et al.*, 2007) come

parametri più influenti in uno studio di pericolosità sismica secondo l'approccio sismotettonico di probabilismo.

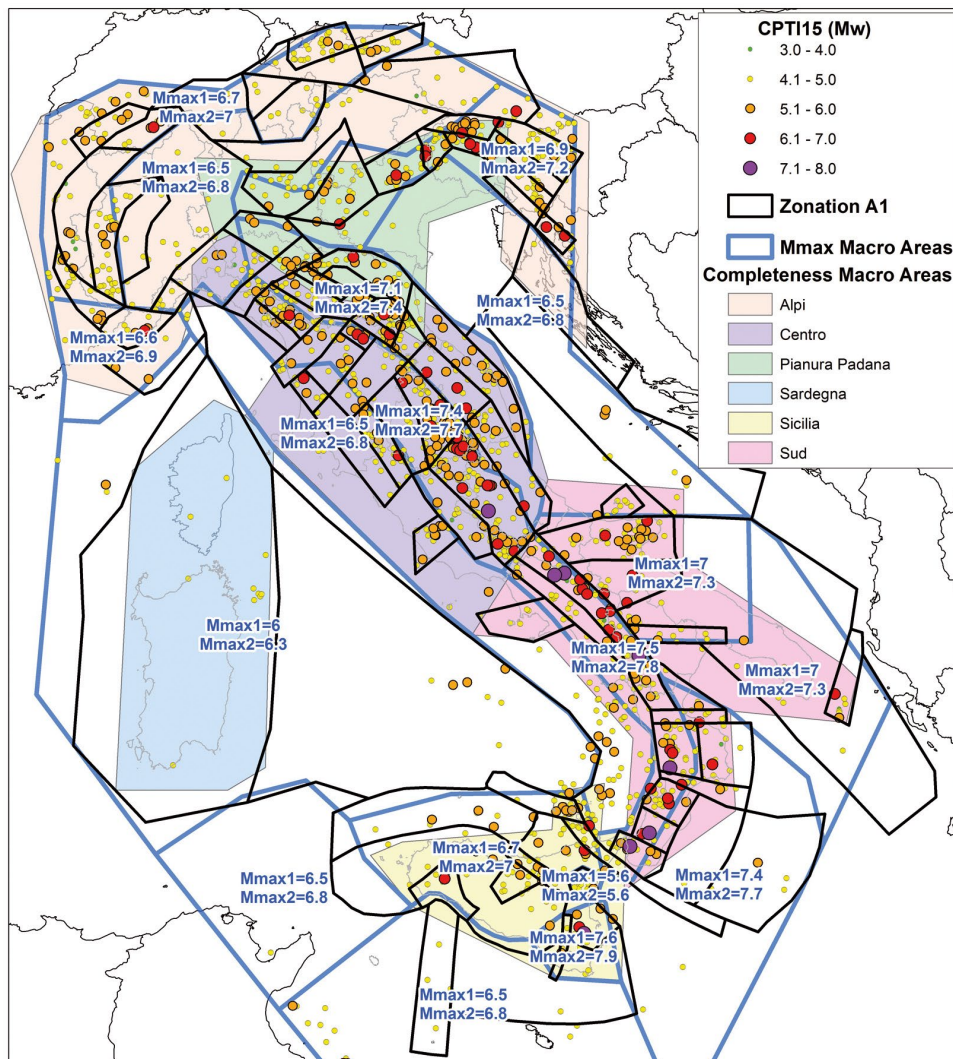


Figura 9-4. Zonizzazione sismogenetica ZS16. In nero la zonazione A1; in azzurro le macroaree M_{max} ; in colore pastello riempiono le macroaree di completezza e la distribuzione areale CPTI15.

Di seguito la storia sismica di Dorno, Ottobiano e Pieve Albignola, elaborata sulla base dei dati INGV - DBMI04 relativi al Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4	3.97

Tabella 9-1. Eventi Sismici che hanno interessato il Comune di Dorno.

Effetti	In occasione del terremoto del							NMDP	Io	Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale			
NF	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26

Tabella 9-2. Eventi Sismici che hanno interessato il Comune di Scaldasole.

Effetti	In occasione del terremoto del							NMDP	Io	Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale			
3-4	2000	08	21	17	14		Monferrato	595	6	4.94
NF	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4	3.97

Tabella 9-3. Eventi Sismici che hanno interessato il Comune di Pieve Albignola.

Legenda

- N = Numero terremoto (MCS)
- An/Me/Gi/Or/Mi = Anno-Mese-Giorno-Ora-Minuti
- Area epicentrale = Denominazione dell'area dei maggiori effetti
- Io = Intensità massima (MCS)
- Mw = Magnitudo momento



Figura 9-5. Storia sismica di Dorno, Scaldasole e Pieve Albignola.
(Fonte: INGV - DBMI04, Database osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani).

9.2 Classificazione sismica dell'area

Attualmente le nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni 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	$a_g \leq 0.05$

Figura 9-6. 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, i territori comunali di Dorno, Ottobiano e Pieve Albignola ricadono in "Zona sismica 4", ritenuta a bassa sismicità.

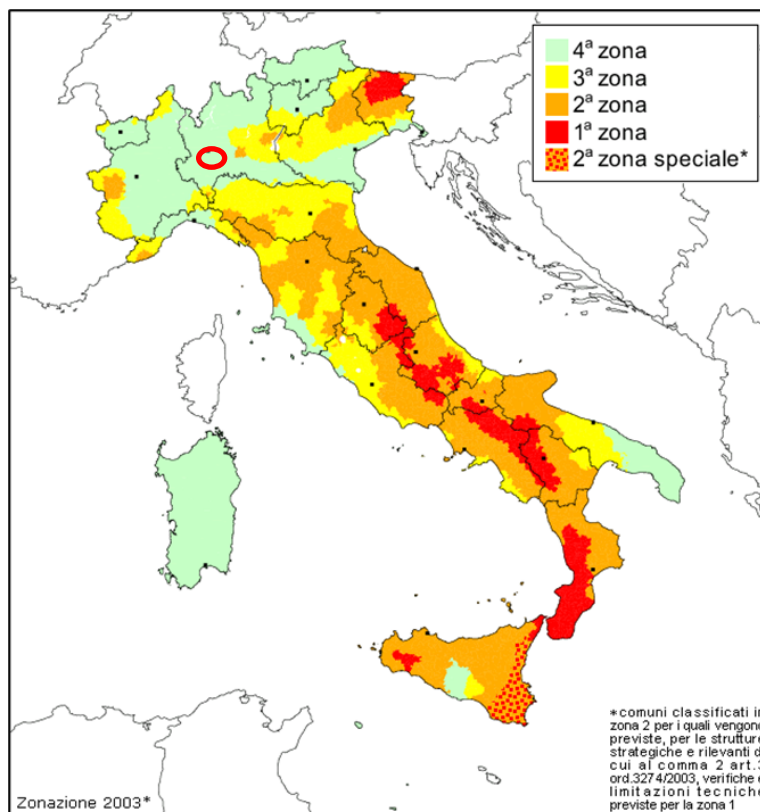


Figura 9-7. Zonizzazione Sismica (O.P.C.M. 3274/2004). In rosso, la macro area di indagine.

Sulla base degli elaborati dell'OPCM n.3519/06, si rileva che il territorio in esame è interessato da valori di a_g pari a $0,050 \div 0,075$.

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.

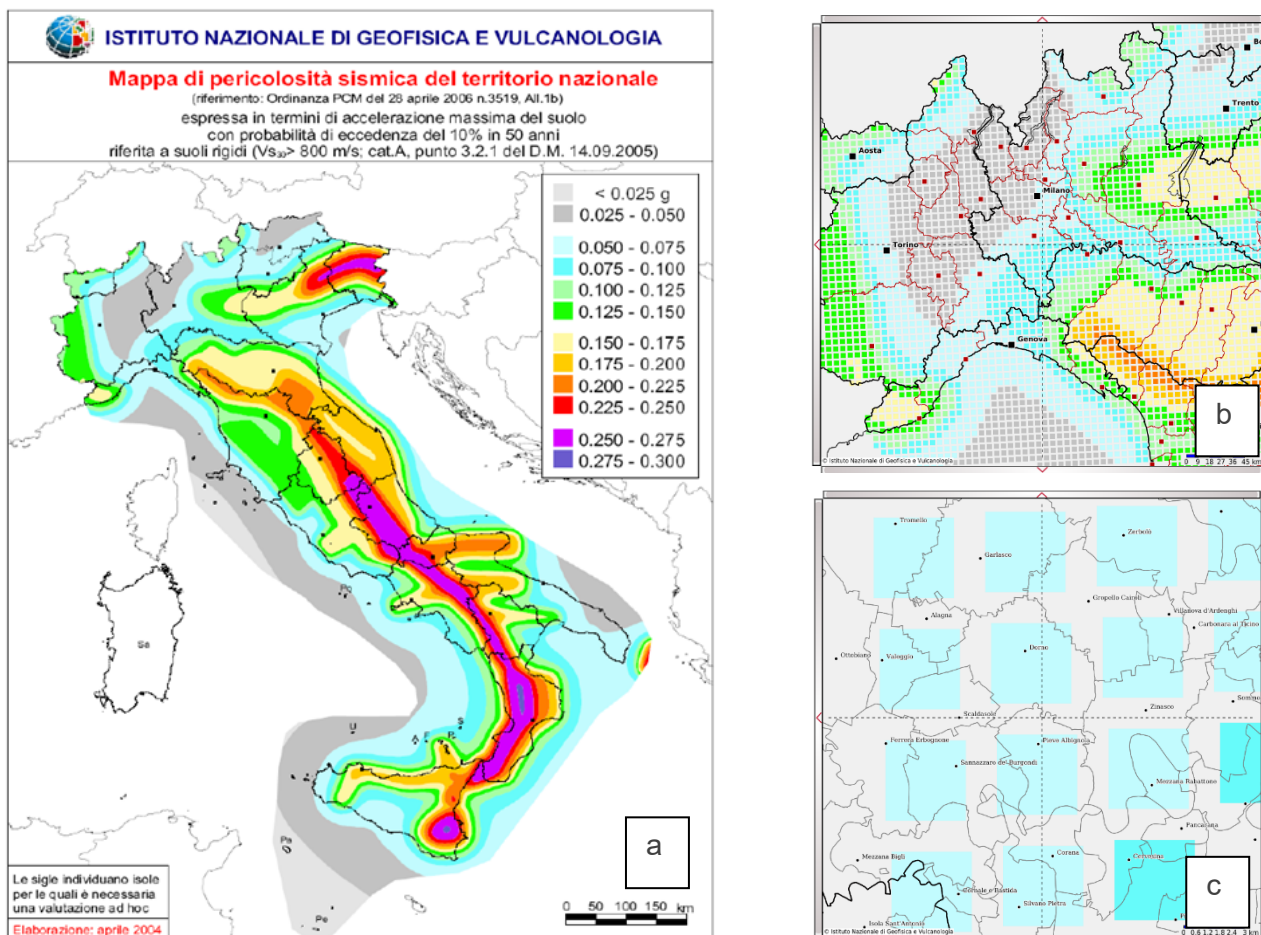


Figura 9-8. a) Mapa di pericolosità sismica (INGV, 2004); b) Mapa di pericolosità sismica (punti di griglia: parametri dello scuotimento a_g ; probabilità di superamento del 10% in 50 anni; percentile 50); c) Particolare - mapa di pericolosità sismica. (Fonte: INGV)

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.

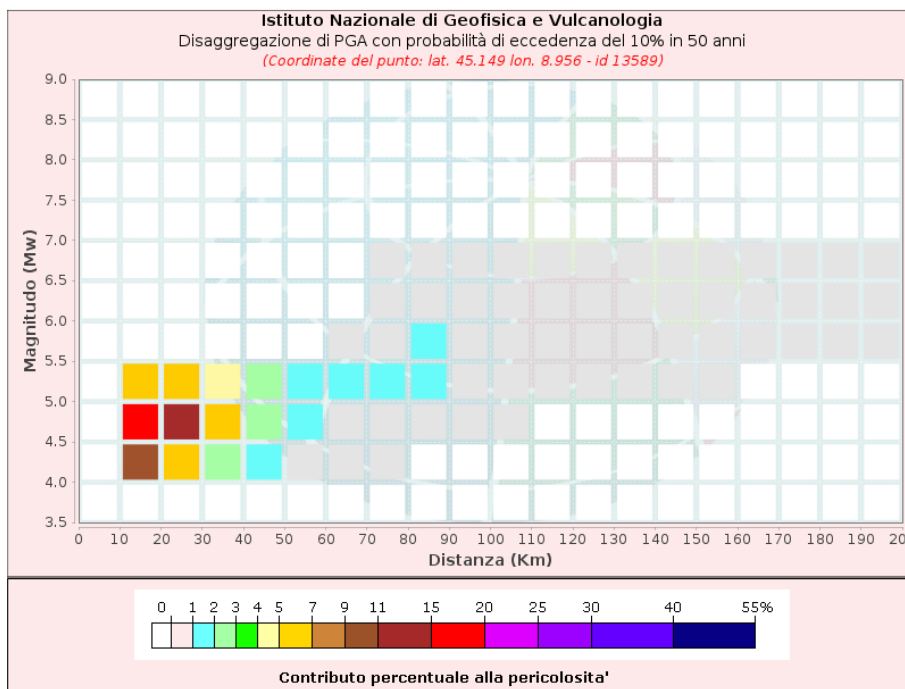


Figura 9-9. Dati di disaggregazione relativi all'area di impianto.

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 45.149 lon. 8.956 - id 13589)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	10.9000	16.2000	6.5200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	6.9200	12.8000	6.8500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	2.9400	6.6100	4.5200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	1.0100	2.9300	2.5300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.2270	1.2600	1.4200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.1020	0.8430	1.1200	0.2040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0333	0.7410	1.2500	0.5950	0.0553	0.0096	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.3330	1.2400	1.1200	0.4190	0.0759	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0789	0.6540	0.7800	0.3530	0.0669	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0085	0.3000	0.5310	0.3320	0.0643	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.1240	0.3530	0.2970	0.0593	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0562	0.2820	0.3220	0.0532	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0282	0.3550	0.4210	0.0469	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0079	0.3230	0.4340	0.0402	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.2380	0.4290	0.0330	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1440	0.3720	0.0254	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0812	0.3040	0.0192	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0251	0.1310	0.0139	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0304	0.0090	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.91	37.5	1.28

Tabella 9-4. 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 9-5. 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 metri di profondità dal piano di posa della fondazione, calcolata secondo la seguente relazione:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}$$

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;

Nelle citate *NTC-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) *Depositi 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) *Depositi 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.*

Come riscontrato dall'analisi sismica, il valore di $V_{s_{eq}}-V_{s_{30}}$, calcolato così come previsto dalla recente normativa sismica [$V_{s_{eq}} = H/\sum(h_i / V_{s_i})$ dove H = profondità del tetto del substrato con $V_s > 800$ m/s, h_i = spessore medio in metri dello strato i -esimo, V_{s_i} = velocità onde S in m/sec dello strato i -esimo] ed utilizzabile come parametro di riferimento per la classificazione dei terreni in esame, è pari a 252 m/s (Dorno) e 302 m/s (Scaldasole).

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 "c".

In riferimento alle caratteristiche della superficie topografica, l'area in esame è ubicata in corrispondenza di una superficie pianeggiante, pertanto è classificabile come "T1".

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 9-6. Categoria topografica in funzione dell'inclinazione della superficie (NTC, 2018).

In riferimento alla categoria topografica, l'area è classificabile come "T1", corrispondente ad un coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1,0.

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 9-7. Categoria topografica in funzione dell'ubicazione dell'opera (NTC, 2018).

In relazione a quanto stabilito dalle norme vigenti in materia, la verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere è stata valutata mediante un'analisi puntuale della risposta sismica locale.

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 ver. 1.0.3 (Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici)*.

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 50 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 9-8. Tipologia delle costruzioni e relativi valori minimo di V_N (NTC, 2018).

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

$$V_R = V_N \times C_U$$

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 9-9. Classe d'uso e relativi coefficienti C_U (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 al.*, 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.

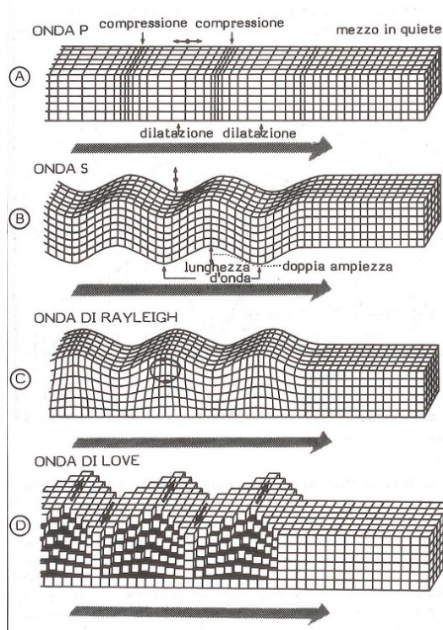


Figura 9-10. Tipi di onde.

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 rigidezza 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 rigidezza 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*), tramite la quale si possono ricavare le caratteristiche meccaniche del terreno.

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 delle 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, e quindi il profilo di V_S , vicino alla superficie, abbia un ruolo negli effetti di sito ma l'amplificazione sismica locale è alquanto complessa (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 $V_{S,30}$. 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 delle $V_{e,eq}$

Per rispondere alle recenti norme emanate in materia è stata eseguita una indagine sismica di analisi spettrale delle onde superficiali con tecnica MASW (Multichannel Analysis Surface Waves), a cura de Servizi Geologici s.n.c. di Gropello Cairoli (PV).

Le attuali Norme tecniche richiedono che la categoria di sottosuolo sia stabilita sulla base del profilo delle onde di taglio (V_s).

L'apparecchiatura utilizzata si compone delle seguenti parti:

- sistema sorgente;
- sistema di ricezione;
- sistema di acquisizione dati.



Figura 9-11. Corografia delle indagini eseguite.

Il sistema di acquisizione dati deve essere di tipo multicanale (4.5 Hz) in grado di registrare, su ciascun canale in forma digitale, le forme d'onda. Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come forme d'onda su un apposito monitor le vibrazioni così come rilevate ai trasduttori dei ricevitori.

Una volta fissata la posizione della verticale da investigare, la prova si sviluppa secondo le seguenti fasi:

- viene preparato il sistema di acquisizione dei dati;
- i ricevitori vengono collocati ad asse verticale, simmetricamente rispetto alla verticale di indagine e a breve distanza ($X = 5\text{m}$).
viene attivata la sorgente, allineata e da una parte rispetto ai ricevitori, e ad una distanza (-5 m, -10 m, -15 m per un estremo esterno dello stendimento) pari a quella esistente tra i ricevitori;
- le vibrazioni prodotte vengono registrate dai trasduttori e la prova viene ripetuta 3 volte (*stack*) in modo da disporre di più registrazioni, che mediate consentono di ridurre i rumori di fondo eventualmente presenti;
- la sorgente viene spostata in posizione diametralmente opposta rispetto ai ricevitori, che invece rimangono fissi (inversione della sorgente), e la prova viene ripetuta ($X = 5\text{m}$, 10m , 15m per l'altro estremo esterno dello stendimento).

Il segnale sismico, acquisito in formato SEG-2, viene elaborato attraverso l'utilizzo di specifici programmi, operando attraverso le seguenti fasi:

- visualizzazione e filtraggio della registrazione;
- estrazione e visualizzazione della curva di dispersione;
- picking della curva di dispersione del modo fondamentale ed eventuali modi superiori;
- calcolo del profilo (1D) di velocità delle onde di taglio V_s con la profondità.

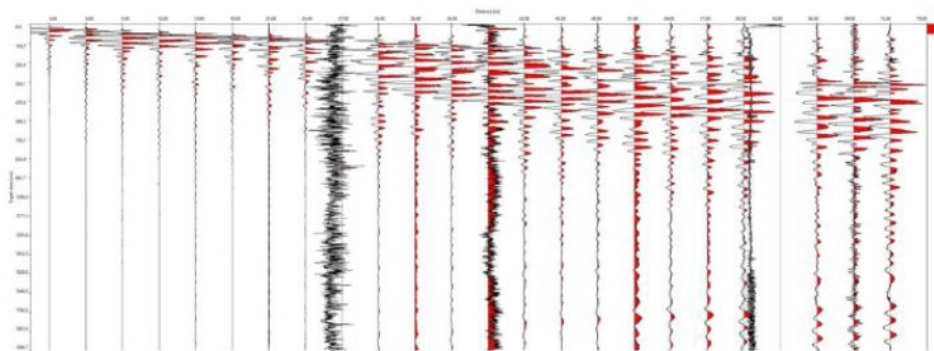


Figura 9-12. Registrazione in forma digitale delle forme d'onda dello stendimento L1.

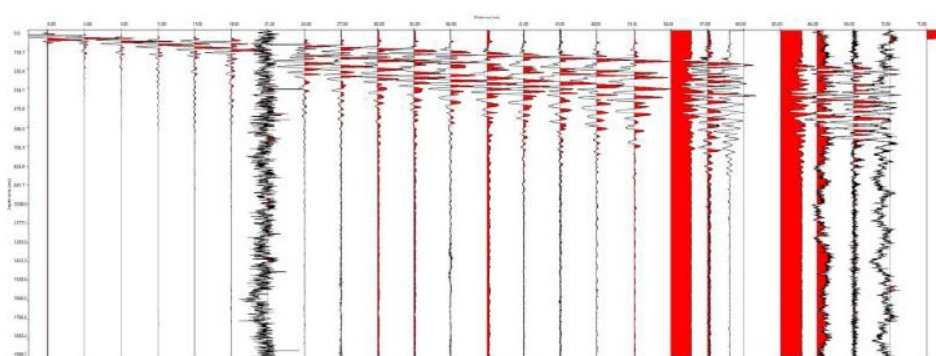


Figura 9-13. Registrazione in forma digitale delle forme d'onda dello stendimento L2.

In funzione delle caratteristiche geometriche (spessori) e meccaniche (V_S , V_P , densità di massa) degli strati di terreno, alcuni modi di *Rayleigh* possono risultare predominanti rispetto agli altri modi in certi intervalli di frequenza. Generalmente, quando la rigidità degli strati aumenta gradualmente con la profondità il modo fondamentale di *Rayleigh* risulta predominante a tutte le frequenze.

Al fine di valutare l'affidabilità del profilo di V_S , trovato durante il processo di inversione, occorre stabilire un criterio per calcolare la distanza o la vicinanza tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica. Quanto più l'errore relativo è piccolo, tanto più le due curve di dispersione sperimentale e numerica sono vicine e quindi si ha una maggiore probabilità che il profilo di velocità V_S sia quello ottimale.

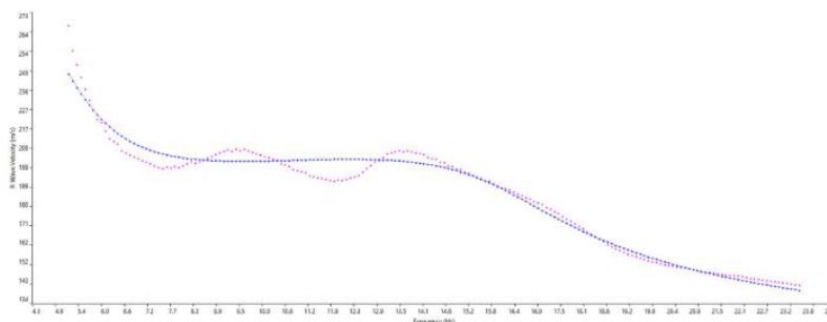


Figura 9-14. Curve di dispersione sperimentali per lo stendimento L1.

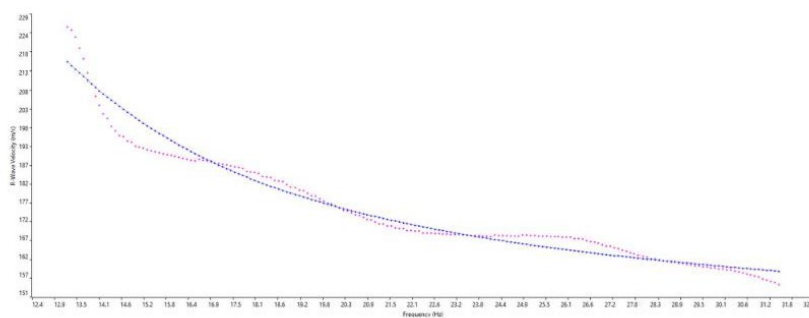


Figura 9-15. Curve di dispersione sperimentali per lo stendimento L2.

Non sempre l'andamento della curva di dispersione, calcolata a partire dallo spettro f-k, ha un andamento continuo e/o regolare. Questo dipende da diversi fattori quali la qualità delle misure eseguite, il rumore ambientale, inteso come altri tipi di onde che potrebbero interferire con le onde *Rayleigh*, il profilo irregolare di velocità V_s .

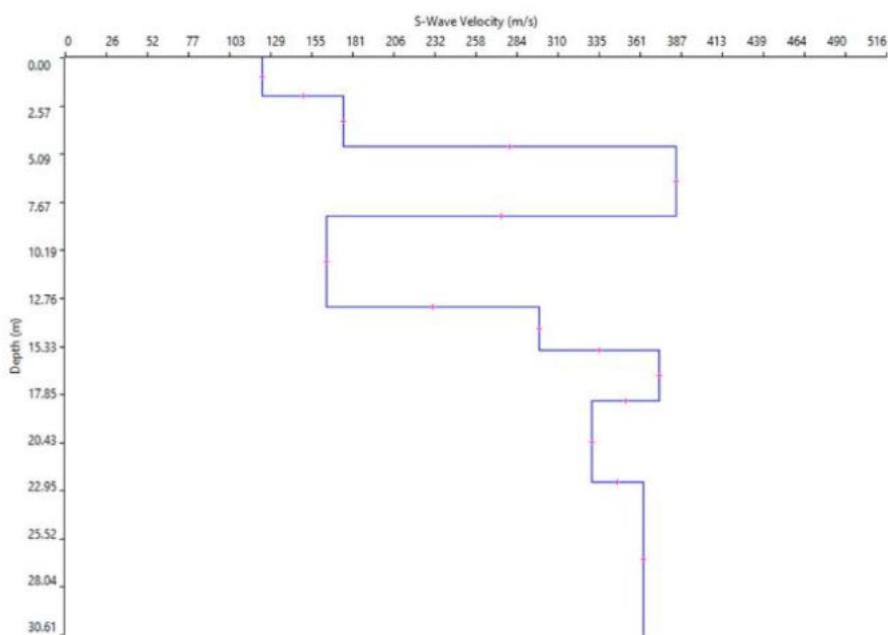


Figura 9-16. Profilo di velocità per lo stendimento L1.

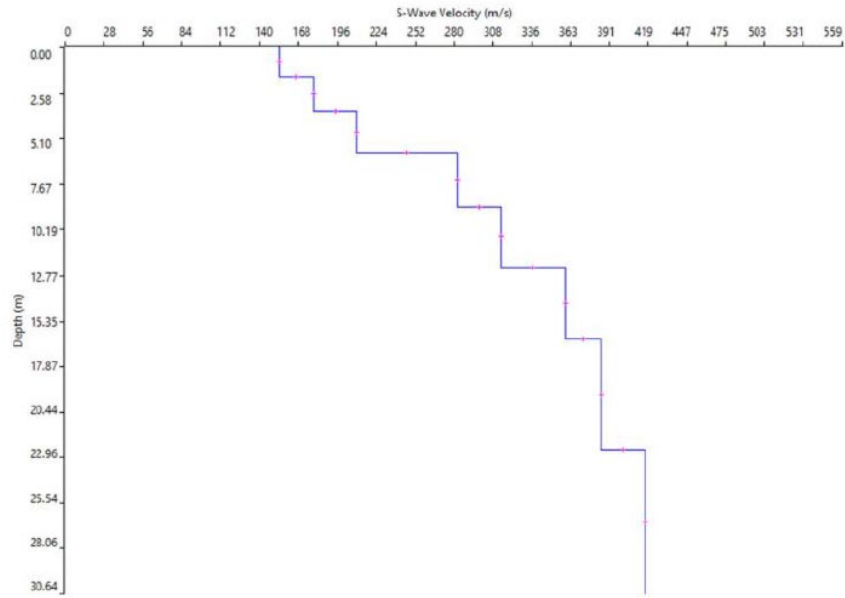


Figura 9-17. Profilo di velocità per lo stendimento L2.

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 Esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche

Le indagini penetrometriche sono state eseguite, a cura da Servizi Geologic snc di Perotti R. e C. di Gropello Cairoli (PV), con l'ausilio di un penetrometro dinamico DPSH TG 63-200 prodotto e commercializzato dalla Pagani Geotechnical Equipment di Calendasco (PC), le cui caratteristiche tecniche principali sono riportate in seguente.

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

Tabella 10-1. Dati tecnici del penetrometro Pagani TG 63-200.

L'indagine, eseguita nell'aprile 2024, è consistita nella realizzazione di quattro prove denominate P1, P2, P3 e P4 entro l'area d'interesse progettuale.



Figura 10-1. Corografia dei punti di indagine.

La disamina delle figure sottostanti (che riportano il n. di colpi misurato sul campo ogni 10 cm di avanzamento della punta, per tutte le prove) mette in evidenza la presenza di materiale incoerente.

In particolare, ritroviamo la presenza di sabbie passanti da poco addensate ad addensate con l'aumentare della profondità e, successivamente la presenza di un livello di spessore costituito da sabbie e ghiaie. Le prove sono state interrotte per "rifiuto". Durante l'estrazione delle aste non è stata riscontrata la presenza di alcuna falda acquifera (aste asciutte e sostanzialmente pulite).

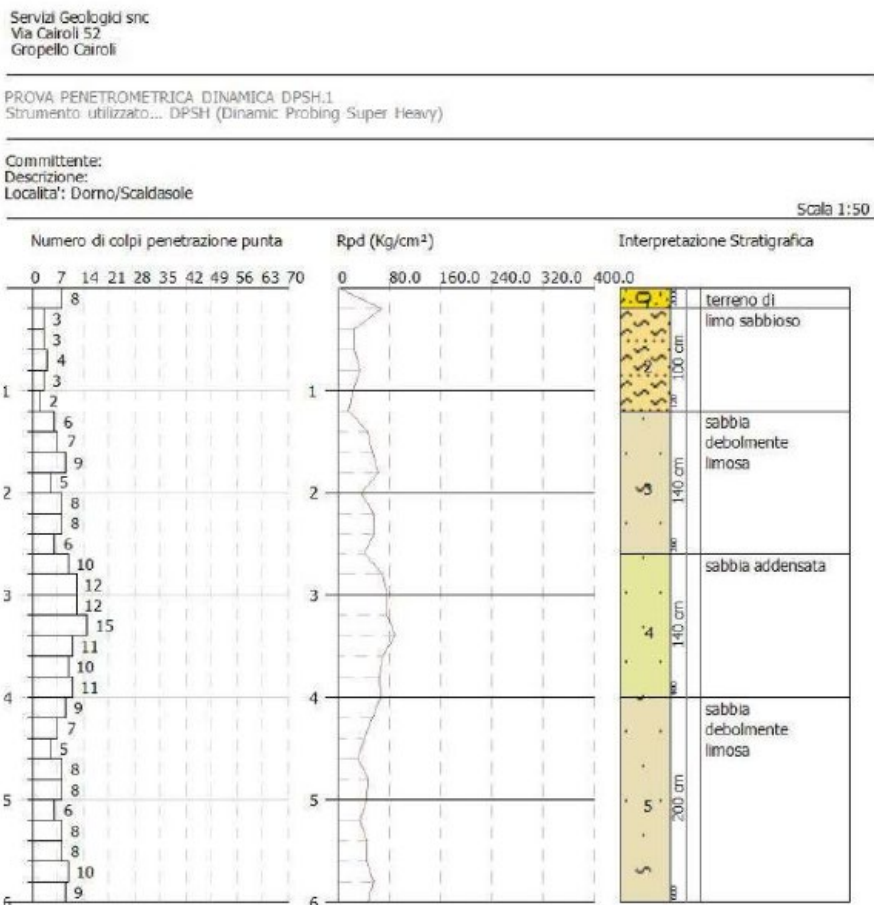


Figura 10-2. Elaborazione indagine penetrometrica P1.

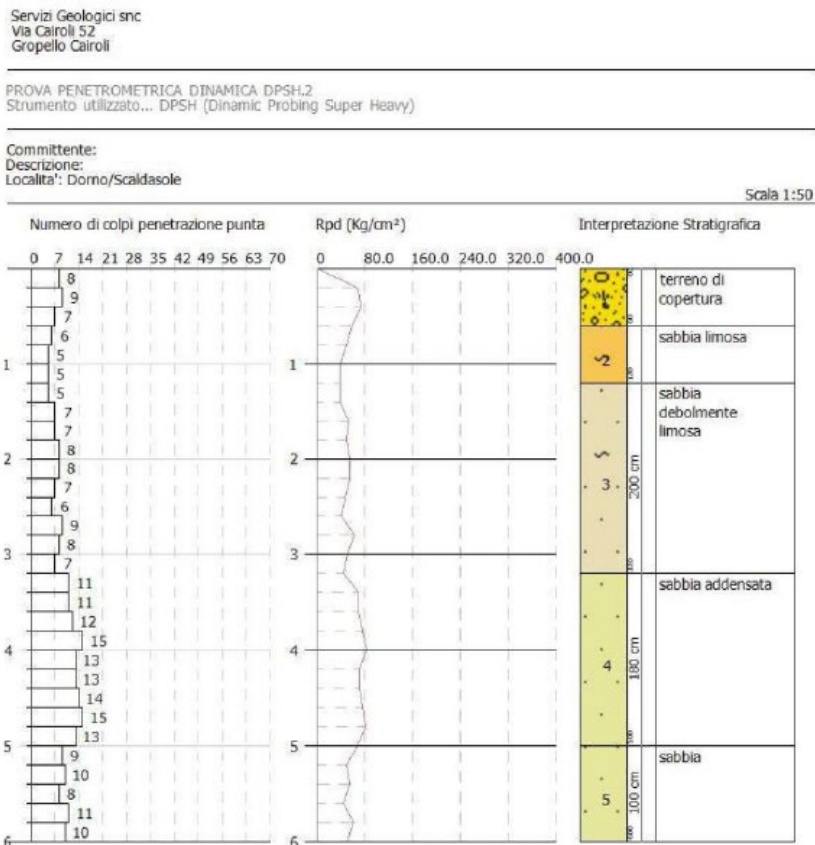


Figura 10-3. Elaborazione indagine penetrometrica P2.

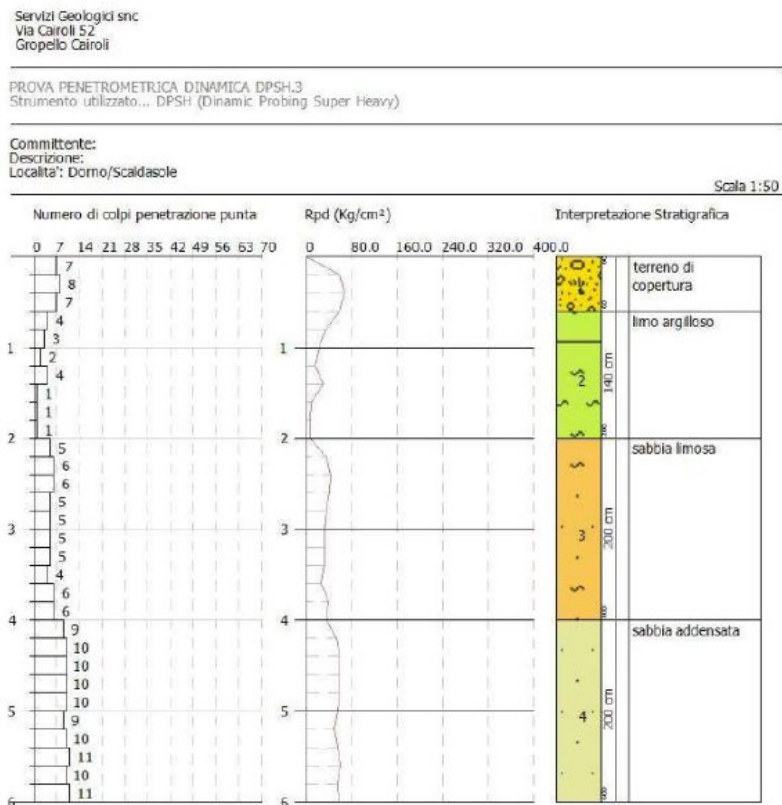


Figura 10-4. Elaborazione indagine penetrometrica P3.

Servizi Geologici snc
Via Cairoli 52
Gropello Cairoli

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-4
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente:
Descrizione:
Località: Dorno/Scaldasole

Scala 1:50

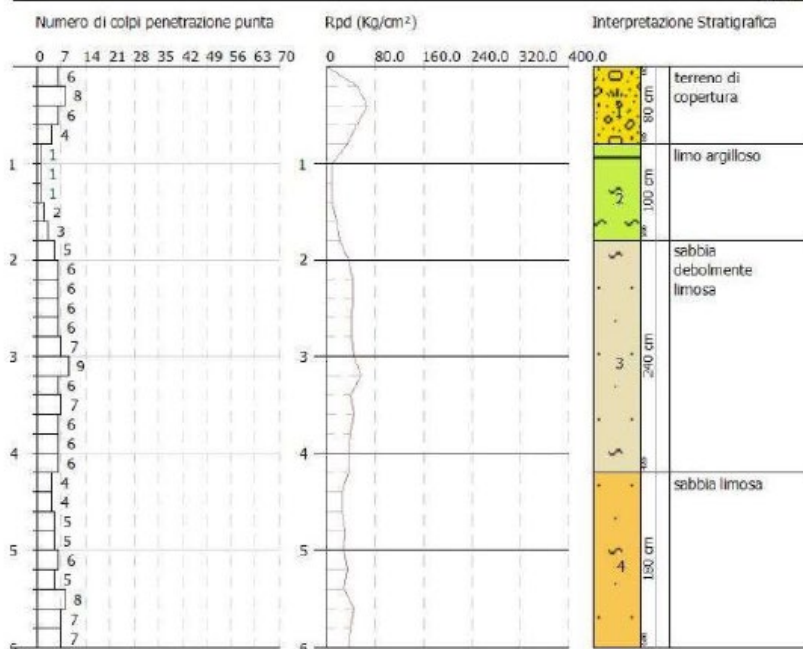


Figura 10-5. Elaborazione indagine penetrometrica P4.

Si rimanda agli Allegati 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 di 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 piezom.co di falda in loco, si illustrano di seguito due metodi di calcolo della suscettibilità utilizzati per le verifiche cautelative.

Nello studio di FERRETTI E SCAFIDI (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.

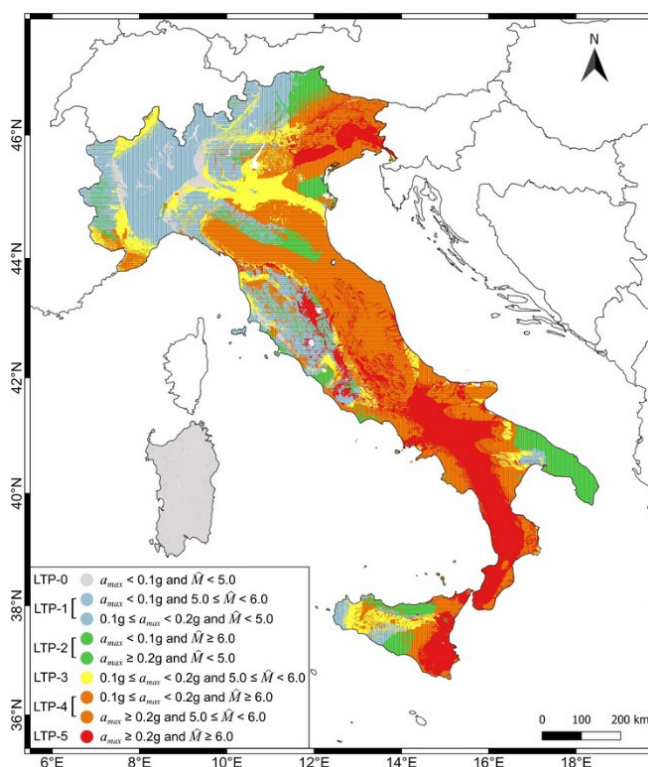


Figura 11-1. MILQ (Mappa del potenziale d'Innesco della LiQuefazione).

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, essendo la Pianura pavese riferibile dal Pre-Pleistocene al Pleistocene, la probabilità di liquefazione è da “bassa” a “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”.

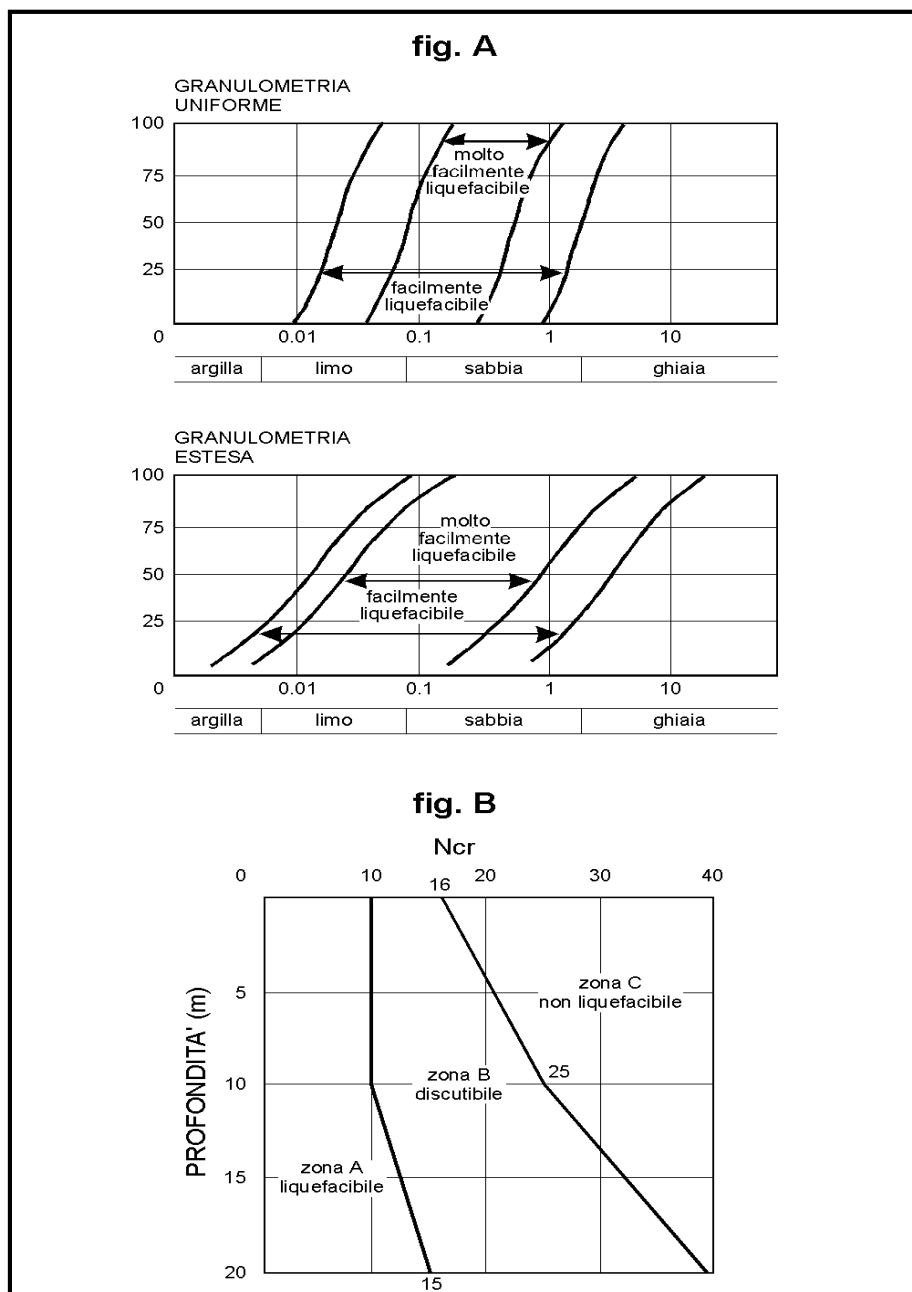


Figura 11-2. Schema di Sherif & Ishibashi.

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:

$$>15 \text{ m dal p.c.}$$

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 si tratta di sabbie pulite]

Metodo geologico

Il metodo geologico *esclude*:

Suscettibilità alla Liquefazione l'area dell'impianto agrivoltaico poggia su depositi ascrivibili dal Pre-Pleistocene al Pleistocene, con profondità della falda acquifera < 15 m.

12 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 fisico-meccanici ottenuti in campo ed in laboratorio, riportati nei capitoli precedenti e nei certificati allegati alla presente relazione geologica.

In funzione delle caratteristiche reali che saranno riscontrate durante i lavori di realizzazione delle fondazioni dell'opera in oggetto, 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 volentieri dai sottoscritti, previa comunicazione.

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

Per una valutazione delle caratteristiche e delle risposte dei terreni di fondazione sottoposti al carico della struttura in progetto si farà riferimento, come per legge e come accennato in precedenza, ad una successiva Relazione Geotecnica che si consiglia di redigere contestualmente alle relazioni di progetto e alle valutazioni di tipo tecnico-economico.

In conclusione, sulla base di quanto analizzato, rilevato e valutato, si ritiene che sussistano le condizioni di fattibilità geologica e geotecnica per la realizzazione dell'impianto in progetto.

Tanto si doveva per l'incarico ricevuto.

Foligno, luglio 2024

Prof. Geol. Alfonso Russi



Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie



13 BIBLIOGRAFIA E WEB REFERENCES

13.1 Bibliografia

- AMADORI C., TOSCANI G., DI GIULIO A., MAESANO F. E., D'AMBROGI C., GHIELMI M., FANTONO R. (2019) - From cylindrical to non-cylindrical foreland basin: Pliocene –Pleistocene evolution of the Po Plain–Northern Adriatic basin (Italy).
- BARANI S., FERRETTI G. E SCAFIDI D. (2022) - MILQ: A liquefaction triggering map for Italy, EGU sphere.
- BIGI G., CASTELLARIN A., CATALANO R., COLI M., COSENTINO D., DAL PIAZ G. V., (1989) - Synthetic structural/Kinematic Map of Italy - Timing of main alpidic deformations and of related sedimentary, metamorphic and magmatic processes. Tectonic Map at 1:2,000,000. In Structural Model of Italy and Gravity Map. QUADERNI DE "LA RICERCA SCIENTIFICA", 114.
- BONI A. (1947) - I "dossi" della Lomellina e del Pavese. Atti dell'Istituto Geologico dell'Università di Pavia 2: 1-44.
- BRAGA G. & CERRO A. (1988) - "Le strutture sepolte della pianura pavese e le relative influenze sulle risorse idriche sotterranee." - *Atti Tic. Sc. Terra*, 31, 421-433.
- CARMINATI E., MARTINELLI G. E SEVERI P. (2003) - Influenza dei cicli glaciali e della tettonica sulla subsidenza naturale nella Pianura Padana (Italia settentrionale): approfondimenti dalle epoche del 14 C. *Geochimica Geofisica Geosistemi* 4: doi: 10.1029/2002GC000481. edizione: 1525-2027.
- CASTELLO B., SELVAGGI G., CHIARABBA C. AND AMATO A., (2006)- CSI Catalogo della sismicità italiana 1981-2002, versione 1.1. INGVCNT, Roma. <http://csi.rm.ingv.it/>
- GHIELMI M., MINERVINI M., NINI C., ROGLEDI S., ROSSI M., AND VIGNOLO A., (2010) - Sedimentary and Tectonic Evolution in the Eastern PoPlain and Northern Adriatic Sea Area from Messinian to Middle Pleistocene (Italy), in F.P. Sassi, G. Dal Piaz, and C. Doglioni, (eds.), *Nature and Geodynamics of the Northern Adriatic Lithostere*: Rend. Fis. Acc. Lincei, v. 21/1, p. 131-166
- 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.
- LAVEE H. *et al.*, 1998 - Derivazione di indicatori di degrado del suolo da studi di aggregazione del suolo nel sud-est della Spagna e nel sud della Francia. *Geomorfologia*, Volume 23, numeri 2–4, giugno 1998, pagine 307-321.
- MARCHETTI *et al.* (1984) - Geologia e geomorfologia, in *Storia di Pavia* 1984, pp. 25-69.
- MARTELLI L., BONINI M., CALABRESE L., CORTI G., ERCOLESSI G., MOLINARI F.C., PICCARDI L., PONDRELLI S., SANI F. AND SEVERI P. (2017) - Seismotectonic map of the Emilia Romagna Region and surrounding areas, Scale 1:250,000, 2nd edn. D.R.E.AM, Firenze.
- 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]
- 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.
- PILLA G., SACCHI E., ZUPPI G., BRAGA G., CIANCETTI G., (2006) - Hydrochemistry and isotope geochemistry as tools for groundwater hydrodynamic investigation in multilayer aquifers: a case study from Lomellina, Po plain, South-Western Lombardy, Italy. *Hydrogeol. J.* 14 (5), 795–808. <https://doi.org/10.1007/s10040-005-0465-2>.
- REBEZ A. & SLEJKO D. (2000) - Analisi di sensibilità sulla carta di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzata dal GNDT. Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, Trieste.
- ROSGEN D.L. (1994) – A classification of natural rivers. *Wildland Hydrology*, 157649 U.S. Highway 160, Pagosa Spings, CO 81147. *Catena* 22 1669-199
- ROURE F., HEITZMANN P. AND POLINO R. (1990) - Deep structure of the Alps, *Mem. Soc. Geol. Fr.*, 156, 350.

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

13.2 Web References

https://www.cartografia.servizirl.it/expo/services/gpt/direttiva_alluvioni_2023/MapServer/WMS/Server?

<http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/>

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_Caratteristiche_Idrauliche.map

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

<https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/molise.html>

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

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

<https://diss.ingv.it/diss330/img.php?P00869>

<https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci/default>

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



COMUNE:
Dorno

PROVINCIA:
PV

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	Dorno
Provincia	PV
Altitudine [m]	90
Latitudine	45,1569
Longitudine	8,9538
Temperatura Massima Annuale [°C]	34,53
Temperatura Minima Annuale [°C]	-9,07

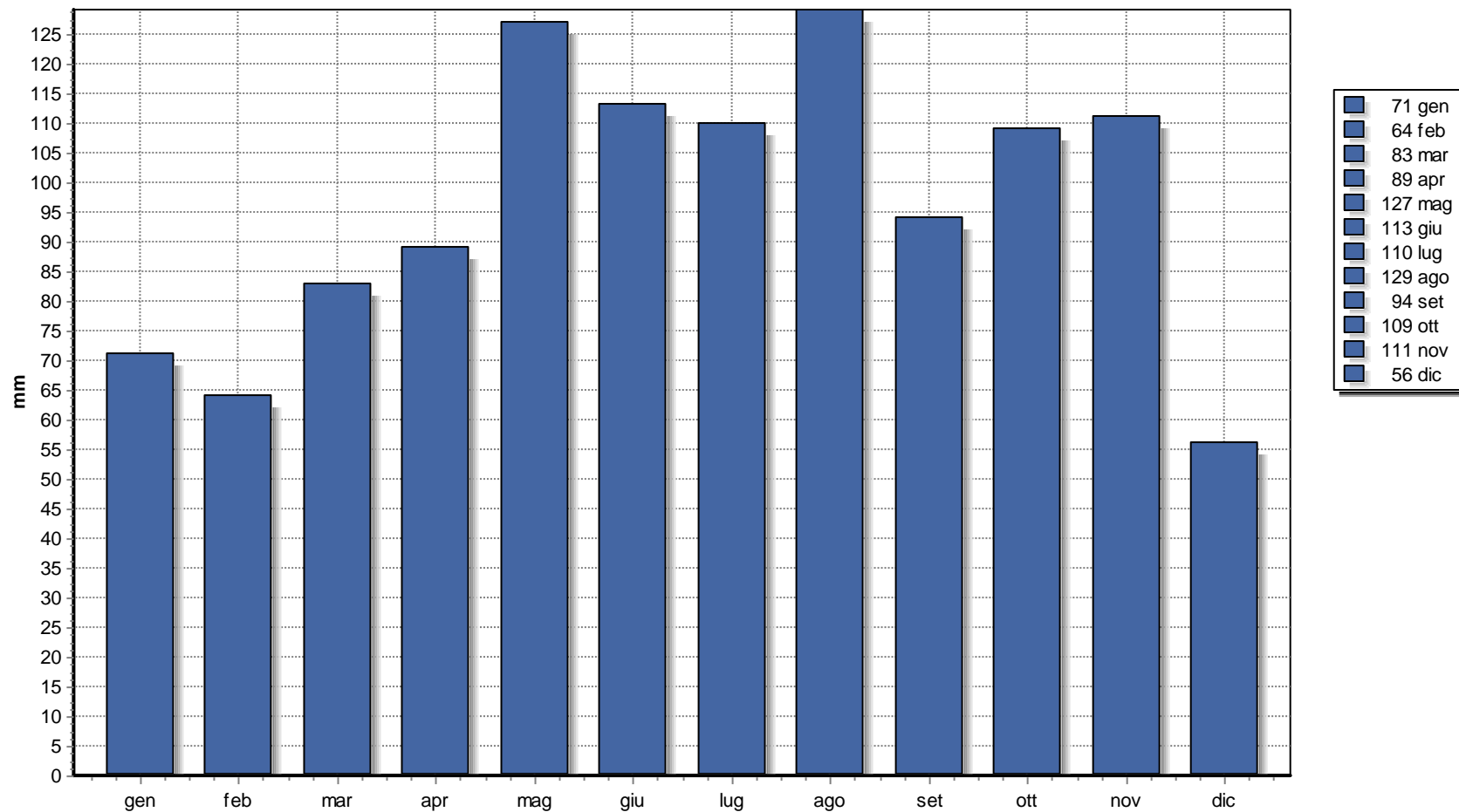
I dati climatici sono stati acquisiti dalla Norma UNI 10349 e sono relativi ad un periodo minimo di 30 anni.

2. Indici

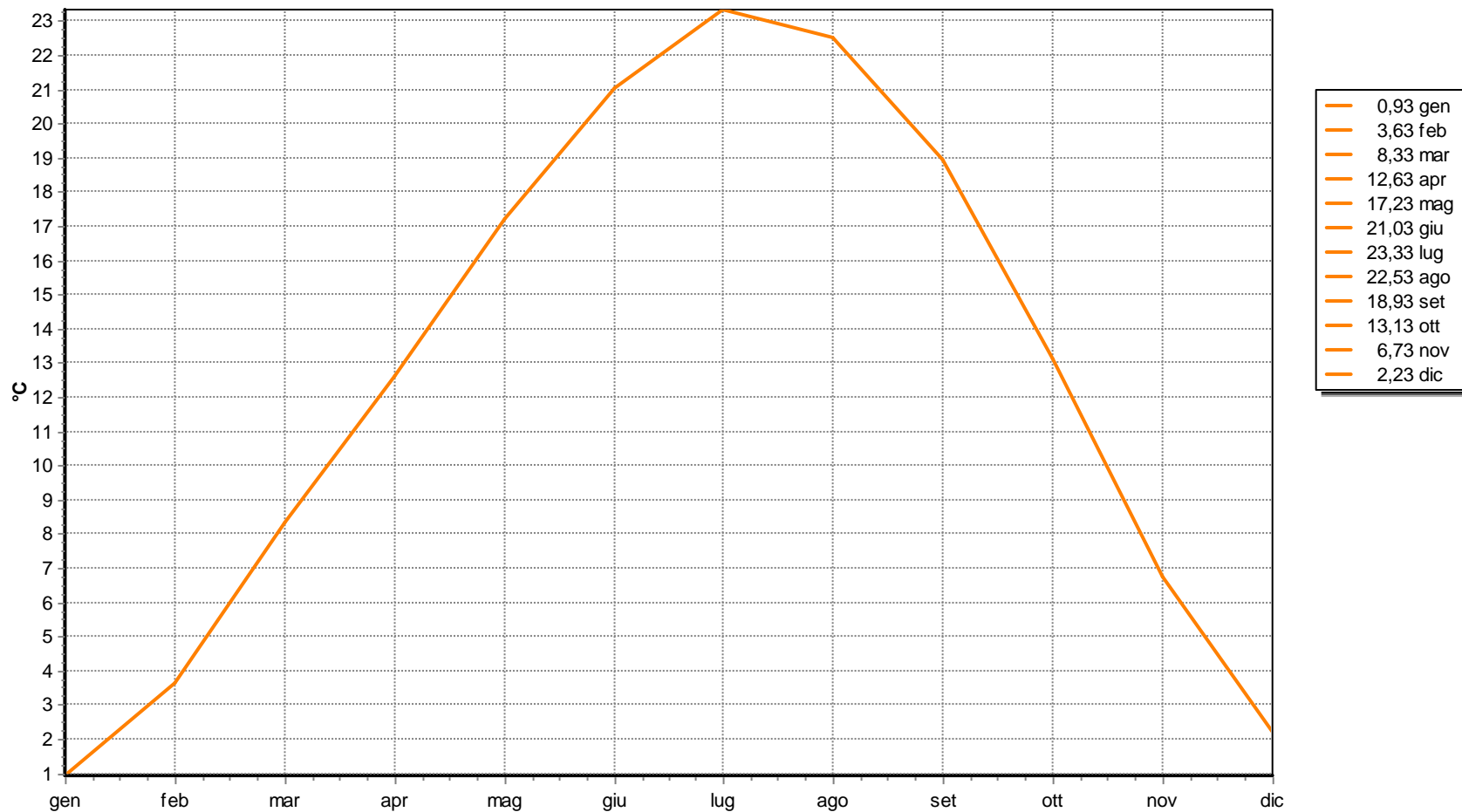
Precipitazioni [mm]:	Totale:	1156
	Media:	96,54
Temperatura Media [°C]	12,60	
Indice di Continentalità di Gams	4° 27'	
Indice di Fournier	14,40	
Evaporazione Idrologica di Keller [mm]	594,10	
Pluviofattore di Lang	91,75	
Indice di Amann	650,25	
Mesi Aridi:	Secondo Koppen:	
	Secondo Gaussen:	
Indice di De Martonne	51,15	
Indice di De Martonne-Gottmann	53,05	
Indice di Aridità di Crowther	74,02	
Indice Bioclimatico di J.L. Vernet	0,42	
Indice FAO	1,87	
Evaporazione Media mensile [mm]	100,63	
Quoziente Pluviometrico di Emberger	126,67	
Indice di Continentalità di Currey	1,40	
Indice di Continentalità di Conrad	39,71	
Indice di Continentalità di Gorczynski	33,31	
Evapotraspirazione Reale di Turc [mm]	530,31	
Evapotraspirazione Reale di Coutagne [mm]	634,81	
Indici di Rivas-Martinez:	Continentalità [°C]:	22,40
	Termicità:	143,60 ± 29,00
	Ombrotermico Annuale:	7,67
	Ombrotermico Estivo:	5,26
Indici di Mitrakos:	SDS (Summer Drought Stress):	100,89
	WCS (Winter Cold Stress):	-23,61
	YDS (Year Drought Stress):	287,26
	YCS (Year Cold Stress):	17,16

[C°]	gen	feb	mar	apr	mar	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Temperature	0,93	3,63	8,33	12,63	17,23	21,03	23,33	22,53	18,93	13,13	6,73	2,23
Massime	3,83	7,63	13,33	18,33	23,23	27,13	29,73	28,53	24,53	17,53	9,93	4,83
Minime	-2,07	-0,47	3,33	7,03	11,33	14,93	17,03	16,43	13,43	8,63	3,53	-0,37
Massime Estreme	11,13	15,93	21,23	25,03	30,03	32,63	34,53	33,73	30,53	24,53	16,73	11,23
Minime Estreme	-9,07	-8,07	-2,97	0,93	5,13	9,53	11,83	11,03	6,83	1,73	-3,27	-6,47
[mm]	gen	feb	mar	apr	mar	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Precipitazioni	71	64	83	89	127	113	110	129	94	109	111	56
Indice di Angot	8,66	8,64	10,12	11,22	15,49	14,24	13,42	15,73	11,85	13,29	13,99	6,83
Indice di De Martonne (mensile)	77,95	56,35	54,34	47,19	55,97	43,70	39,60	47,59	38,99	56,55	79,62	54,95
Stress di Mitrakos (idrico)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stress di Mitrakos (termico)	96,56	83,76	53,36	23,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,96	51,76	82,96

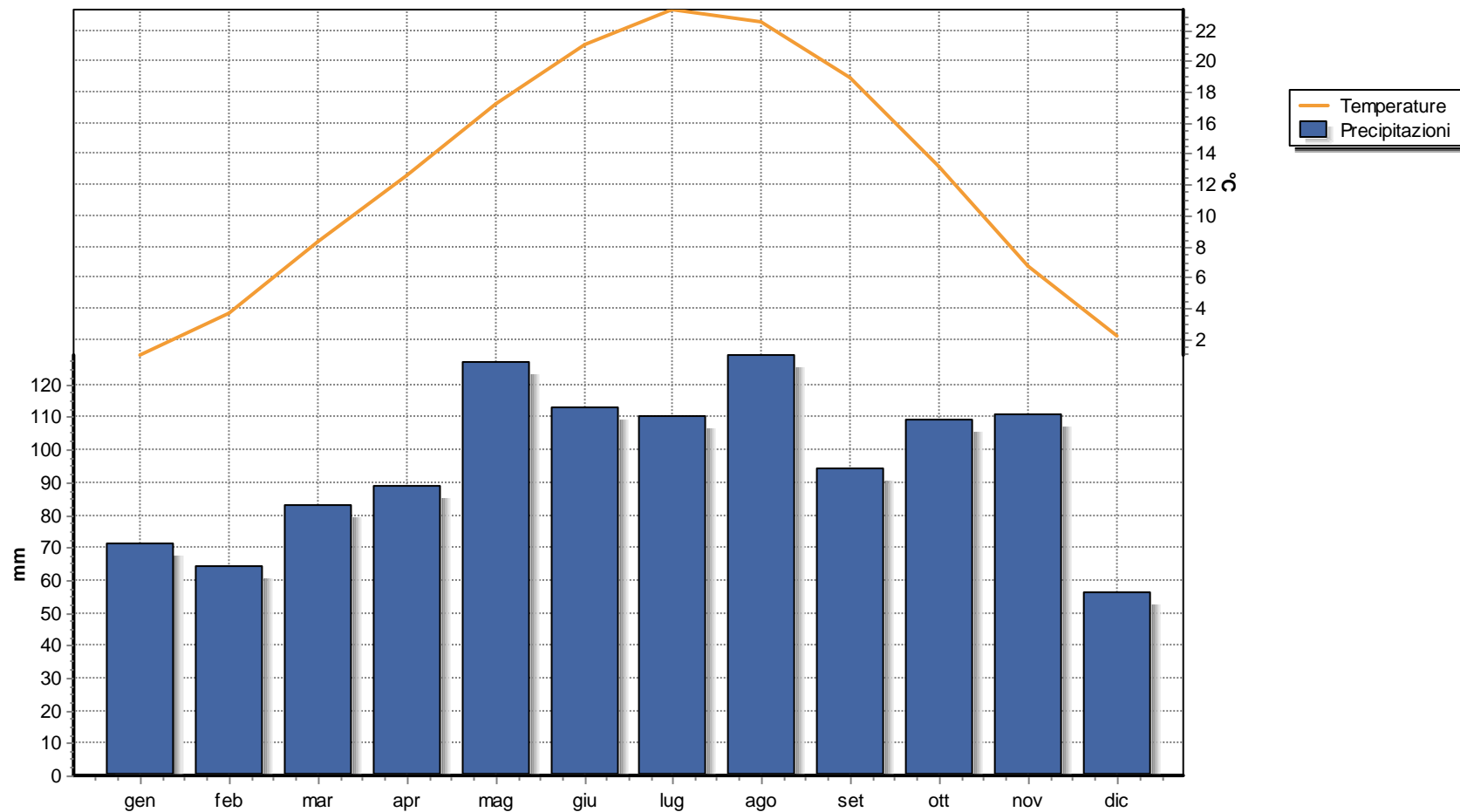
3. Diagramma Pluviometrico



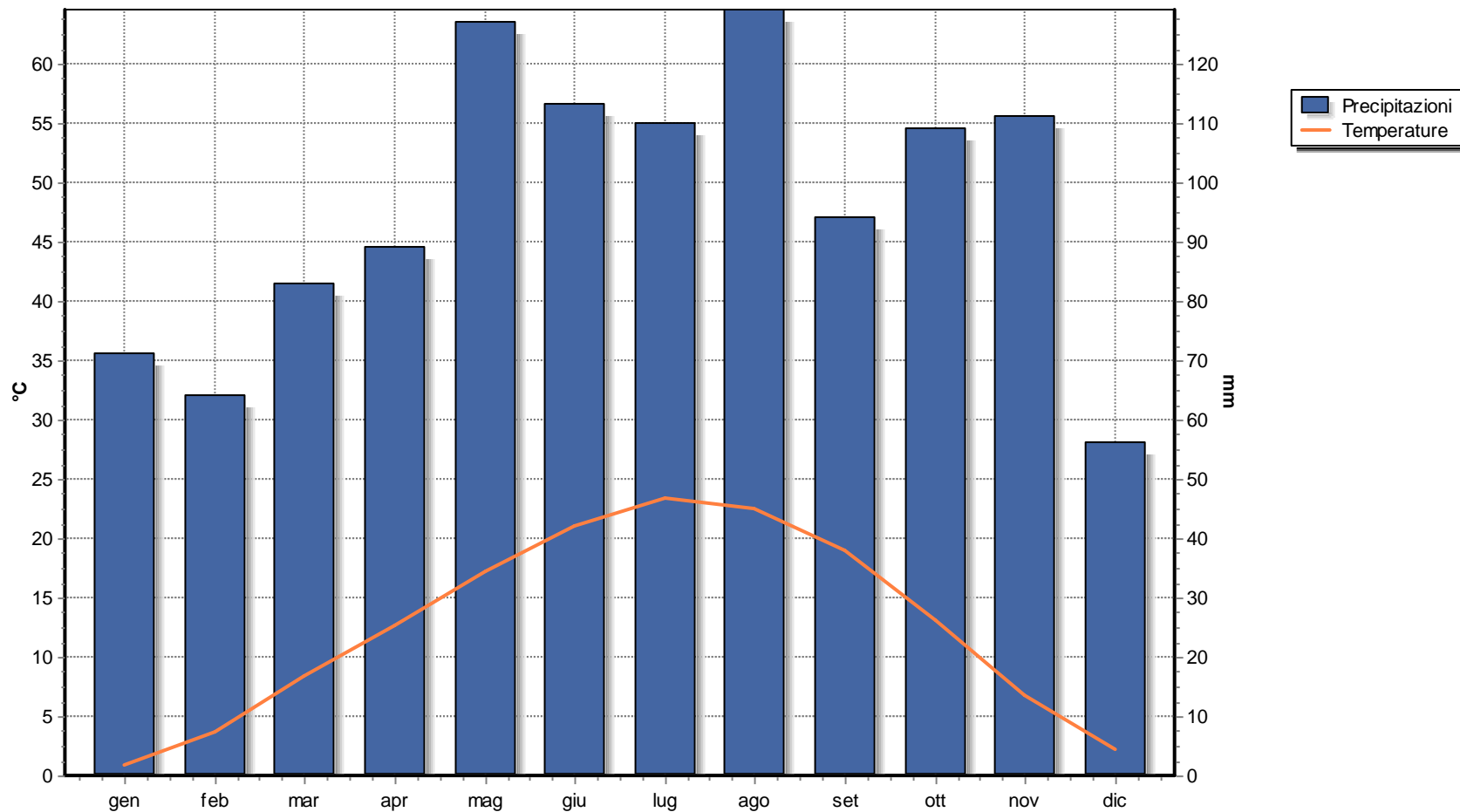
4. Diagramma Termometrico



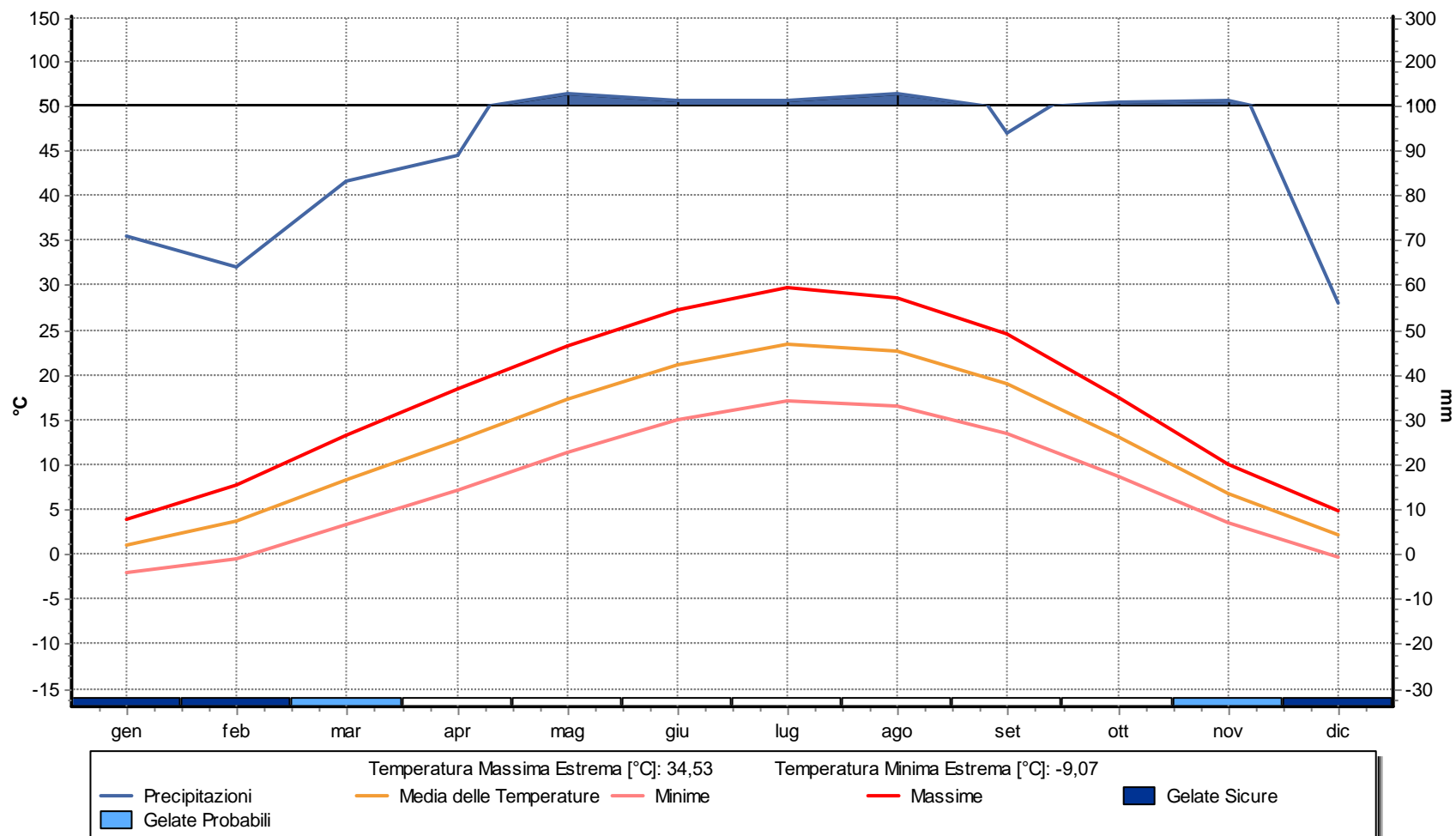
5. Diagramma Termopluviometrico



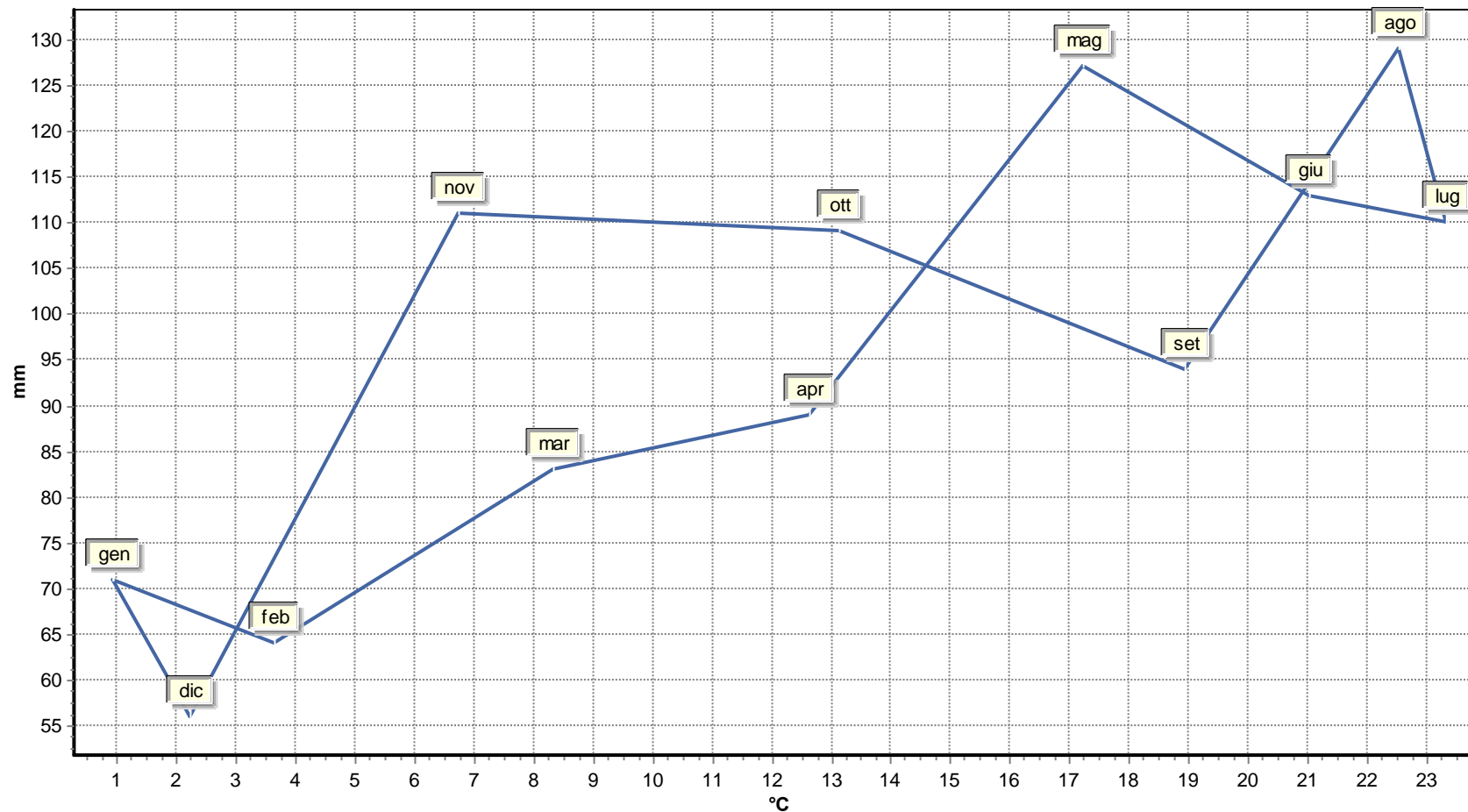
6. Diagramma Ombrotermico



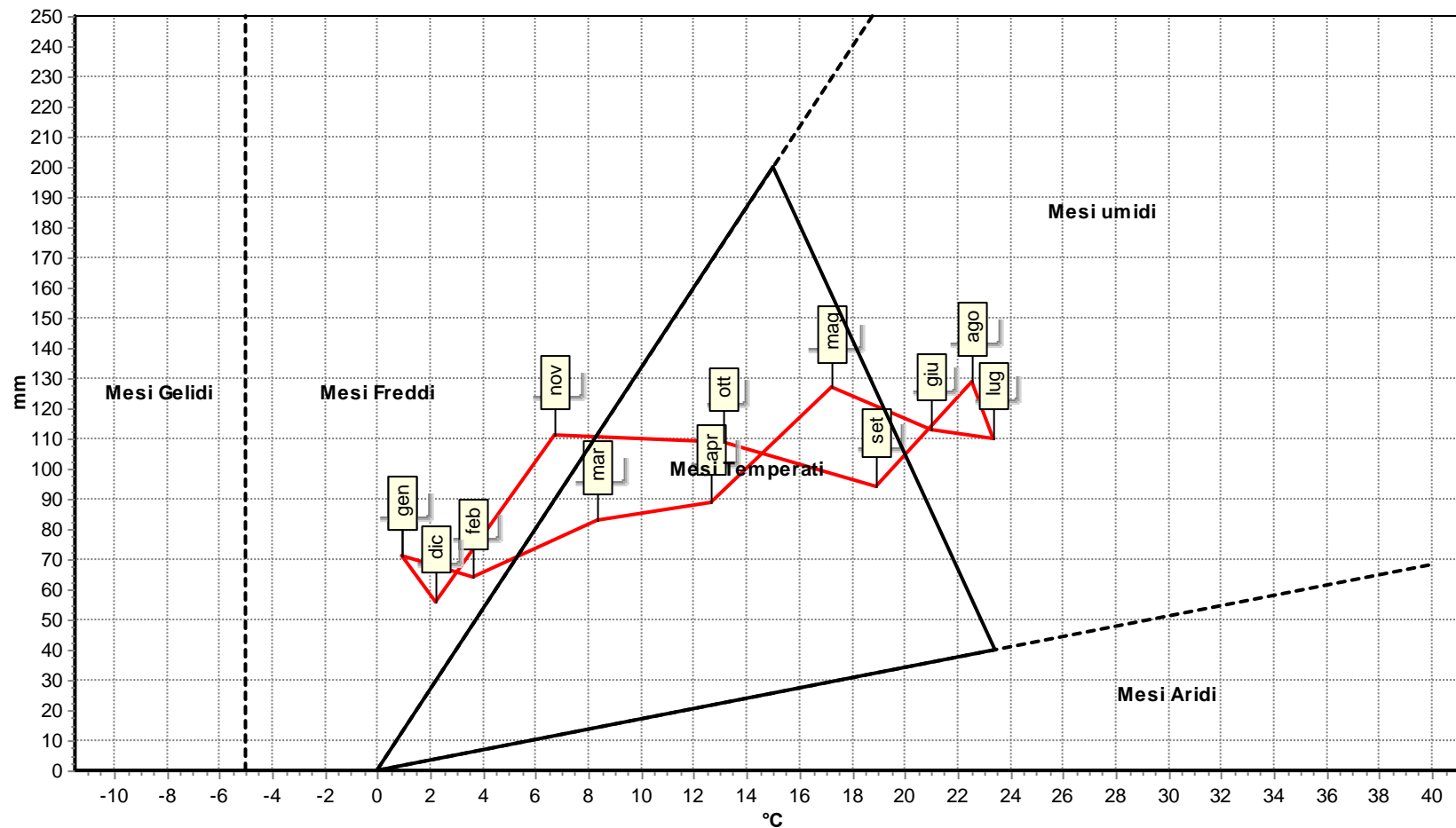
7. Diagramma Walter & Lieth



8. Climogramma Precipitazioni e Temperature



9. Climogramma di Peguy





COMUNE:
Pieve Albignola

PROVINCIA:
PV

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	Pieve Albignola
Provincia	PV
Altitudine [m]	85
Latitudine	45,1138
Longitudine	8,9625
Temperatura Massima Annuale [°C]	34,56
Temperatura Minima Annuale [°C]	-9,04

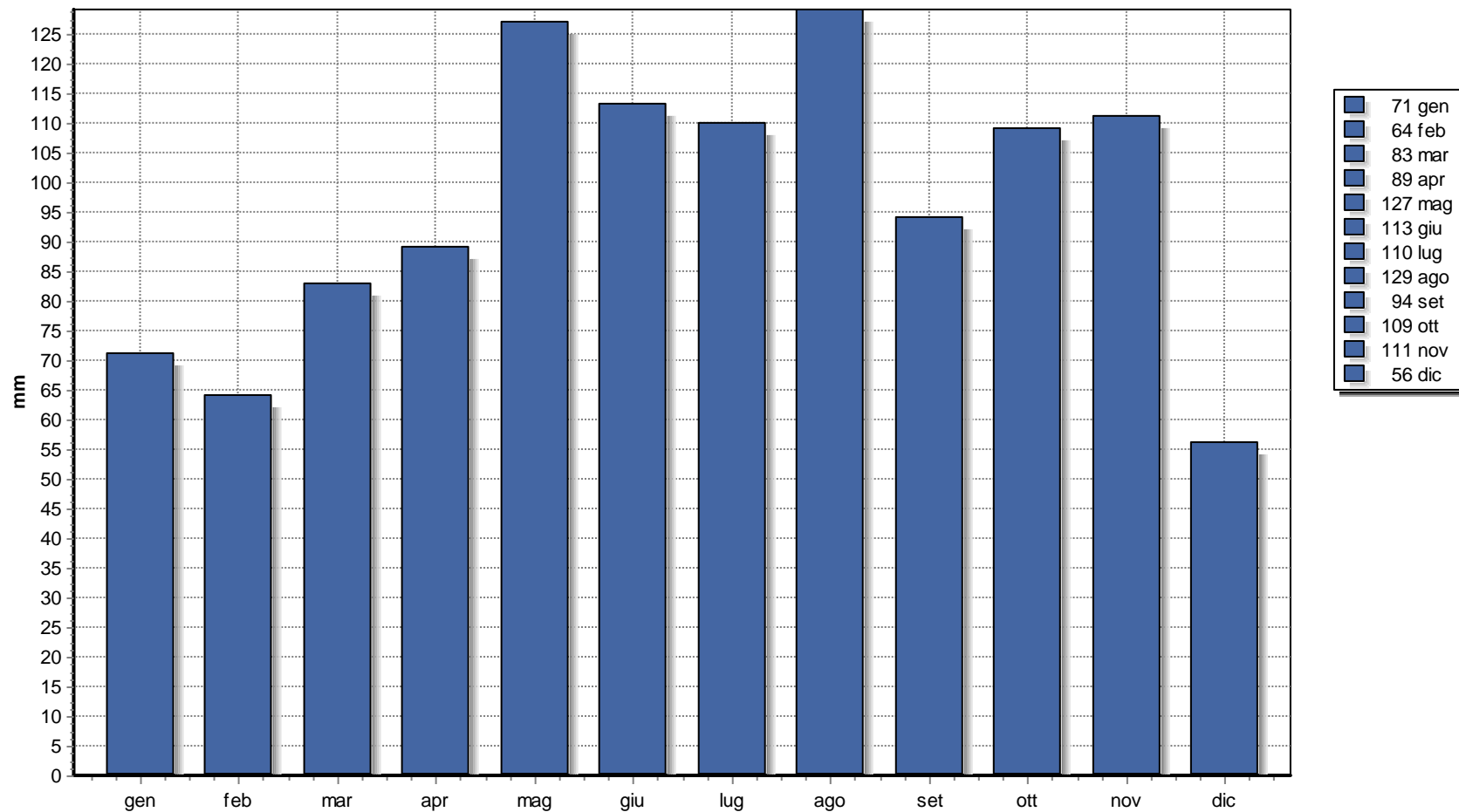
I dati climatici sono stati acquisiti dalla Norma UNI 10349 e sono relativi ad un periodo minimo di 30 anni.

2. Indici

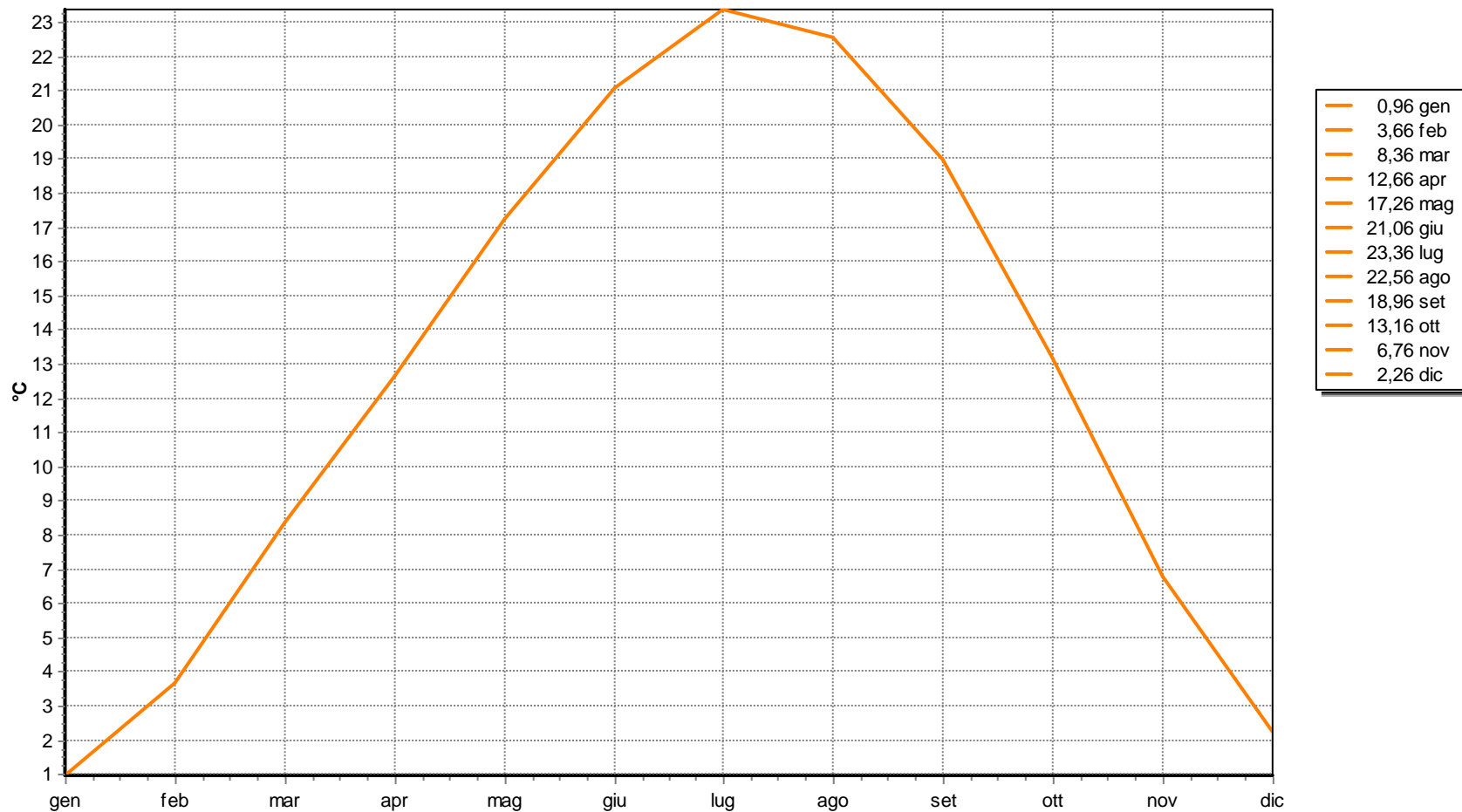
Precipitazioni [mm]:	Totale:	1156
	Media:	96,54
Temperatura Media [°C]	12,63	
Indice di Continentalità di Gams	4° 12'	
Indice di Fournier	14,40	
Evaporazione Idrologica di Keller [mm]	594,10	
Pluviofattore di Lang	91,53	
Indice di Amann	651,80	
Mesi Aridi:	Secondo Koppen:	
	Secondo Gaussen:	
Indice di De Martonne	51,08	
Indice di De Martonne-Gottmann	52,95	
Indice di Aridità di Crowther	73,92	
Indice Bioclimatico di J.L. Vernet	0,42	
Indice FAO	1,87	
Evaporazione Media mensile [mm]	100,99	
Quoziente Pluviometrico di Emberger	126,66	
Indice di Continentalità di Currey	1,40	
Indice di Continentalità di Conrad	39,75	
Indice di Continentalità di Gorczynski	33,35	
Evapotraspirazione Reale di Turc [mm]	531,16	
Evapotraspirazione Reale di Coutagne [mm]	635,66	
Indici di Rivas-Martinez:	Continentalità [°C]:	22,40
	Termicità:	144,50 ± 29,00
	Ombrotermico Annuale:	7,65
	Ombrotermico Estivo:	5,26
Indici di Mitrakos:	SDS (Summer Drought Stress):	100,98
	WCS (Winter Cold Stress):	-23,52
	YDS (Year Drought Stress):	287,62
	YCS (Year Cold Stress):	17,52

[C°]	gen	feb	mar	apr	mar	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Temperature	0,96	3,66	8,36	12,66	17,26	21,06	23,36	22,56	18,96	13,16	6,76	2,26
Massime	3,86	7,66	13,36	18,36	23,26	27,16	29,76	28,56	24,56	17,56	9,96	4,86
Minime	-2,04	-0,44	3,36	7,06	11,36	14,96	17,06	16,46	13,46	8,66	3,56	-0,34
Massime Estreme	11,16	15,96	21,26	25,06	30,06	32,66	34,56	33,76	30,56	24,56	16,76	11,26
Minime Estreme	-9,04	-8,04	-2,94	0,96	5,16	9,56	11,86	11,06	6,86	1,76	-3,24	-6,44
[mm]	gen	feb	mar	apr	mar	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Precipitazioni	71	64	83	89	127	113	110	129	94	109	111	56
Indice di Angot	8,66	8,64	10,12	11,22	15,49	14,24	13,42	15,73	11,85	13,29	13,99	6,83
Indice di De Martonne (mensile)	77,74	56,22	54,25	47,13	55,91	43,66	39,57	47,54	38,95	56,48	79,47	54,81
Stress di Mitrakos (idrico)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stress di Mitrakos (termico)	96,32	83,52	53,12	23,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,72	51,52	82,72

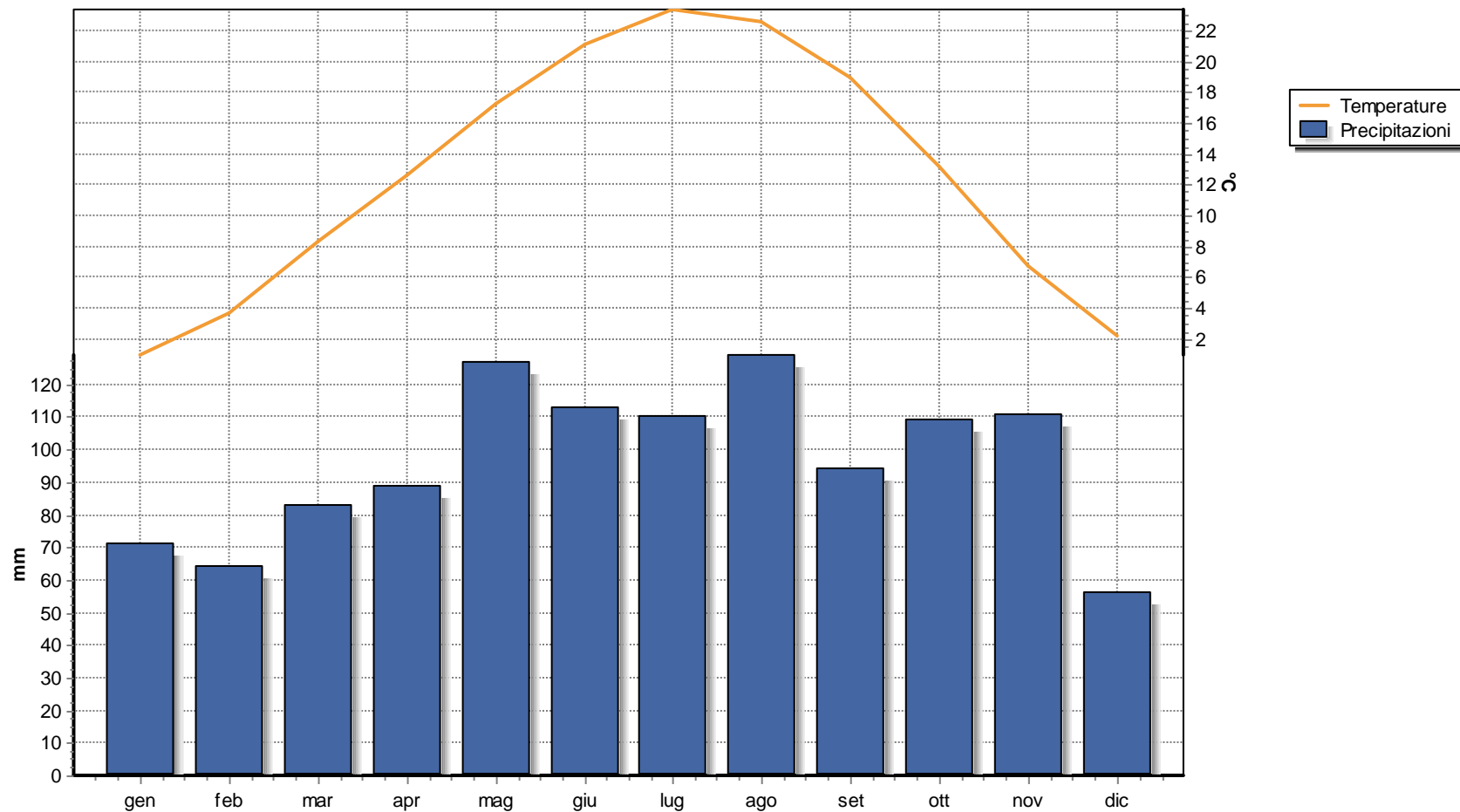
3. Diagramma Pluviometrico



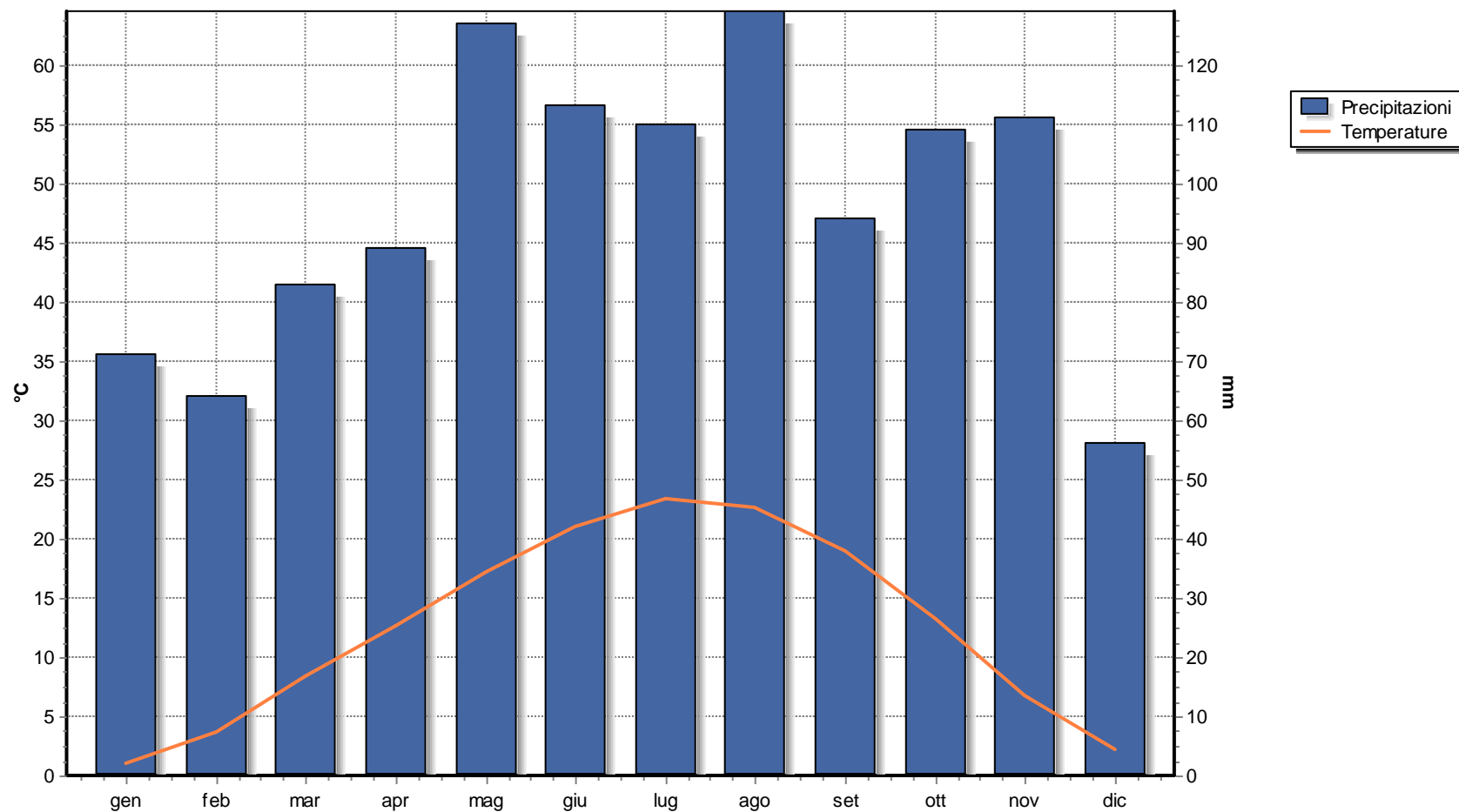
4. Diagramma Termometrico



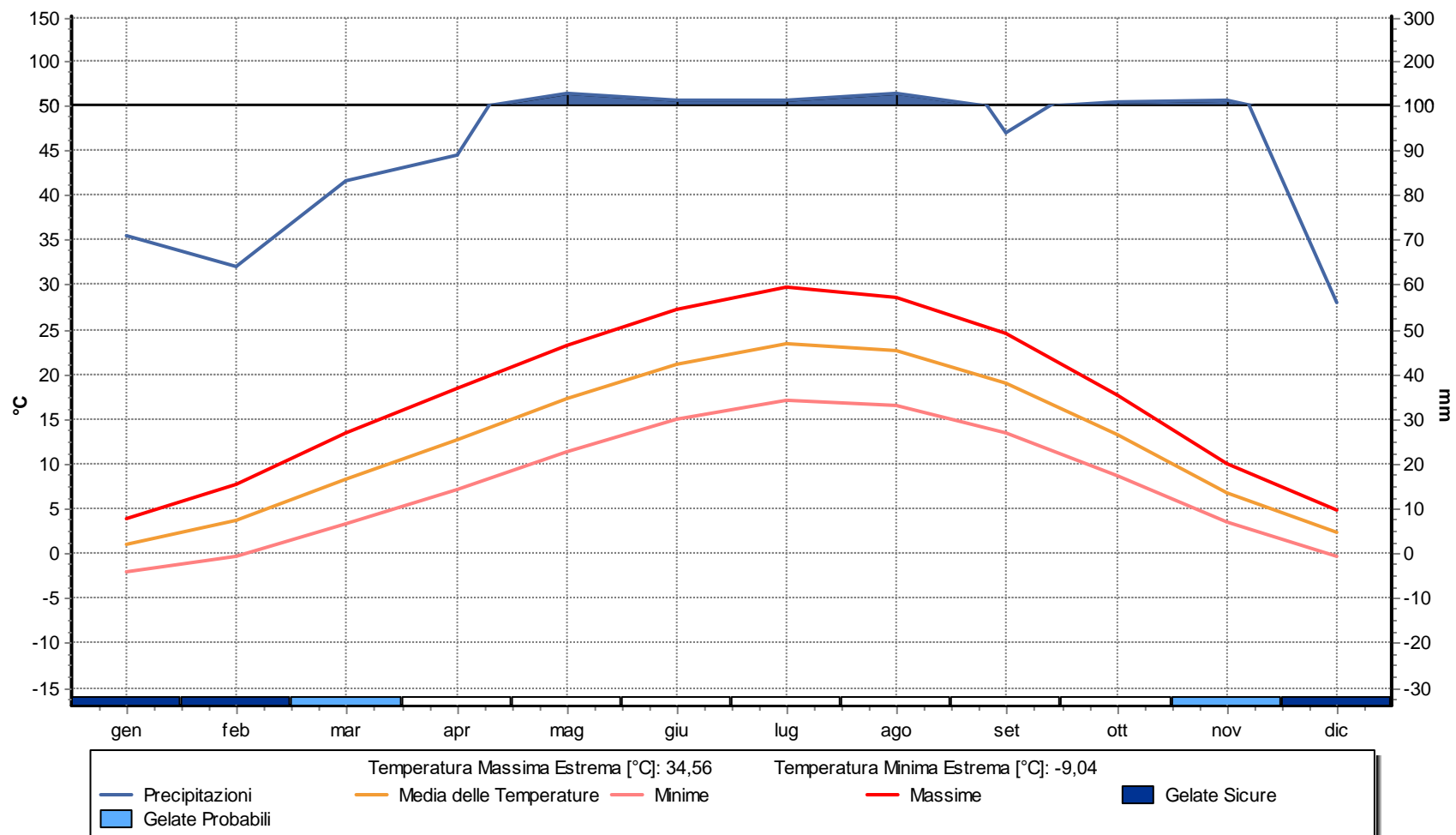
5. Diagramma Termopluviometrico



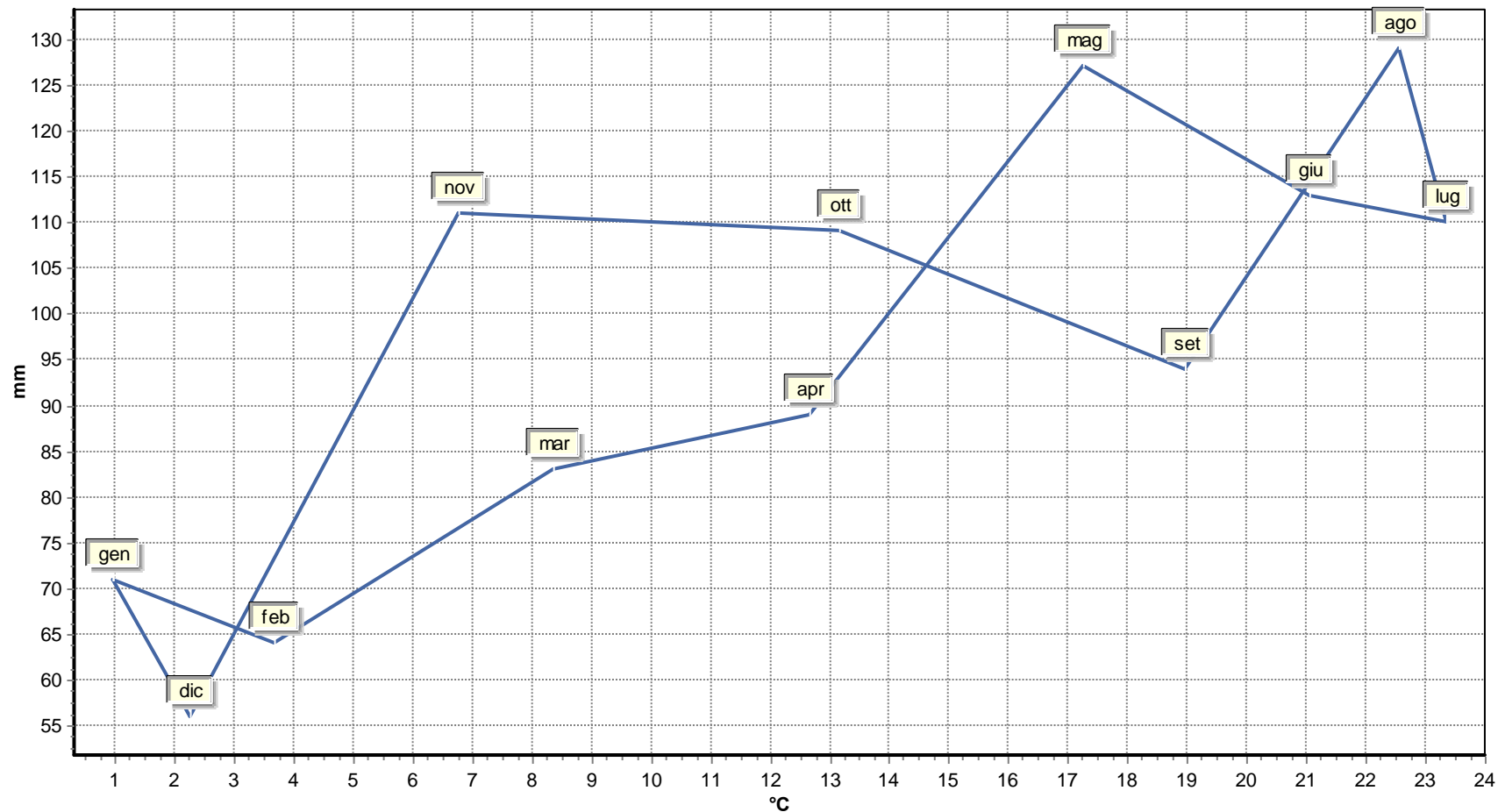
6. Diagramma Ombrotermico



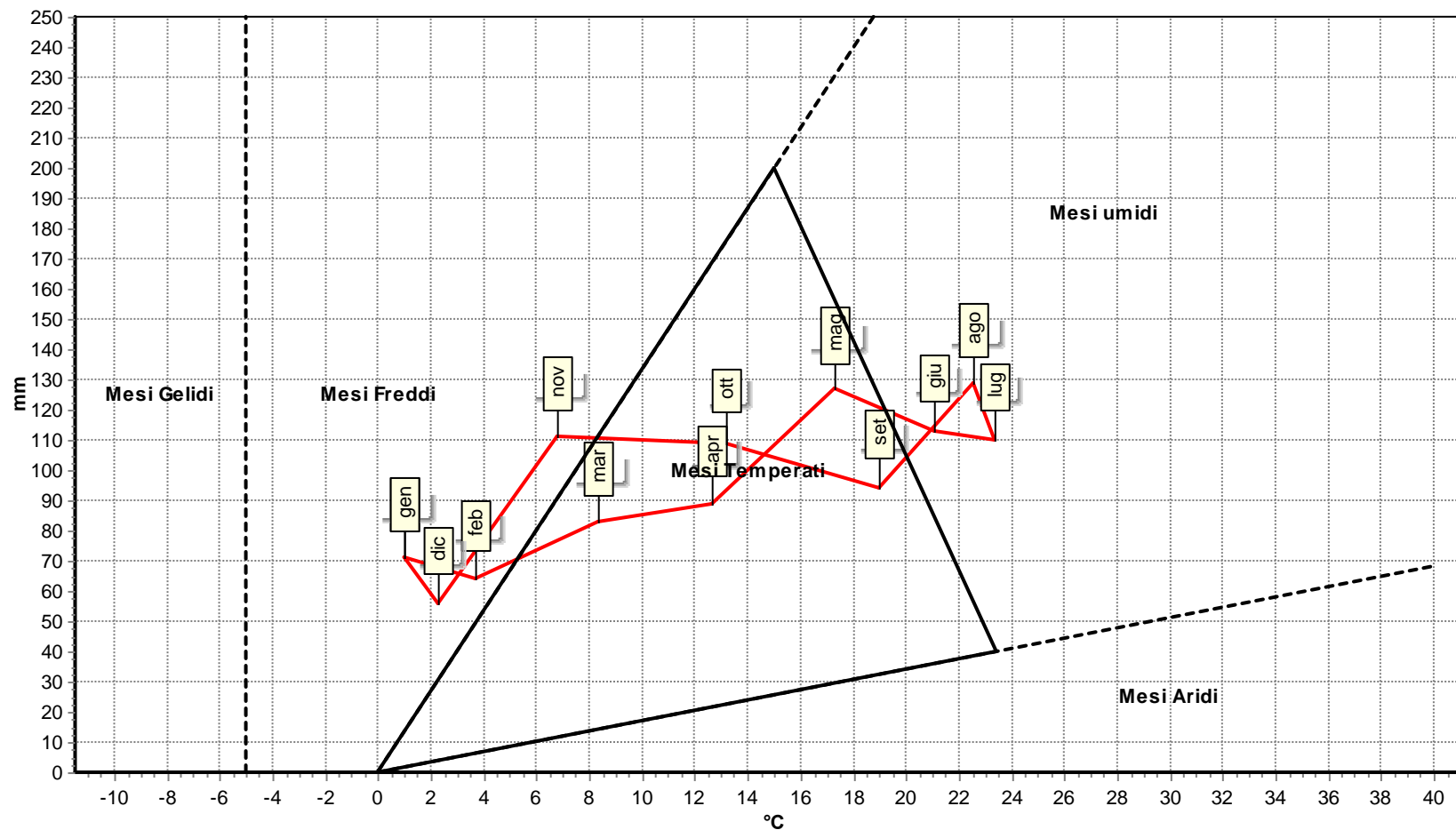
7. Diagramma Walter & Lieth



8. Climogramma Precipitazioni e Temperature



9. Climogramma di Peguy





COMUNE:
Scaldasole

PROVINCIA:
PV

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	Scaldasole
Provincia	PV
Altitudine [m]	86
Latitudine	45,1268
Longitudine	8,9107
Temperatura Massima Annuale [°C]	34,55
Temperatura Minima Annuale [°C]	-9,05

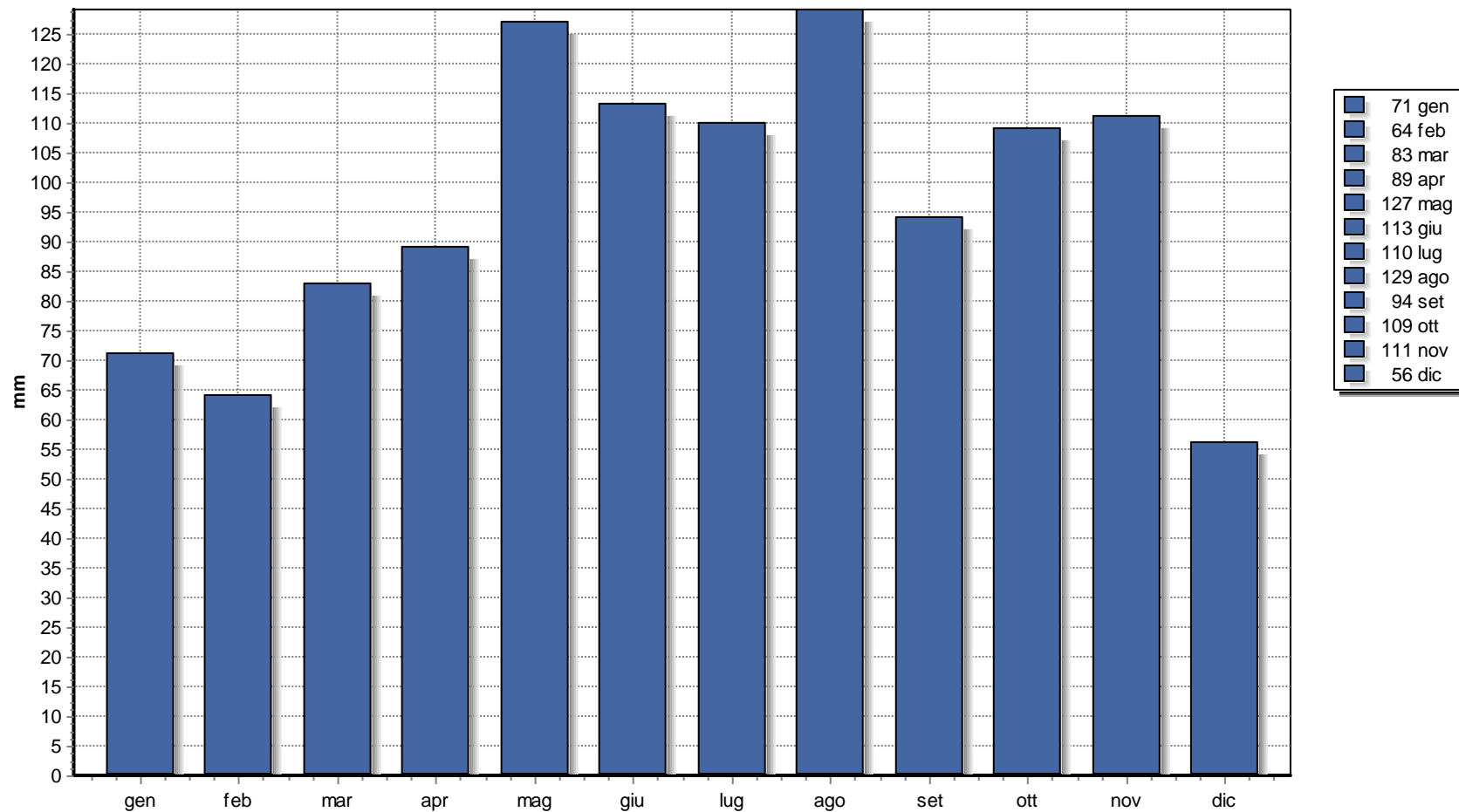
I dati climatici sono stati acquisiti dalla Norma UNI 10349 e sono relativi ad un periodo minimo di 30 anni.

2. Indici

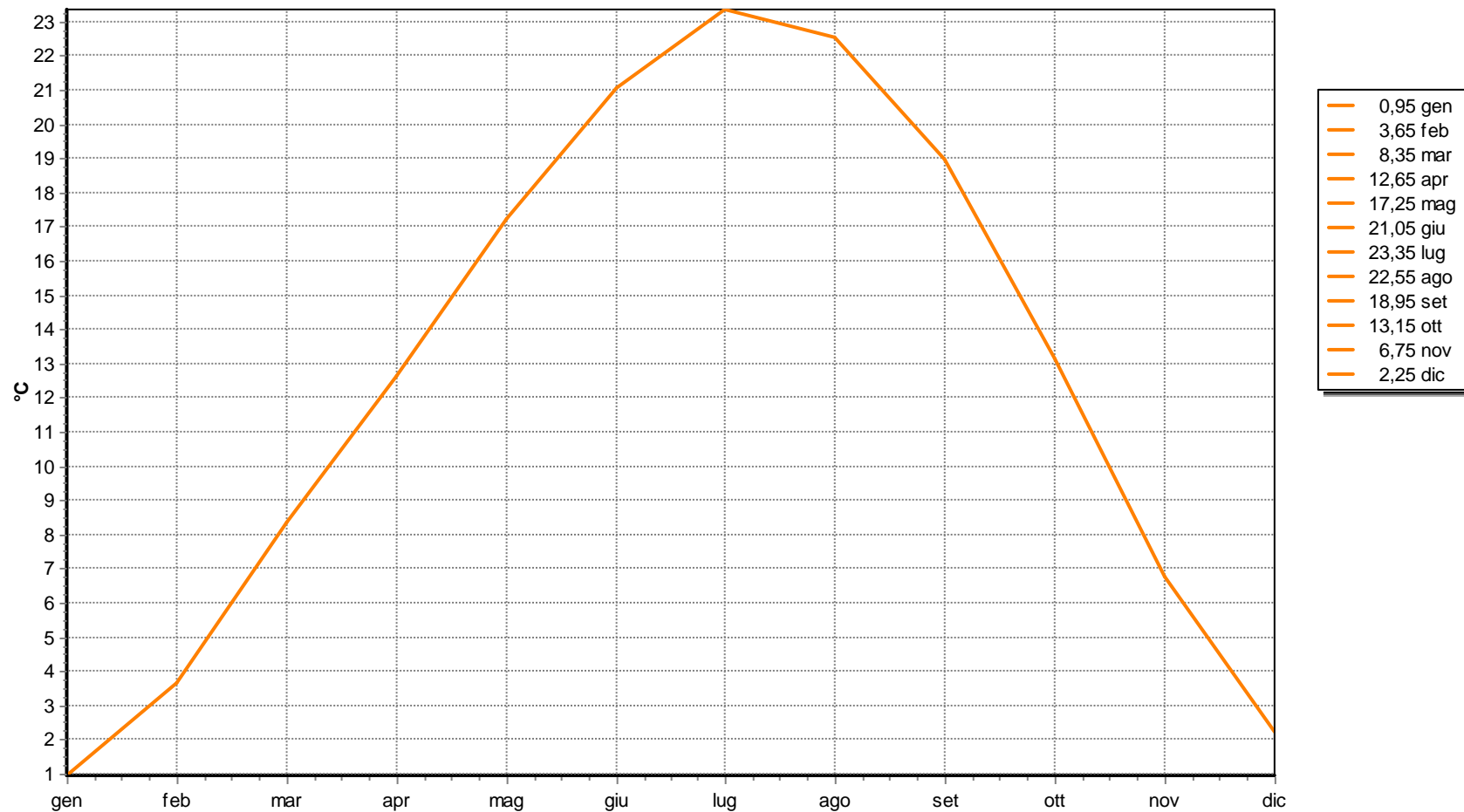
Precipitazioni [mm]:	Totale:	1156
	Media:	96,54
Temperatura Media [°C]	12,62	
Indice di Continentalità di Gams	4° 15'	
Indice di Fournier	14,40	
Evaporazione Idrologica di Keller [mm]	594,10	
Pluviofattore di Lang	91,60	
Indice di Amann	651,28	
Mesi Aridi:	Secondo Koppen:	
	Secondo Gaussen:	
Indice di De Martonne	51,11	
Indice di De Martonne-Gottmann	52,98	
Indice di Aridità di Crowther	73,95	
Indice Bioclimatico di J.L. Vernet	0,42	
Indice FAO	1,87	
Evaporazione Media mensile [mm]	100,87	
Quoziente Pluviometrico di Emberger	126,66	
Indice di Continentalità di Currey	1,40	
Indice di Continentalità di Conrad	39,73	
Indice di Continentalità di Gorczynski	33,33	
Evapotraspirazione Reale di Turc [mm]	530,88	
Evapotraspirazione Reale di Coutagne [mm]	635,38	
Indici di Rivas-Martinez:	Continentalità [°C]:	22,40
	Termicità:	144,20 ± 29,00
	Ombrotermico Annuale:	7,66
	Ombrotermico Estivo:	5,26
Indici di Mitrakos:	SDS (Summer Drought Stress):	100,95
	WCS (Winter Cold Stress):	-23,55
	YDS (Year Drought Stress):	287,50
	YCS (Year Cold Stress):	17,40

[C°]	gen	feb	mar	apr	mar	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Temperature	0,95	3,65	8,35	12,65	17,25	21,05	23,35	22,55	18,95	13,15	6,75	2,25
Massime	3,85	7,65	13,35	18,35	23,25	27,15	29,75	28,55	24,55	17,55	9,95	4,85
Minime	-2,05	-0,45	3,35	7,05	11,35	14,95	17,05	16,45	13,45	8,65	3,55	-0,35
Massime Estreme	11,15	15,95	21,25	25,05	30,05	32,65	34,55	33,75	30,55	24,55	16,75	11,25
Minime Estreme	-9,05	-8,05	-2,95	0,95	5,15	9,55	11,85	11,05	6,85	1,75	-3,25	-6,45
[mm]	gen	feb	mar	apr	mar	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Precipitazioni	71	64	83	89	127	113	110	129	94	109	111	56
Indice di Angot	8,66	8,64	10,12	11,22	15,49	14,24	13,42	15,73	11,85	13,29	13,99	6,83
Indice di De Martonne (mensile)	77,81	56,26	54,28	47,15	55,93	43,67	39,58	47,56	38,96	56,50	79,52	54,86
Stress di Mitrakos (idrico)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stress di Mitrakos (termico)	96,40	83,60	53,20	23,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,80	51,60	82,80

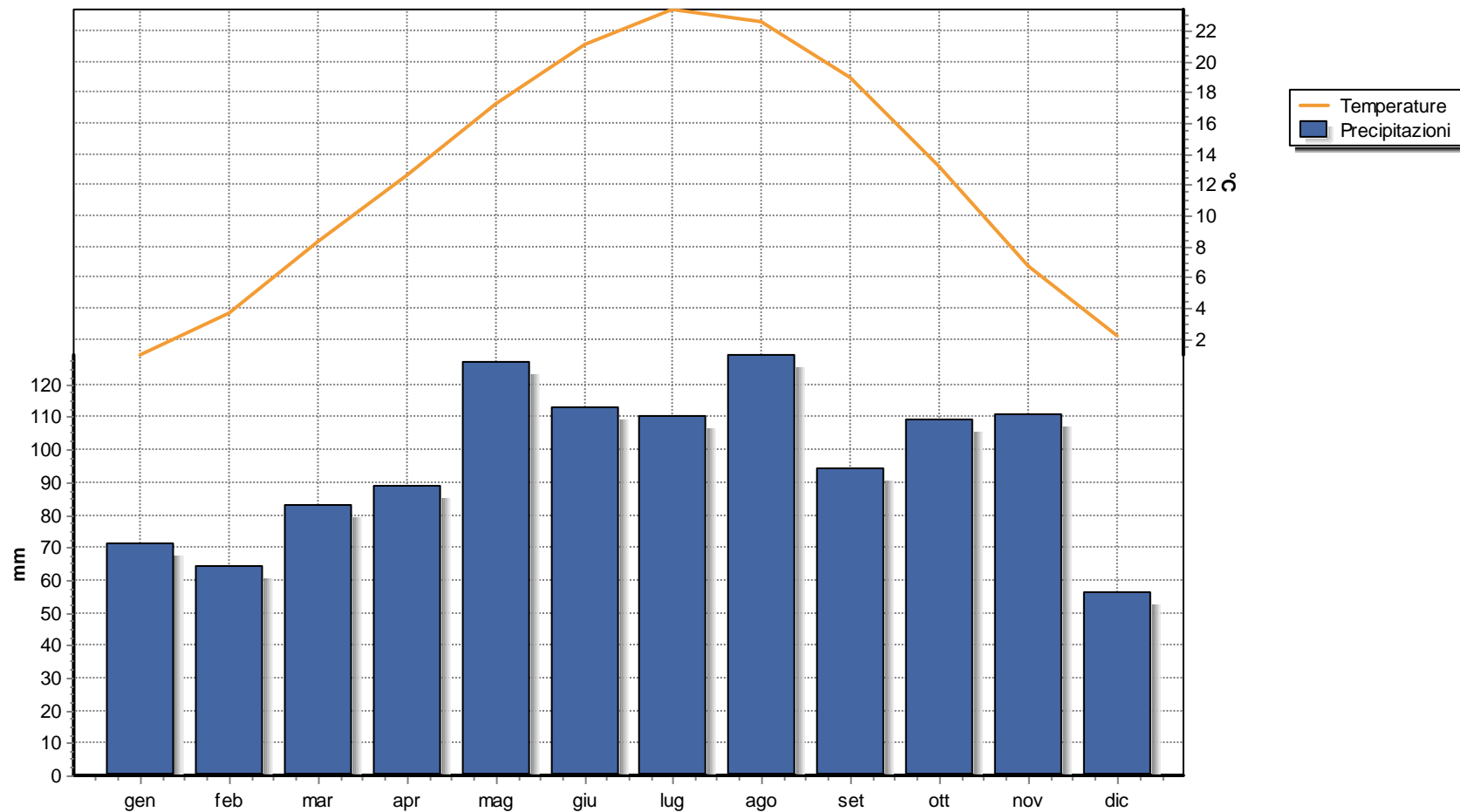
3. Diagramma Pluviometrico



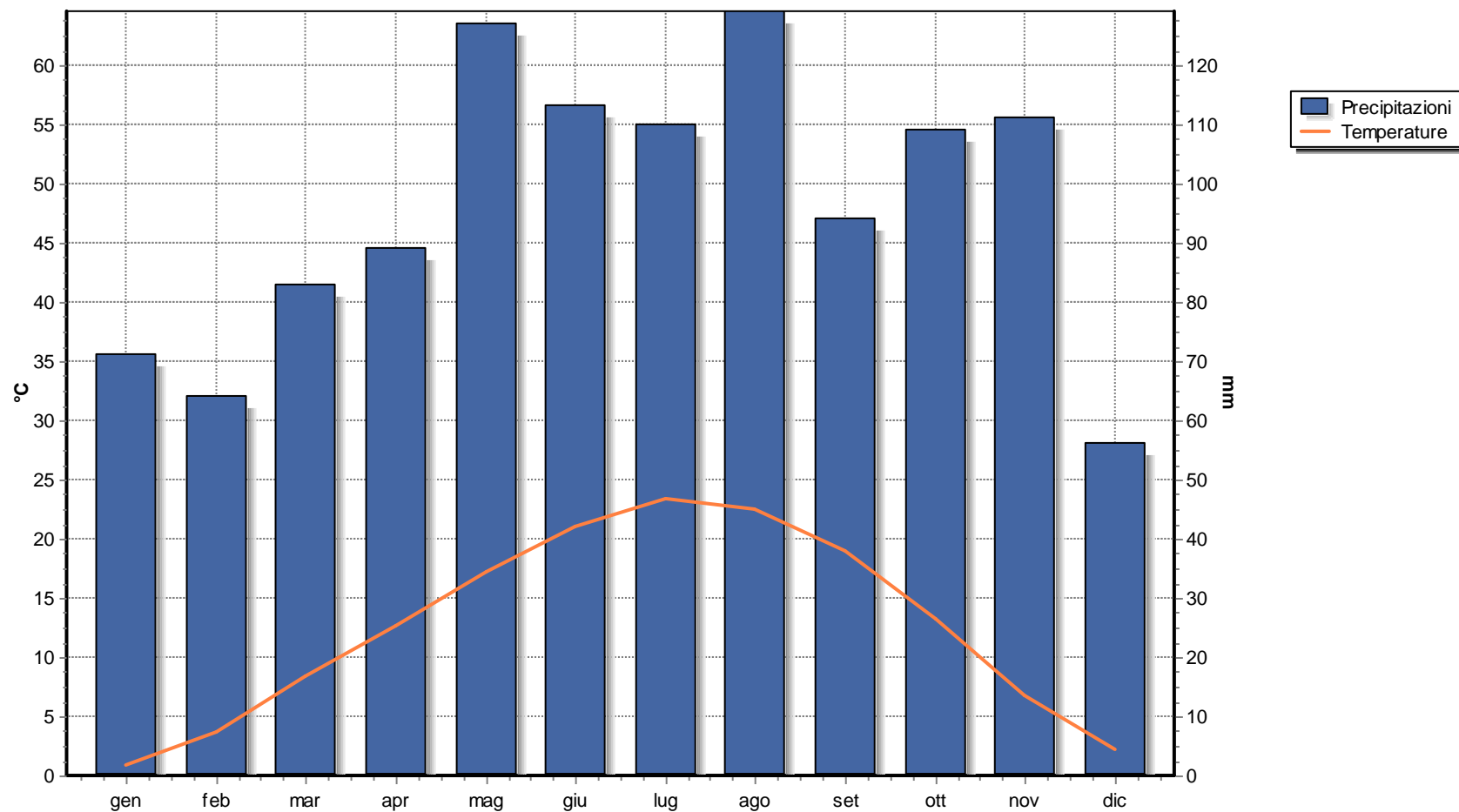
4. Diagramma Termometrico



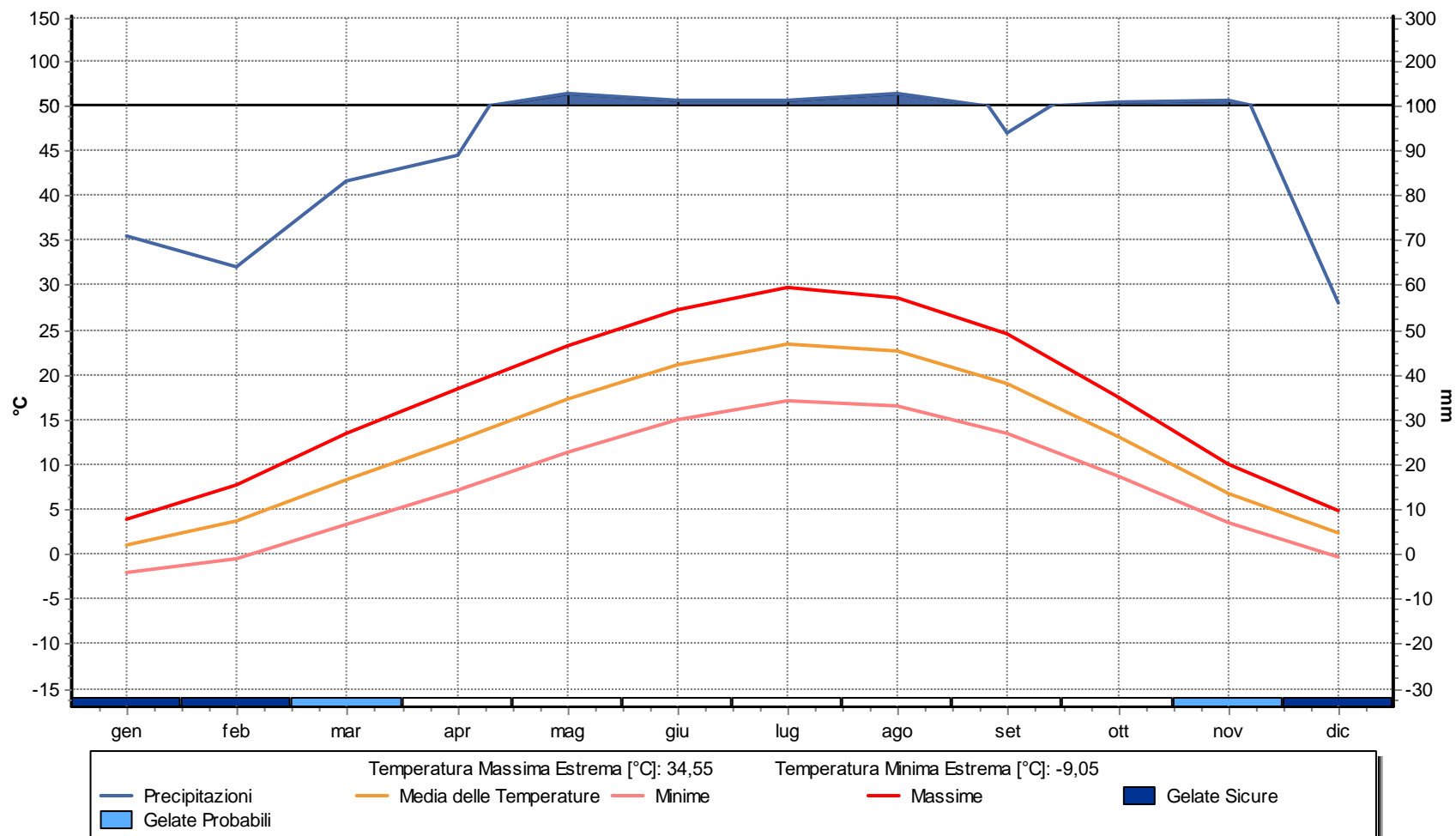
5. Diagramma Termopluviometrico



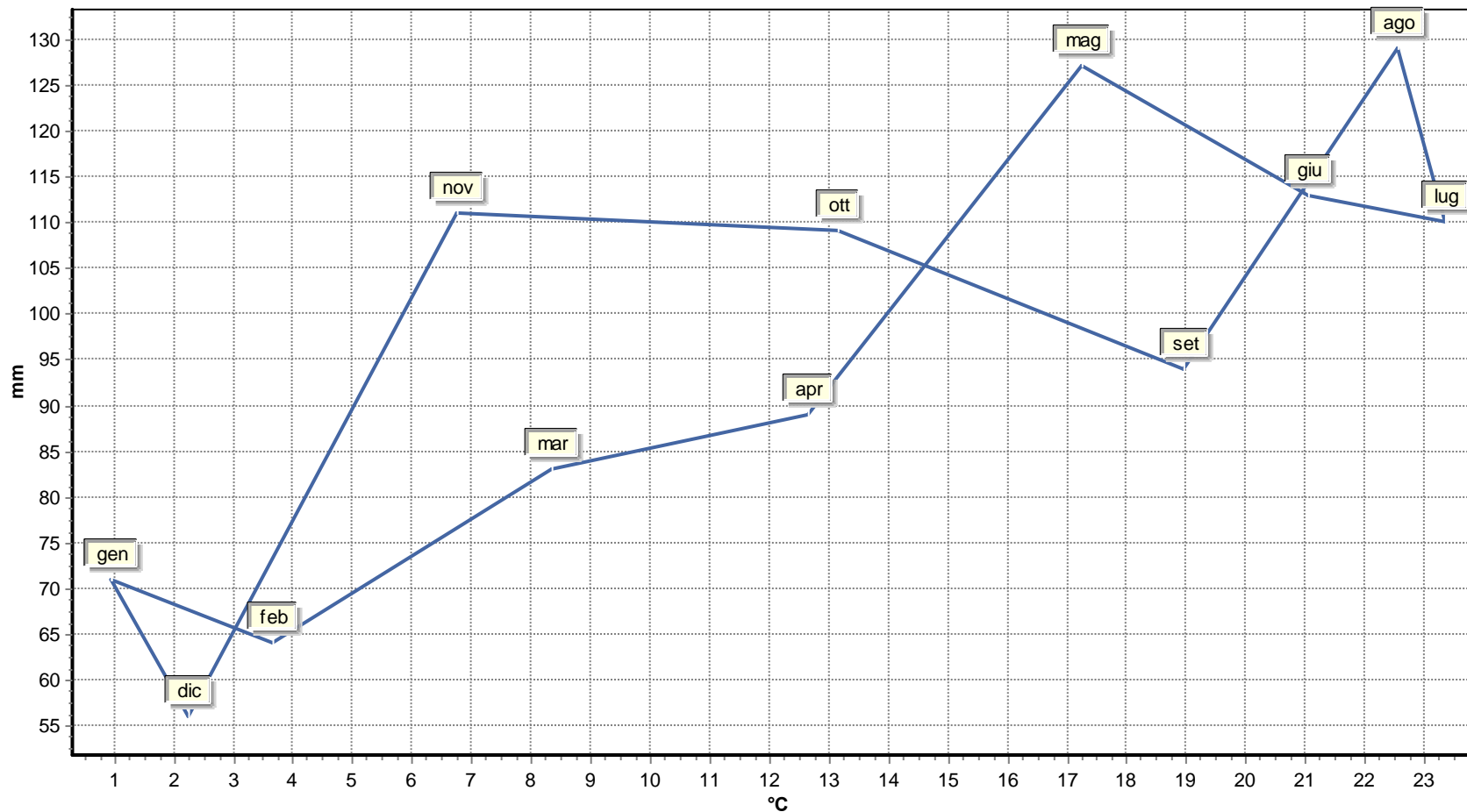
6. Diagramma Ombrotermico



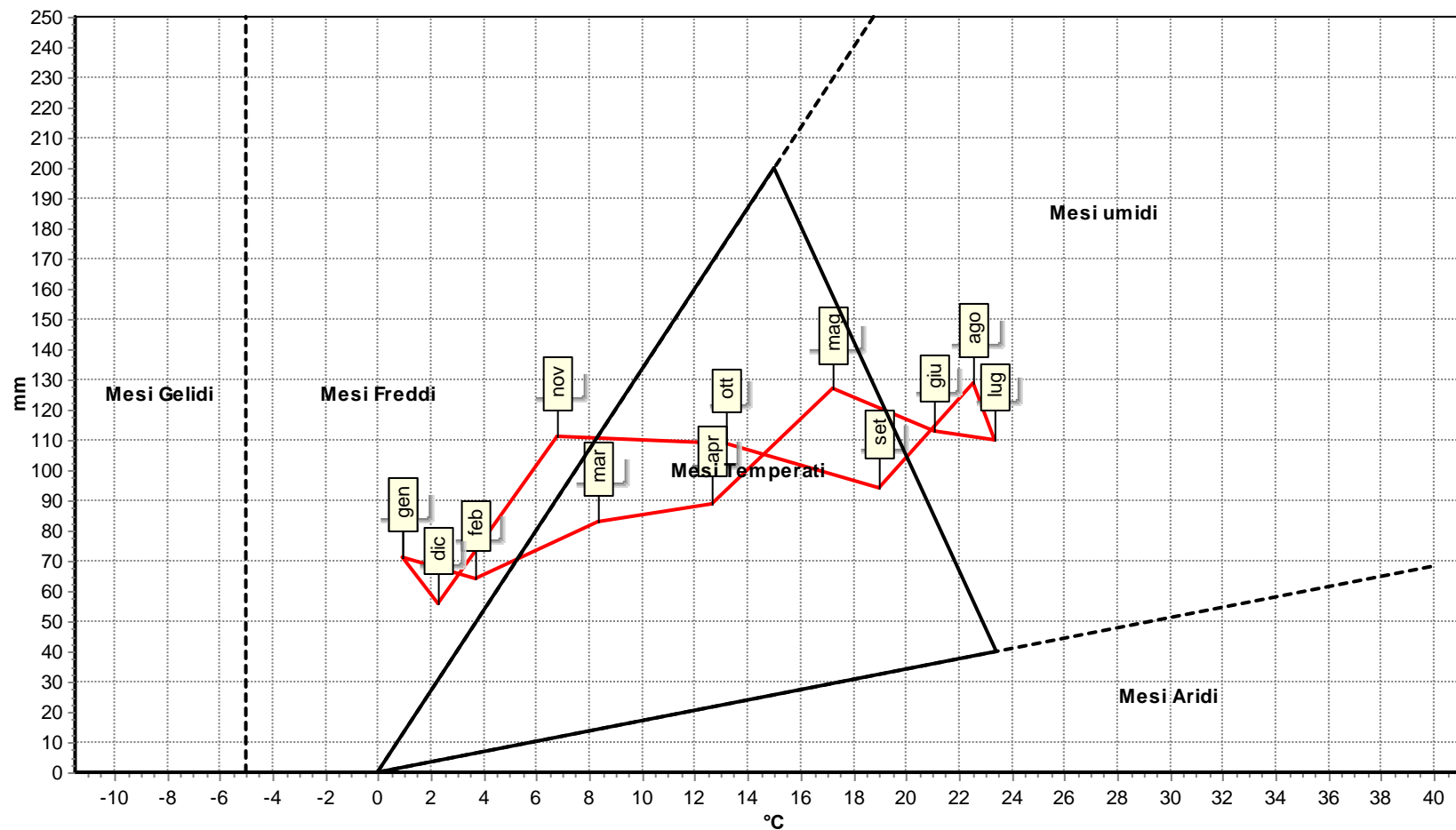
7. Diagramma Walter & Lieth



8. Climogramma Precipitazioni e Temperature



9. Climogramma di Peguy



DATI DEL CLIENTE

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

DATI DEL CAMPIONE

Etichetta campione **DORNO-NEOEN 1**
Descrizione del campione **Terreno agricolo**
Esame richiesto **Analisi chimica completa**
Luogo e punto di prelievo **Comune di Dorno (PV)**
Metodo campionamento **D.M. 13/09/1999**
Prelievo eseguito da **Cliente**
Data di accettazione **05/02/2024**
Data inizio prova **05/02/2024**

Data prelievo **30/01/2024**
Note in accettazione **//**
Data fine prova **19/02/2024**

RISULTATI DELLE PROVE

Parametro	Risultato	U ±	U.M.	Metodo	V.N.
Scheletro	< 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	Espresso saturo 7,1	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	Espresso saturo 1,40	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 1,27	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	1,77	0,09	%	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	3,06	0,15	%	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	12,5	0,5	%	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	21,6				15 - 40
Sabbia	65,9				50 - 85
Calcare Totale	Ca CO ₃ < 0,1	-	%	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	Ca CO ₃ < 0,1	-	%	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 ₅ 128	6	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 1290	65	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 668	33	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 70	3	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 20	1	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.	12,3	-	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)	2,47	-	%	Da calcolo	< 5
Ra pporto C/N	14,0	-	-	Da calcolo	-
Ra pporto Mg/K	34,0	-	-	Da calcolo	-
Ra pporto Ca/Mg	1,9	-	-	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 Legge19/07/1957
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

DATI DEL CLIENTE

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

DATI DEL CAMPIONE

Etichetta campione **DORNO-NEOEN 2**
Descrizione del campione **Terreno agricolo**
Esame richiesto **Analisi chimica completa**
Luogo e punto di prelievo **Comune di Dorno (PV)**
Metodo campionamento **D.M. 13/09/1999**
Prelievo eseguito da **Cliente**
Data di accettazione **05/02/2024**
Data inizio prova **05/02/2024**

Data prelievo **30/01/2024**
Note in accettazione **//**
Data fine prova **19/02/2024**

RISULTATI DELLE PROVE

Parametro	Risultato	U ±	U.M.	Metodo	V.N.
Scheletro	< 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	Espresso 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	Espresso saturo 0,86	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 1,07	0,05	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	1,82	0,09	%	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	3,13	0,16	%	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	10,0	0,5	%	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	24,6				15 - 40
Sabbia	65,4				50 - 85
Calcare Totale	Ca CO ₃ < 0,1	-	%	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	Ca CO ₃ < 0,1	-	%	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 ₅ 168	8	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 2711	136	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 380	19	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 65	3	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 26	1	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.	17,0	-	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)	1,67	-	%	Da calcolo	< 5
Ra pporto C/N	17,0	-	-	Da calcolo	-
Ra pporto Mg/K	14,6	-	-	Da calcolo	-
Ra pporto Ca/Mg	7,1	-	-	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 Legge19/07/1957 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".

FINE RAPPORTO DI PROVA

IL RESPONSABILE DI LABORATORIO

Dott. TINO LORIA




DATI DEL CLIENTE

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

DATI DEL CAMPIONE

Etichetta campione **DORNO-NEOEN 3**
Descrizione del campione **Terreno agricolo**
Esame richiesto **Analisi chimica completa**
Luogo e punto di prelievo **Comune di Dorno (PV)**
Metodo campionamento **D.M. 13/09/1999**
Prelievo eseguito da **Cliente**
Data di accettazione **05/02/2024**
Data inizio prova **05/02/2024**

Data prelievo **30/01/2024**
Note in accettazione **//**
Data fine prova **19/02/2024**

RISULTATI DELLE PROVE

Parametro	Risultato	U ±	U.M.	Metodo	V.N.
Scheletro	< 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	Espresso saturo 6,9	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	Espresso saturo 0,85	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 1,76	0,09	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	2,37	0,12	%	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	4,09	0,20	%	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	12,5	0,5	%	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	24,9				15 - 40
Sabbia	62,6				50 - 85
Calcare Totale	Ca CO ₃ < 0,1	-	%	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	Ca CO ₃ < 0,1	-	%	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 ₅ 113	6	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 1357	68	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 251	13	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 89	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 44	2	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.	9,3	-	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)	4,13	-	%	Da calcolo	< 5
Ra pporto C/N	13,5	-	-	Da calcolo	-
Ra pporto Mg/K	5,8	-	-	Da calcolo	-
Ra pporto Ca/Mg	5,4	-	-	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 Legge19/07/1957 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".

FINE RAPPORTO DI PROVA

IL RESPONSABILE DI LABORATORIO

Dott. TINO LORIA




Comuni di: DORNO
 Comuni di: SCALDASOLE
 Comuni di: PIEVE ALBIGNOLA
 Provincia di: PAVIA
 Regione: LOMBARDIA



PROPONENTE

NEOEN

NEOEN RENEWABLES ITALIA srl
 Via Giuseppe Rovani, 7 - 20123 MILANO (MI)

OPERA

PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 104.734,56 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

"SOLARE DORNO - NEOEN"

OGGETTO

TITOLO DELL' ELABORATO:

SPETTRI E PARAMETRI SISMICI

DATA:

17/07/2024

N°/CODICE ELABORATO:

Tipologia: ALL (ALLEGATI)

ALL

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



00	202304086	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.=	45,139000	Lon.=	8,948000					
Coordinate ED50		Lat.=	45,139945	Lon.=	8,949059					
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	0,020	2,531	0,180			SLO	30	0,020	2,531	0,180
50	0,026	2,530	0,200			SLD	35	0,021	2,531	0,186
72	0,030	2,519	0,215			SLV	332	0,052	2,551	0,274
101	0,034	2,538	0,227			SLC	682	0,067	2,570	0,283
140	0,038	2,552	0,246							
201	0,044	2,523	0,267							
475	0,059	2,571	0,279			ID	Lat.	Lon.	d	
975	0,075	2,569	0,286			13811	45,09941	8,959642	4,5831	
2475	0,102	2,555	0,294			13810	45,09672	8,889043	6,7288	
						13589	45,14934	8,955914	1,1749	
						13588	45,14665	8,885196	5,0639	
SUOLO		C			Ss =	1,500	St =	1,000		
CAT. TOPOGRAFICA		T1			Tb =	0,147	Tc =	0,441	Td =	1,809
STATO LIMITE		SLV			ag ancoraggio =	0,078	ag,plateau =	0,200		

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

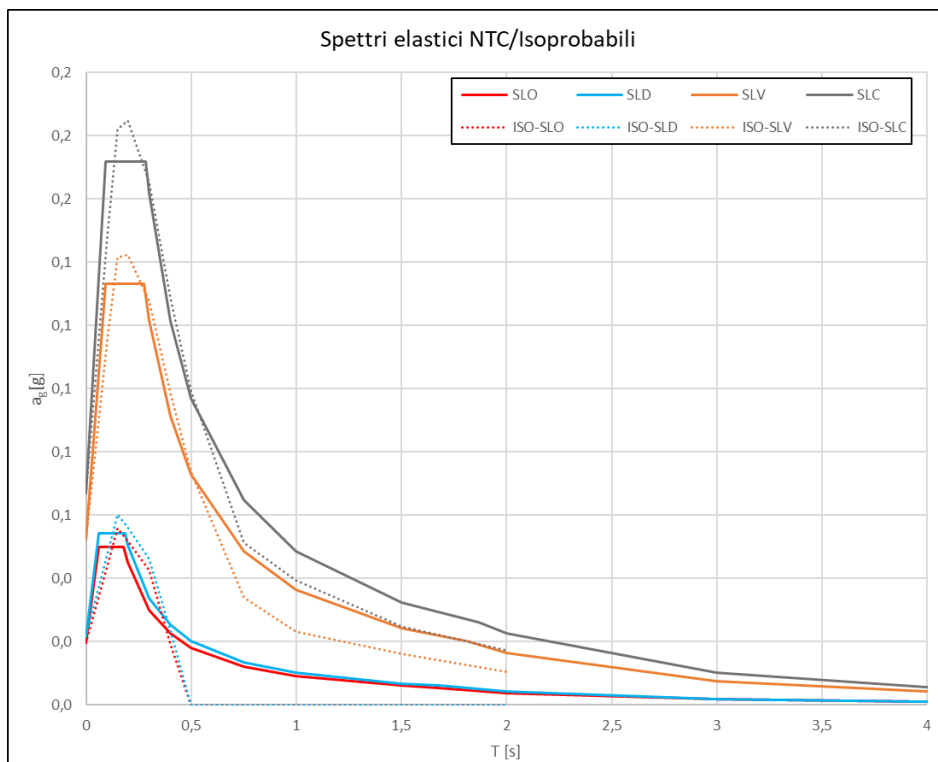


Figura 2. Spettri elastici NTC/isoprobabili (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

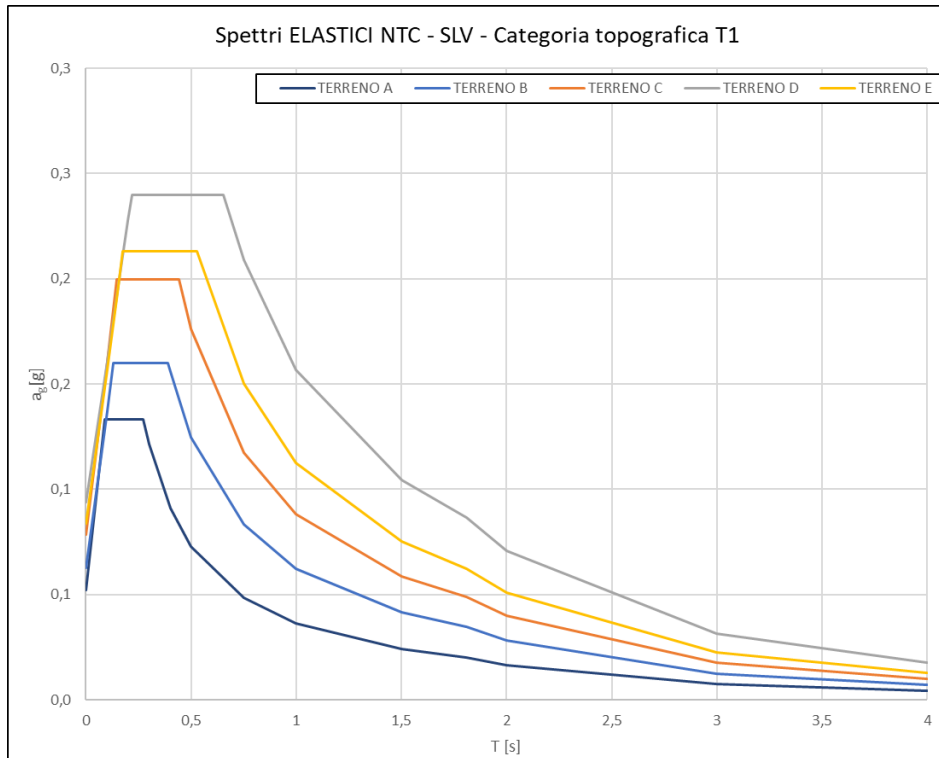


Figura 3. Spettri elastici per SLV (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

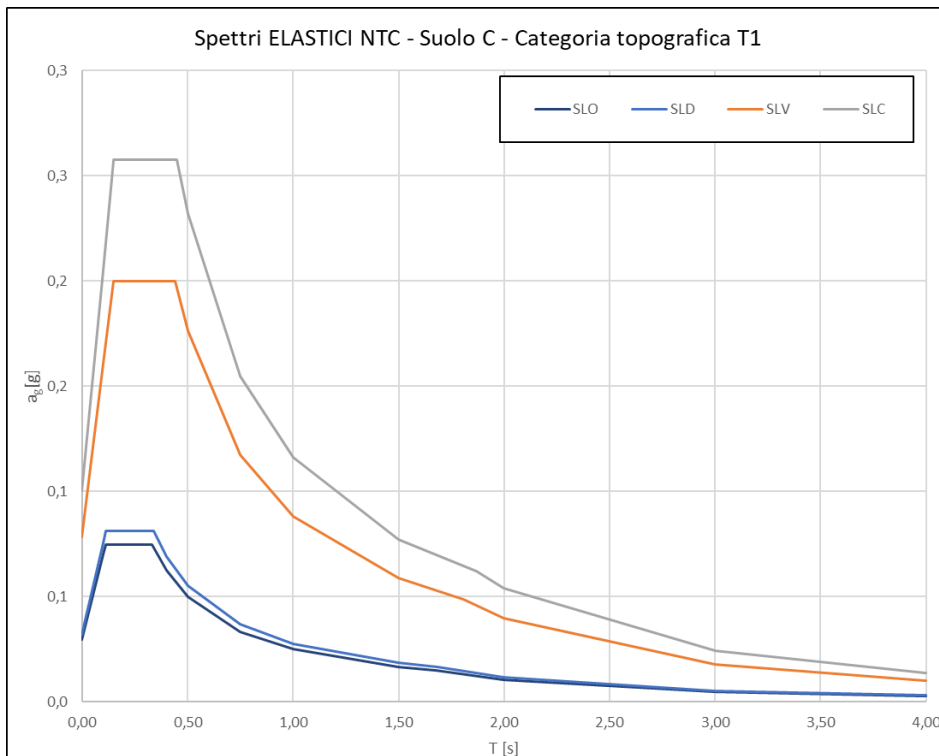


Figura 4. Spettri elastici per categoria di sottosuolo C (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

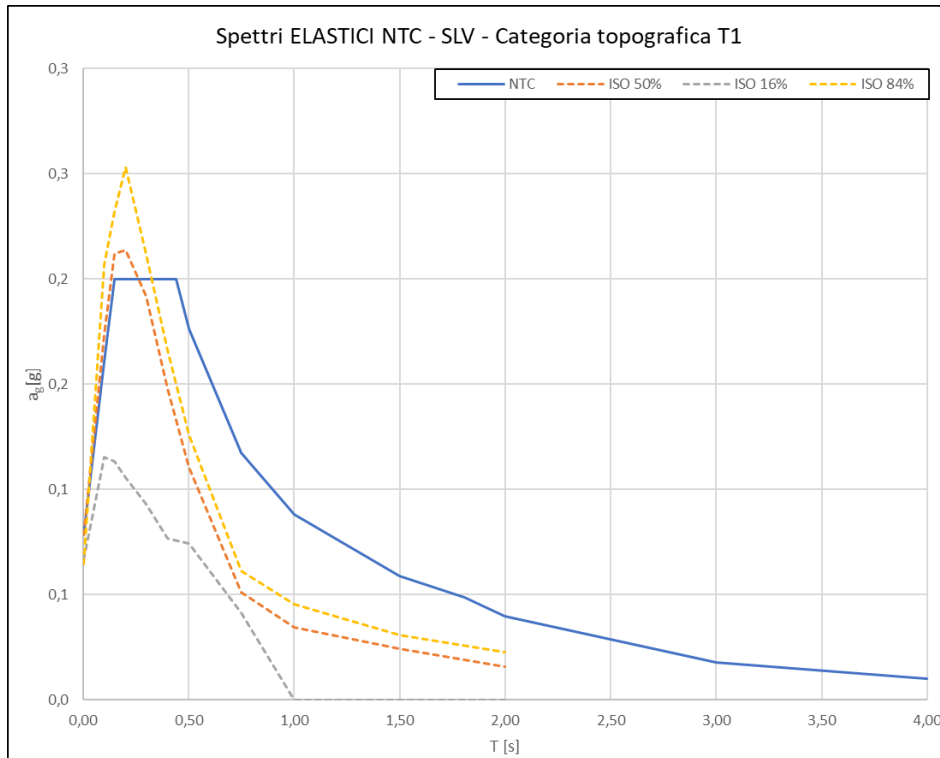


Figura 5. Spettri elastici per SLV (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

Coordinate WGS84		Lat.=	45,139000	Lon.=	8,948000					
Coordinate ED50		Lat.=	45,139945	Lon.=	8,949059					
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	0,020	2,531	0,180		SLO	30	0,020	2,531	0,180	
50	0,026	2,530	0,200		SLD	35	0,021	2,531	0,186	
72	0,030	2,519	0,215		SLV	332	0,052	2,551	0,274	
101	0,034	2,538	0,227		SLC	682	0,067	2,570	0,283	
140	0,038	2,552	0,246							
201	0,044	2,523	0,267		ID	Lat.	Lon.	d		
475	0,059	2,571	0,279		13811	45,09941	8,959642	4,5831		
975	0,075	2,569	0,286		13810	45,09672	8,889043	6,7288		
2475	0,102	2,555	0,294		13589	45,14934	8,955914	1,1749		
					13588	45,14665	8,885196	5,0639		
SUOLO		C			Ss =	1,500	St =	1,000		
CAT. TOPOGRAFICA		T1			Tb =	0,150	Tc =	0,450	Td =	1,867
STATO LIMITE		SLC			ag ancoraggio =	0,100	ag,plateau =	0,258		

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

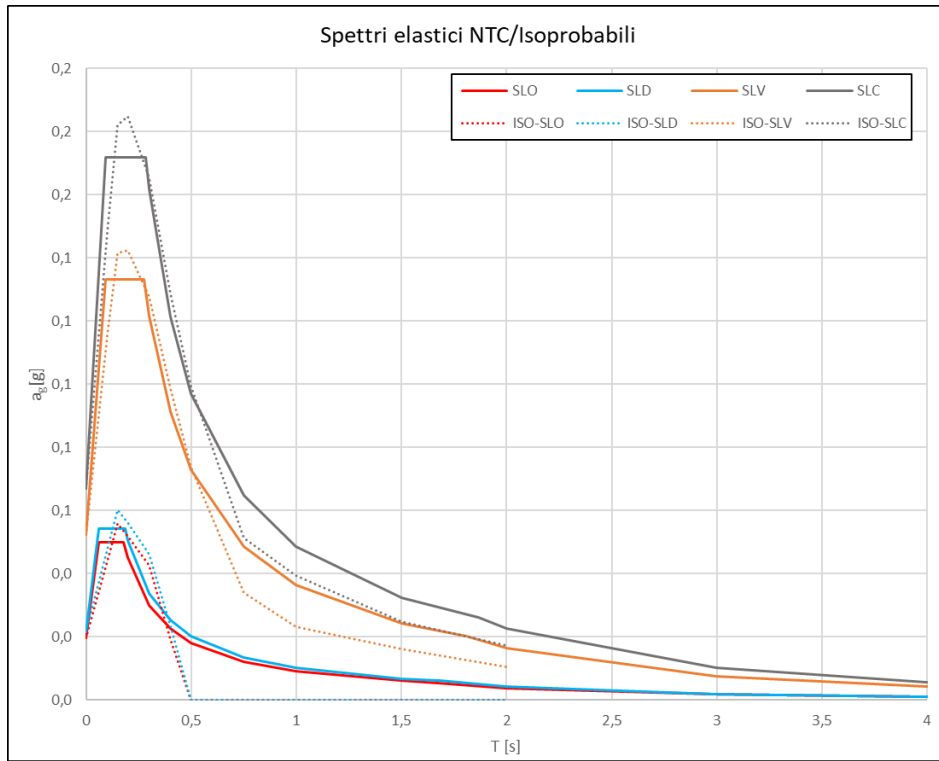


Figura 6. Spettri elastici NTC/isoprobabili (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

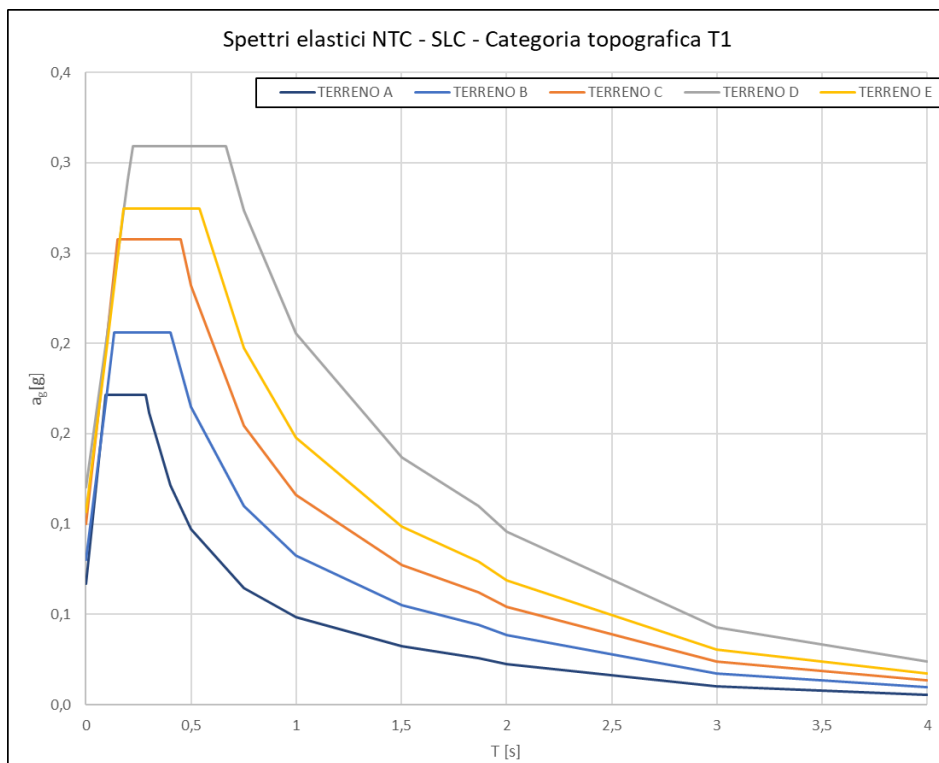


Figura 7. Spettri elastici per SLC (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

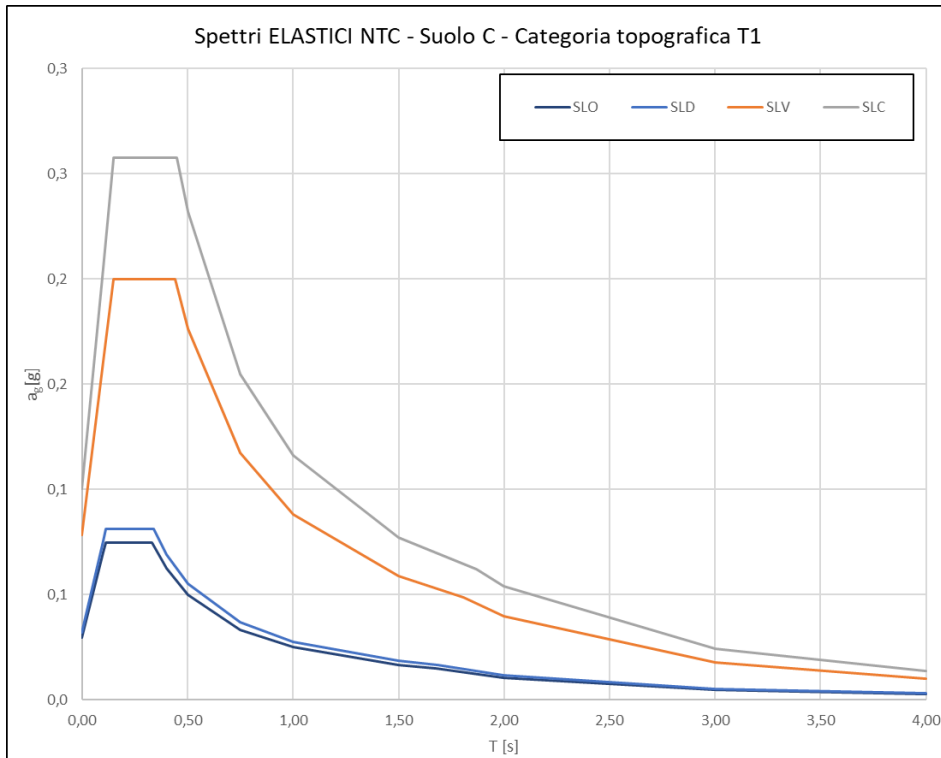


Figura 8. Spettri elastici per categoria di sottosuolo C (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

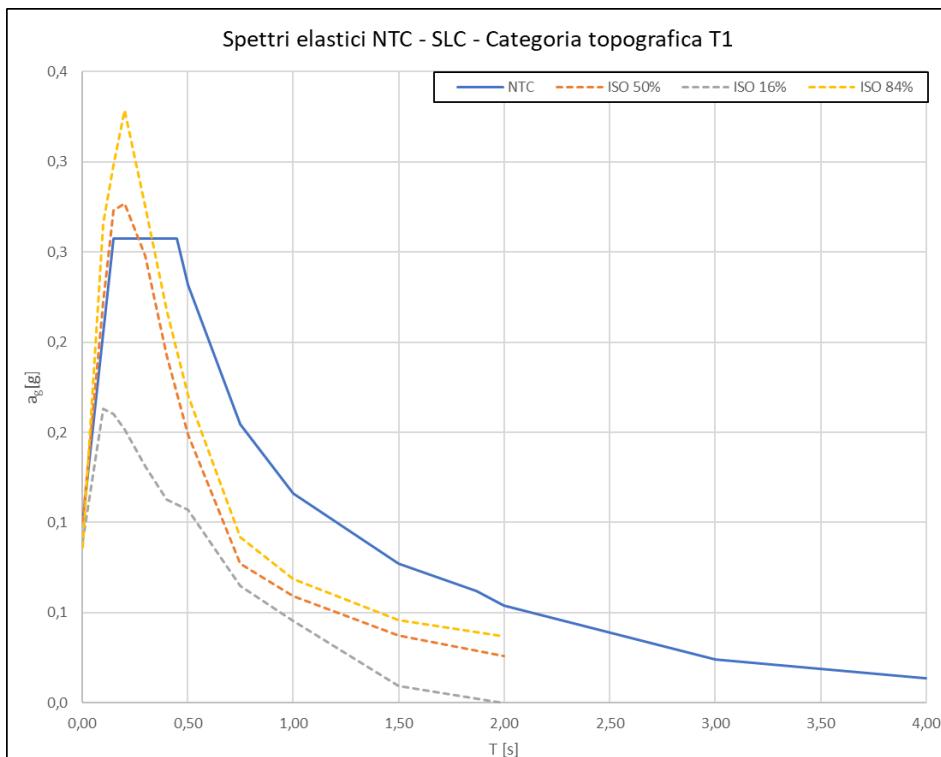


Figura 9. Spettri elastici per SLC (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

Comuni di: DORNO
 Comuni di: SCALDASOLE
 Comuni di: PIEVE ALBIGNOLA
 Provincia di: PAVIA
 Regione: LOMBARDIA



PROPONENTE

NEOEN

NEOEN RENEWABLES ITALIA srl
 Via Giuseppe Rovani, 7 - 20123 MILANO (MI)

OPERA

PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 104.734,56 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

"SOLARE DORNO - NEOEN"

OGGETTO

TITOLO DELL' ELABORATO:

SPETTRI E PARAMETRI SISMICI

DATA:

17/07/2024

N°/CODICE ELABORATO:

Tipologia: ALL (ALLEGATI)

ALL

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



00	202304086	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.=	45,130000	Lon.=	8,933000					
Coordinate ED50	Lat.=	45,130945	Lon.=	8,934059					
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	0,020	2,529	0,178		SLO	30	0,020	2,529	0,178
50	0,026	2,528	0,201		SLD	35	0,021	2,528	0,185
72	0,030	2,519	0,215		SLV	332	0,052	2,549	0,274
101	0,034	2,538	0,227		SLC	682	0,067	2,567	0,283
140	0,038	2,551	0,245						
201	0,044	2,524	0,266		ID	Lat.	Lon.	d	
475	0,059	2,567	0,279		13811	45,09941	8,959642	4,0405	
975	0,076	2,567	0,286		13810	45,09672	8,889043	5,1924	
2475	0,103	2,552	0,294		13589	45,14934	8,955914	2,6687	
					13588	45,14665	8,885196	4,2117	
SUOLO	C				$S_s =$	1,500	$S_t =$	1,000	
CAT. TOPOGRAFICA	T1				$T_b =$	0,147	$T_c =$	0,441	$T_d =$
STATO LIMITE	SLV				ag ancoraggio =	0,079	ag,plateau =	0,200	

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

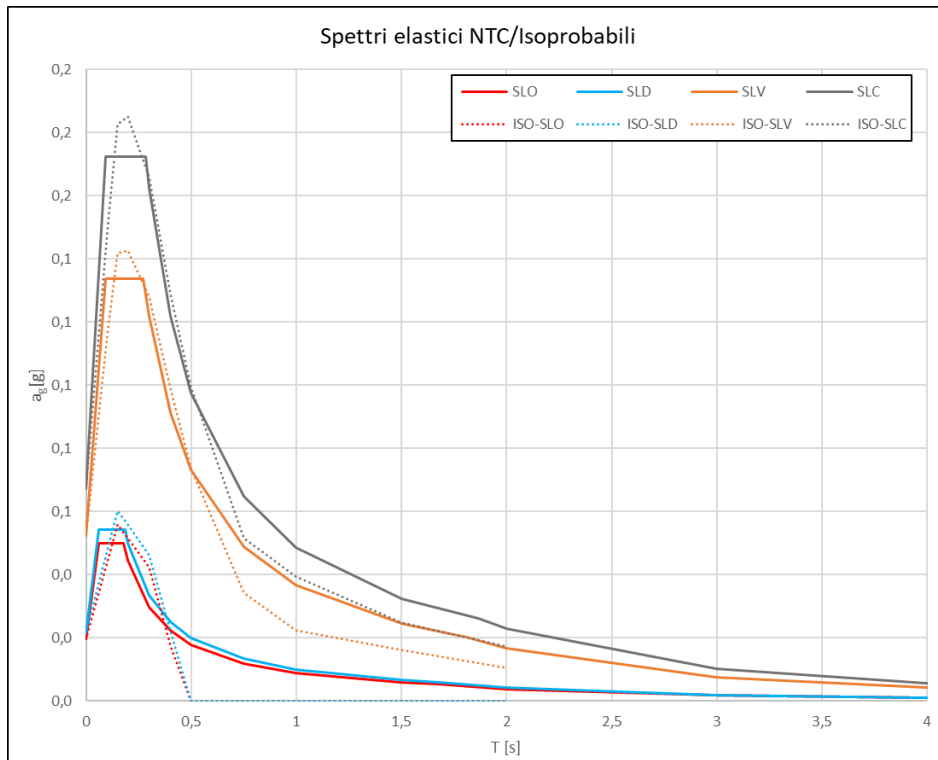


Figura 2. Spettri elastici NTC/isoprobabili (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

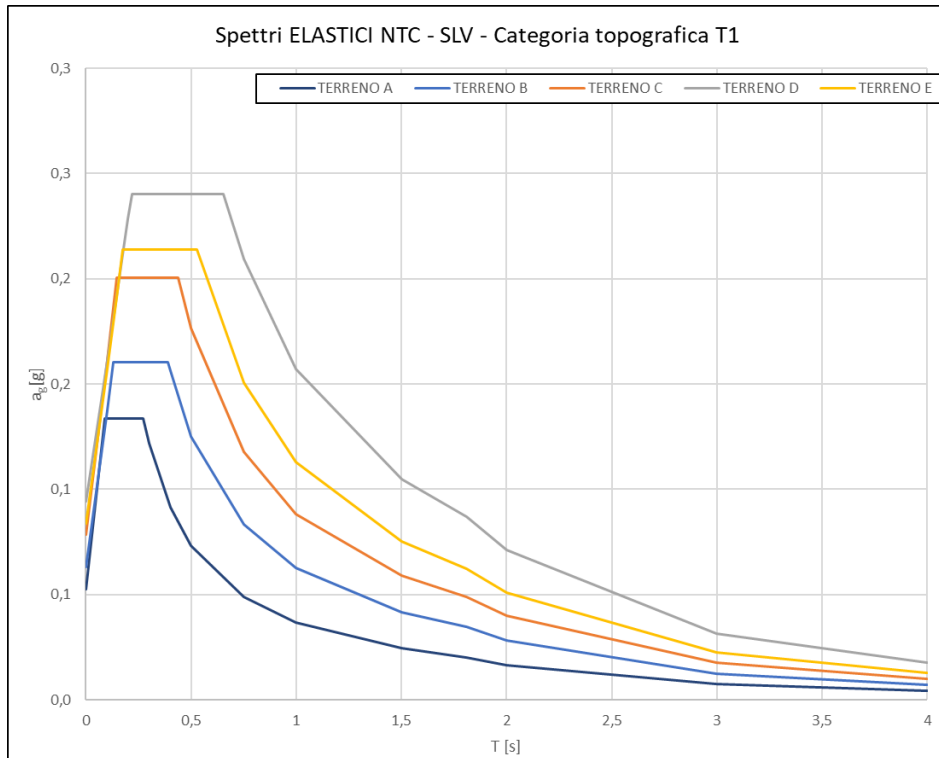


Figura 3. Spettri elastici per SLV (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

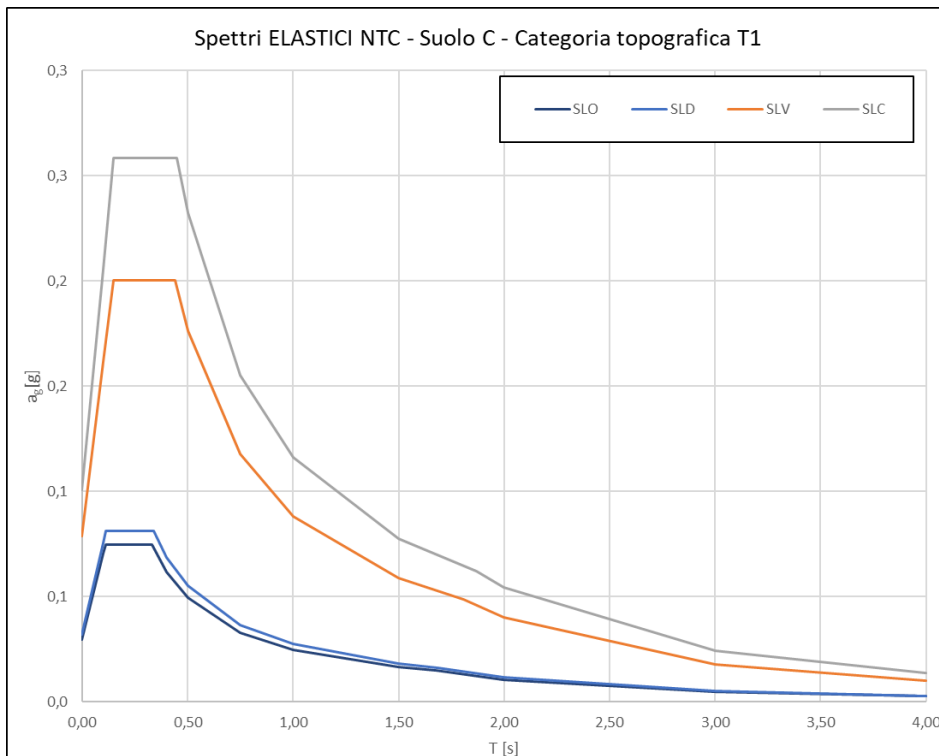


Figura 4. Spettri elastici per categoria di sottosuolo C (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

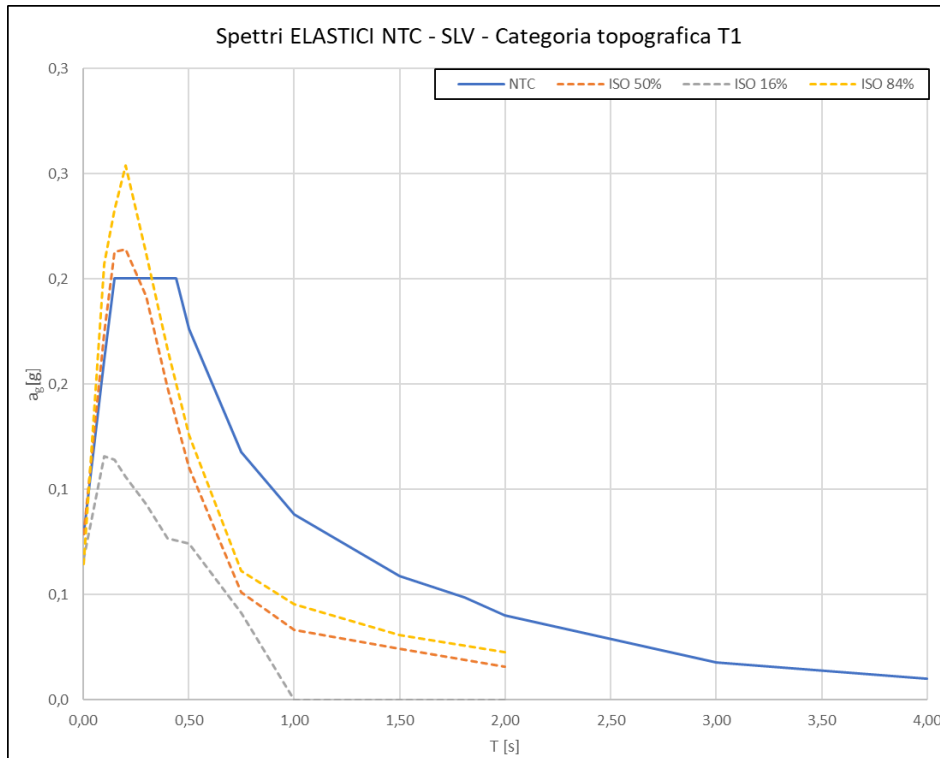


Figura 5. Spettri elastici per SLV (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

Coordinate WGS84		Lat.=	45,130000	Lon.=	8,933000				
Coordinate ED50		Lat.=	45,130945	Lon.=	8,934059				
Classe d'Uso:		I . 0.7	Vita Nominale:		50 anni	Vita di Riferimento VR [anni]=		35	
							1	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	0,020	2,529	0,178		SLO	30	0,020	2,529	0,178
50	0,026	2,528	0,201		SLD	35	0,021	2,528	0,185
72	0,030	2,519	0,215		SLV	332	0,052	2,549	0,274
101	0,034	2,538	0,227		SLC	682	0,067	2,567	0,283
140	0,038	2,551	0,245						
201	0,044	2,524	0,266		ID	Lat.	Lon.	d	
475	0,059	2,567	0,279		13811	45,09941	8,959642	4,0405	
975	0,076	2,567	0,286		13810	45,09672	8,889043	5,1924	
2475	0,103	2,552	0,294		13589	45,14934	8,955914	2,6687	
					13588	45,14665	8,885196	4,2117	
SUOLO		C		Ss =	1,500	St =	1,000		
CAT. TOPOGRAFICA		T1		Tb =	0,150	Tc =	0,450	Td =	1,868
STATO LIMITE		SLC		ag ancoraggio =	0,101	ag,plateau =	0,258		

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

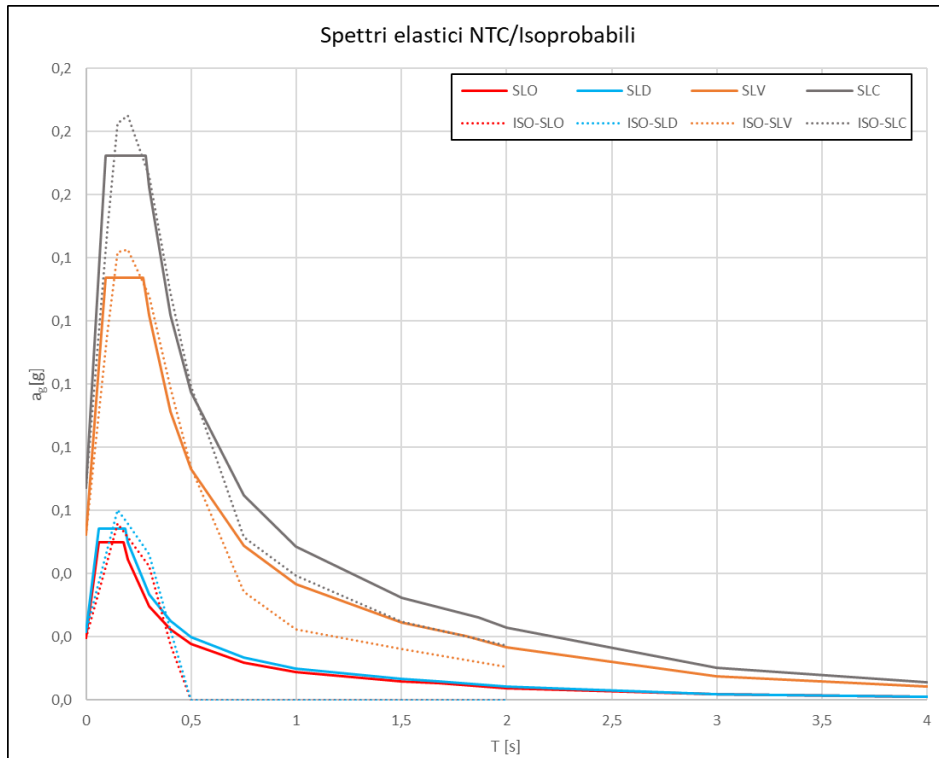


Figura 6. Spettri elastici NTC/isoprobabili (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

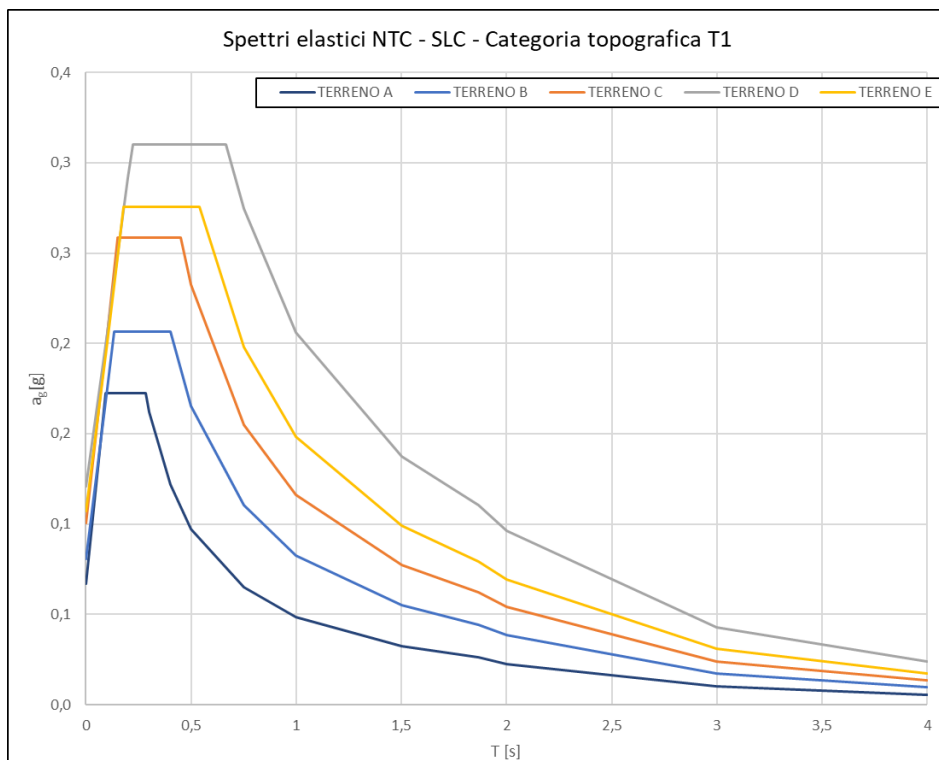


Figura 7. Spettri elastici per SLC (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

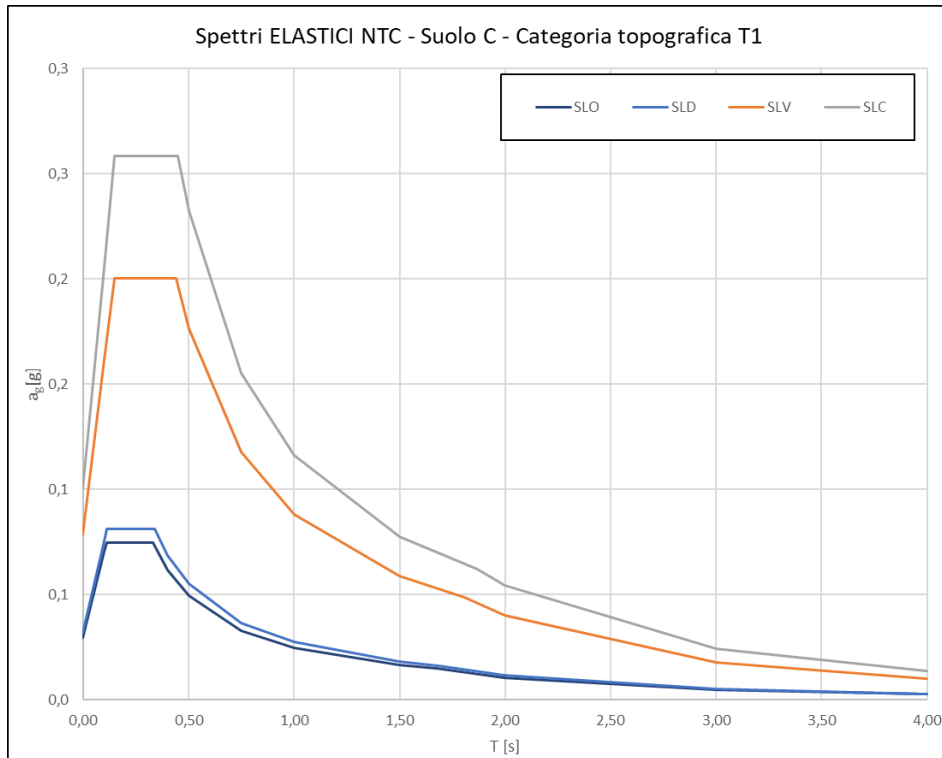


Figura 8. Spettri elastici per categoria di sottosuolo C (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

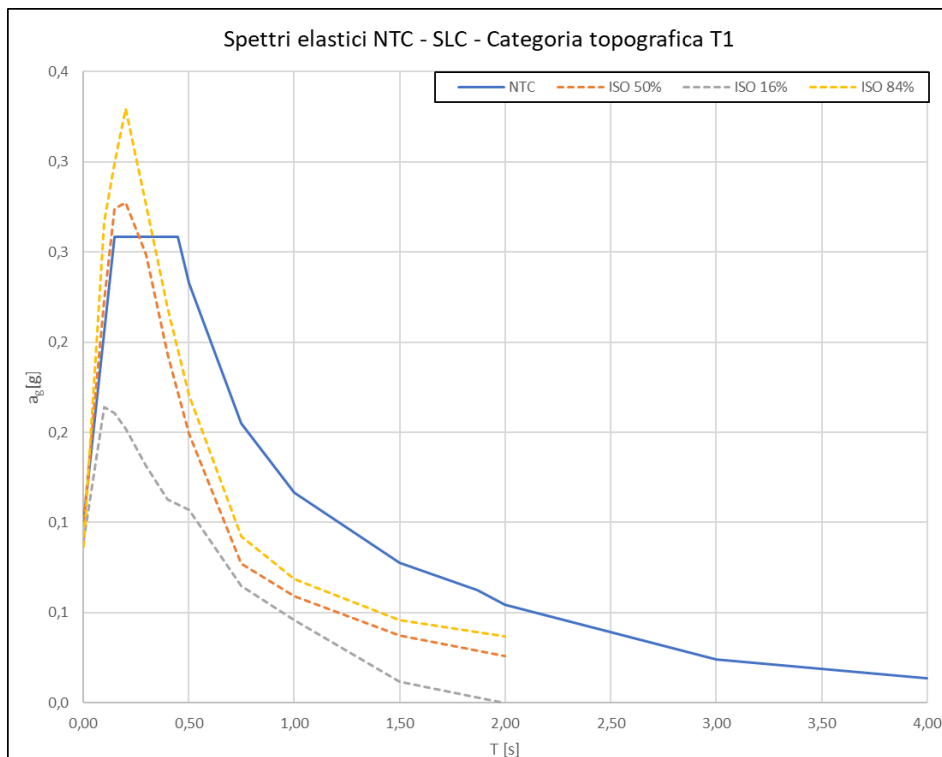


Figura 9. Spettri elastici per SLC (da SPETTRI 6.3 di Ing. Roberto Di Girolamo).

INDICE

INDAGINE GEOFISICA	2
1 - INDAGINE SISMICA CON METODICA MASW	3
1.1 - Attrezzatura utilizzata	3
1.2 - Acquisizione delle onde sismiche per interpretazione MASW	3
1.3 - Modalità interpretativa.....	3
2 - INTERPRETAZIONE QUALITATIVA DELLE INDAGINI GEOFISICHE	4
3 - RAPPRESENTAZIONE DEI DATI SISMICI CON METODO MASW.....	4
3.1 - Interpretazione dei dati	5
3.2 - Ricostruzione del sottosuolo mediante le onde S	6
4 - APPLICAZIONE DELLE NORME TECNICHE	7

Documentazione fotografica

INDAGINE GEOFISICA

In data 02/04/2024 è stata effettuata un'indagine geofisica in un'area sita nel comune di Dorno (PV). Nello specifico è stata disposta una base sismica denominata "L1" attrezzata con geofoni con registrazione verticale.

In corrispondenza della linea "L1" è stata realizzata un'indagine sismica applicando la metodologia MASW la quale consente, attraverso alcune trasformazioni, di risalire alla velocità delle onde S (onde di taglio).

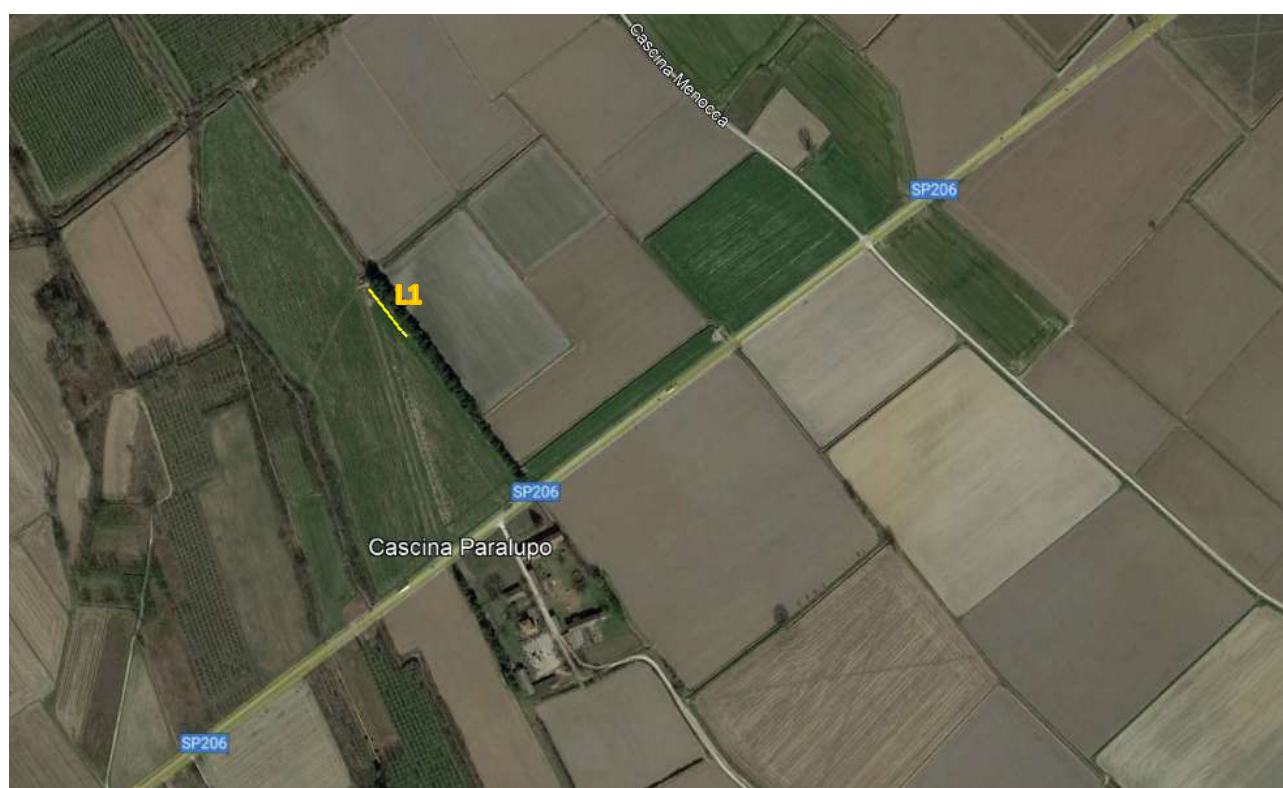


Fig. 1 - Ubicazione stesa sismica L1.

1 - INDAGINE SISMICA CON METODICA MASW

1.1 - Attrezzatura utilizzata

L'attrezzatura utilizzata in campagna è costituita da un sismografo a 24 canali, 24 geofoni a frequenza variabile e pari a 4,5 Hz, cavi con take-out distanziati di 3 metri, mazza e piastra di battuta. Il sismografo ha possibilità di stack degli impulsi sismici, filtraggio digitale programmabile (per la riduzione dei rumori) e guadagno verticale del segnale (in ampiezza) con sensibilità tra 1 e 100 decibel. La registrazione dei dati in digitale, con formato in uscita pari a 24 bit, viene effettuata su PC sul quale vengono successivamente elaborati i dati.

L'indagine MASW realizzata lungo lo stendimento L1 ha previsto un punto di energizzazione (andata) posizionato a 3,0 metri dal primo geofono.

1.2 - Acquisizione delle onde sismiche per interpretazione MASW

L'acquisizione della velocità delle onde di taglio (V_s) avviene per mezzo di indagine sismica a rifrazione con metodo MASW, mediante energizzazione del sottosuolo e registrazione degli arrivi delle onde rifrante in corrispondenza di *geofoni verticali*. Questi sono stati disposti secondo un allineamento con interasse tra i geofoni di 3,0 metri, in questo modo la base sismica ha avuto una lunghezza pari a 72 m.

1.3 - Modalità interpretativa

L'elaborazione dei dati sismici con metodo MASW è stata effettuata per mezzo del software SWAN che, mediante la trasformata di Fourier, è in grado di fornire indicazioni sulla suddivisione delle unità litologiche del sottosuolo mediante l'individuazione delle onde V_s .

2 - INTERPRETAZIONE QUALITATIVA DELLE INDAGINI GEOFISICHE

E' necessario sottolineare che l'interpretazione delle indagini geofisiche viene fatta nell'ipotesi che gli strati del sottosuolo siano omogenei, orizzontali e con superfici di separazione piano parallele.

Nell'area indagata le condizioni sopra riportate sono rispettate quasi del tutto.

Si rammenta infine come, in ogni caso, la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira attorno al 10-15 %.

3 - RAPPRESENTAZIONE DEI DATI SISMICI CON METODO MASW

Al fine di fornire i valori delle V_s , necessari per la caratterizzazione sismica del sito, è stata realizzata una stesa sismica denominata L1, di lunghezza pari a 72 m con distanza intergeofonica pari a 3,0 metri. L'energizzazione è stata effettuata ad uno degli estremi dello stendimento ad una distanza di 3,0 m dal primo geofono, mediante una mazza di 10 kg.

Di seguito si riporta il sismogramma frutto della somma di ciascuna acquisizione, filtrato di eventuali disturbi di fondo:

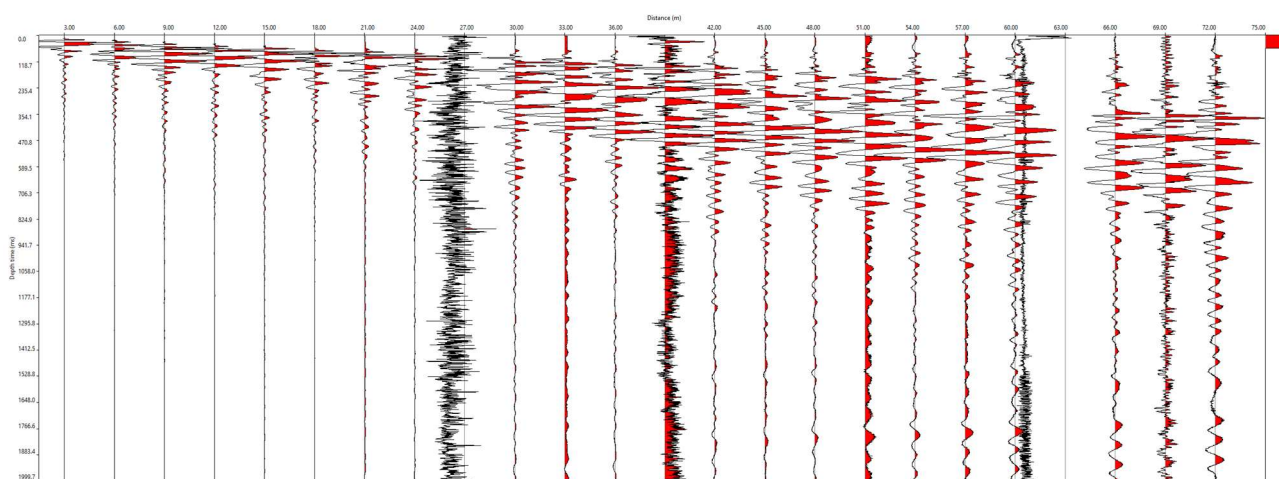


Fig. 3.1 – Sismogramma della base sismica L1.

3.1 - Interpretazione dei dati

L'elaborazione dei sismogrammi ha consentito di estrapolare la trasformata di Fourier, di seguito riportata (Fig. 3.1.1). Da questa si risale alla curva di dispersione (Fig. 3.1.2) che, confrontata mediante sovrapposizione con quella teorica consente di ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

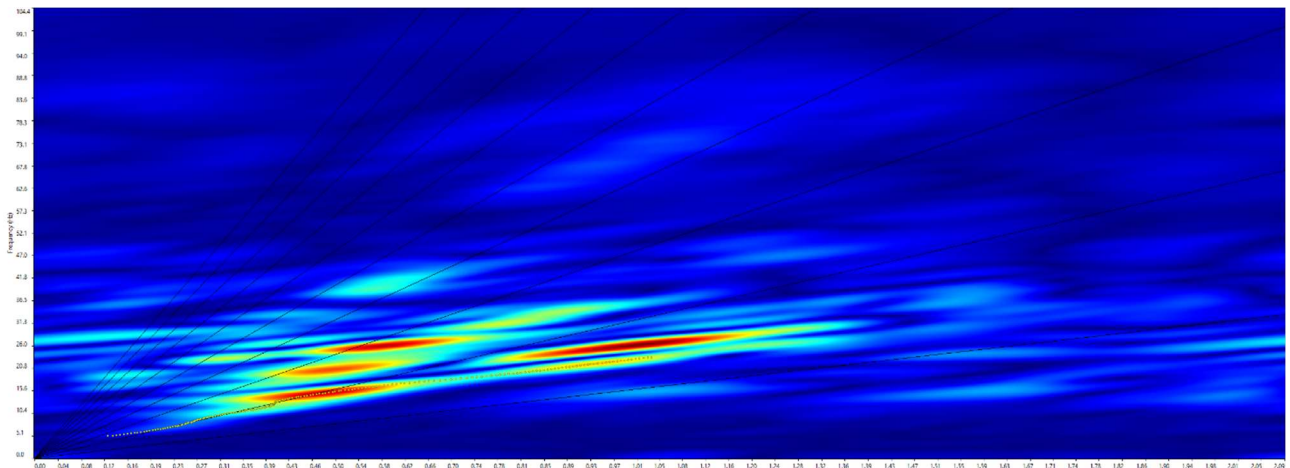


Fig. 3.1.1 – Trasformata di Fourier della base sismica L1

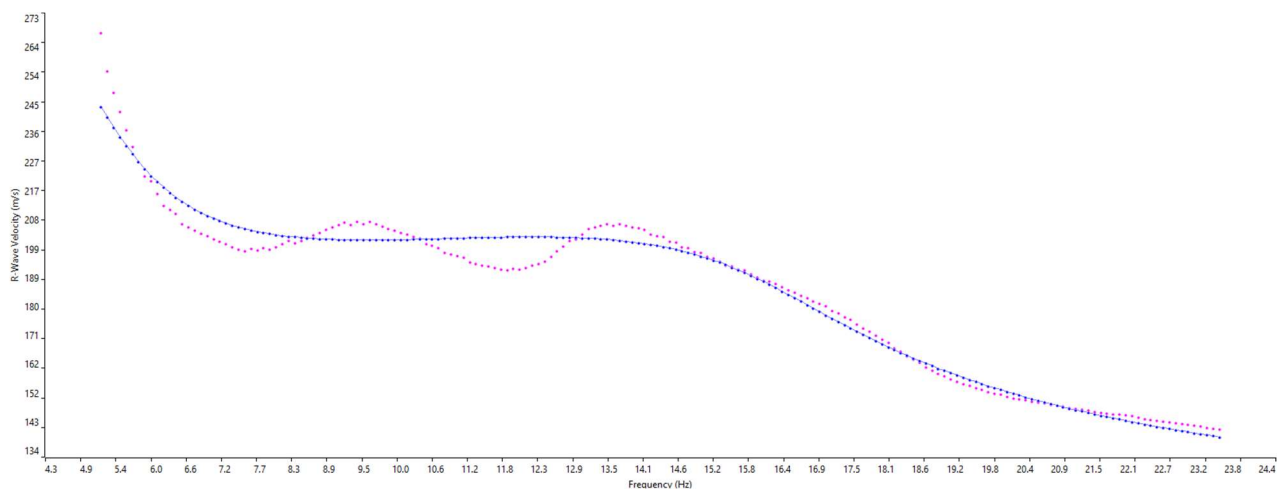


Fig. 3.1.2 – Curva di dispersione della base sismica L1 (in magenta la curva di dispersione ottenuta, in blu quella calcolata)

3.2 - Ricostruzione del sottosuolo mediante le onde S

Dalla sovrapposizione della curva di dispersione si è ottenuta la ricostruzione del sottosuolo in orizzonti aventi differenti spessori e valori di velocità come di seguito indicato:

L1		
Spessore	Profondità	V _s (m/sec)
2,0	0,0-2,0	124
2,7	2,0-4,7	175
3,7	4,7-8,4	384
4,8	8,4-13,2	164
2,3	13,2-15,5	298
2,7	15,5-18,2	373
4,3	18,2-22,5	331
7,5	22,5-30,0	363

Tabella I - Valori delle V_s alla linea sismica L1

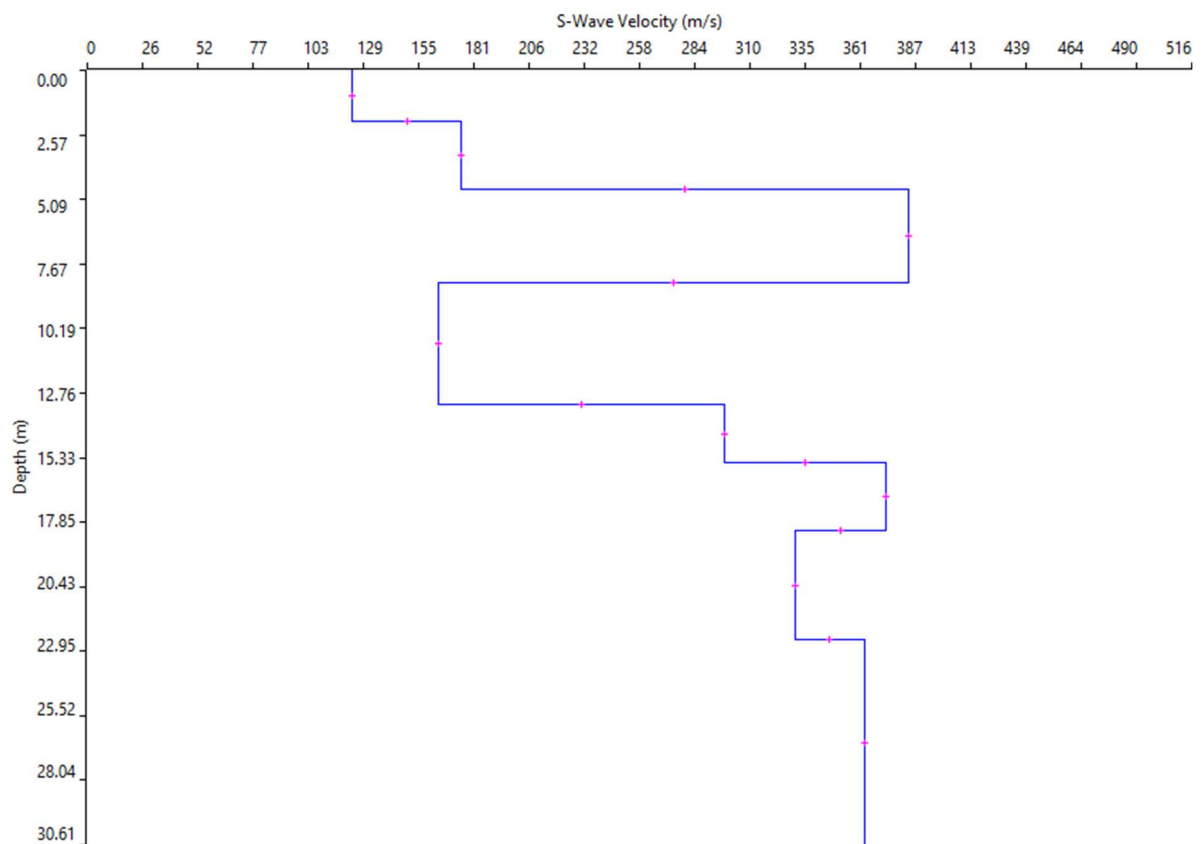


Fig. 3.2.1 – Diagramma delle velocità Vs riferite ai vari strati intercettati nella base sismica L1

4 - APPLICAZIONE DELLE NORME TECNICHE

Con l'introduzione dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 e succ. modif. sono stati rivisti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche. Inoltre, sono state definite le nuove norme tecniche per la progettazione di nuovi edifici, di nuovi ponti, per le opere di fondazione, per le strutture di sostegno, ecc.

Il **territorio comunale di Dorno** ai sensi della D.G.R. X/2129 dell'11 luglio 2014 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)", entrata in vigore in data 10/04/2016, rientrano in **zona sismica 3** e come tale rimarrà anche a seguito dell'entrata in vigore della D.G.R. XII/1717 del 28 dicembre 2023.

I suoli di fondazione sono suddivisi in cinque classi (A, B, C, D, E) in base alle loro caratteristiche stratigrafiche ed alla velocità media delle onde sismiche di taglio (trasversali), ovvero alle $V_{s,eq}$:

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

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

V_i = Velocità dell'onda di taglio i-esimo strato

N = Numero di strati

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

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


Nel caso specifico, il terreno indagato, con la metodologia MASW, presenta un valore di $V_{s(eq)}=V_{s(30)}$ pari a **252 m/s riferito all'attuale piano campagna**. Secondo lo schema presente nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. LL.PP. 17 Gennaio 2018) i terreni risultano appartenere alla **categoria di sottosuolo di tipo C**, ovvero "*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”.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 4.1 – Categoria di sottosuolo (tratto dalla Tabella 3.2.II delle NTC 2018).

Gropello Cairoli, aprile 2024



Dott. Geol. Roberto Perotti

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

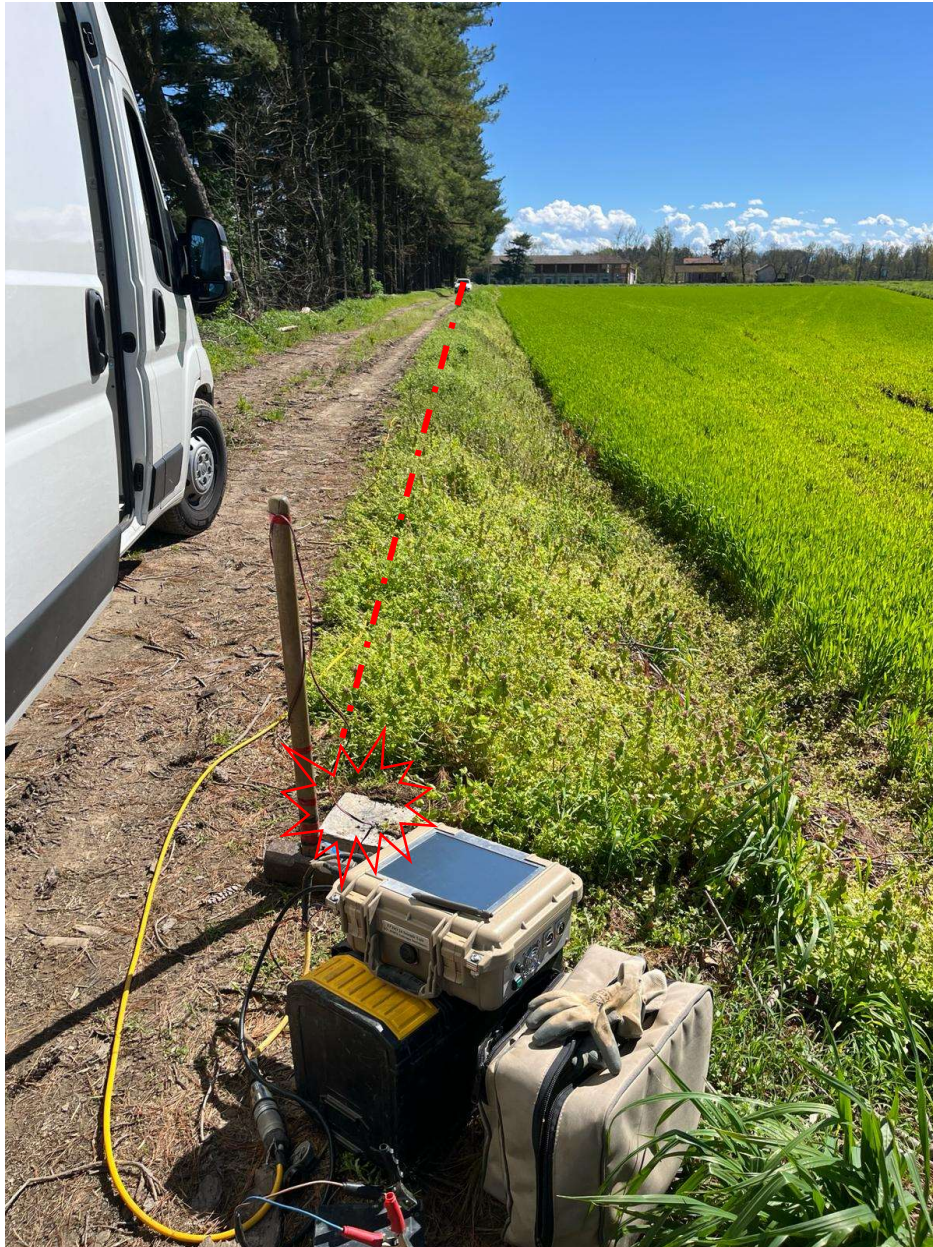


Foto 1 – Ubicazione base sismica “L1” e relativo punto di energizzazione

INDICE

INDAGINE GEOFISICA	2
1 - INDAGINE SISMICA CON METODICA MASW	3
1.1 - Attrezzatura utilizzata	3
1.2 - Acquisizione delle onde sismiche per interpretazione MASW	3
1.3 - Modalità interpretativa.....	3
2 - INTERPRETAZIONE QUALITATIVA DELLE INDAGINI GEOFISICHE	4
3 - RAPPRESENTAZIONE DEI DATI SISMICI CON METODO MASW.....	4
3.1 - Interpretazione dei dati	5
3.2 - Ricostruzione del sottosuolo mediante le onde S	6
4 - APPLICAZIONE DELLE NORME TECNICHE	7

Documentazione fotografica

INDAGINE GEOFISICA

In data 02/04/2024 è stata effettuata un'indagine geofisica in un'area sita nel comune di Scaldasole (PV).

Nello specifico è stata disposta una base sismica denominata "L1" attrezzata con geofoni con registrazione verticale.

In corrispondenza della linea "L1" è stata realizzata un'indagine sismica applicando la metodologia MASW la quale consente, attraverso alcune trasformazioni, di risalire alla velocità delle onde S (onde di taglio).



Fig. 1 - Ubicazione stesa sismica L1.

1 - INDAGINE SISMICA CON METODICA MASW

1.1 - Attrezzatura utilizzata

L'attrezzatura utilizzata in campagna è costituita da un sismografo a 24 canali, 24 geofoni a frequenza variabile e pari a 4,5 Hz, cavi con take-out distanziati di 3 metri, mazza e piastra di battuta. Il sismografo ha possibilità di stack degli impulsi sismici, filtraggio digitale programmabile (per la riduzione dei rumori) e guadagno verticale del segnale (in ampiezza) con sensibilità tra 1 e 100 decibel. La registrazione dei dati in digitale, con formato in uscita pari a 24 bit, viene effettuata su PC sul quale vengono successivamente elaborati i dati.

L'indagine MASW realizzata lungo lo stendimento L1 ha previsto un punto di energizzazione (andata) posizionato a 3,0 metri dal primo geofono.

1.2 - Acquisizione delle onde sismiche per interpretazione MASW

L'acquisizione della velocità delle onde di taglio (V_s) avviene per mezzo di indagine sismica a rifrazione con metodo MASW, mediante energizzazione del sottosuolo e registrazione degli arrivi delle onde rifrante in corrispondenza di *geofoni verticali*. Questi sono stati disposti secondo un allineamento con interasse tra i geofoni di 3,0 metri, in questo modo la base sismica ha avuto una lunghezza pari a 72 m.

1.3 - Modalità interpretativa

L'elaborazione dei dati sismici con metodo MASW è stata effettuata per mezzo del software SWAN che, mediante la trasformata di Fourier, è in grado di fornire indicazioni sulla suddivisione delle unità litologiche del sottosuolo mediante l'individuazione delle onde V_s .

2 - INTERPRETAZIONE QUALITATIVA DELLE INDAGINI GEOFISICHE

E' necessario sottolineare che l'interpretazione delle indagini geofisiche viene fatta nell'ipotesi che gli strati del sottosuolo siano omogenei, orizzontali e con superfici di separazione piano parallele.

Nell'area indagata le condizioni sopra riportate sono rispettate quasi del tutto.

Si rammenta infine come, in ogni caso, la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira attorno al 10-15 %.

3 - RAPPRESENTAZIONE DEI DATI SISMICI CON METODO MASW

Al fine di fornire i valori delle V_s , necessari per la caratterizzazione sismica del sito, è stata realizzata una stesa sismica denominata L1, di lunghezza pari a 72 m con distanza intergeofonica pari a 3,0 metri. L'energizzazione è stata effettuata ad uno degli estremi dello stendimento ad una distanza di 3,0 m dal primo geofono, mediante una mazza di 10 kg.

Di seguito si riporta il sismogramma frutto della somma di ciascuna acquisizione, filtrato di eventuali disturbi di fondo:

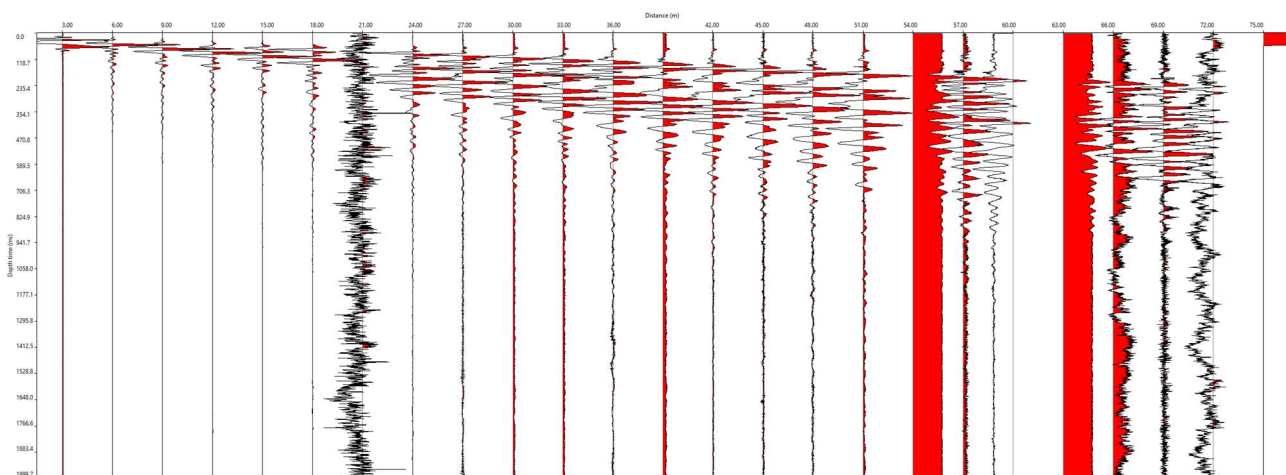


Fig. 3.1 – Sismogramma della base sismica L1.

3.1 - Interpretazione dei dati

L'elaborazione dei sismogrammi ha consentito di estrapolare la trasformata di Fourier, di seguito riportata (Fig. 3.1.1). Da questa si risale alla curva di dispersione (Fig. 3.1.2) che, confrontata mediante sovrapposizione con quella teorica consente di ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

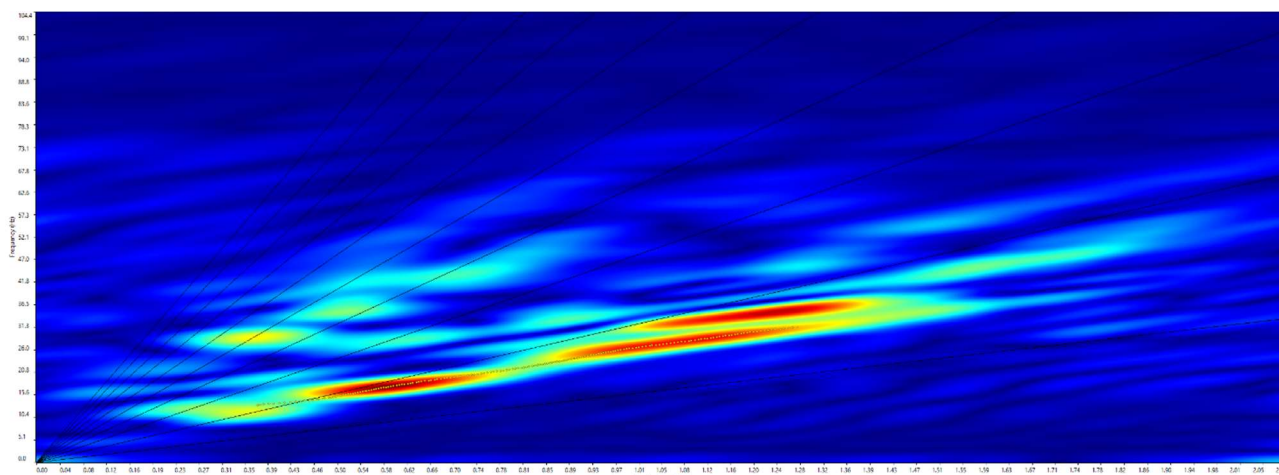


Fig. 3.1.1 – Trasformata di Fourier della base sismica L1

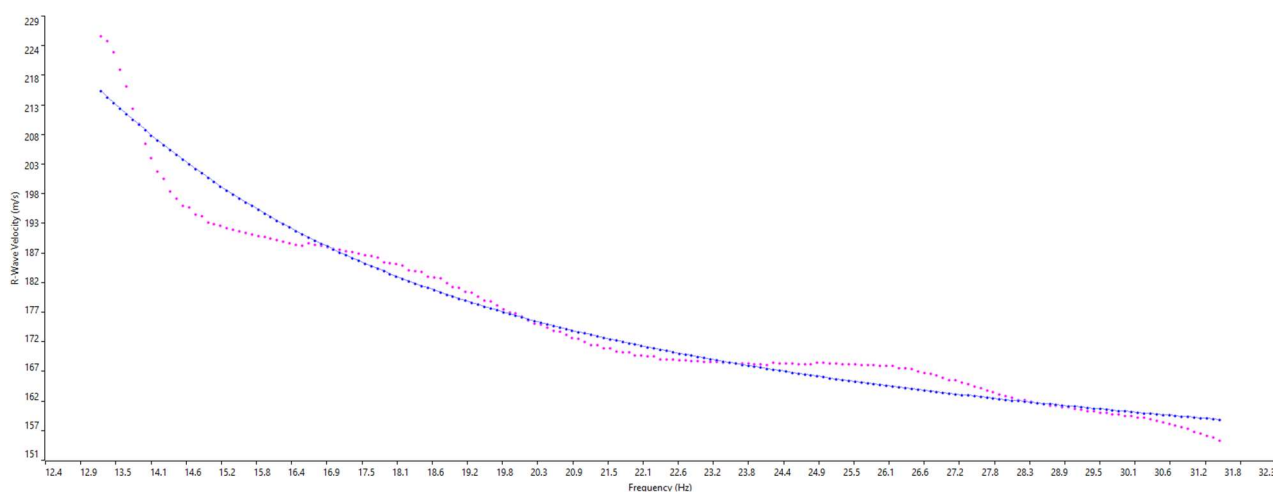


Fig. 3.1.2 – Curva di dispersione della base sismica L1 (in magenta la curva di dispersione ottenuta, in blu quella calcolata)

3.2 - Ricostruzione del sottosuolo mediante le onde S

Dalla sovrapposizione della curva di dispersione si è ottenuta la ricostruzione del sottosuolo in orizzonti aventi differenti spessori e valori di velocità come di seguito indicato:

L1		
Spessore	Profondità	V _s (m/sec)
1,6	0,0-1,6	154
2,0	1,6-3,6	179
2,3	3,6-5,9	209
3,1	5,9-9,0	282
3,3	9,0-12,3	313
4,1	12,3-16,4	360
6,2	16,4-22,6	386
7,4	22,6-30,0	417

Tabella I - Valori delle V_s alla linea sismica L1

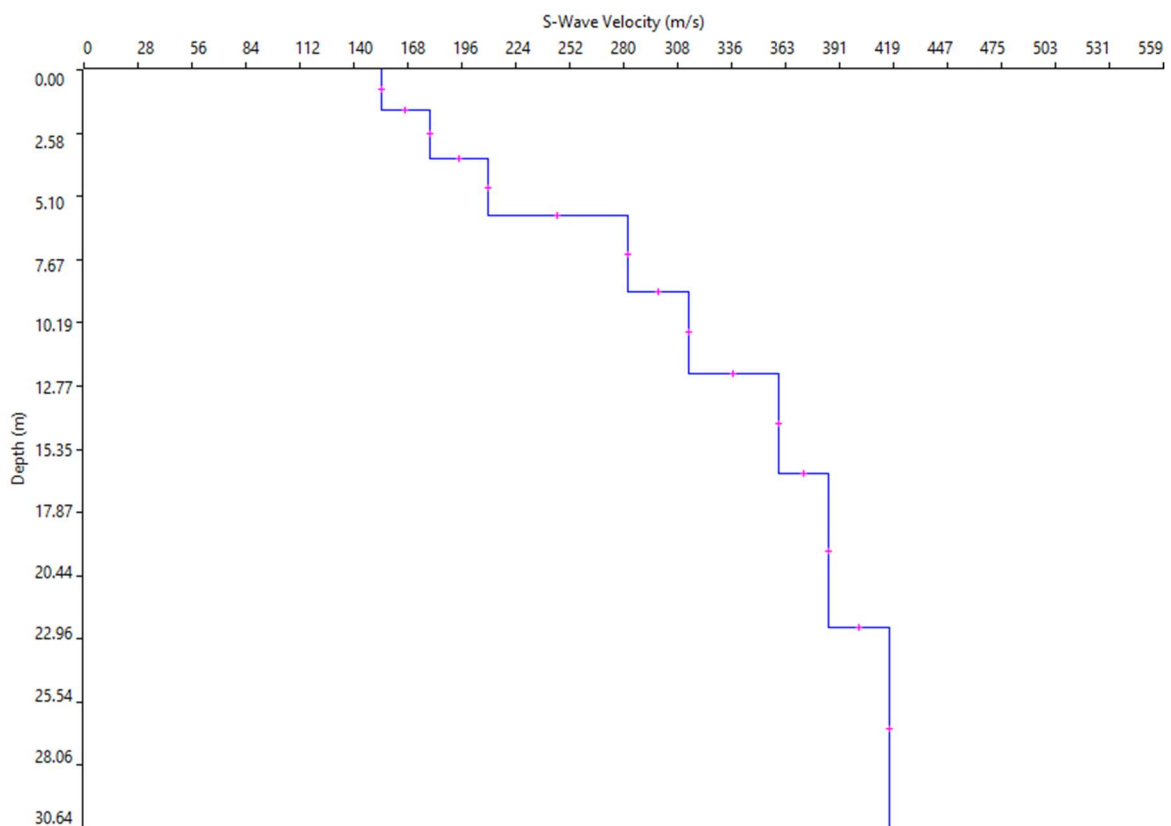


Fig. 3.2.1 – Diagramma delle velocità Vs riferite ai vari strati intercettati nella base sismica L1

4 - APPLICAZIONE DELLE NORME TECNICHE

Con l'introduzione dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 e succ. modif. sono stati rivisti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche. Inoltre, sono state definite le nuove norme tecniche per la progettazione di nuovi edifici, di nuovi ponti, per le opere di fondazione, per le strutture di sostegno, ecc.

Il **territorio comunale di Scaldasole** ai sensi della D.G.R. X/2129 dell'11 luglio 2014 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)", entrata in vigore in data 10/04/2016, rientrano in **zona sismica 3** e come tale rimarrà anche a seguito dell'entrata in vigore della D.G.R. XII/1717 del 28 dicembre 2023.

I suoli di fondazione sono suddivisi in cinque classi (A, B, C, D, E) in base alle loro caratteristiche stratigrafiche ed alla velocità media delle onde sismiche di taglio (trasversali), ovvero alle $V_{s,eq}$:

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

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

V_i = Velocità dell'onda di taglio i-esimo strato

N = Numero di strati

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

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


Nel caso specifico, il terreno indagato, con la metodologia MASW, presenta un valore di $V_{s(eq)}=V_{s(30)}$ pari a **302 m/s riferito all'attuale piano campagna**. Secondo lo schema presente nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. LL.PP. 17 Gennaio 2018) i terreni risultano appartenere alla **categoria di sottosuolo di tipo C**, ovvero "*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”.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 4.1 – Categoria di sottosuolo (tratto dalla Tabella 3.2.II delle NTC 2018).

Gropello Cairoli, aprile 2024



Dott. Geol. Roberto Perotti

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1 – Ubicazione base sismica “L1” e relativo punto di energizzazione

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Localita': Dorno/Scaldasole	
-----------------------------	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.3 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

UBICAZIONE PROVE ESEGUITE



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

(DYNAMIC PROBING)

DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi d) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette 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'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura a);
- avanzamento (penetrazione) d ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);

- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	M ≤ 10	8
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	40 ≤ M < 60	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	M ≥ 60	25

Penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento d = 10 cm, punta conica (α=60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento d = 10 cm, punta conica (α= 60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento d=30 cm, punta conica

($a = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $d=20-30$ cm, punta conica conica ($a = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M peso massa battente.

M' peso aste.

H altezza di caduta.

A area base punta conica.

d passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- Rpd resistenza dinamica punta (area A).
e infissione media per colpo (d/ N).
M peso massa battente (altezza caduta H).
P peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{kPa} \quad (\text{Liao e Whitman 1986})$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

- ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
 C_S parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
 C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
 C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

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 su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e della resistenza alla punta.

PROVA DPSH.1

Strumento utilizzato...DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 02-04-2024

Profondita' prova 6.00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (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	8	0.855	66.44	77.74	3.32	3.89
0.40	3	0.851	24.80	29.15	1.24	1.46
0.60	3	0.847	24.69	29.15	1.23	1.46
0.80	4	0.843	32.78	38.87	1.64	1.94
1.00	3	0.840	22.65	26.97	1.13	1.35
1.20	2	0.836	15.04	17.98	0.75	0.90
1.40	6	0.833	44.92	53.94	2.25	2.70
1.60	7	0.830	52.20	62.93	2.61	3.15
1.80	9	0.826	66.86	80.91	3.34	4.05
2.00	5	0.823	34.42	41.82	1.72	2.09
2.20	8	0.820	54.87	66.91	2.74	3.35
2.40	8	0.817	54.67	66.91	2.73	3.35
2.60	6	0.814	40.86	50.18	2.04	2.51
2.80	10	0.811	67.86	83.63	3.39	4.18
3.00	12	0.809	75.87	93.82	3.79	4.69
3.20	12	0.806	75.62	93.82	3.78	4.69
3.40	15	0.753	88.36	117.28	4.42	5.86
3.60	11	0.801	68.88	86.00	3.44	4.30
3.80	10	0.798	62.42	78.18	3.12	3.91
4.00	11	0.796	64.27	80.74	3.21	4.04
4.20	9	0.794	52.43	66.06	2.62	3.30
4.40	7	0.791	40.67	51.38	2.03	2.57
4.60	5	0.789	28.97	36.70	1.45	1.84
4.80	8	0.787	46.22	58.72	2.31	2.94
5.00	8	0.785	43.44	55.34	2.17	2.77
5.20	6	0.783	32.50	41.50	1.62	2.08
5.40	8	0.781	43.22	55.34	2.16	2.77
5.60	8	0.779	43.12	55.34	2.16	2.77
5.80	10	0.777	53.77	69.17	2.69	3.46
6.00	9	0.775	45.65	58.86	2.28	2.94

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.2	8	77.74	Incoerente	1.5	12.03	terreno di copertura
1.2	3	28.42	Incoerente	1.5	4.51	limo sabbioso
2.6	7	60.51	Incoerente	1.5	10.53	sabbia debolmente limosa
4	11.57	90.5	Incoerente	1.5	17.4	sabbia addensata
6	7.8	54.84	Incoerente	1.5	11.73	sabbia debolmente limosa



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH.1

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.20	12.03	Gibbs & Holtz 1957	45.3
Strato (2) limo sabbioso	4.51	0.20-1.20	4.51	Gibbs & Holtz 1957	22.73
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.53	1.20-2.60	10.53	Gibbs & Holtz 1957	35.67
Strato (4) sabbia addensata	17.40	2.60-4.00	17.40	Gibbs & Holtz 1957	42.1
Strato (5) sabbia debolmente limosa	11.73	4.00-6.00	11.73	Gibbs & Holtz 1957	29.26

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.20	12.03	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	30.44
Strato (2) limo sabbioso	4.51	0.20-1.20	4.51	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	28.29
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.53	1.20-2.60	10.53	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	30.01
Strato (4) sabbia addensata	17.40	2.60-4.00	17.40	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	31.97
Strato (5) sabbia debolmente limosa	11.73	4.00-6.00	11.73	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	30.35

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.20	12.03	Schmertmann (1978) (Sabbie)	96.24
Strato (2) limo sabbioso	4.51	0.20-1.20	4.51	Schmertmann (1978) (Sabbie)	36.08
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.53	1.20-2.60	10.53	Schmertmann (1978) (Sabbie)	84.24
Strato (4) sabbia addensata	17.40	2.60-4.00	17.40	Schmertmann (1978) (Sabbie)	139.20
Strato (5) sabbia debolmente limosa	11.73	4.00-6.00	11.73	Schmertmann (1978) (Sabbie)	93.84

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.20	12.03	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	52.17
Strato (2) limo sabbioso	4.51	0.20-1.20	4.51	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	36.73
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.53	1.20-2.60	10.53	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	49.09
Strato (4) sabbia addensata	17.40	2.60-4.00	17.40	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	63.20
Strato (5) sabbia debolmente limosa	11.73	4.00-6.00	11.73	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	51.56

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.20	12.03	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) limo sabbioso	4.51	0.20-1.20	4.51	Classificazione A.G.I.	POCO ADDENSATO
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.53	1.20-2.60	10.53	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (4) sabbia addensata	17.40	2.60-4.00	17.40	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (5) sabbia debolmente limosa	11.73	4.00-6.00	11.73	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.20	12.03	Meyerhof et al.	1.80
Strato (2) limo sabbioso	4.51	0.20-1.20	4.51	Meyerhof et al.	1.72
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.53	1.20-2.60	10.53	Meyerhof et al.	1.75
Strato (4) sabbia addensata	17.40	2.60-4.00	17.40	Meyerhof et al.	1.94
Strato (5) sabbia debolmente limosa	11.73	4.00-6.00	11.73	Meyerhof et al.	1.79

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1)	12.03	0.00-0.20	12.03	Terzaghi-Peck	1.93

terreno di copertura				1948-1967	
Strato (2) limo sabbioso	4.51	0.20-1.20	4.51	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.53	1.20-2.60	10.53	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.92
Strato (4) sabbia addensata	17.40	2.60-4.00	17.40	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.96
Strato (5) sabbia debolmente limosa	11.73	4.00-6.00	11.73	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.93

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.20	12.03	(A.G.I.)	0.33
Strato (2) limo sabbioso	4.51	0.20-1.20	4.51	(A.G.I.)	0.34
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.53	1.20-2.60	10.53	(A.G.I.)	0.33
Strato (4) sabbia addensata	17.40	2.60-4.00	17.40	(A.G.I.)	0.32
Strato (5) sabbia debolmente limosa	11.73	4.00-6.00	11.73	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.20	12.03	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	571.42
Strato (2) limo sabbioso	4.51	0.20-1.20	4.51	Robertson e Campanella	313.77

				(1983) e Imai & Tonouchi (1982)	
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.53	1.20-2.60	10.53	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	526.76
Strato (4) sabbia addensata	17.40	2.60-4.00	17.40	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	715.95
Strato (5) sabbia debolmente limosa	11.73	4.00-6.00	11.73	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	562.67

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

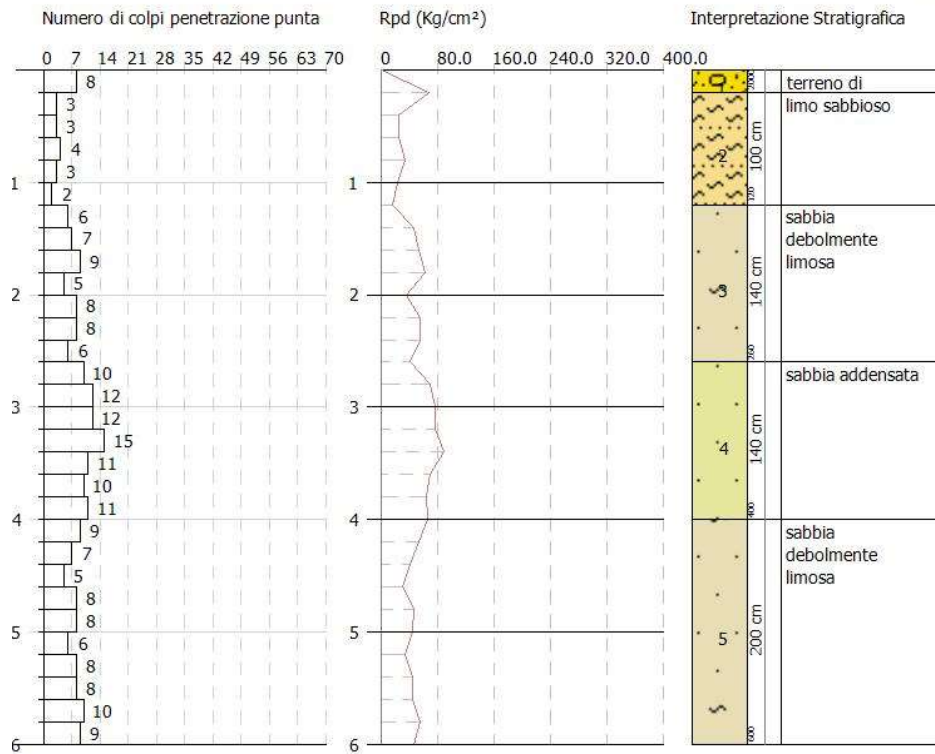
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.20	12.03	Robertson 1983	24.06
Strato (2) limo sabbioso	4.51	0.20-1.20	4.51	Robertson 1983	9.02
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.53	1.20-2.60	10.53	Robertson 1983	21.06
Strato (4) sabbia addensata	17.40	2.60-4.00	17.40	Robertson 1983	34.80
Strato (5) sabbia debolmente limosa	11.73	4.00-6.00	11.73	Robertson 1983	23.46

Servizi Geologici snc
Via Cairoli 52
Gropello Cairoli

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH.1
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente:
Descrizione:
Localita': Dorno/Scaldasole

Scala 1:50



PROVA DPSH.2

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 02-04-2024

Profondita' prova 6.00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (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	8	0.855	66.44	77.74	3.32	3.89
0.40	9	0.851	74.41	87.46	3.72	4.37
0.60	7	0.847	57.62	68.02	2.88	3.40
0.80	6	0.843	49.17	58.31	2.46	2.92
1.00	5	0.840	37.75	44.95	1.89	2.25
1.20	5	0.836	37.59	44.95	1.88	2.25
1.40	5	0.833	37.44	44.95	1.87	2.25
1.60	7	0.830	52.20	62.93	2.61	3.15
1.80	7	0.826	52.00	62.93	2.60	3.15
2.00	8	0.823	55.08	66.91	2.75	3.35
2.20	8	0.820	54.87	66.91	2.74	3.35
2.40	7	0.817	47.84	58.54	2.39	2.93
2.60	6	0.814	40.86	50.18	2.04	2.51
2.80	9	0.811	61.08	75.27	3.05	3.76
3.00	8	0.809	50.58	62.55	2.53	3.13
3.20	7	0.806	44.11	54.73	2.21	2.74
3.40	11	0.803	69.10	86.00	3.45	4.30
3.60	11	0.801	68.88	86.00	3.44	4.30
3.80	12	0.798	74.91	93.82	3.75	4.69
4.00	15	0.746	82.14	110.10	4.11	5.51
4.20	13	0.744	70.97	95.42	3.55	4.77
4.40	13	0.741	70.75	95.42	3.54	4.77
4.60	14	0.739	75.97	102.76	3.80	5.14
4.80	15	0.737	81.16	110.10	4.06	5.51
5.00	13	0.735	66.10	89.92	3.30	4.50
5.20	9	0.783	48.75	62.25	2.44	3.11
5.40	10	0.781	54.03	69.17	2.70	3.46
5.60	8	0.779	43.12	55.34	2.16	2.77
5.80	11	0.777	59.14	76.09	2.96	3.80
6.00	10	0.775	50.72	65.40	2.54	3.27

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	8	77.74	Incoerente	1.5	12.03	terreno di copertura
1.2	5.33	49.4	Incoerente	1.5	8.02	sabbia limosa
3.2	7.2	60.59	Incoerente	1.5	10.83	sabbia debolmente limosa
5	13	96.62	Incoerente	1.5	19.55	sabbia addensata
6	9.6	65.65	Incoerente	1.5	14.44	sabbia



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH.2

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.60	12.03	Gibbs & Holtz 1957	44.33
Strato (2) sabbia limosa	8.02	0.60-1.20	8.02	Gibbs & Holtz 1957	33.02
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.83	1.20-3.20	10.83	Gibbs & Holtz 1957	34.93
Strato (4) sabbia addensata	19.55	3.20-5.00	19.55	Gibbs & Holtz 1957	42.06
Strato (5) sabbia	14.44	5.00-6.00	14.44	Gibbs & Holtz 1957	31.94

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.60	12.03	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	30.44
Strato (2) sabbia limosa	8.02	0.60-1.20	8.02	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	29.29
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.83	1.20-3.20	10.83	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	30.09
Strato (4) sabbia addensata	19.55	3.20-5.00	19.55	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	32.59
Strato (5) sabbia	14.44	5.00-6.00	14.44	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	31.13

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1)	12.03	0.00-0.60	12.03	Schmertmann	96.24

terreno di copertura				(1978) (Sabbie)	
Strato (2) sabbia limosa	8.02	0.60-1.20	8.02	Schmertmann (1978) (Sabbie)	64.16
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.83	1.20-3.20	10.83	Schmertmann (1978) (Sabbie)	86.64
Strato (4) sabbia addensata	19.55	3.20-5.00	19.55	Schmertmann (1978) (Sabbie)	156.40
Strato (5) sabbia	14.44	5.00-6.00	14.44	Schmertmann (1978) (Sabbie)	115.52

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.60	12.03	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	52.17
Strato (2) sabbia limosa	8.02	0.60-1.20	8.02	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	43.94
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.83	1.20-3.20	10.83	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	49.71
Strato (4) sabbia addensata	19.55	3.20-5.00	19.55	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	67.62
Strato (5) sabbia	14.44	5.00-6.00	14.44	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	57.12

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.60	12.03	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) sabbia limosa	8.02	0.60-1.20	8.02	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) sabbia debolmente	10.83	1.20-3.20	10.83	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

limosa					
Strato (4) sabbia addensata	19.55	3.20-5.00	19.55	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (5) sabbia	14.44	5.00-6.00	14.44	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.60	12.03	Meyerhof et al.	1.80
Strato (2) sabbia limosa	8.02	0.60-1.20	8.02	Meyerhof et al.	1.66
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.83	1.20-3.20	10.83	Meyerhof et al.	1.76
Strato (4) sabbia addensata	19.55	3.20-5.00	19.55	Meyerhof et al.	1.95
Strato (5) sabbia	14.44	5.00-6.00	14.44	Meyerhof et al.	1.87

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.60	12.03	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.93
Strato (2) sabbia limosa	8.02	0.60-1.20	8.02	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.91
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.83	1.20-3.20	10.83	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.92
Strato (4) sabbia addensata	19.55	3.20-5.00	19.55	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.98
Strato (5) sabbia	14.44	5.00-6.00	14.44	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.60	12.03	(A.G.I.)	0.33
Strato (2) sabbia limosa	8.02	0.60-1.20	8.02	(A.G.I.)	0.34
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.83	1.20-3.20	10.83	(A.G.I.)	0.33
Strato (4) sabbia addensata	19.55	3.20-5.00	19.55	(A.G.I.)	0.32
Strato (5) sabbia	14.44	5.00-6.00	14.44	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.60	12.03	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	571.42
Strato (2) sabbia limosa	8.02	0.60-1.20	8.02	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	446.03
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.83	1.20-3.20	10.83	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	535.88
Strato (4) sabbia addensata	19.55	3.20-5.00	19.55	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	768.78
Strato (5) sabbia	14.44	5.00-6.00	14.44	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	638.86

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

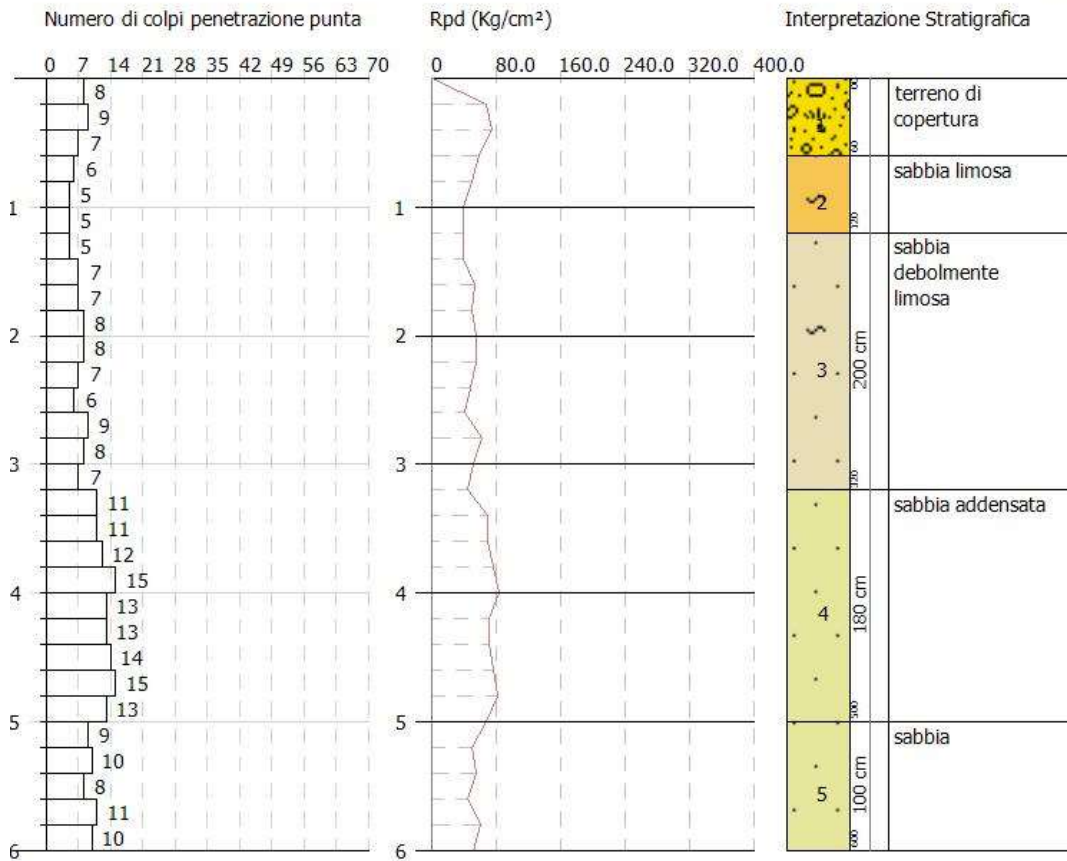
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno di copertura	12.03	0.00-0.60	12.03	Robertson 1983	24.06
Strato (2) sabbia limosa	8.02	0.60-1.20	8.02	Robertson 1983	16.04
Strato (3) sabbia debolmente limosa	10.83	1.20-3.20	10.83	Robertson 1983	21.66
Strato (4) sabbia addensata	19.55	3.20-5.00	19.55	Robertson 1983	39.10
Strato (5) sabbia	14.44	5.00-6.00	14.44	Robertson 1983	28.88

Servizi Geologici snc
Via Cairoli 52
Gropello Cairoli

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH.2
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente:
Descrizione:
Localita': Dorno/Scaldasole

Scala 1:50



PROVA DPSH.3

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 02-04-2024

Profondita' prova 6.00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (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	7	0.855	58.14	68.02	2.91	3.40
0.40	8	0.851	66.14	77.74	3.31	3.89
0.60	7	0.847	57.62	68.02	2.88	3.40
0.80	4	0.843	32.78	38.87	1.64	1.94
1.00	3	0.840	22.65	26.97	1.13	1.35
1.20	2	0.836	15.04	17.98	0.75	0.90
1.40	4	0.833	29.95	35.96	1.50	1.80
1.60	1	0.830	7.46	8.99	0.37	0.45
1.80	1	0.826	7.43	8.99	0.37	0.45
2.00	1	0.823	6.88	8.36	0.34	0.42
2.20	5	0.820	34.29	41.82	1.71	2.09
2.40	6	0.817	41.00	50.18	2.05	2.51
2.60	6	0.814	40.86	50.18	2.04	2.51
2.80	5	0.811	33.93	41.82	1.70	2.09
3.00	5	0.809	31.61	39.09	1.58	1.95
3.20	5	0.806	31.51	39.09	1.58	1.95
3.40	5	0.803	31.41	39.09	1.57	1.95
3.60	4	0.801	25.05	31.27	1.25	1.56
3.80	6	0.798	37.45	46.91	1.87	2.35
4.00	6	0.796	35.06	44.04	1.75	2.20
4.20	9	0.794	52.43	66.06	2.62	3.30
4.40	10	0.791	58.09	73.40	2.90	3.67
4.60	10	0.789	57.93	73.40	2.90	3.67
4.80	10	0.787	57.78	73.40	2.89	3.67
5.00	10	0.785	54.30	69.17	2.72	3.46
5.20	9	0.783	48.75	62.25	2.44	3.11
5.40	10	0.781	54.03	69.17	2.70	3.46
5.60	11	0.779	59.28	76.09	2.96	3.80
5.80	10	0.777	53.77	69.17	2.69	3.46
6.00	11	0.775	55.79	71.94	2.79	3.60

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	7.33	71.27	Incoerente	1.5	11.02	terreno di copertura
2	2.29	20.87	Incoerente - coesivo	1.5	3.44	limo argilloso
4	5.3	42.35	Incoerente	1.5	7.97	sabbia limosa
6	10	70.41	Incoerente	1.5	15.04	sabbia addensata



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH.3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (2) limo argilloso	3.44	0.60-2.00	De Beer	0.43

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (2) limo argilloso	3.44	0.60-2.00	Robertson (1983)	6.88

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (2) limo argilloso	3.44	0.60-2.00	Stroud e Butler (1975)	15.78

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (2) limo argilloso	3.44	0.60-2.00	Apollonia	34.40

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) limo argilloso	3.44	0.60-2.00	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
Strato (2) limo argilloso	3.44	0.60-2.00	Meyerhof	1.66

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)

Strato (2) limo argilloso	3.44	0.60-2.00	Meyerhof	1.86
------------------------------	------	-----------	----------	------

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) terreno di copertura	11.02	0.00-0.60	11.02	Gibbs & Holtz 1957	42.35
Strato (2) limo argilloso	3.44	0.60-2.00	3.44	Gibbs & Holtz 1957	16
Strato (3) sabbia limosa	7.97	2.00-4.00	7.97	Gibbs & Holtz 1957	26.79
Strato (4) sabbia addensata	15.04	4.00-6.00	15.04	Gibbs & Holtz 1957	34.66

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) terreno di copertura	11.02	0.00-0.60	11.02	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	30.15
Strato (2) limo argilloso	3.44	0.60-2.00	3.44	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	27.98
Strato (3) sabbia limosa	7.97	2.00-4.00	7.97	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	29.28
Strato (4) sabbia addensata	15.04	4.00-6.00	15.04	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	31.3

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno di copertura	11.02	0.00-0.60	11.02	Schmertmann (1978) (Sabbie)	88.16
Strato (2) limo argilloso	3.44	0.60-2.00	3.44	Schmertmann (1978) (Sabbie)	27.52
Strato (3) sabbia limosa	7.97	2.00-4.00	7.97	Schmertmann (1978) (Sabbie)	63.76

Strato (4) sabbia addensata	15.04	4.00-6.00	15.04	Schmertmann (1978) (Sabbie)	120.32
-----------------------------------	-------	-----------	-------	--------------------------------	--------

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno di copertura	11.02	0.00-0.60	11.02	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	50.10
Strato (2) limo argilloso	3.44	0.60-2.00	3.44	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	34.53
Strato (3) sabbia limosa	7.97	2.00-4.00	7.97	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	43.84
Strato (4) sabbia addensata	15.04	4.00-6.00	15.04	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	58.36

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) terreno di copertura	11.02	0.00-0.60	11.02	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (2) limo argilloso	3.44	0.60-2.00	3.44	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (3) sabbia limosa	7.97	2.00-4.00	7.97	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4) sabbia addensata	15.04	4.00-6.00	15.04	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
Strato (1) terreno di copertura	11.02	0.00-0.60	11.02	Meyerhof et al.	1.76
Strato (2) limo argilloso	3.44	0.60-2.00	3.44	Meyerhof et al.	1.67
Strato (3) sabbia limosa	7.97	2.00-4.00	7.97	Meyerhof et al.	1.76

Strato (4) sabbia addensata	15.04	4.00-6.00	15.04	Meyerhof et al.	1.88
-----------------------------------	-------	-----------	-------	-----------------	------

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità' Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) terreno di copertura	11.02	0.00-0.60	11.02	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.92
Strato (2) limo argilloso	3.44	0.60-2.00	3.44	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
Strato (3) sabbia limosa	7.97	2.00-4.00	7.97	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.91
Strato (4) sabbia addensata	15.04	4.00-6.00	15.04	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) terreno di copertura	11.02	0.00-0.60	11.02	(A.G.I.)	0.33
Strato (2) limo argilloso	3.44	0.60-2.00	3.44	(A.G.I.)	0.35
Strato (3) sabbia limosa	7.97	2.00-4.00	7.97	(A.G.I.)	0.34
Strato (4) sabbia addensata	15.04	4.00-6.00	15.04	(A.G.I.)	0.32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno di copertura	11.02	0.00-0.60	11.02	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	541.61
Strato (2) limo argilloso	3.44	0.60-2.00	3.44	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	265.92

Strato (3) sabbia limosa	7.97	2.00-4.00	7.97	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	444.33
Strato (4) sabbia addensata	15.04	4.00-6.00	15.04	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	654.95

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

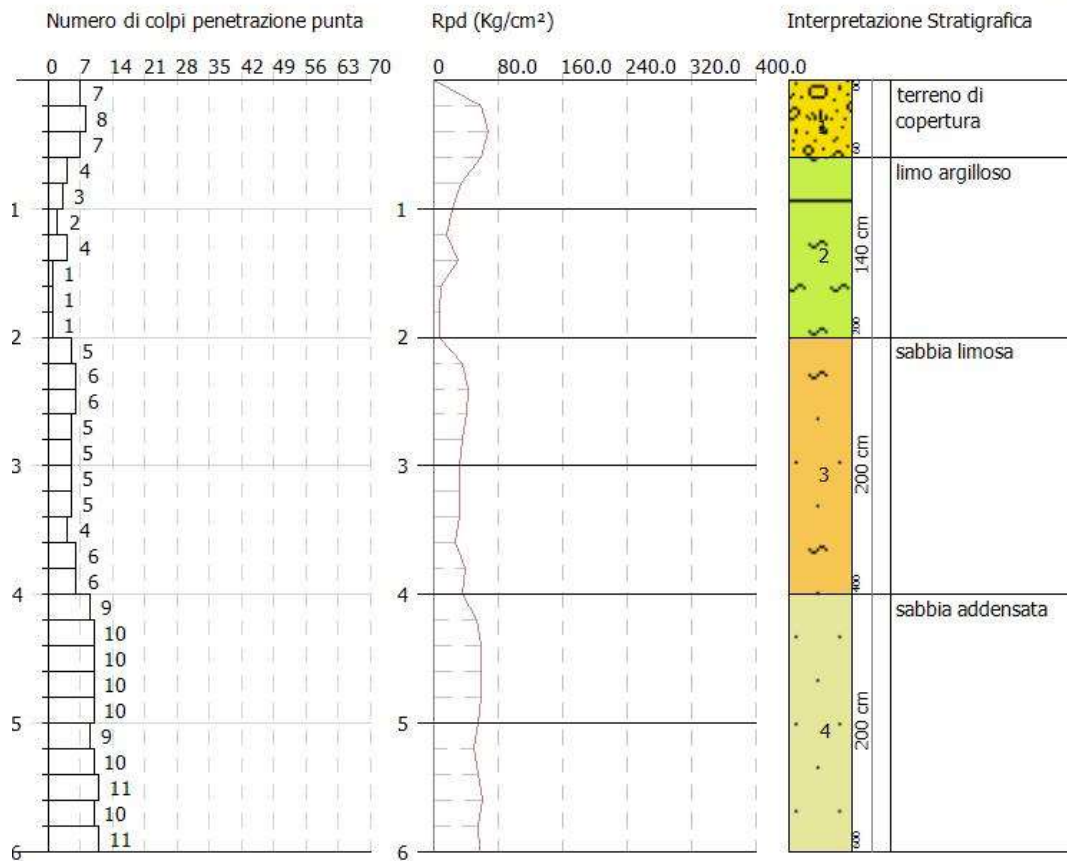
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno di copertura	11.02	0.00-0.60	11.02	Robertson 1983	22.04
Strato (2) limo argilloso	3.44	0.60-2.00	3.44	Robertson 1983	6.88
Strato (3) sabbia limosa	7.97	2.00-4.00	7.97	Robertson 1983	15.94
Strato (4) sabbia addensata	15.04	4.00-6.00	15.04	Robertson 1983	30.08

Servizi Geologici snc
Via Cairoli 52
Gropello Cairoli

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH.3
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente:
Descrizione:
Localita': Dorno/Scaldasole

Scala 1:50



PROVA DPSH.4

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 02-04-2024

Profondita' prova 6.00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (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	6	0.855	49.83	58.31	2.49	2.92
0.40	8	0.851	66.14	77.74	3.31	3.89
0.60	6	0.847	49.39	58.31	2.47	2.92
0.80	4	0.843	32.78	38.87	1.64	1.94
1.00	1	0.840	7.55	8.99	0.38	0.45
1.20	1	0.836	7.52	8.99	0.38	0.45
1.40	1	0.833	7.49	8.99	0.37	0.45
1.60	2	0.830	14.92	17.98	0.75	0.90
1.80	3	0.826	22.29	26.97	1.11	1.35
2.00	5	0.823	34.42	41.82	1.72	2.09
2.20	6	0.820	41.15	50.18	2.06	2.51
2.40	6	0.817	41.00	50.18	2.05	2.51
2.60	6	0.814	40.86	50.18	2.04	2.51
2.80	6	0.811	40.72	50.18	2.04	2.51
3.00	7	0.809	44.26	54.73	2.21	2.74
3.20	9	0.806	56.72	70.37	2.84	3.52
3.40	6	0.803	37.69	46.91	1.88	2.35
3.60	7	0.801	43.83	54.73	2.19	2.74
3.80	6	0.798	37.45	46.91	1.87	2.35
4.00	6	0.796	35.06	44.04	1.75	2.20
4.20	6	0.794	34.96	44.04	1.75	2.20
4.40	4	0.791	23.24	29.36	1.16	1.47
4.60	4	0.789	23.17	29.36	1.16	1.47
4.80	5	0.787	28.89	36.70	1.44	1.84
5.00	5	0.785	27.15	34.59	1.36	1.73
5.20	6	0.783	32.50	41.50	1.62	2.08
5.40	5	0.781	27.01	34.59	1.35	1.73
5.60	8	0.779	43.12	55.34	2.16	2.77
5.80	7	0.777	37.64	48.42	1.88	2.42
6.00	7	0.775	35.50	45.78	1.78	2.29

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.8	6	58.31	Incoerente	1.5	9.02	terreno di copertura
1.8	1.6	14.38	Incoerente	1.5	2.41	limo argilloso
4.2	6.33	50.36	Incoerente	1.5	9.52	sabbia debolmente limosa
6	5.67	39.52	Incoerente	1.5	8.53	sabbia limosa



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH.4

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) terreno di copertura	9.02	0.00-0.80	9.02	Gibbs & Holtz 1957	37.53
Strato (2) limo argilloso	2.41	0.80-1.80	2.41	Gibbs & Holtz 1957	10.46
Strato (3) sabbia debolmente limosa	9.52	1.80-4.20	9.52	Gibbs & Holtz 1957	30.61
Strato (4) sabbia limosa	8.53	4.20-6.00	8.53	Gibbs & Holtz 1957	23.67

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) terreno di copertura	9.02	0.00-0.80	9.02	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	29.58
Strato (2) limo argilloso	2.41	0.80-1.80	2.41	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	27.69
Strato (3) sabbia debolmente limosa	9.52	1.80-4.20	9.52	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	29.72
Strato (4) sabbia limosa	8.53	4.20-6.00	8.53	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	29.44

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno di copertura	9.02	0.00-0.80	9.02	Schmertmann (1978) (Sabbie)	72.16
Strato (2) limo argilloso	2.41	0.80-1.80	2.41	Schmertmann (1978) (Sabbie)	19.28
Strato (3) sabbia	9.52	1.80-4.20	9.52	Schmertmann (1978) (Sabbie)	76.16

debolmente limosa					
Strato (4) sabbia limosa	8.53	4.20-6.00	8.53	Schmertmann (1978) (Sabbie)	68.24

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno di copertura	9.02	0.00-0.80	9.02	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	45.99
Strato (2) limo argilloso	2.41	0.80-1.80	2.41	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	32.41
Strato (3) sabbia debolmente limosa	9.52	1.80-4.20	9.52	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	47.02
Strato (4) sabbia limosa	8.53	4.20-6.00	8.53	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	44.99

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) terreno di copertura	9.02	0.00-0.80	9.02	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) limo argilloso	2.41	0.80-1.80	2.41	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (3) sabbia debolmente limosa	9.52	1.80-4.20	9.52	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4) sabbia limosa	8.53	4.20-6.00	8.53	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
Strato (1) terreno di copertura	9.02	0.00-0.80	9.02	Meyerhof et al.	1.70
Strato (2)	2.41	0.80-1.80	2.41	Meyerhof et al.	1.62

limo argilloso					
Strato (3) sabbia debolmente limosa	9.52	1.80-4.20	9.52	Meyerhof et al.	1.71
Strato (4) sabbia limosa	8.53	4.20-6.00	8.53	Meyerhof et al.	1.68

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) terreno di copertura	9.02	0.00-0.80	9.02	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.91
Strato (2) limo argilloso	2.41	0.80-1.80	2.41	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
Strato (3) sabbia debolmente limosa	9.52	1.80-4.20	9.52	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.91
Strato (4) sabbia limosa	8.53	4.20-6.00	8.53	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.91

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) terreno di copertura	9.02	0.00-0.80	9.02	(A.G.I.)	0.34
Strato (2) limo argilloso	2.41	0.80-1.80	2.41	(A.G.I.)	0.35
Strato (3) sabbia debolmente limosa	9.52	1.80-4.20	9.52	(A.G.I.)	0.34
Strato (4) sabbia limosa	8.53	4.20-6.00	8.53	(A.G.I.)	0.34

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno di copertura	9.02	0.00-0.80	9.02	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi	479.23

				(1982)	
Strato (2) limo argilloso	2.41	0.80-1.80	2.41	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	213.96
Strato (3) sabbia debolmente limosa	9.52	1.80-4.20	9.52	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	495.29
Strato (4) sabbia limosa	8.53	4.20-6.00	8.53	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	463.15

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno di copertura	9.02	0.00-0.80	9.02	Robertson 1983	18.04
Strato (2) limo argilloso	2.41	0.80-1.80	2.41	Robertson 1983	4.82
Strato (3) sabbia debolmente limosa	9.52	1.80-4.20	9.52	Robertson 1983	19.04
Strato (4) sabbia limosa	8.53	4.20-6.00	8.53	Robertson 1983	17.06

Servizi Geologici snc
Via Cairoli 52
Gropello Cairoli

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH.4
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente:
Descrizione:
Localita': Dorno/Scaldasole

Scala 1:50

