

Comune di: ROTELLO

Provincia di: CAMPOBASSO

Regione: MOLISE



PROPONENTE

PODINI S.P.A

Via Lattuada, 30 – 20135 MILANO (MI)

C.F. e P.IVA IT02246400218

OPERA

PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 43.298,50 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

“SOLARE ROTELLO-PIANO DELLA FONTANA”

OGGETTO

TITOLO DELL'ELABORATO:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDROGEOLOGICA

DATA:

11/03/2024

N°/CODICE ELABORATO:

Tipologia: REL (RELAZIONI)

REL 009

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	202202141	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.....	2
3	CARATTERISTICHE CLIMATICHE.....	5
3.1	Bilancio Idrologico	9
4	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	11
4.1	Aree esondabili.....	23
4.2	Dissesto idrogeologico.....	25
5	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE	28
5.1	Calcolo portata di massima piena.....	31
6	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	36
6.1	Vulnerabilità acquiferi	40
7	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	47
8	BIBLIOGRAFIA & WEB REFERENCES	48
8.1	Bibliografia.....	48
8.2	Web references	49

1 PREMESSA

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

Nella presente relazione, saranno presentate le indagini svolte, analizzati i risultati ottenuti e descritto il modello idrologico ed idrogeologico del sito. Detto modello, sarà sviluppato in modo da costituire un utile elemento di riferimento per l'inquadramento, da parte dei progettisti, delle problematiche idrologiche ed idrogeologiche a piccola e grande scala.

Da un punto di vista normativo, il contesto è in continua evoluzione anche per il recepimento di direttive comunitarie nell'ordinamento giuridico nazionale e regionale.

Vale la pena ricordare, ad esempio, la direttiva CE/2000/60, che ha portato alla redazione del Piano di Gestione delle Acque distrettuale con le azioni necessarie per il raggiungimento del buono stato ambientale dei corpi idrici, superficiali e sotterranei, previsto dalla direttiva al 2015. La principale fonte normativa nell'ambito in oggetto è sicuramente il D.lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 "Norme in materia ambientale", noto anche come testo unico ambientale.

La realizzazione di un'opera edilizia può comportare delle modificazioni ambientali e, in tal senso, uno degli aspetti più importanti riguarda certamente le condizioni di circolazione dell'acqua nei mezzi porosi e/o fratturati che vengono interessati dall'opera in costruzione. Le problematiche sono generalmente riconducibili a due aspetti principali: la stabilità dell'opera e le conseguenze che l'intervento provoca sulla circolazione idrica sotterranea.

Nelle NTC18 (Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 17/01/2018), si fa riferimento anche alla componente idrogeologica, richiamando la necessità della ricostruzione dei caratteri idrogeologici del territorio. La circolare esplicativa, specifica che la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve fornire lo schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea.

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

La presente Relazione Idrologica ed Idrogeologica è strutturata nei seguenti paragrafi:

1. Premessa
2. Inquadramento geografico
3. Caratteristiche climatiche
4. Caratteristiche geomorfologiche
5. Caratteristiche idrologiche
6. Caratteristiche idrogeologiche
7. Compatibilità al piano di tutela delle acque
8. Considerazioni conclusive

Allegati:

- Analisi climatica

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Molise si estende per 443.758 Ha con altitudini che vanno dal livello del mare (la regione è bagnata a est dal Mar Adriatico), a 2050 m s.l.m. del Monte Miletto, sul massiccio appenninico del Matese. È situata tra 41° 22' e 42° 41' di latitudine Nord e 14° 29' e 15° 42' di longitudine Est dal meridiano di Greenwich. È una regione prevalentemente montuosa: comprende 136 comuni, dei quali 111 totalmente montani e 12 parzialmente, per un totale di 349.149 ha di territorio montano, equivalente al 78.68% della superficie dell'intera regione. Il territorio del Molise si estende dalla costa adriatica al crinale appenninico, spingendosi per un buon tratto anche sul versante tirrenico, in quanto comprende gli alti bacini imbriferi del F. Volturno e del F. Tammaro. I limiti non convenzionali sono i corsi d'acqua del F. Trigno, che a nord, segna il confine con l'Abruzzo, il F. Fortore che delimita il confine sud est con la Puglia e i massicci calcarei della Meta, delle Mainarde e del Matese che lo dividono amministrativamente dal Lazio e dalla Campania. Oggi è in uso la distinzione tra Alto e Basso Molise, riferendo al primo tutta la parte montana, escluso il Matese, ed al secondo tutta la parte collinare (LUCCHESI, 1995).

Il panorama geografico del Molise è alquanto vario, ma è comunque possibile suddividere la regione in otto areali naturali, distinti per componenti fisico-ambientali, storico-insediative e culturali che ne connotano l'identità di lunga durata.

Il Molise è costituito per il 55% del suo territorio da montagna e per il 44% da collina: 123 dei suoi 136 comuni sono situati in zone montuose. L'orografia è caratterizzata dalla catena dei monti delle Mainarde (Monte Morrone 1805 m. s.l.m.) e dal Massiccio del Matese (Monte Miletto 2050 m.s.l.m.).

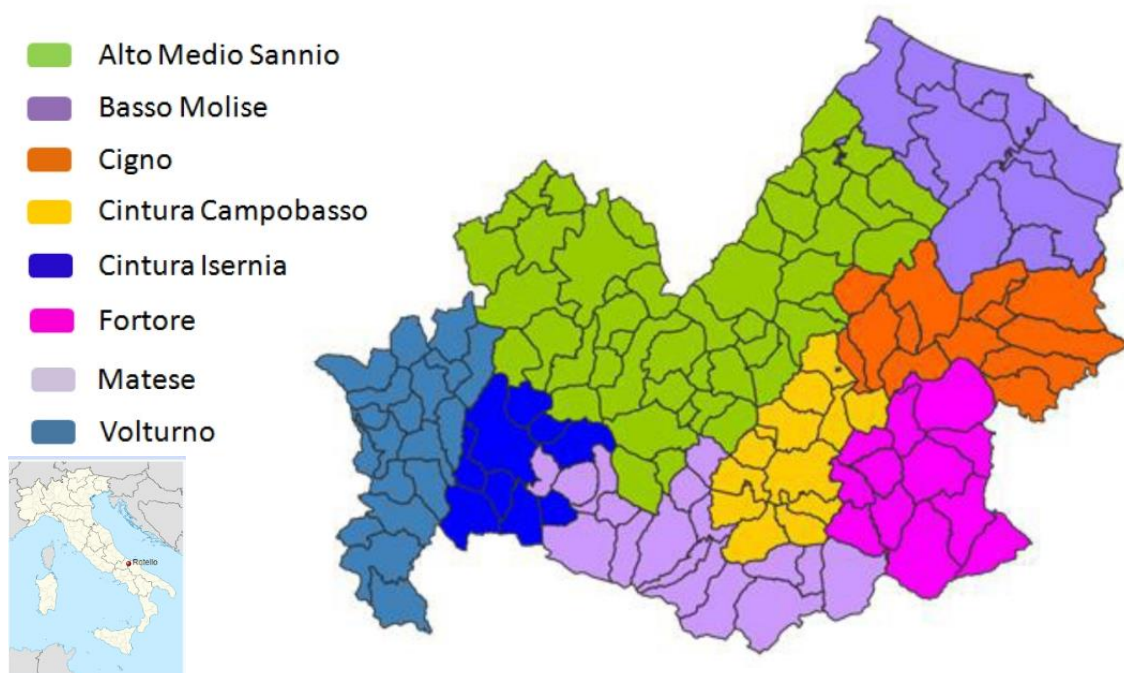


Figura 2-1. Schema delle regioni naturali del Molise. In basso a sinistra, la location map. Fonte: Piani di Gestione di 61 Siti della Rete Natura 2000-Regione Molise).

I rilievi di maggior importanza nell'orografia molisana sono tre:

- Il Monte Meta è un monte appenninico ed è importante e conosciuto poiché esso segna il punto d'incontro di ben tre regioni italiane: Il Lazio, L'Abruzzo e appunto il Molise. È situato nell'estremo Ovest del Molise, nell'entroterra della Provincia di Isernia una delle due province

molisane. Con i suoi 2242 m s.l.m. è la seconda montagna più alta della Catena montuosa dei Monti della Meta (da cui prende il nome) e la più alta del Molise stesso;

- Il Monte Miletto è anch'esso un monte appenninico ed è famoso perché segna il confine tra Molise e Campania sulla sua cima. Il Miletto è una montagna sud-occidentale del Molise e oltre a segnare il confine con la Campania, determina il confine anche fra le due province molisane di Isernia e Campobasso. Il monte fa parte della catena dell'Appennino Sannita e in particolare del Matese di cui, con i suoi 2050 m s.l.m., è la vetta più alta;
- Il Monte Mutria è una montagna appenninica, la più bassa fra le più importanti montagne molisane. È la seconda vetta della catena Matese nell'Appennino Sannita nel sud-est del Molise nella Provincia di Campobasso confinante con la Campania settentrionale facente parte del Matese.

Una fetta considerevole del territorio molisano, il 40,6 % ricade entro i 500 m di quota, ed è riferibile in buona parte ad un contesto di piana e di pianura, da costiera alluvionale ad intravalliva fino a intramontana. Altrettanto consistente nella loro estensione sono le aree localizzate tra 500 e 1000 m di quota, pari al 48,8%, di cui ca., corrispondente ad un contesto di tipo collinare fino a montano, con le aree poste tra i 750 e 1000 m che raggiungono il 16,4%. Le aree poste a quote superiori ai 1000 sono piuttosto limitate, pari ad un totale del 10,7%, ma non per questo meno significative in quanto ospitano conformazioni geomorfologiche, sia relitte che attuali, e contesti naturalistici molto particolari.

L'area, che ospiterà l'impianto in progetto, ricade nel territorio del Comune di Rotello (CB), da cui dista circa 4 km a S-SW rispetto all'abitato stesso. Inoltre, essa è posta a circa 6 km N-NO da Ururi, a 10 km NE da Serracapriola.

La somma totale delle superficie ammonta a circa 73 ha. Le aree sono a destinazione d'uso agricola, con campi coltivati a seminativo e/o maggese.

Le aree sono racchiuse nel reticolo di strade:

- S.P. 167 a Nord;
- S.P. 480 a Est;
- S.P. 376 a Sud;
- S.P. 40 a Ovest.

La quota topografica media è di circa 190 m. s.l.m.

Lotto	Latitudine	Longitudine	Foglio	Particella
1	41°46'16.62"N	15° 2'19.41"E	13	29 33 53
2	41°46'13.61"N	15° 2'49.38"E	16	57 192 226
3	41°46'9.45"N	15° 2'58.08"E	16	117 118 119 180 134 309 310 121
4	41°46'1.69"N	15° 2'50.65"E	16	146 158 162 218
5	41°46'8.10"N	15° 3'18.58"E	16	219 161 165 124 138 152 202 246 111 229 96 88 89 97 83 179 311 312 313 314
6	41°46'3.46"N	15° 3'28.74"E	16	140 141 142
7	41°46'19.94"N	15° 3'20.13"E	16	66 67 193 46 68 70 71
8	41°46'21.22"N	15° 3'31.89"E	16	72 73
9	41°45'52.37"N	15° 3'14.19"E	28	38 40 47 54 62 63 82 92 137
			29	2 3 4 5 6 101 12 14 36 37 124 125 42 43 23 24 87 17 121 32 33 40 89 47 119 22 27 28
10	41°46'16.96"N	15° 4'2.71"E	17	55 57 58 59 163 80 81 82 84 107 108 109 110 111 112 86 180

Tabella 2-1. Localizzazione lotti con coordinate baricentriche.

3 CARATTERISTICHE CLIMATICHE

In termini di distribuzione altimetrica, la temperatura non presenta la stessa eterogeneità di comportamento delle precipitazioni e mostra un andamento molto vicino alla linearità con un gradiente termico pari a $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ogni 100 m.

Tale andamento regolare comporta una distribuzione regionale delle grandezze termiche che riflette quella delle morfostrutture principali, con temperature medie annue comprese tra 7 e $16\text{ }^{\circ}\text{C}$. Le temperature medie annue massime si osservano nelle aree costiere e nell'area basso collinare che si trova immediatamente alle loro spalle. È soprattutto verso sud, nelle aree a confine con la Puglia, che la zona calda si spinge più all'interno, risentendo delle influenze di un clima marcatamente più mediterraneo.

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

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.

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

Gli indici e i dati, afferenti al Comune di Rotello, sono riportati in allegato.

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
29	27	27	23	23	25	24	32	44	45	46	41

Tabella 3-1. Precipitazioni medie mensili.

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

Periodo	mm	% annua
Apr-Set	171	44
Ott-Mar	215	56

Tabella 3-2. Precipitazioni, ripartizione semestrale.

Le precipitazioni totali sono pari a 386 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.

I valori più alti di temperatura si registrano nel mese di luglio 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 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ai minimi non inferiori agli $7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
6,22	6,72	9,02	12,12	16,82	20,62	23,82	24,02	20,52	15,72	10,92	7,52

Tabella 3-3. Temperature medie mensili.

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

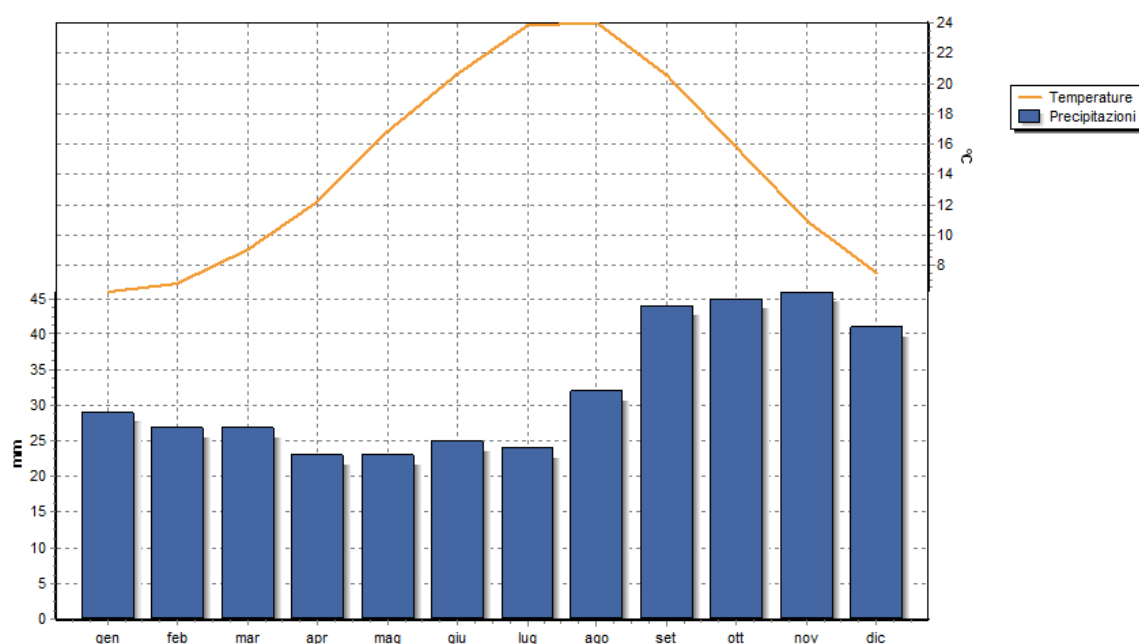


Figura 3-1. Diagramma termopluviometrico.

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

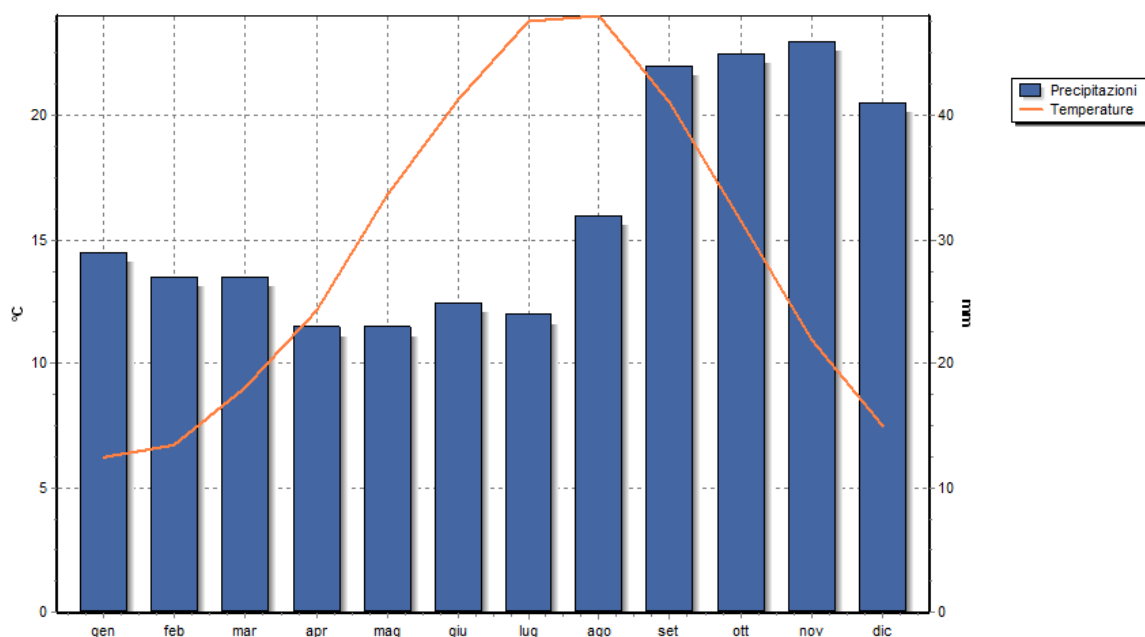


Figura 3-2. Diagramma ombrotermico.

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 “caldi e aridi”.

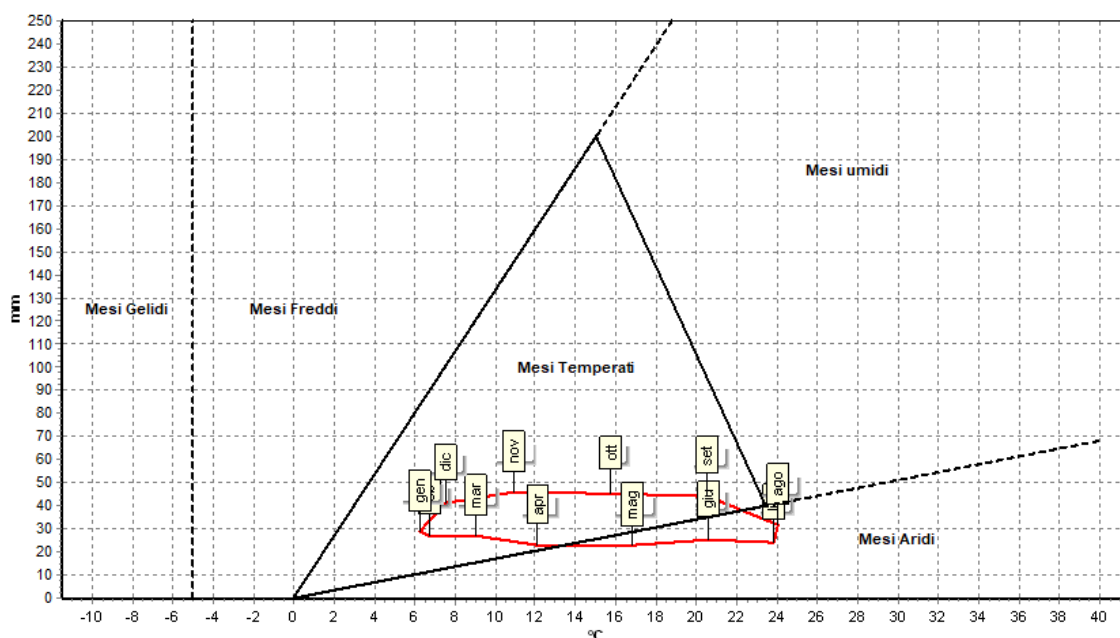


Figura 3-3. Climogramma di Peguy.

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

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

Pluviofattore di Lang	26,53
Indice di Fournier	5,48
Indice di Amann	315,52
Evaporazione Idrologica di Keller	504,78 mm
Mesi aridi secondo Gaussen	Apr, Magg, Giu, Lug, Ago
Indice ombrotermico annuale	2,22
Indice ombrotermico estivo	1,18

Tabella 3-4. Elenco principali indici climatici.

Si rimanda agli Allegati per il report climatico completo.

3.1 Bilancio Idrologico

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

Dall'analisi dei dati, si evidenzia che, a fronte di 386 mm/anno di precipitazioni, si registra un'evapotraspirazione potenziale (Etp) di ben 950 mm/anno. Ciò evidenzia una situazione di aridità, alquanto marcata, nel periodo estivo; infatti il deficit idrico (D) è di ben 564 mm/anno e si concentra nel periodo da luglio a settembre.

Anche i dati relativi all'acqua a disposizione delle piante nella zona radicale (PAW) sono d'interesse.

Infatti, il quantitativo totale, che potrebbe apparire significativo con i suoi 193,6 mm/anno, è concentrato nei mesi da novembre a aprile, in netta contrapposizione con il marcato deficit. Il ruscellamento (R) risulta essere nullo.

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	29,0	27,0	27,0	23,0	23,0	25,0	24,0	32,0	44,0	45,0	46,0	41,0	386,0
Etp	13,5	15,9	30,7	57,1	98,0	142,4	175,5	168,9	116,9	70,5	38,2	22,5	950,0
dS	15,5	11,1	-3,7	-34,1	-15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	18,5	
PAW	41,9	53,0	49,3	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	26,3	193,6
AET	13,5	15,9	30,7	57,1	38,2	25,0	24,0	32,0	44,0	45,0	38,2	22,5	
R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
D	0,0	0,0	0,0	0,0	59,8	117,4	151,5	136,9	72,9	25,5	0,0	0,0	564,0

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

Tabella 3-5. Bilancio Idrologico secondo Thornthwaite.

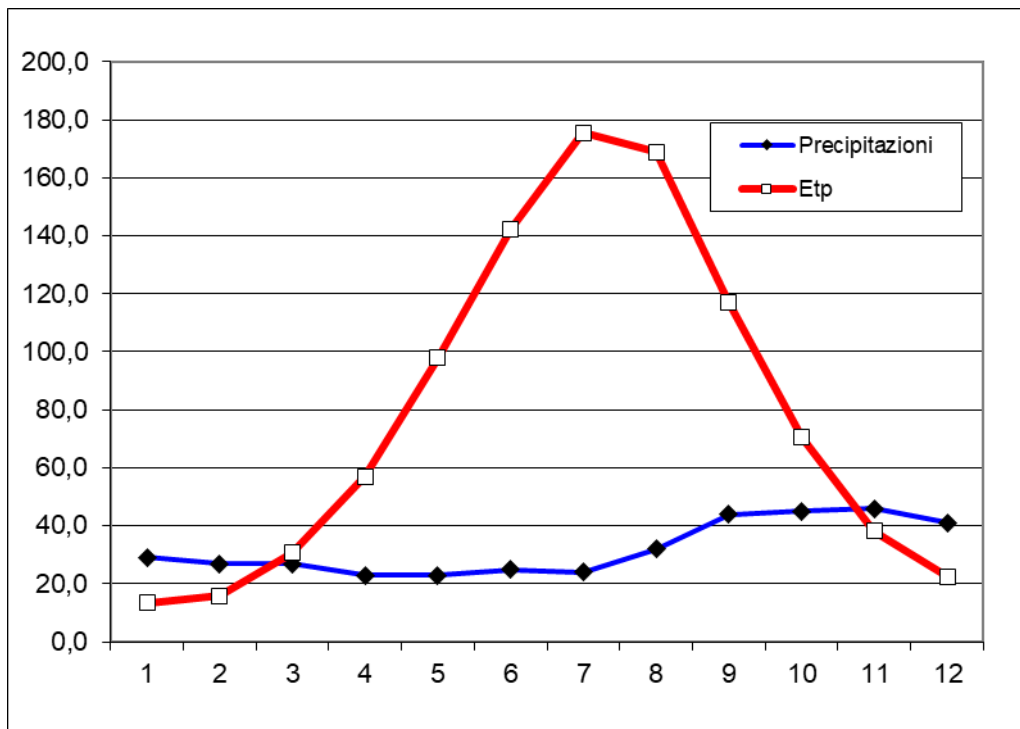


Figura 3-4. Grafico di Thornthwaite.

4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Le caratteristiche geomorfologiche dell'area regionale risentono molto della natura dei litotipi affioranti, del loro assetto tettonico e della storia morfoevolutiva di lungo termine. Si può constatare una forte relazione intercorrente tra litologia e morfologia: forme collinari con versanti poco acclivi sono caratteristiche dei terreni meno resistenti all'erosione, aventi una prevalenza di termini marnosi ed argillosi, mentre, laddove affiorano i litotipi meno erodibili, calcari o arenacei, si hanno versanti a forte acclività. In corrispondenza di questi litotipi le pendenze raggiungono anche i 90°, le quote più elevate e, su di essi, sorgono alcuni centri abitati. In generale si tratta di un tipico paesaggio fortemente controllato dalla elevata erodibilità di molte delle litologie di substrato che vi affiorano e da una forte interazione tra la dinamica di alveo e di versante. Ne è conseguita una scarsa conservatività sia di forme di erosione sia di forme di erosione sia di quelle legate all'accumulo. Ciò giustifica la totale assenza di depositi quaternari antichi e di significativi marker morfocronologici che marchino importanti fasi morfoevolutive del paesaggio.

Sulla base di correlazioni morfostratigrafiche a carattere regionale è possibile ipotizzare per il modellamento di tale paesaggio un'età non più antica del Pliocene inferiore.

Morfologicamente incastrate all'interno di questi lembi di paleosuperfici di prima generazione si rinvengono superfici di spianamento riferibili ad una generazione successiva. In particolare questa seconda generazione è caratterizzata da superfici a discreta maturità morfologica, da sub pianeggianti a debolmente acclivi fino ad un massimo del 15%.

Spesso queste superfici sono delimitate da elementi più acclivi. In genere coincidenti con le scarpate di erosione fluviale prodotte dai corsi d'acqua in seguito al loro recente, rapido approfondimento (AUCELLI et al., 2001). Ciò fa pensare ad un paesaggio a superfici di erosione in roccia tenera (glacis) che tende, verso Sud, a raccordarsi a livelli di base attualmente posti a circa 600 m s.l.m.; da questa superficie antica "emergono" localmente, per morfoselezione, i rilievi costituiti da formazioni più litoidi. Questo antico paesaggio erosionale sospeso è, a luoghi, notevolmente disseccato e ridotto in lembi relitti presenti lungo alcuni spartiacque, le cui quote sono comunque tra loro raccordabili. Solo in pochi e ristretti casi è possibile rilevare, su queste superfici di seconda generazione, una modesta copertura di depositi detritico-colluviali che raggiunge lo spessore massimo di 2 m. il modellamento di questa superficie di erosione è, probabilmente, legato alle fasi di morfogenesi successive alla strutturazione della catena (Pliocene superiore-Pleistocene inferiore).

Le ultime fasi surettive della catena hanno determinato un ringiovanimento del paesaggio, soprattutto a causa della conseguente dissezione fluviale. Questa nuova fase di morfogenesi che ha interessato la suddetta superficie di erosione, presenta come principale processo di modellamento morfoevolutivo quello franoso. Esso si esplica, essenzialmente, lungo le scarpate fluviali ad alta acclività, prodottosi durante l'approfondimento della rete drenante. Questo lungo periodo, in cui i fenomeni franosi diventano dominanti nella morfogenesi di alcune aree con substrati a forte componente pelitica, vede l'affermarsi di veri e propri "sistemi franosi" di ampiezza pari a bacini idrografici di basso ordine (landslide catchment, sensu AUCELLI et al., 2000) al cui interno la morfogenesi gravitativa coesiste con quella fluviale.

L'area regionale, in generale, è caratterizzata da alvei confinati che mostrano una diffusa tendenza all'approfondimento. Tale propensione è localmente interrotta da fasi di aggradazione legate all'ostruzione dell'alveo principale da parte di cumuli di frana e dalla rapida crescita di conoidi alluvionali. Una cospicua risorsa di detrito deriva dalle scarpate di erosione fluviale localizzate all'interno dei bacini tributari di 3° e 4° ordine, dove l'onda di dissezione, dopo la genesi dell'ordine più basso dei glacis vallivi, è ancora molto attiva (AUCELLI et al., 2000).

Il reticolo idrografico, i cui principali corsi d'acqua sono rappresentati dai fiumi Trigno e Biferno, presenta una struttura semplice laddove prevalgono formazioni più litoidi. In questo caso si formano impluvi incassati che, talvolta, finiscono per costituire vere e proprie forre, spesso susseguenti, ad

andamento circa rettilineo, impostate lungo le principali linee di frattura che, talora, si intersecano dando luogo a gomiti fluviali. In altri casi i corsi d'acqua tagliano sia strutture plicative sia di accavallamento tettonico e vanno a costituire classici esempi di discordanza oroidrografica.

Al contrario, la dominanza della componente pelitica determina un considerevole sviluppo della rete idrografica. La bassa permeabilità, infatti, favorisce un diffuso ruscellamento superficiale che confluisce in linee d'impluvio ramificate ad andamento tortuoso.

I corsi d'acqua presentano portate quasi nulle nei periodi estivi e deflussi molto abbondanti in occasione di forti e continue precipitazioni meteoriche. Tale effetto si risente tanto più nei valloni secondari che d'estate risultano del tutto asciutti, mentre nella stagione piovosa portano a valle discreti quantitativi di acqua con evidenti effetti sull'evoluzione dei versanti.

Le forme di accumulo sono rappresentate da terrazzi e da conidi. I conoidi, presenti in alcuni fondovalle, pur presentando caratteri di facies simili limitatamente ai livelli massivi e fango-sostenuti ascrivibili a processi di sedimentazione del tipo flussi detritici (debris flow), in cui la matrice deriva presumibilmente dai termini più pelitici delle formazioni affioranti. Si rinvengono sia conoidi morfologicamente ben preservate, generalmente attive, sia dissecate non più attive (terrazzate).

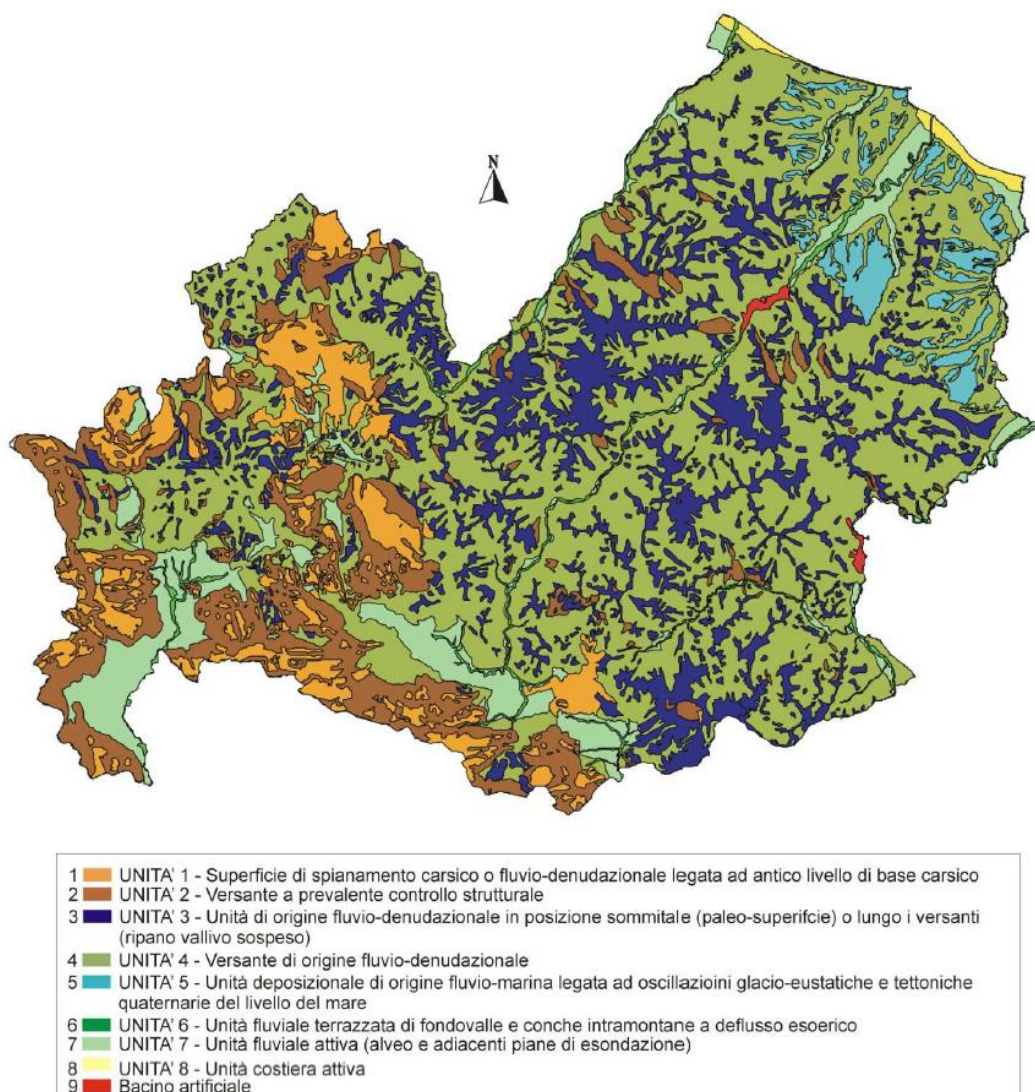


Figura 4-1. Cartografia geomorfologica a grande scala. (Fonte: Piani di Gestione di 61 Siti della Rete Natura 2000-Regione Molise).

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

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

Le variabili geomorfometriche (terrain attributes) possono fornire le migliori indicazioni per la variabilità spaziale delle proprietà dei suoli, specialmente in aree dove la variabilità dei fattori ambientali è piccola; pertanto, è di fondamentale interesse l'analisi della topografia (FLORINSKY 2012).

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

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

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

La variabile Topographic Position Index caratterizza le forme di paesaggio. Essa si basa su 10 differenti forme di paesaggio. In letteratura, per la classificazione dei valori dei pixel, in termini di forme del paesaggio, si riporta la seguente classificazione (tabella sottostante), in cui le definizioni, delle diverse landforms, possono avere un significato più strettamente idrologico, oppure più strettamente geomorfologico.

La pendenza è l'aspetto più rilevante per i movimenti gravitativi in un territorio, infatti concorre nei calcoli di molte variabili secondarie. L'analisi delle superfici a bassa pendenza o sub-orizzontali, conforta l'interpretazione di tali elementi del paesaggio fisico come superfici terrazzate e/o relitte. Le superfici piane appaiono diffuse sull'intera area di studio.

Il parametro curvatura esprime la vera e propria curvatura (concavità e/o convessità) di una superficie rappresentata da un DEM ed è definita come la curvatura lungo la linea di massima pendenza. Una curvatura caratterizzata da valore negativo identifica la presenza di una superficie convessa mentre, al contrario, una curvatura caratterizzata da valore positivo identifica la presenza di una superficie concava. Un valore uguale a zero indica infine la presenza di una superficie pianeggiante.

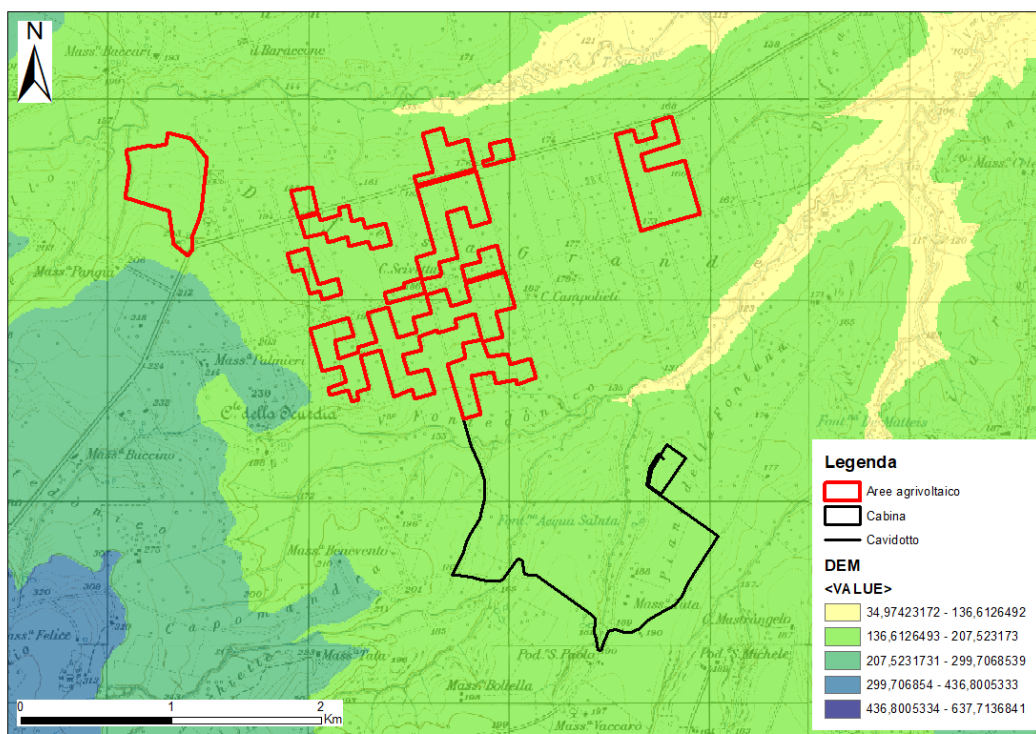


Figura 4-2. Condizioni al contorno imposte – Elaborazione delle quote topografiche, nonché dell’energia del rilievo.

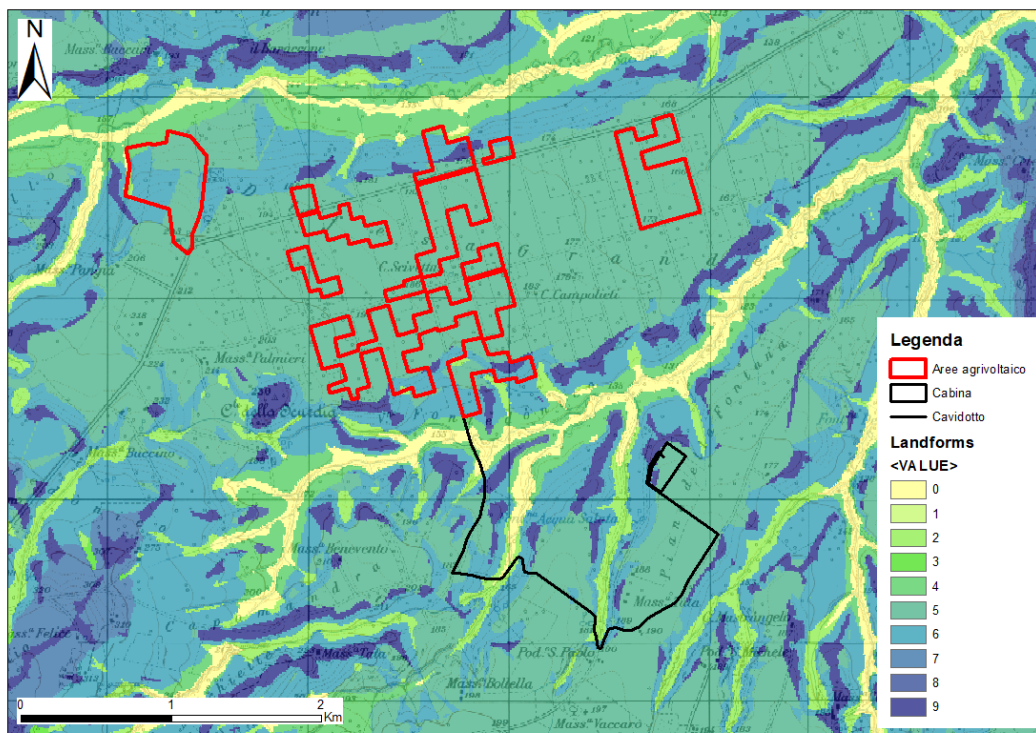


Figura 4-3. Condizioni al contorno imposte – Elaborazione della classificazione delle forme del paesaggio.

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

Tabella 4-1.Landforms classification.

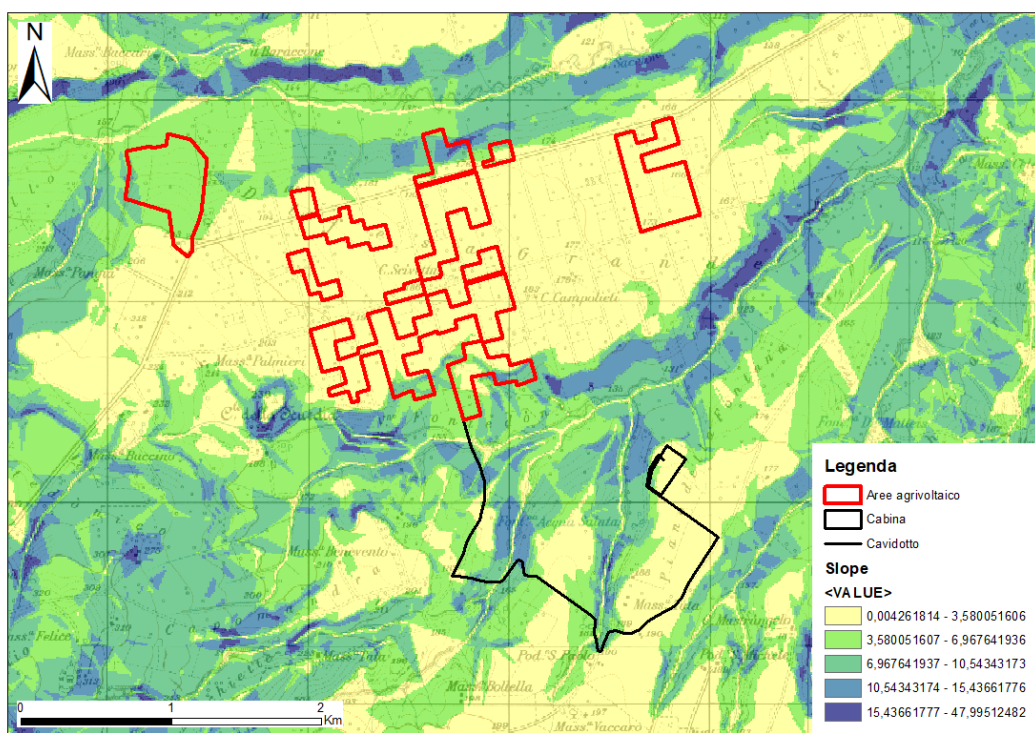


Figura 4-4. Condizioni al contorno imposte - Elaborazione delle pendenze.

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).

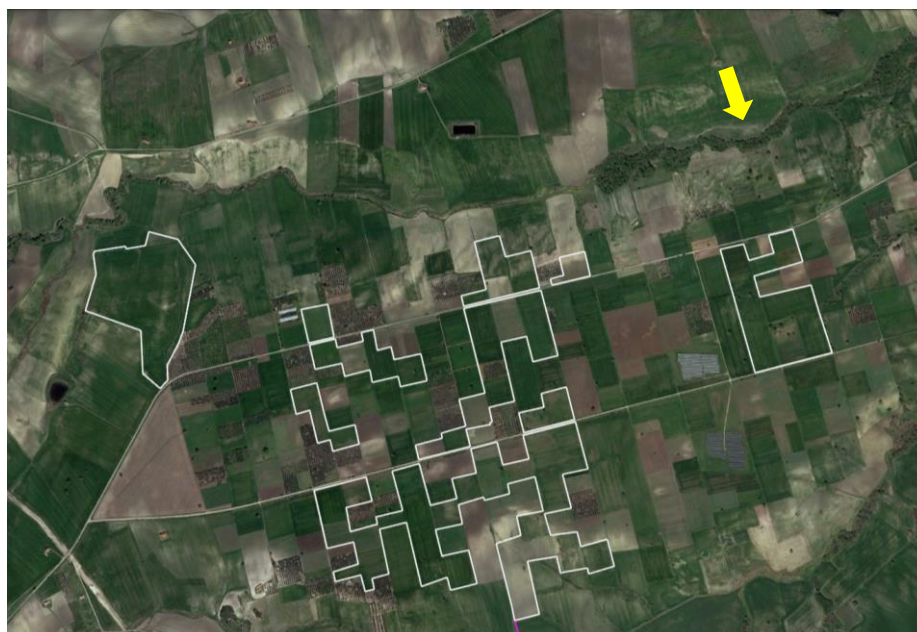


Figura 4-5. Stralcio dell'ortofoto satellitare ove vengono evidenziate alcune delle arre di golena. ↓

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

La classificazione si basa su tre livelli di conoscenza:

- Caratteristiche del fiume, 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 Carapelle, 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.

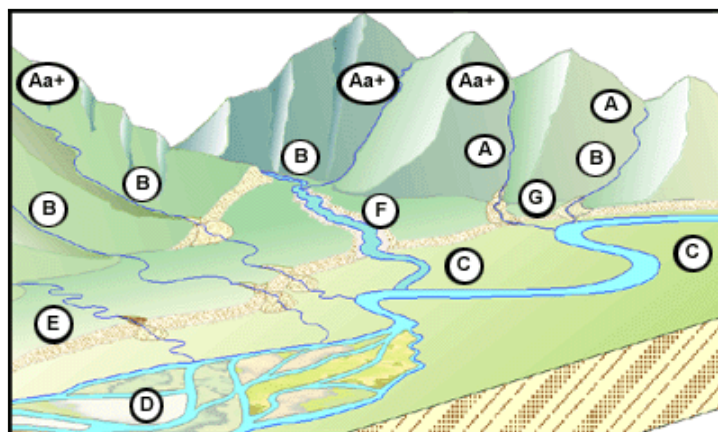


Figura 4-6. Condizioni al contorno imposte - Diversi tipi fluviali in diverse zone del paesaggio.

Il bacino di utenza (anche noto come accumulazione di flusso), può essere utilizzato per impostare una soglia per l'inizializzazione dei canali. L'algoritmo di calcolo del tool 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.

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 alii 2009). Utilizzando l'opzione Raster Drop viene creato un raster di output che mostra il valore (in termini percentuali) del rapporto tra la massima variazione dell'elevazione, individuata tra i pixel lungo la direzione del flusso, e la lunghezza del percorso tra i centri dei pixel considerati. 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 Torrente Saccione).

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 contribuyente 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).

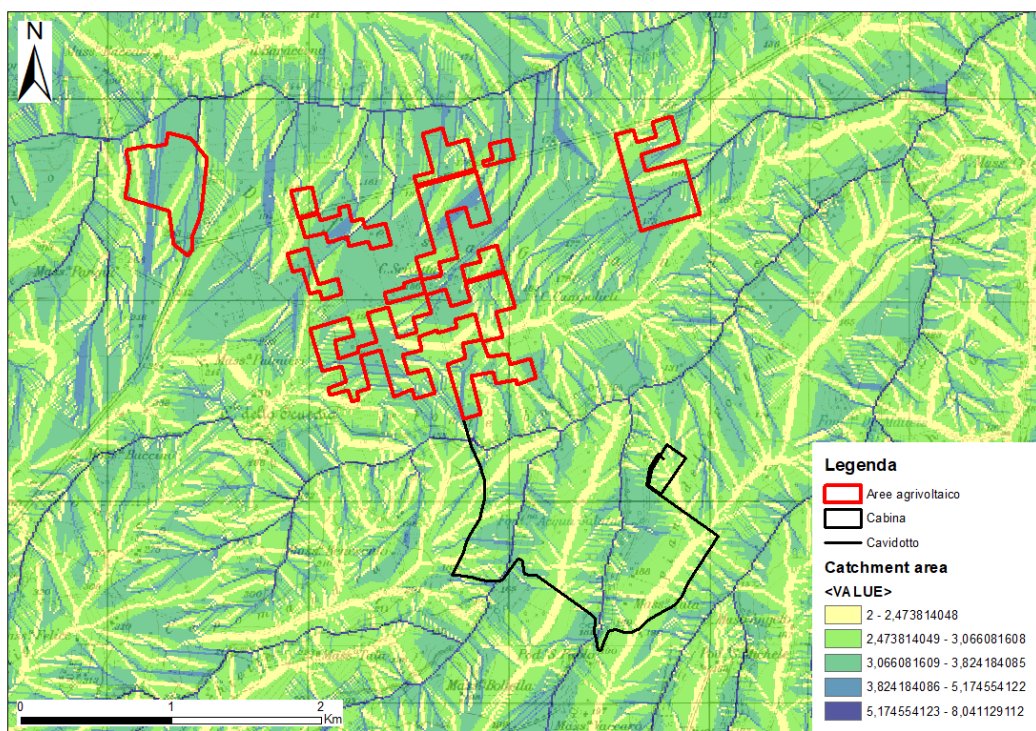


Figura 4-7. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione della classificazione catchment area.

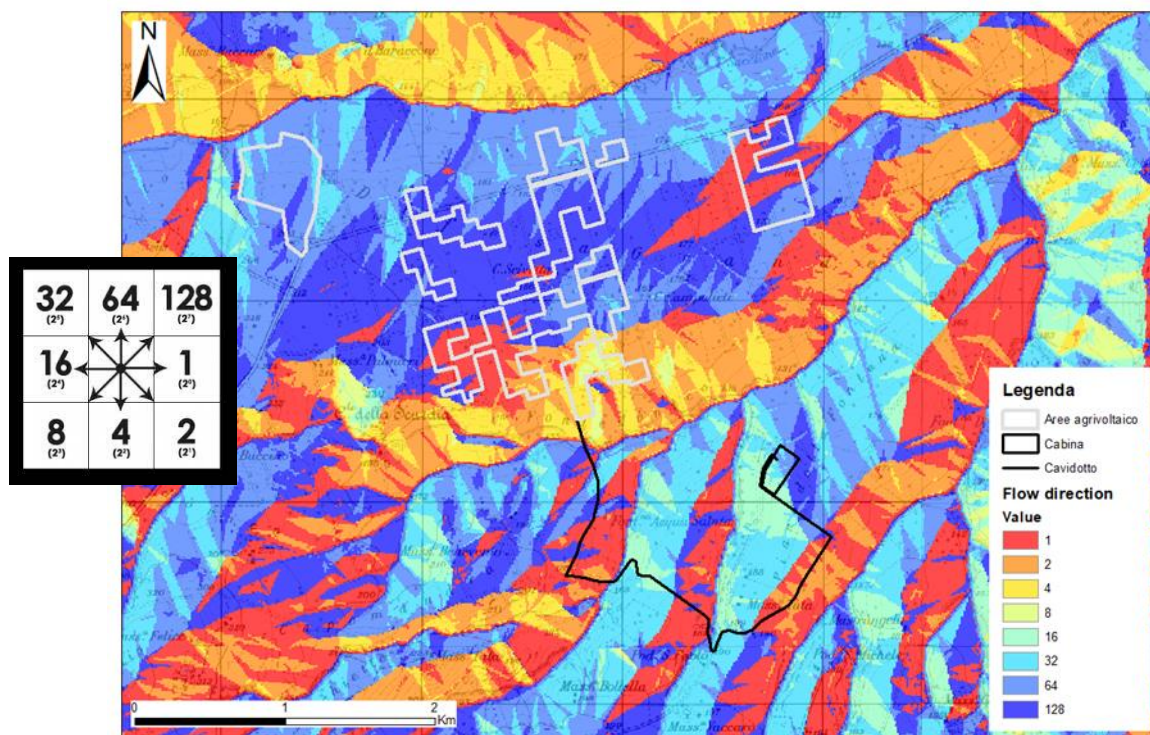


Figura 4-8. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione della Flow Direction.

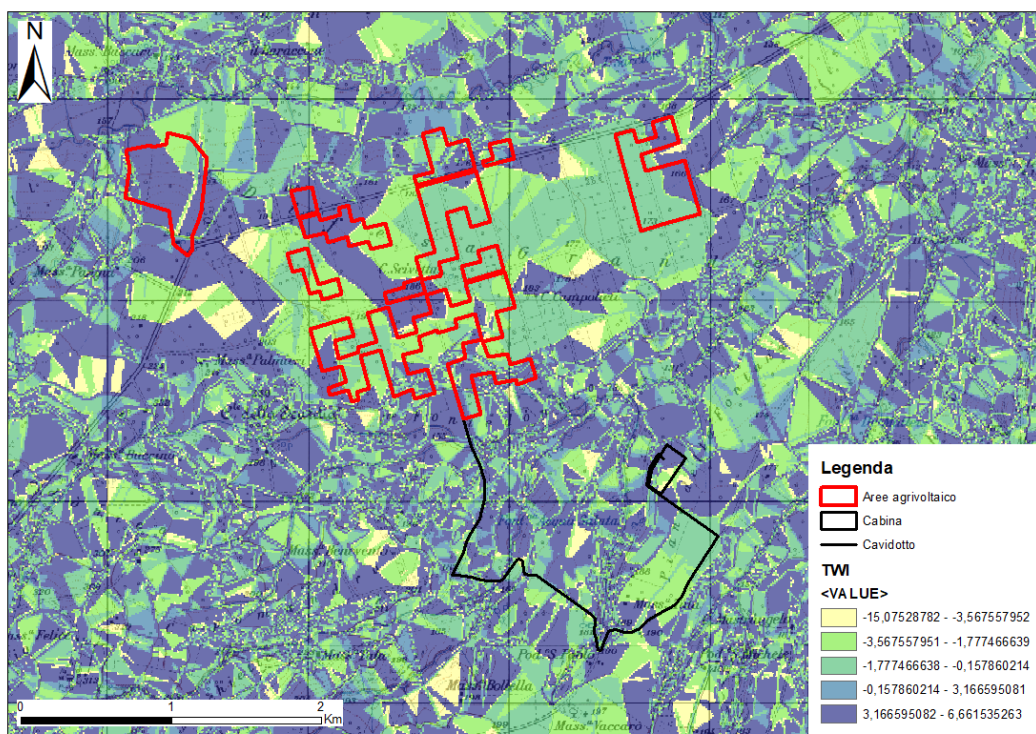


Figura 4-9. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione della classificazione TWI.

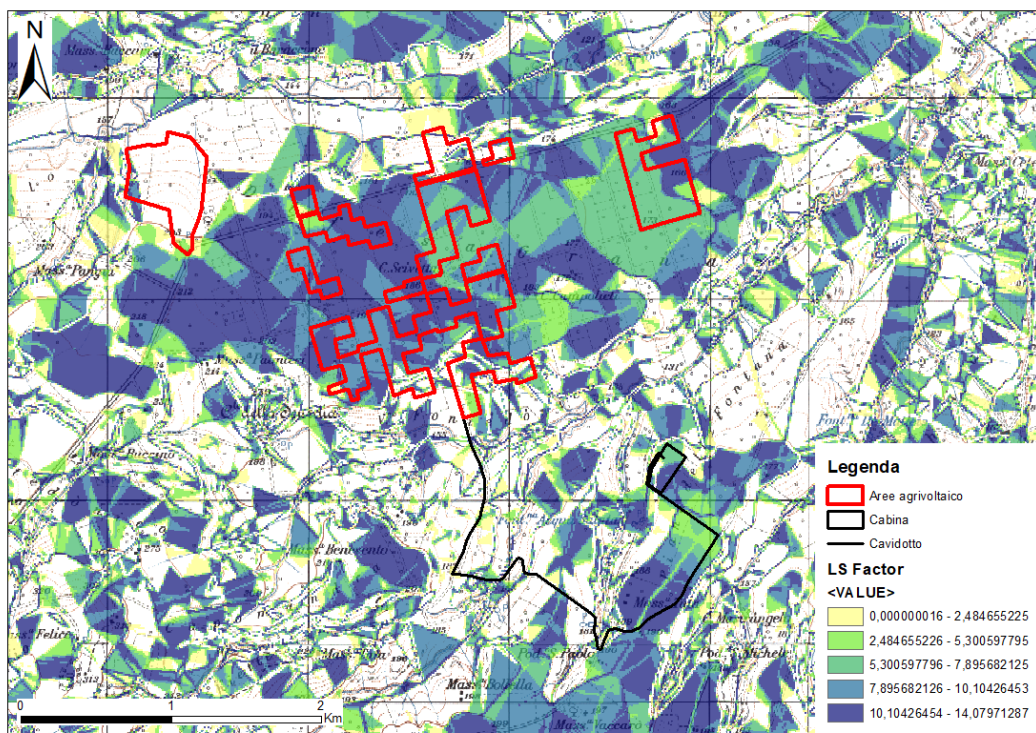


Figura 4-10. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido - Elaborazione della classificazione LS factor.

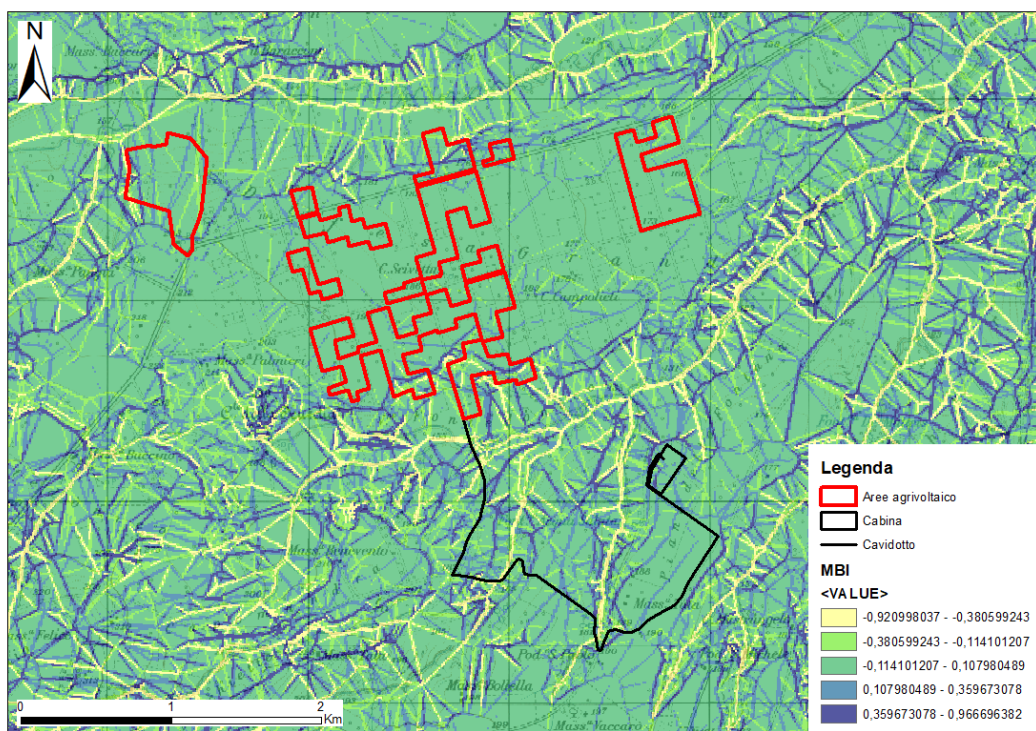


Figura 4-11. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione della MBI.

La determinazione dell'altezza media di un bacino idrografico può essere semplificata costruendo la curva ipsografica, la quale 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, il quale 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.

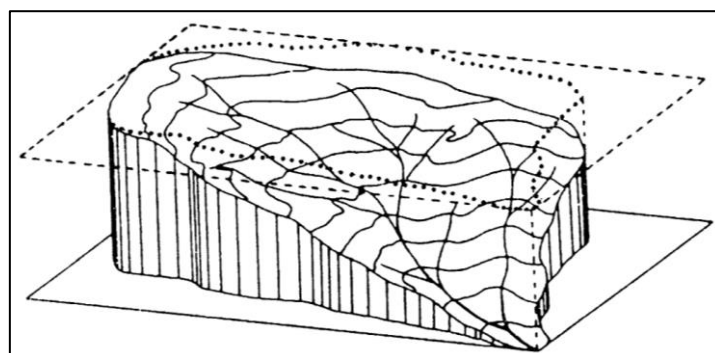


Figura 4-12. Schema generico di approfondimento di un bacino idrografico.

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

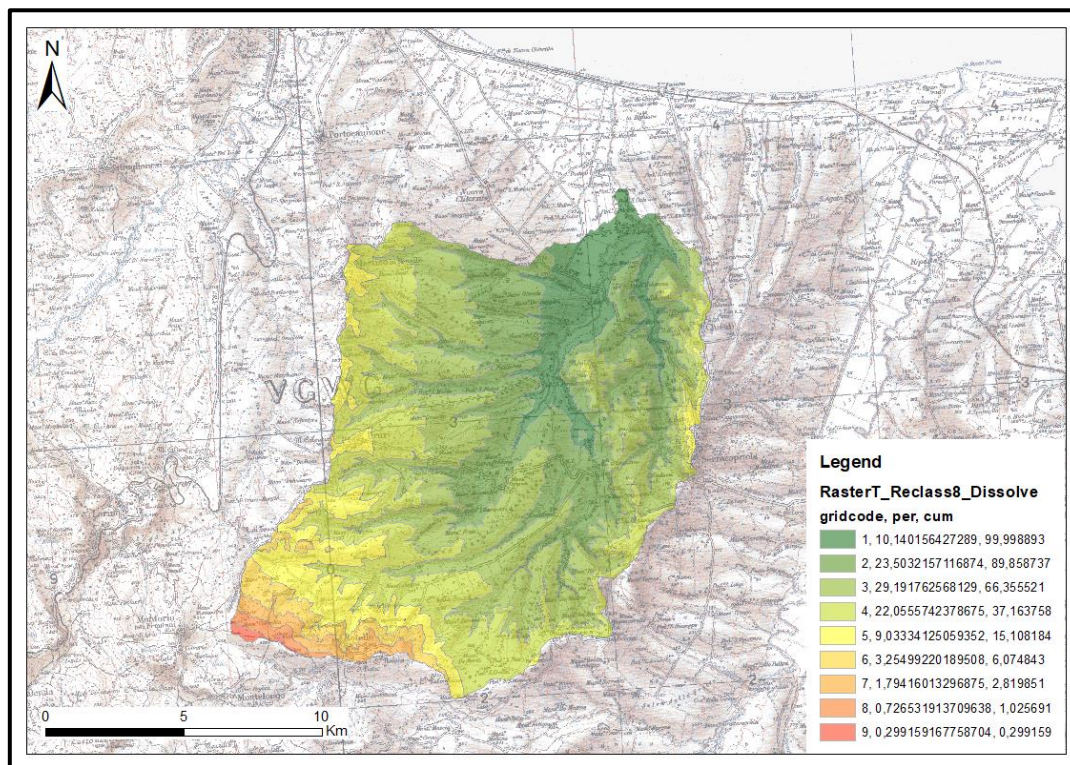


Figura 4-13. Altimetrie del bacino idrografico del Torrente Saccione.

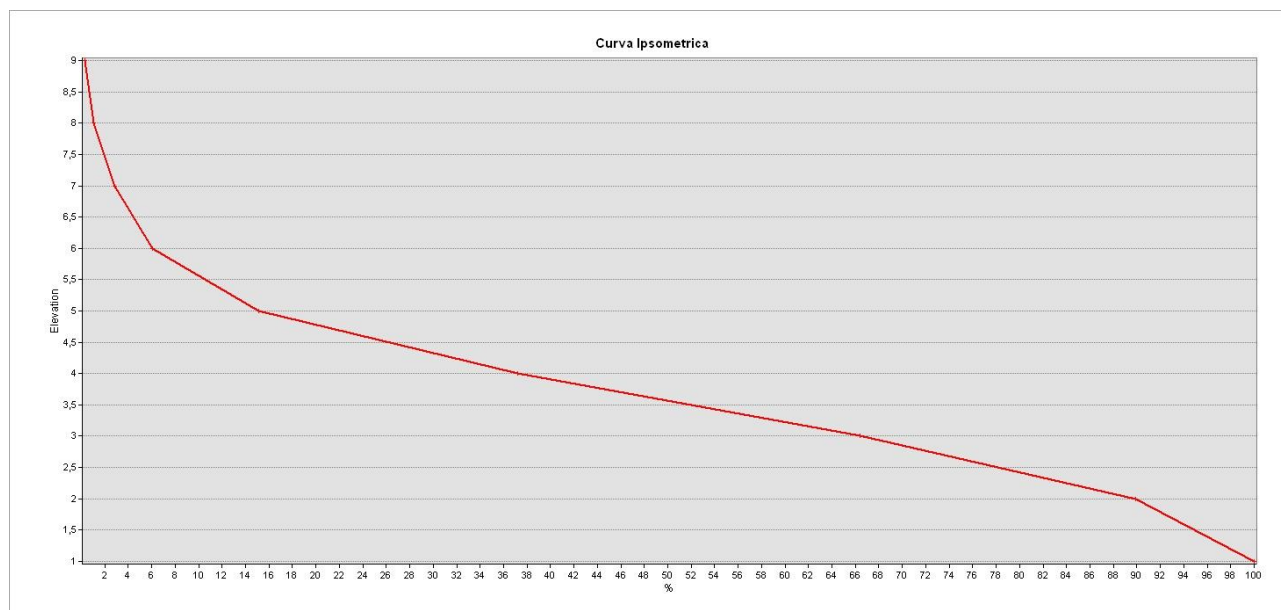
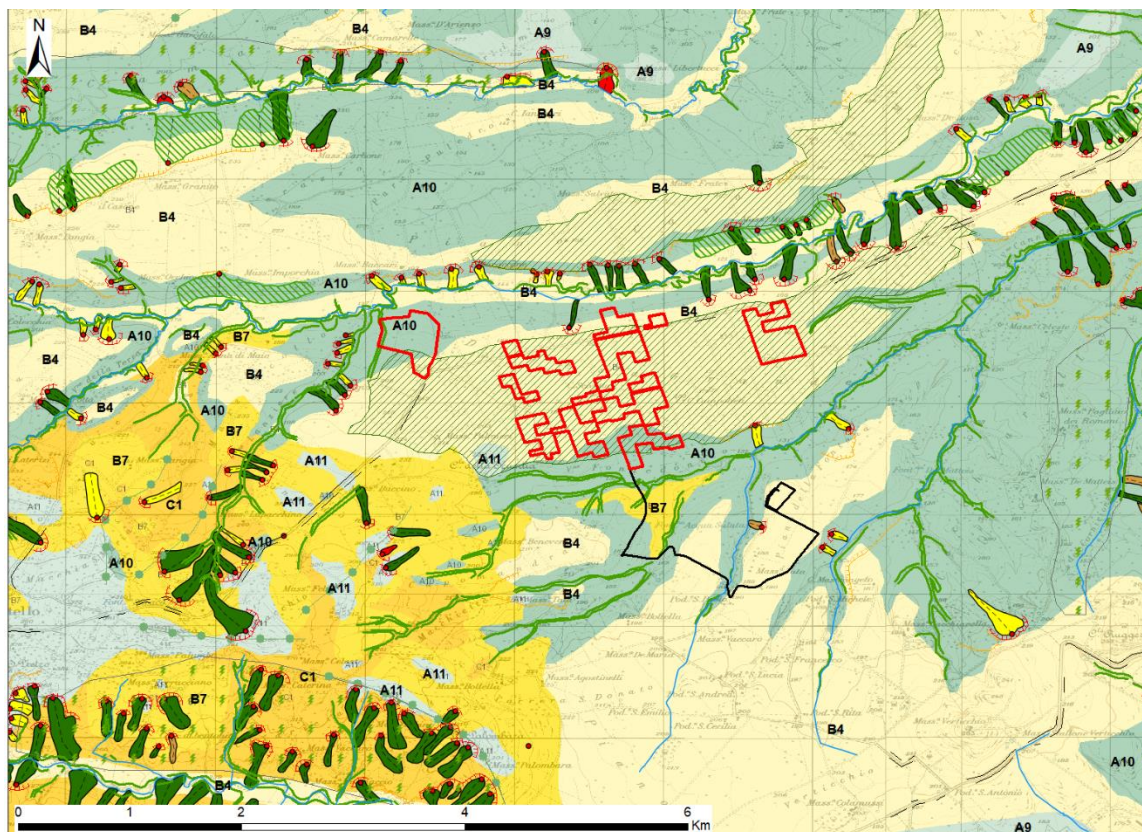


Figura 4-14. Curva Ispometrica del bacino idrografico del Torrente Saccione.

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



LEGENDA

Layout di progetto

- Aree agrivoltaico
- Cabina
- Cavdotto

FORME GEOMORFOLOGICHE CORPO DI FRANA - Indice di franosità (%)

- | | |
|---|---|
| Corona di frana | 15 < IF < 30 |
| Ripiano di erosione fluviale | 5 < IF < 15 |
| Cresta | 1 < IF < 5 |
| Scarpata antropica | 0 < IF < 1 |
| Scarpata fluviale | Area con frane superficiali diffuse |
| Orlo morfologico | |
| Ruscellamento diffuso | |
| Reticolo idrografico | |

LITOLOGIA

- | | |
|---|--|
| A9 Sabbie grssolane CALABIRIANO | B4 Coperture fluvio-lacustri (terreni a granulometria mista) PLEISTOCENE |
| A10 Argille sabbiose (Complessi pelitico-arenacei) MIOCENE MEDIO | B7 Detrito di faglia e frana (terreni a granulometria indefinita) OLOCENE |
| A11 Complesso fiscioidi di calcareniti e breccie MIOCENE MEDIO | C1 Calcarei detritici (argille caotiche) PALEOGENE |

Figura 4-15. Carta geomorfologica.

4.1 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 (APSFR), nonché delle zone costiere soggette ad erosione.

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

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

Il 1° dicembre 2022, con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri è stato approvato il primo aggiornamento del Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Meridionale – Il ciclo di gestione che costituisce stralcio funzionale del Piano di bacino del distretto idrografico dell'Appennino meridionale e ha valore di piano territoriale di settore e costituisce lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le misure finalizzate a garantire, per l'ambito territoriale costituito dal distretto idrografico dell'Appennino meridionale, il perseguimento degli scopi e degli obiettivi di cui alla direttiva 2007/60/CE e al Decreto Legislativo n. 49 del 2010.

Di seguito si riportano gli elaborati grafici del PGRA relativi a pericolosità, rischio e Areas of Potential Significant Flood Risk con la sovrapposizione delle aree di impianto in esame.

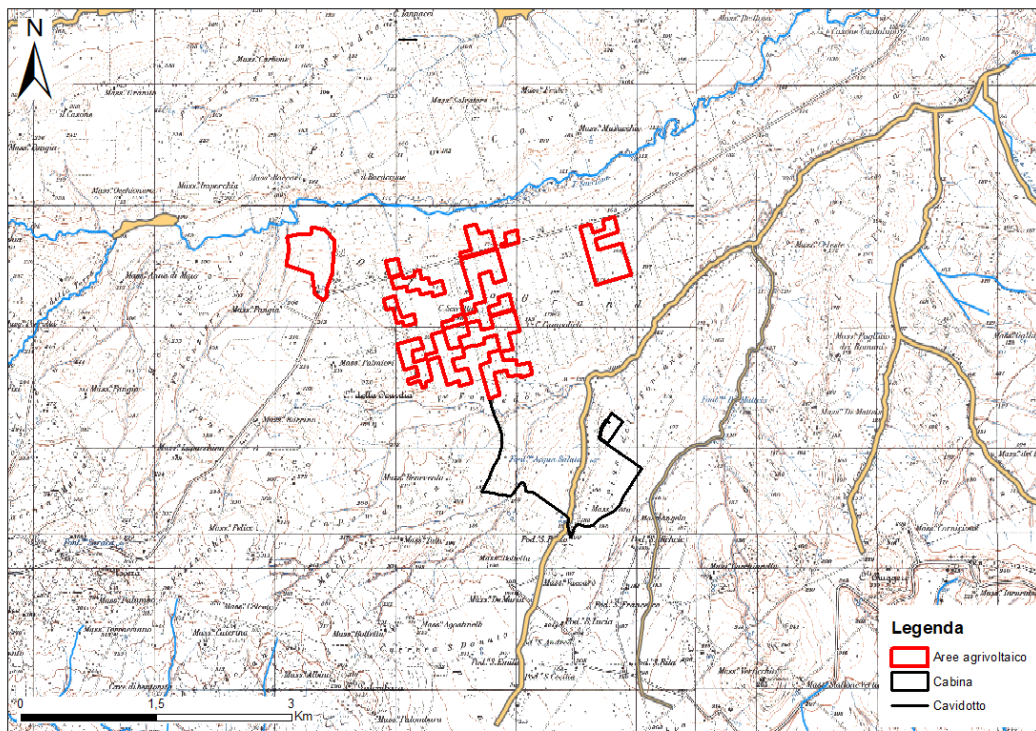


Figura 4-16. Stralcio del Areas of Potential Significant Flood Risk. (Fonte: Geoportale Nazionale)

La sovrapposizione delle aree di impianto rispetto agli elaborati grafici del PGRA relativi al APSFR, evidenzia che:

- le aree di impianto **NON RICADONO** in aree a potenziale rischio significativo;
- il tracciato del cavidotto **RICADE** in parte in un'area a potenziale rischio significativo;
- la SE Terna **NON RICADE** in aree a potenziale rischio significativo.

Si rimanda alla Relazione Idrologica e Idraulica per un maggior approfondimento.

4.2 Dissesto idrogeologico

Riguardo alla relazione tra fenomeni franosi e stato evolutivo dei versanti e del sistema fluviale, si evidenzia chiaramente come l'evoluzione dei versanti, lungo le scarpate fluviali a forte acclività, avviene mediante frane puntuali che talora interagiscono con l'erosione lineare che si sviluppa fortemente lungo aste fluviali molto incise e di basso ordine gerarchico. I fenomeni franosi sono di conseguenza tipicamente concentrati per lo più nei settori medi ed alti dei bacini idrografici, sia principali che secondari, dotati di maggiore energia del rilievo ed interessati da erosione fluviale di tipo verticale e/o regressiva. In questi contesti, i cumuli originari frequentemente subiscono una rielaborazione attraverso successivi fenomeni di trasposto gravitativo o di tipo misto, fluviale e gravitativo. Questi fenomeni di trasporto comportano un rimaneggiamento e una redistribuzione dei materiali di frana e consentono al sistema vallivo di giungere, anche attraverso diverse tappe, a delle configurazioni morfologiche più stabili.

La frequenza media dei fenomeni franosi è di ca. 4,48/km². La colata è la fenomenologia più diffusa a causa dell'abbondante componente argillosa che caratterizza i terreni affioranti. Specialmente laddove prevalgono i termini delle argille varicolori superiori, le colate spesso assumono una diffusione considerevole ed una estensione areale tanto elevata da non consentire più il riconoscimento del singolo fenomeno. In generale, l'area di alimentazione della frana è rappresentata non solo dalla zona a monte, ma anche dalle zone laterali al corpo. Ciò fa sì che nei cumuli, di spessori anche dell'ordine della decina di metri, si ritrovano insieme materiali molto eterogenei sia per granulometria che per litologia. Le scarpate principali e secondarie, nonché le fratture trasversali nel corpo, vengono cancellate rapidamente a causa della natura dei terreni.

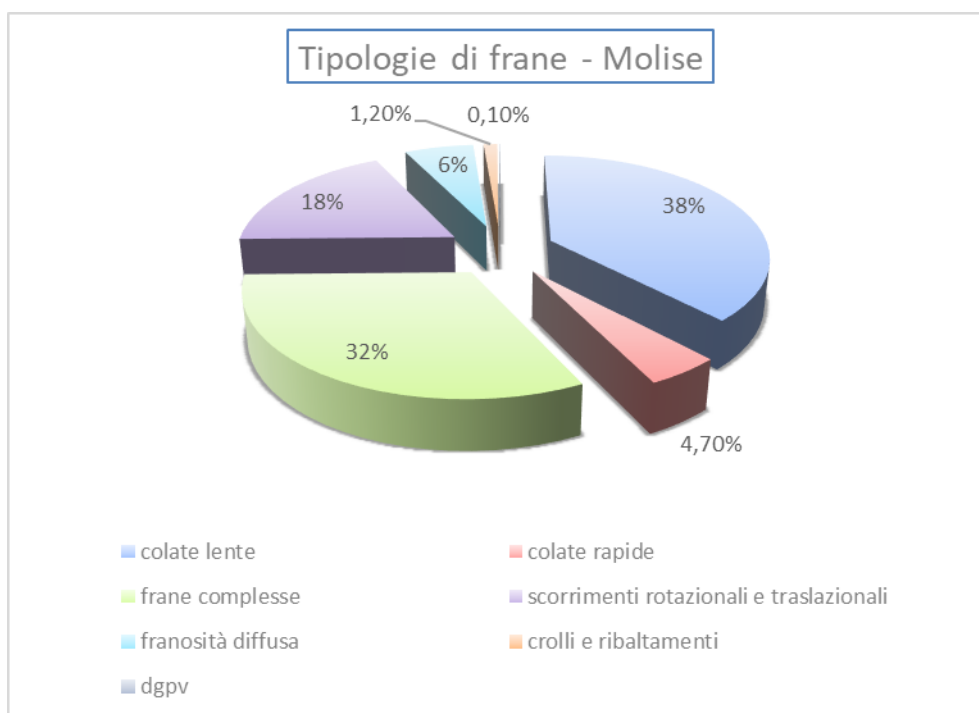


Figura 4-17. Diagramma a torta delle tipologie di frane presenti nella Regione Molise.

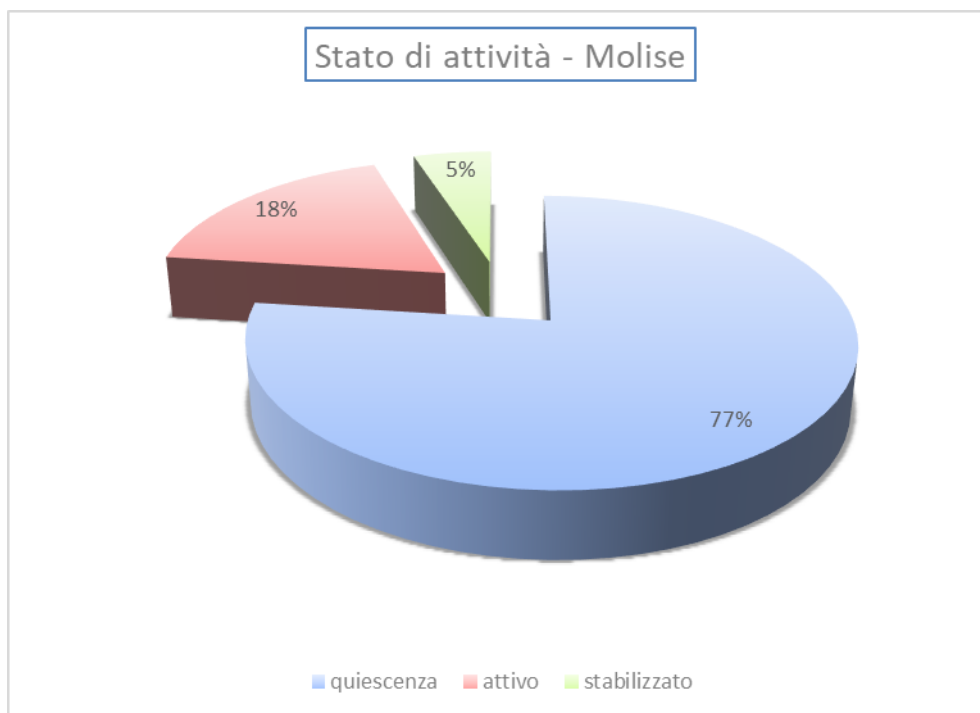


Figura 4-18. Stato di attività delle frane presenti nella Regione Molise.

Il Piano di gestione del rischio di alluvioni individua tre tipologie di aree in funzione della pericolosità, P1-P2-P3, associate rispettivamente a pericolosità bassa (probabilità che l'evento si ripeta in un periodo compreso tra 200 e 500 anni), pericolosità media (probabilità che l'evento si ripeta in un periodo compreso tra 100 e 200 anni) e pericolosità alta (probabilità che l'evento si ripeta in un periodo compreso tra 30 e 50 anni).

Analogamente, individua quattro tipologie di aree in funzione del rischio, R1-R2-R3-R4, associate rispettivamente a rischio moderato, medio, elevato e molto elevato, coerentemente con l'entità del danno atteso.

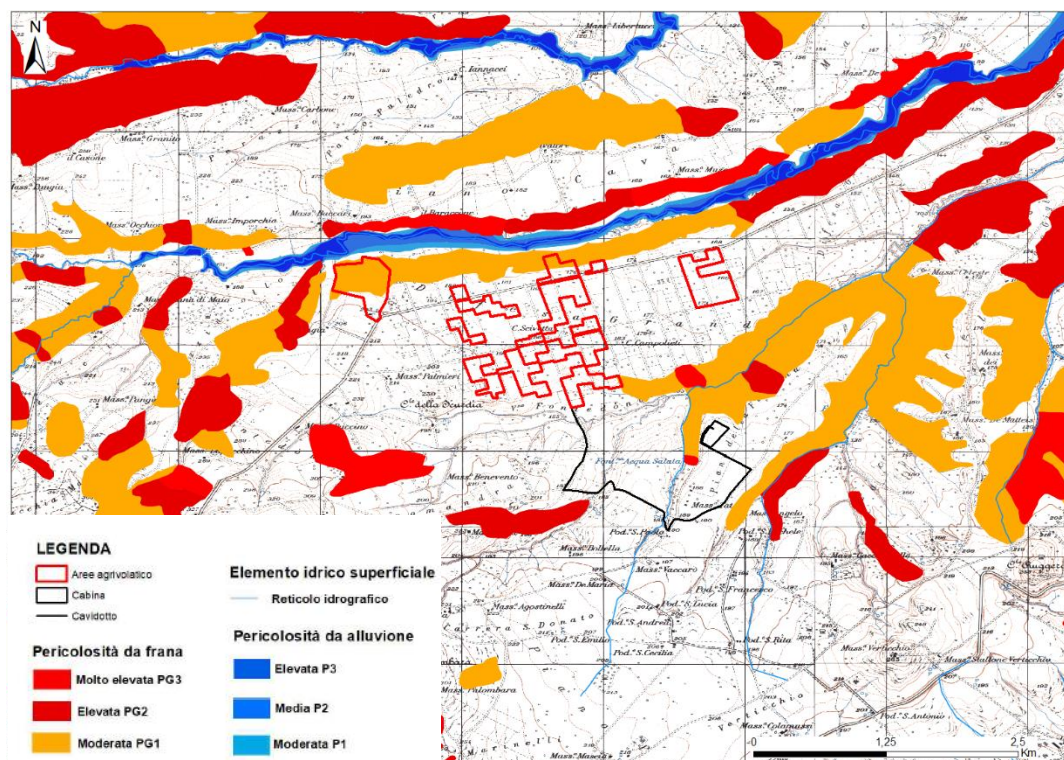


Figura 4-19. Cartografia delle aree interessate da pericolosità idraulica e geomorfologica. (Fonte: Geoportale Nazionale).

La sovrapposizione delle aree di impianto rispetto agli elaborati grafici del PAI relativi alla pericolosità idraulica e geomorfologica, evidenzia che:

- le aree di impianto, la SE Terna e il tracciato del cavidotto **NON RICADONO** in aree a pericolosità idraulica;
- le tessere 1-7-9 delle aree di impianto **RICADONO PARZIALMENTE** in aree a pericolosità da frana “PG1 – moderata”;
- la SE Terna e il tracciato del cavidotto **NON RICADONO** in aree a pericolosità da frana.

5 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE

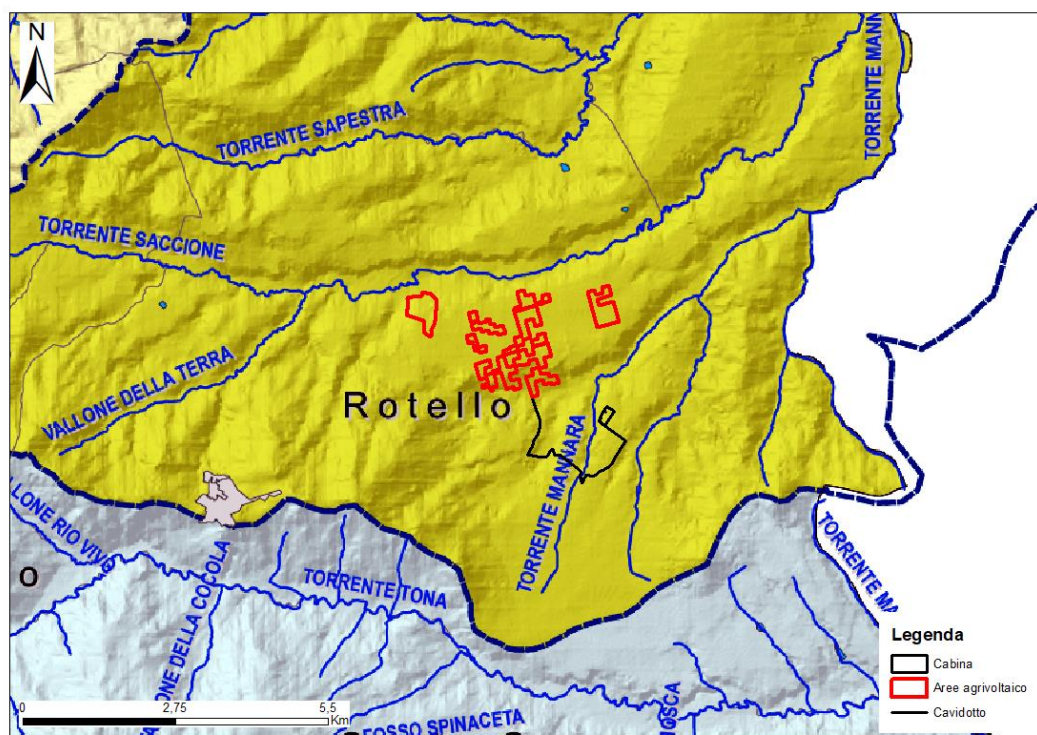
I fiumi interamente molisani non superano la soglia dei 90 km di lunghezza e nascono quasi tutti dal Matese nell'occidente, per poi sfociare nelle coste adriatiche. Il fiume principale del Molise è il Biferno, il più lungo (85 km) e col bacino idrografico più grande della piccola regione. Nasce come quasi tutti i fiumi o torrenti molisani dal Matese e sfocia in un piccolo delta nell'Adriatico immettendogli detriti. Il Trigno è il secondo fiume per lunghezza del Molise (84 km) e anch'esso sfocia nell'Adriatico così come il Fortore altro piccolo fiume molisano sfociante nella parte Pugliese del mare interno del Mar Mediterraneo. Altro discorso lo meritano i fiumi che attraversano il Molise, ovvero che nascono e sfociano in altre regioni come il Sangro o il Volturno che è il più importante fiume del Mezzogiorno passante per un breve tratto in Molise. I pochi fiumi che attraversano la regione sono brevi e carattere torrentizio. Il principale è il Biferno, che è stato sbarrato da una diga per creare il lago artificiale di Guardialfiera, molto importante per la produzione di energia idroelettrica.

Il reticolo idrografico del Molise è caratterizzato da un pattern di tipo sub-dentritico, ad evidenza delle condizioni complessive medie di permeabilità dei terreni affioranti e dell'influenza variabile, ma complessivamente discreta, dei lineamenti tettonici e dei locali assetti geologico-strutturali sulla impostazione del drenaggio. I bacini idrografici dei fiumi maggiori a recapito adriatico, il Trigno, Biferno e Fortore, tagliano trasversalmente la catena appenninica.



Figura 5-1. Bacini idrografici del Molise. In rosso, l'area di indagine. (Fonte: Regione Molise - Piani di Gestione di 61 Siti della Rete Natura 2000).

Il Torrente Saccione nasce in una zona compresa tra Montelongo e Montorio ed è lungo circa 38 km. Alla sorgente raccoglie le acque di diversi piccoli affluenti, bagnando così nei suoi primi chilometri i territori Molisani di Montelongo, Rotello, per poi stabilizzarsi, nella zona pianeggiante più a valle, per un buon tratto, come confine tra il Molise e la Puglia. Sfocia nell'Adriatico tramite un bacino artificiale o piuttosto un largo canale adattato come porticciolo per piccole imbarcazioni e barche da diporto. Oltre a Montelongo e Rotello, il Saccione tocca i confini dei territori dei comuni molisani di San Martino in Pensilis e Campomarino, e quelli pugliesi di Serracapriola e Chieti. Suoi affluenti di sinistra: vallone della Pila, vallone di Reale, vallone della Sapestra, vallone Sassani; di destra: vallone Cannucce.



Legenda

- corsi d'acqua
- urbanizzato
- limiti comunali

- limiti di bacino extra-regionali
- bacini regionali
- Biferno
- Fortore
- Saccione

Figura 5-2. Stralcio del reticolo idrografico della macro area di indagine. (Fonte: PTA Molise)

Il Bacino del Fiume Saccione si estende sul territorio della Regione Molise e della Regione Puglia per una superficie totale pari a 289,5 kmq, di cui 166,7 kmq (57,6 % del totale) ricadenti in territorio molisano. Per il Saccione sono individuabili 8 sub-bacini di cui 3 con superficie planimetrica maggiore o uguale a 10 kmq.

Denominazione Sub-Bacino	Superficie (kmq)	Codice Bacino I Ordine	Codice Bacino II Ordine
Vallone della Cisterna	90,59	I022	003
Torrente Mannara	25,85	I022	004
Vallone della Terra	35,53	I022	005

Tabella 5-1. Elenco dei sub-bacini con superficie maggiore di 10 kmq. (Fonte: PTA Molise)

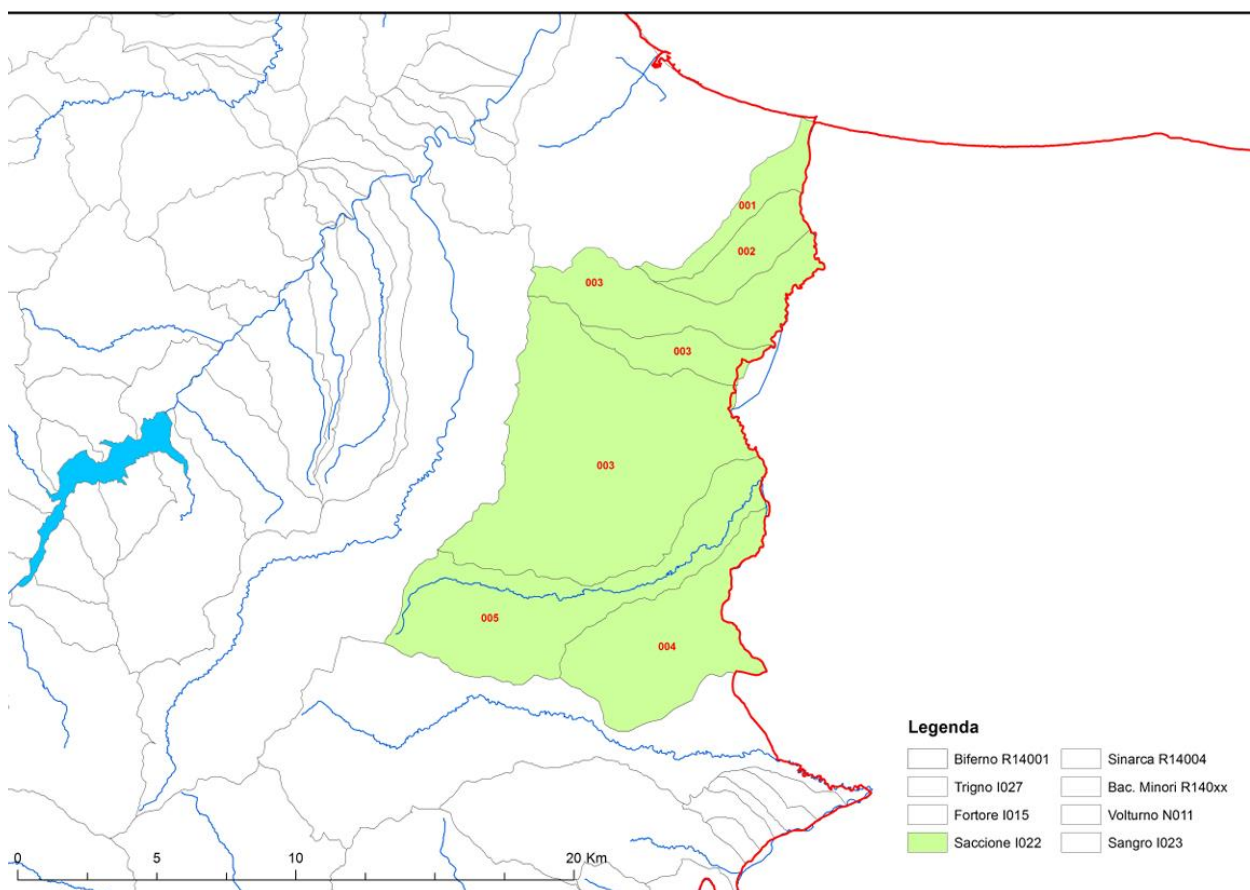


Figura 5-3. Sub-bacini del Saccione. (Fonte: PTA Molise).

5.1 Calcolo portata di massima piena

Al fine di garantire la funzionalità e la continuità dell'esercizio dell'opera, rispetto a eventi idrologici di fissata frequenza probabilistica, è stato, pertanto, condotto lo studio idrologico dell'area in cui l'opera è inserita.

Il documento predisposto, a cura del Gruppo di Lavoro ARPA Molise - Regione Molise, ricostruisce il bilancio idrologico per gli stessi corpi idrici del Piano di Tutela delle Acque (2009) secondo 2 scenari di riferimento:

- SCENARIO 1 (considerando solo i dati pluviometrici termometrici ed idrometrici registrati e ricostruiti nel periodo 2007 – 2014);
- SCENARIO 2 (considerando tutti i dati pluviometrici termometri ed idrometrici registrati e ricostruiti sino al 2014).

Nella tabella sottostante si riportano per le stesse sezioni i deflussi medi ricostruiti nello Scenario I e II.

Codice	SCENARIO	SOTTOBACINO	SUPERFICIE DEL BACINO ₂ [kmq]	A _{med} [mm]	T _{med} [°C]	D _{medio annuo}	D _{gen}	D _{feb}	D _{mar}	D _{apr}	D _{mag}	D _{giu}	D _{lug}	D _{ago}	D _{sett}	D _{ott}	D _{nov}	D _{dic}
31		SACCIONE	289,5	653,6	15,57	192,90 [mm]	26,9	27,8	24,50	17,7	11	6,3	4,2	2,8	4,4	19,2	19,2	28,9
						21,38 [m³/s]	2,908	3,327	2,648	1,977	1,229	0,704	0,454	0,303	0,491	2,075	2,144	3,124
31	I	SACCIONE	289,5	609,47	15,63	78,04 [mm]	11,08	13,59	12,52	7,50	4,24	2,86	2,51	2,60	3,68	3,03	4,03	10,40
						0,72 [m³/s]	1,197	1,626	1,354	0,838	0,474	0,320	0,271	0,281	0,411	0,327	0,450	1,124
31	II	SACCIONE	289,5	641,8	15,59	168,29 [mm]	23,5	24,8	21,9	15,5	9,6	5,6	3,8	2,8	4,2	15,7	15,9	24,9
						1,54 [m³/s]	2,541	2,962	2,371	1,733	1,067	0,621	0,415	0,298	0,474	1,701	1,781	2,695

Tabella 5-2. Deflussi medi mensili e annuali ricostruiti nello scenario I e II. (Fonte: PTA Molise)

Lo studio idrologico ha lo scopo, di definire una stima, la più attendibile possibile, della portata al colmo di piena, che può verificarsi nel bacino di raccolta sotteso all'area urbana in corso di studio una volta ogni "T" anni, essendo "T" il Tempo di Ritorno prefissato, da stabilire a priori. Tale stima viene ricavata per via indiretta, considerando le piogge che cadono all'interno del bacino, mediante la metodologia di tipo statistico. Il bacino idrico può essere considerato come elemento che trasforma gli afflussi in deflussi, con la conseguente formazione di piene. Il modello utilizzato per studiare il complesso fenomeno della formazione dei deflussi è quello cinematico o razionale, fondato sul concetto di corrivazione.

Utilizzando la formula del Giandotti si ricava il tempo di corrivazione, ovvero il tempo necessario affinché tutto il bacino imbrifero contribuisca al deflusso superficiale nella sezione di chiusura.

Infine, per il calcolo della portata massima, riferita a vari tempi di ritorno, si assegna un coefficiente di deflusso pari a 0,50 in quanto si tratta di una superficie agricola. In seguito, viene riportato lo strato informativo del sottobacino considerato.

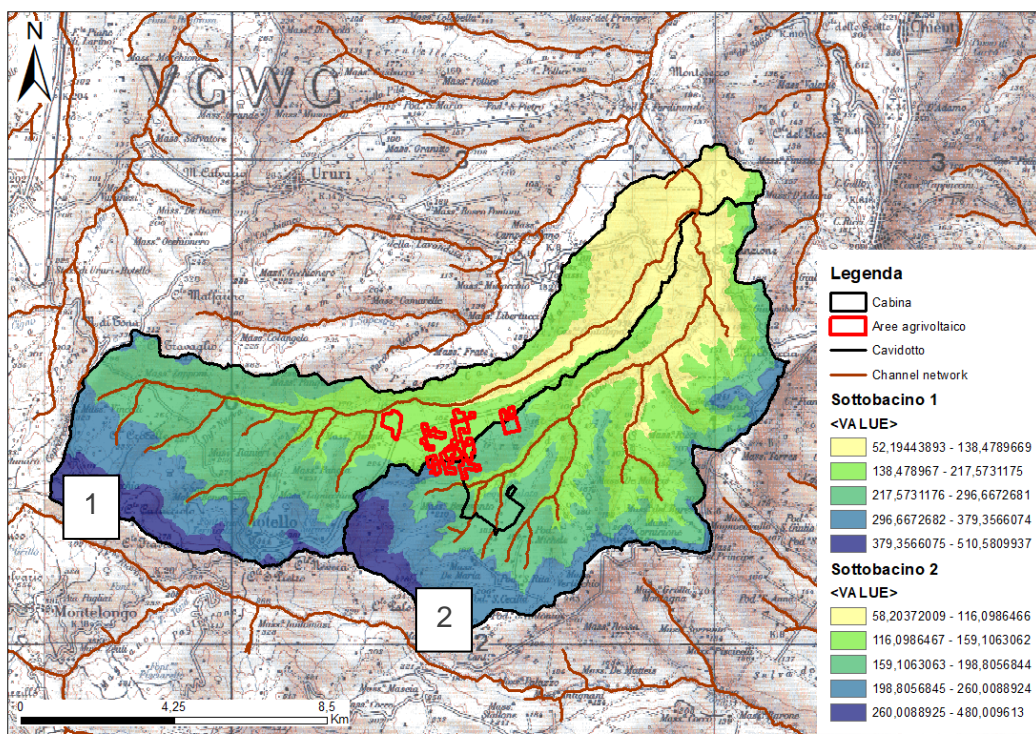


Figura 5-4. Elaborazione dei due bacini di interesse.

DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA		TEMPO DI CORRIVAZIONE t_c (ore)	
Superficie del Bacino	$S = 37,00 \text{ Km}^2$	Giandotti $\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}} = 4,44$	Kirpich, Watt-Chow, Pezzoli $\Rightarrow t_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{P}}\right)^{0.8}$
Lunghezza percorso idraulico principale	$L = 16,00 \text{ Km}$		
Altitudine max percorso idraulico	$H_{max} = 294,00 \text{ m (s.l.m.)}$	<input checked="" type="radio"/> Giandotti <input type="radio"/> Kirpich, Watt-Chow, Pezzoli... Software freeware distribuito da geologi.it	
Altitudine min percorso idraulico	$H_0 = 52,19 \text{ m (s.l.m.)}$		
Pendenza media percorso idraulico	$P = 0,02 \text{ (m/m)}$		
Altitudine max bacino	$H_{max} = 510,58 \text{ m (s.l.m.)}$		
Altitudine sezione considerata	$H_0 = 141,00 \text{ m (s.l.m.)}$		
Altitudine media bacino	$H_m = 325,79 \text{ m (s.l.m.)}$		
Dislivello medio bacino	$H_m - H_0 = 184,79 \text{ m}$		

Tr (assegnato)	a	n	t_c	hc	Q_{max} (m ³ /sec)
10 anni	43.71	0.39	4.44	78.18	90.40
20 anni	50.92	0.41	4.44	93.59	108.22
50 anni	60.27	0.42	4.44	113.49	131.22
100 anni	67.29	0.43	4.44	128.38	148.44
200 anni	74.29	0.44	4.44	143.20	165.58

Tabella 5-3. Calcolo della portata di massima piena al primo sottobacino, considerando vari tempi di ritorno (Software geologi.it creato da G. PILLA).

DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA		TEMPO DI CORRIVAZIONE t_c (ore)
Superficie del Bacino	S = 35,00 Km ²	Giandotti $\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}} = 3,79$
Lunghezza percorso idraulico principale	L = 10,00 Km	
Altitudine max percorso idraulico	H_{max} = 183,00 m (s.l.m.)	Kirpich, Watt-Chow, Pezzoli $\Rightarrow t_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.8}$
Altitudine min percorso idraulico	H₀ = 58,20 m (s.l.m.)	
Pendenza media percorso idraulico	P = 0,01 (m/m)	<input checked="" type="radio"/> Giandotti <input type="radio"/> Kirpich, Watt-Chow, Pezzoli...
Altitudine max bacino	H_{max} = 480,01 m (s.l.m.)	
Altitudine sezione considerata	H₀ = 154,00 m (s.l.m.)	
Altitudine media bacino	H_m = 317,01 m (s.l.m.)	
Dislivello medio bacino	H_m - H₀ = 163,01 m	
		Software freeware distribuito da geologi.it

Tr (assegnato)	a	n	t_c	hc	Q_{max} (m ³ /sec)
10 anni	43.71	0.39	3.79	73.44	94.31
20 anni	50.92	0.41	3.79	87.66	112.57
50 anni	60.27	0.42	3.79	106.02	136.14
100 anni	67.29	0.43	3.79	119.76	153.79
200 anni	74.29	0.44	3.79	133.44	171.36

Tabella 5-4. Calcolo della portata di massima piena al secondo sottobacino, considerando vari tempi di ritorno (Software geologi.it creato da G. PILLA).

L'acquisizione delle osservazioni pluviometriche è stata possibile grazie ai dati disponibili sul periodo di tempo, ritenuto significativo (30 anni), che caratterizzano il bacino idrografico di interesse e quello del Saccione, ed alla successiva elaborazione dei dati. Le stazioni pluviometriche sono state individuate in funzione della quantità di osservazioni disponibili e della sua capacità di rappresentare i fenomeni idrologici della zona di attenzione.

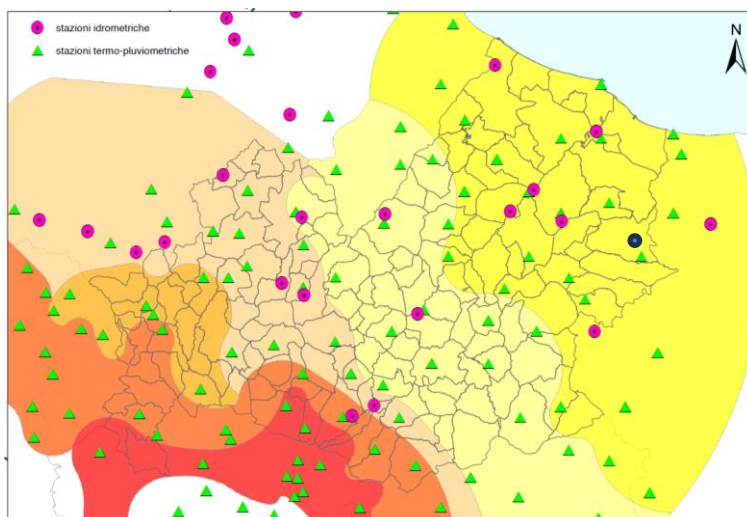


Figura 5-5. Stazioni idrometriche e termo-pluviometriche del Molise. In blu, l'area di indagine. (Fonte: PTA Molise)

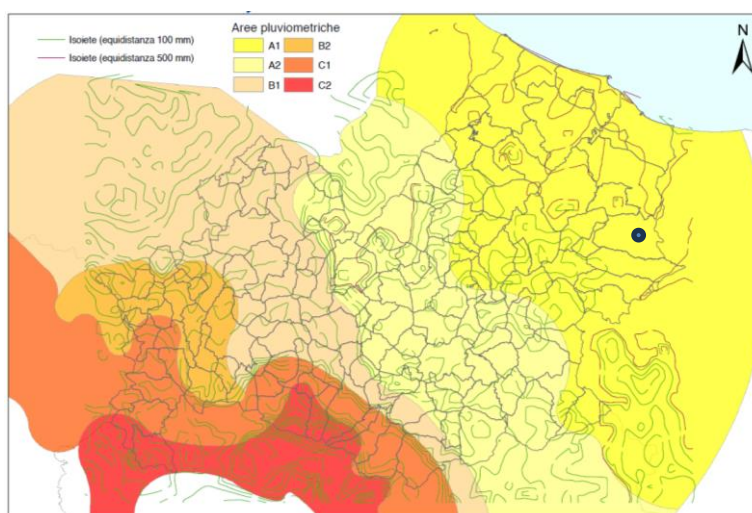


Figura 5-6. Isohiete con relative aree pluviometriche. In blu, l'area di indagine. (Fonte: PTA Molise)

Per la macro area, oggetto di studio, si è passati da una distribuzione puntuale ad una distribuzione areale. Il metodo di interpolazione prescelto è quello delle Carte delle Isohiete.

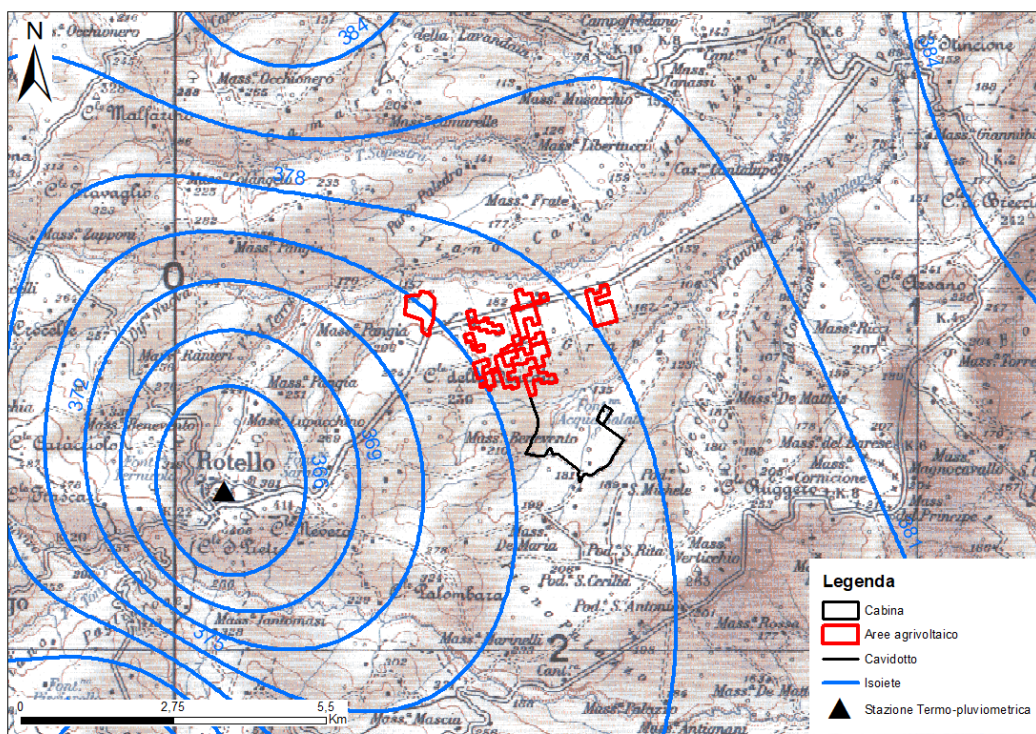


Figura 5-7. Carta delle isoiete.

6 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Il territorio della Regione Molise presenta caratteristiche idrogeologiche definite e distinte nelle diverse aree. L'influenza dell'assetto geologico-stratigrafico e strutturale sulla circolazione idrica sotterranea è evidente in quanto consente di individuare domini distinti, in cui anche le principali discontinuità tettoniche regionali possono condizionare l'idrogeologia.

La Regione Molise ha distinto vari complessi idrogeologici, ognuno caratterizzato da uno specifico comportamento idrogeologico in funzione dei parametri permeabilità, capacità d'immagazzinamento e coefficiente di infiltrazione potenziale (C.I.P.).

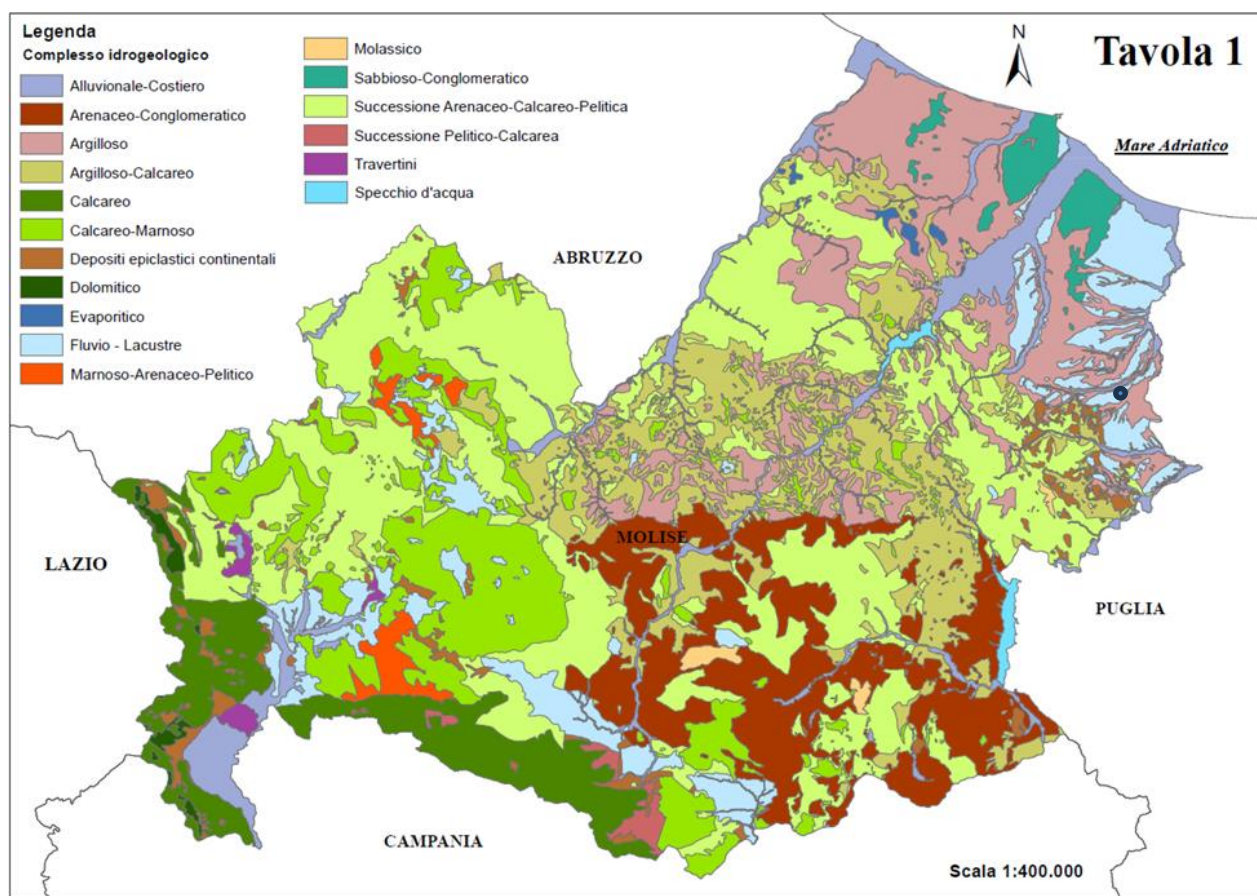


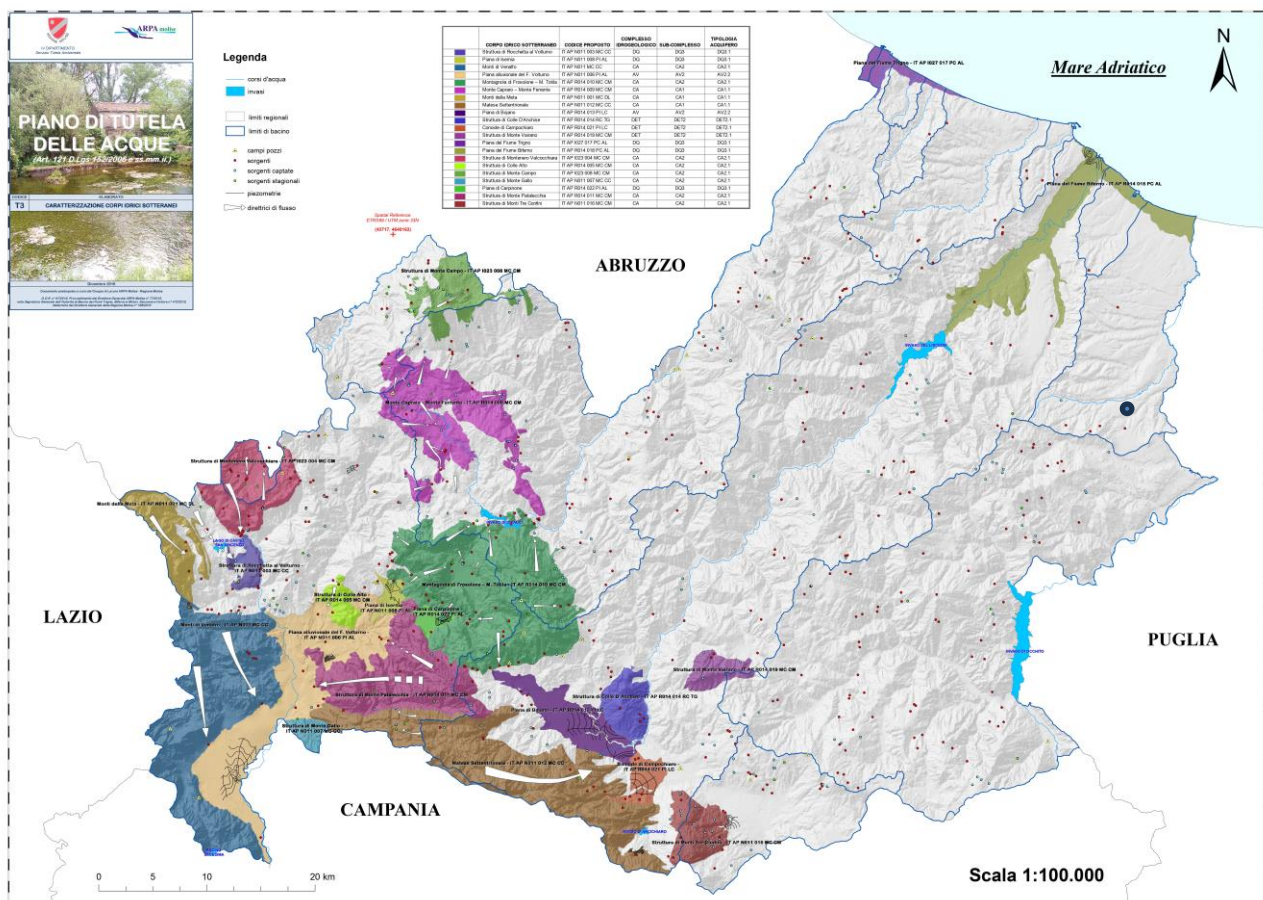
Figura 6-1 carta dei complessi idrogeologici. In blu, l'area di indagine. (Fonte: Piano Nitrati Molise)

L'area di indagine ricade nel complesso lacustre e marginalmente nel complesso argilloso. Nello specifico:

- Complesso lacustre, trattasi di depositi prevalentemente limoso-argillosi dei bacini lacustri intermontani pleistocenici; sono sede di limitata circolazione idrica sotterranea prevalentemente per travaso da acquiferi limitrofi e svolgono più spesso ruolo di limite di permeabilità (C.I.P. = 20%).
- Complesso argilloso, trattasi di depositi costituiti da argille ed argille siltose e sabbiose marine Pliopleistoceniche. Rappresentano un limite di permeabilità a flusso nullo nei confronti del sovrastante complesso sabbioso-conglomeratico o di altri complessi acquiferi. Le rare emergenze spesso a regime variabile sono alimentate da falde di modesta potenzialità (C.I.P. = 5%).

L'individuazione, la perimetrazione e la caratterizzazione dei "Corpi Idrici Sotterranei o Unità di Bilancio" presenti nell'ambito del territorio Regionale, in riferimento a quanto previsto dall'Allegato I del D.Lgs n° 30/09, costituisce un passaggio propedeutico all'applicazione di tutte le disposizioni relative alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.

Sulla base dei criteri di "flusso significativo" e "quantità significativa", la Regione Molise, ha posto le basi per identificare gli acquiferi principali; la "quantità significativa" ed il "flusso significativo" sono state stimate tenendo conto delle risultanze emerse dai monitoraggi effettuati nelle annualità 2004/2014 dall'ARPA Molise, unitamente alle informazioni bibliografiche relative alle misurazioni di portata delle sorgenti e alle capacità di emungimento delle captazioni o derivazioni in atto.



CORPO IDRICO SOTTERRANEO	CODICE PROPOSTO	COMPLESSO IDROGEOLOGICO
Struttura di Rocchetta al Volturno	IT AP N011 003 MC CC	DQ
Piana di Isernia	IT AP N011 008 PI AL	DQ
Monti di Venafro	IT AP N011 MC CC	CA
Piana alluvionale del F. Volturno	IT AP N011 006 PI AL	AV
Montagnola di Frosolone - M. Toilìa	IT AP R014 010 MC CM	CA
Monte Capraro - Monte Ferrante	IT AP R014 009 MC CM	CA
Monti della Meta	IT AP N011 001 MC DL	CA
Matese Settentrionale	IT AP N011 012 MC CC	CA
Piana di Bojano	IT AP R014 013 PI LC	AV
Struttura di Colle D'Anchise	IT AP R014 014 RC TG	DET
Conoide di Campochiaro	IT AP R014 021 PI LC	DET
Struttura di Monte Vairano	IT AP R014 019 MC CM	DET
Piana del Fiume Trigno	IT AP I027 017 PC AL	DQ
Piana del Fiume Biferno	IT AP R014 018 PC AL	DQ
Struttura di Montenero Valcocchiara	IT AP I023 004 MC CM	CA
Struttura di Colle Alto	IT AP R014 005 MC CM	CA
Struttura di Monte Campo	IT AP I023 008 MC CM	CA
Struttura di Monte Gallo	IT AP N011 007 MC CC	CA
Piana di Carpinone	IT AP R014 022 PI AL	DQ
Struttura di Monte Patalecchia	IT AP R014 011 MC CM	CA
Struttura di Monti Tre Confini	IT AP N011 016 MC CM	CA

LEGENDA SIMBOLOGIA

DQ: alluvioni delle depressioni quaternarie
 CA: calcari
 AV: alluvioni vallive
 DET: formazioni detritiche degli altopiani plioquaternarie

Figura 6-2. Carta dei complessi idrogeologici del Molise con relativa legenda. In blu, l'area di indagine. (Fonte: Piano Nitrati Molise)

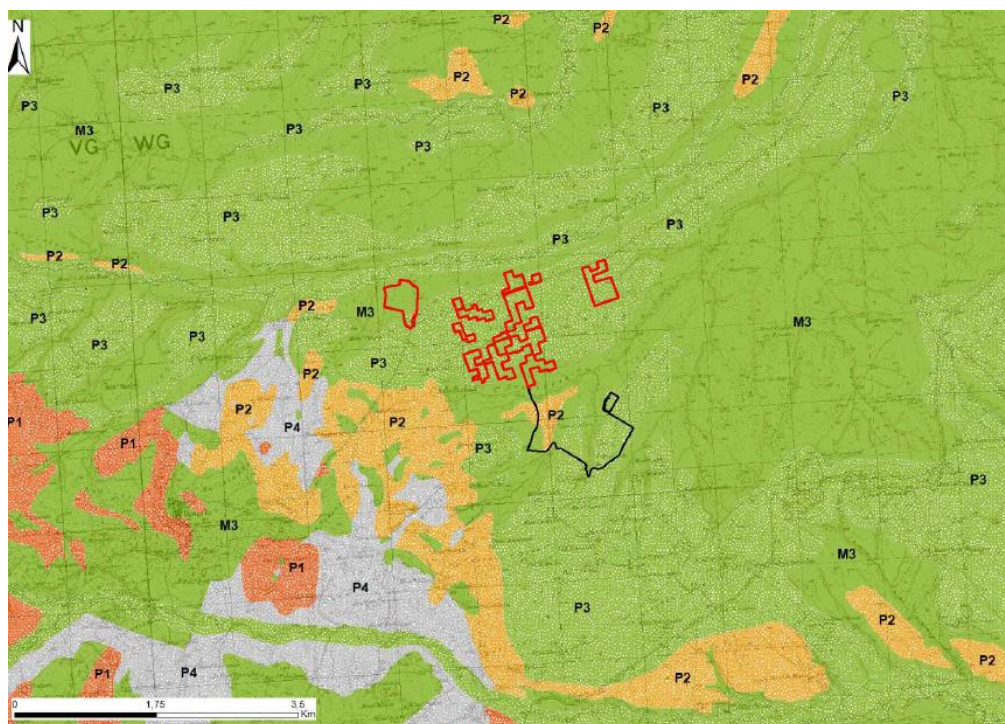
Le formazioni geologiche affioranti nella macro area di studio possono essere raggruppate su base idrogeologica, in funzione della loro permeabilità. Si possono quindi elencare i seguenti complessi idrogeologici:

1. Argille limose, argille ghiaioso-sabbiose con inclusioni ghiaiose eterometrice o con sabbie riferibili a depositi eluvio-colluviali e conoidi di ambiente di versante e limi argillosi riferibili a depositi di piana alluvionale, di terrazzo fluviale e a depositi eluvio-colluviali e corpi di frana. Permeabilità medio-bassa ($k=10^{-6}-10^{-8}$ m/s).
2. Ghiaie argillose, miscele di ghiaia, sabbia e argilla riferibili a depositi di ambiente alluvionale, in particolare conoidi alluvionali e/o depositi di piana alluvionale. Ghiaie pulite con granulometria ben assortita e/o depositi di piana alluvionale. Ghiaie pulite con granulometria ben assortita e miscela di ghiaie e sabbie riferibili a depositi di piana alluvionale e, in particolare, al canale fluviale. Depositati conglomeratici e sabbiosi appartenenti a depositi continentali alluvionali, generalmente di piana braided riconducibili alle sequenze deposizionali continentali. Permeabilità medio alta ($k=10^{-5}-10^{-3}$ m/s).
3. Formazione delle Argille di Montesecco, costituita da argille marnose di colore grigio-azzurro, con intercalazioni siltoso-sabbiose, Membro Argilloso della Formazione del Tona e Argille Varicolori. Permeabilità bassa nei livelli argillosi ($k=10^{-9}$ m/s). possibile presenza di falde poco significative nei livelli sabbiosi.
4. Arenarie giallastre che si presentano in banchi di alcuni metri di spessore, riferibili al membro sabbioso-arenaceo della Formazione del Tona; gessi cristallini in facies selenitica, branching e laminati, con intercalati sottili livelli pelitici grigi di circa 30 cm di spessore, e calcari brecciati, riferibili alle Evaporiti messiniane. Permeabilità per fratturazione.
5. Alternanza di calcari, calcari marnosi e marne argillose, con intercalazioni arenacee e calciruditi torbiditiche, stratificati.

Il bacino idrografico del Torrente Saccione si colloca in corrispondenza del confine regionale con la Puglia, in un settore di territorio molisano di avanfossa Plio-pleistocenica della catena appenninica; l'intero bacino è estesamente caratterizzato da affioramenti di argille azzurre, sabbie limose e, sub ordinariamente da depositi terrazzati costituiti da ghiaia in matrice sabbioso-limosa.

Di seguito si riporta un elenco sintetico concernente le diverse tipologie di Complessi Idrogeologici individuabili nell'area di studio:

- Fluvio-lacustre: Depositi prevalentemente sabbiosi e, subordinatamente, limoso-argillosi dei bacini fluvio-lacustri intermontani pleistocenici; sono sede di circolazione idrica sotterranea prevalentemente per travaso da acquiferi limitrofi nei confronti dei quali svolgono più spesso ruolo di limite di permeabilità.
- Argilloso: Depositi costituiti da argille ed argille siltose e sabbiose marine pliopleistoceniche. Rappresentano un limite di permeabilità a flusso nullo nei confronti del sovrastante complesso sabbioso-conglomeratico o di altri complessi acquiferi. Le rare emergenze spesso a regime variabile sono alimentate da falde di modesta potenzialità.



Legenda

- Aree agrivoltaico
- Cabina
- Cavidotto

Classi di Permeabilità

M3 - Scarsa Permeabilità / Porosità-Fratturazione, 10^{-6} m/s > K > 10^{-9} m/s

P1 - Alta Permeabilità / Porosità, K > 10^{-2} m/s

P2 - Media Permeabilità / Porosità, 10^{-2} m/s > K > 10^{-6} m/s

P3 - Scarsa Permeabilità / Porosità, 10^{-6} m/s > K > 10^{-9} m/s

P4 - Bassissima Permeabilità / Porosità, K < 10^{-9} m/s

Figura 6-3. Stralcio della carta della permeabilità con relativa legenda. (Fonte: ISPRA).

6.1 Vulnerabilità acquiferi

L'acqua sin dall'antichità ha avuto, per le genti del meridione, una importanza quasi sacrale. Nell'attuale Basso Molise, la risorsa acqua rappresenta uno dei cardini dello sviluppo della Regione, preservare questa risorsa primaria è un dovere verso l'umanità intera.

Con tali premesse è del tutto evidente che le azioni, a protezione della risorsa idrica, devono essere finalizzate al raggiungimento e mantenimento dello stato di qualità "buono".

Con l'emanazione del D.M. 16 giugno 2008, n. 1311, che modifica agli allegati 1 e 3 alla Parte Terza del D.Lgs. 152/06, sono stati disposti, tra l'altro, i principi generali per la caratterizzazione e tipizzazione dei corpi idrici sotterranei da effettuarsi attraverso una metodologia conforme alle indicazioni della WFD, al fine di identificare elementi significativi e discreti cui associare una specifica tipologia di acquifero.

Anche in recepimento dei principi disposti dalla Direttiva Comunitaria 2006/118/CE, e dal D.Lgs 30/09 che, oltre a definire i criteri per l'identificazione e perimetrazione dei Corpi Idrici Sotterranei, dei Complessi Idrogeologici e degli acquiferi, stabilisce di identificare "a rischio" tutti quei Corpi Idrici qualora questi siano correlati a zone vulnerabili da nitrati di origine agricola di cui all'articolo 92 del D.Lgs 152/06 (punto B.2.1 dell'Allegato 1 al D.Lgs 30/09).

Partendo dal presupposto che la suscettività di un acquifero alle sollecitazioni esterne, anche nel caso esse siano rappresentate da un eccesso di apporto di azoto, e in rapporto di proporzionalità diretta con il grado di sfruttamento, ovvero con le condizioni di depauperamento della potenzialità idriche immagazzinate e/o disponibili, consegue che, al fine di delineare una stima massimamente rappresentativa dei fattori che determinano il grado di "Vulnerabilità Intrinseca" dei diversi Corpi Idrici identificati, ai sensi delle disposizioni di cui al punto A2 dell'Allegato 1 del D.Lgs 30/09 relativo alla elaborazione di un modello concettuale degli acquiferi e in riferimento alle disposizioni tecniche di cui al D.M. 28 luglio 2004, è stato sviluppato un bilancio idrogeologico di massima riferita ad ogni singolo Corpo Idrico Sotterraneo individuato.

La vulnerabilità intrinseca degli acquiferi rappresenta uno dei principali fattori che determina il rischio di inquinamento. La vulnerabilità intrinseca come "la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, ad assorbire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido od idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo".

I parametri considerati ai fini della valutazione del grado di vulnerabilità dei Complessi

Idrogeologici sono:

- Circolazione idrica sotterranea;
- Conducibilità idraulica;
- Soggiacenza della falda;
- Tempi di interazione contaminanti/roccia;
- Velocità di flusso e di trasporto.

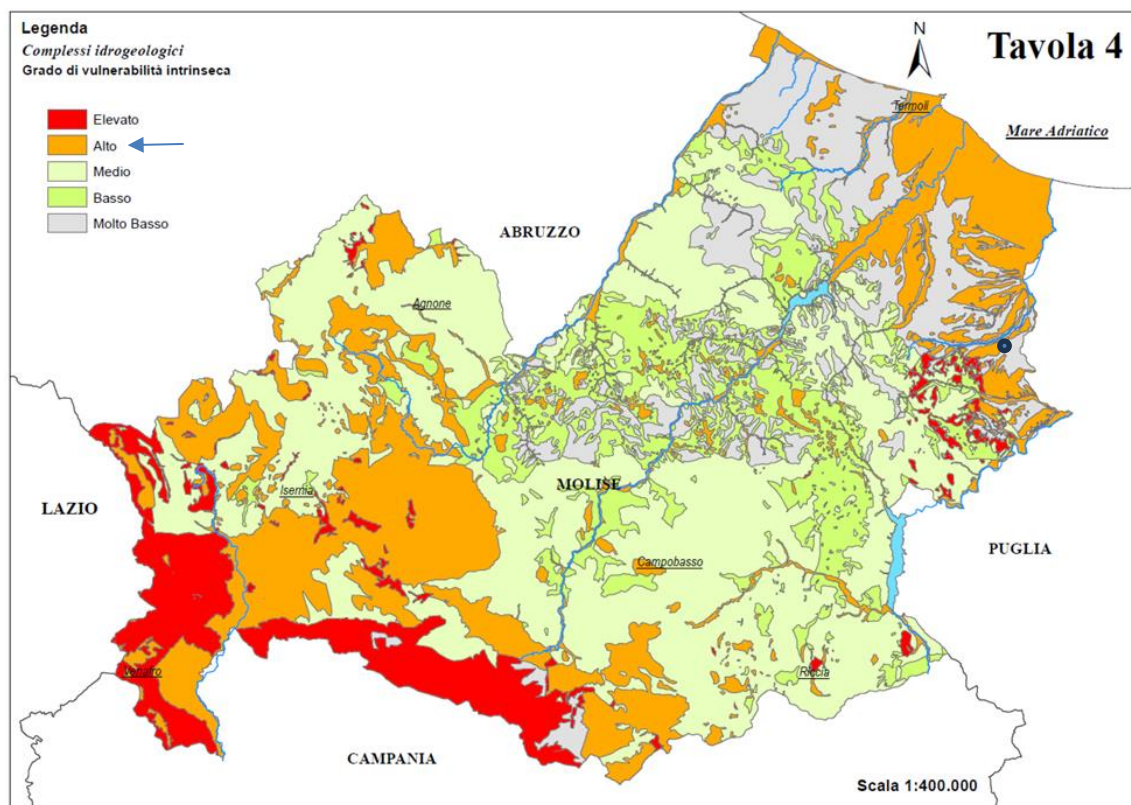


Figura 6-4. Carta della vulnerabilità intrinseca dei complessi idrogeologici. In rosso, l'area di indagine. In blu, l'area di indagine. (Fonte: PTA Molise)

Per la stima della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero nell'area in oggetto si è fatto ricorso al modello Drastic Index, un indice ponderale aggregato realizzato da ALLER et alii (1987) per conto dell'EPA (Environmental Protection Agency).

Il modello Drastic Index è attualmente diffuso in tutto il mondo, esso spicca tra le varie metodologie usate per la determinazione della vulnerabilità degli acquiferi, sia per la semplicità d'uso che per la validità dei risultati ottenibili e trova largo impiego anche negli studi di impatto ambientale come strumento adatto alle stime relative alla componente "Acque sotterranee".

Il modello si basa sull'analisi di più fattori che, in base ad una ponderazione in funzione dei caratteri localmente riscontrati, esprimono la vulnerabilità di un acquifero.

I fattori presi in considerazione dal modello Drastic Index sono sette (le loro iniziali formano l'acronimo D.R.A.S.T.I.C.):

D = Depth water	(profondità dell'acquifero)
R = Recharge	(ricarica dell'acquifero)
A = Aquifer media	(caratteristiche dell'acquifero)
S = Soil media	(caratteristiche del suolo)
T = Topography	(topografia, clivometria)
I = Impact of vadose zone media	(impatto della zona non satura)
C = Conductivity	(conducibilità idraulica)

Il Drastic Index (Dix) è stimato con la seguente formula:

$$Dix = (Dp \cdot Dv) + (Rp \cdot Rv) + (Ap \cdot Av) + (Sp \cdot Sv) + (Tp \cdot Tv) + (Ip \cdot Iv) + (Cp \cdot Cv)$$

Dove:

p = peso dei fattori;

v = valori di intensità.

Per valutare il probabile inquinamento, i pesi standard dei fattori possono anche essere differenziati per inquinamento di probabile origine agricola o industriale.

Di seguito i parametri standard del metodo:

Dp =	5	(p = 2)
Rp =	4	(p = 1)
Ap =	3	(p = 6)
Sp =	2	(p = 5)
Tp =	1	(p = 5)
Ip =	5	(p = 4)
Cp =	3	(p = 2)

Di seguito le tabelle sinottiche del Drastic Index per l'attribuzione dei pesi dei fattori.

Profondità (Piedi)		Punteggio	Profondità (Metri)		Punteggio
min	max		min	max	
0	5	10	0	1,52	10
5	15	9	1,52	4,57	9
15	30	7	4,57	9,14	7
30	50	5	9,14	15,24	5
50	75	3	15,24	22,86	3
75	100	2	22,86	30,48	2
100		1	30,48		1

Ricarica (Pollici)		Punteggio	Ricarica (mm)		Punteggio
min	max		min	max	
0	2	1	0	50,8	1
2	4	3	50,8	101,6	3
4	7	6	101,6	177,8	6
7	10	8	177,8	254	8
10		9	254		9

Litologia	Punteggio
scisti massicci	1-3
metamorfica/igneo	2-5
metamorfica/igneo alterate	3-5
morene glaciali	4-6
sequenze di arenarie, calcari e scisti	5-9
arenarie	4-9
calcarea massiccio	4-9
sabbia e ghiaia	6-9
basalto	5-10
calcarea	9-10

Caratteristiche/tipologia	Punteggio
fine o assente	10
ghiaia	10
sabbia pulita	9
argilla aggregata	7
suolo sabbioso	6
suolo franco	5
suolo fangoso	4
suolo argilloso	3
argilla pulita	1

Pendenza (%)		Punteggio
min	max	
0	2	10
2	6	9
6	12	5
12	18	3
18		1

Litologia	punteggio
argilla-limo	2-6
scisti	2-5
calcarea	2-7
arenarie	4-8
sequenze di arenarie, calcari e scisti	4-8
sabbia e ghiaia con argilla e fango	4-8
metamorfica/igneo	2-8
sabbia e ghiaia	6-9
basalto	2-10
calcarea	8-10

Conducibilità (gdp/piediquadri)		Punteggio	Conducibilità (cm/s)		Punteggio
min	max		min	max	
1	100	1	4,72E-07	4,72E-05	1
100	300	2	4,72E-05	1,42E-04	2
300	700	4	1,42E-04	3,30E-04	4
700	1000	6	3,30E-04	4,72E-04	6
1000	2000	8	4,72E-04	9,44E-04	8
2000		10	9,44E-04		10

Tabella 6-1. Pesi dei fattori Drastic Index (ALLER et alii, US-EPA Environmental Protection Agency).

I valori di intensità, valutati in base alle tabelle comparative appositamente costruite e proposte dal software utilizzato (DRASTIC-O per Windows), sono quelli riferiti all'area in studio.

L'elaborazione dei dati ha fornito i seguenti risultati:

Dix = 73, che corrisponde come atteso ad una Vulnerabilità "Bassa"

Grado di vulnerabilità	Intervallo di punteggio grezzo
Bassissimo	0 – 55
Basso	56 – 80
Medio	81 – 113
Alto	114 – 159
Elevato	160 – 182
Elevatissimo	183 - 230

Tabella 6-2. Grado di vulnerabilità Drastic Index (ALLER et al., US-EPA)

Per meglio definire il livello di assorbimento e permeabilità, nella parte più superficiale del suolo interessato, spesso da attività agricola come le arature, che ne hanno modificato la permeabilità sub-superficiale, favorendone un aumento nei primi centimetri (max 0,8 m), è stata eseguita una prova di permeabilità a carico variabile in pozzetto superficiale, secondo lo standard A.G.I. 1977:

$$\text{Permeabilità } K = h_1 - h_2/t_2 - t_1 \cdot 1 + (2h_m/b) / 27 \cdot (h_m/b) + 3$$

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

Si rimandano gli approfondimenti del caso alla Relazione geologica e sismica.



Figura 6-5. Minipit S1 e S2.

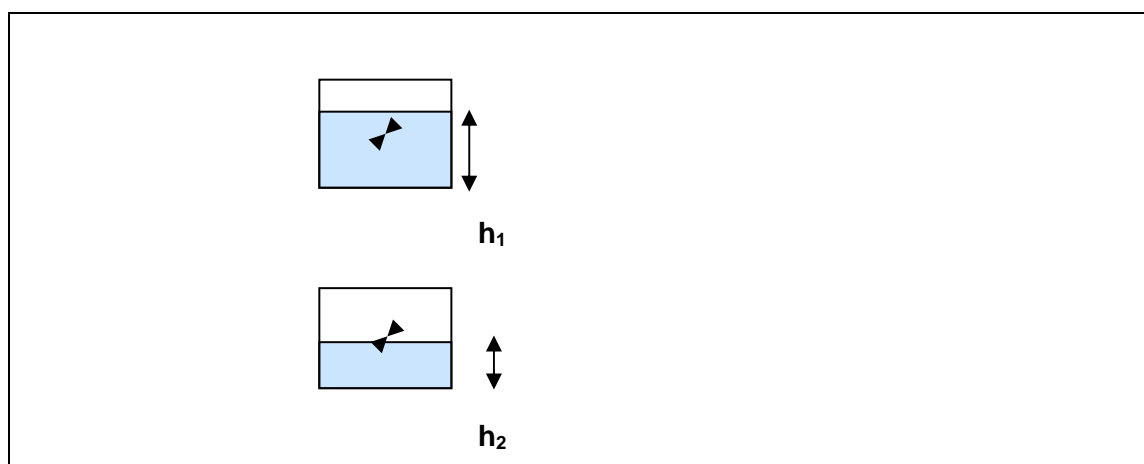


Figura 6-6. Prova di permeabilità a carico variabile in pozzetto superficiale (Standard AGI, 1977).

DATI	Unità di misura	Misura 1	Misura 2	Misura 3	Media
h_1 = altezza iniziale del livello dell'acqua	cm	149,0	148,0	147,0	
h_2 = altezza finale del livello dell'acqua	cm	148,0	147,0	146,0	
$t_2 - t_1$ = tempo trascorso per il raggiungimento di h_2	min	1,05	2,13	12,5	
h_m = altezza media tra h_1 e h_2	cm	148,5	148,5	148,5	
b = lato della base del pozzetto	cm	25,0	25,0	25,0	
K = coefficiente di permeabilità	cm/sec	0,00002	0,00001	0,000008	0,000013

Tabella 6-3. 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	152,0	151,0	150,0	
h_2 = altezza finale del livello dell'acqua	cm	151,0	150,0	149,0	
$t_2 - t_1$ = tempo trascorso per il raggiungimento di h_2	min	0,96	2,21	12,80	
h_m = altezza media tra h_1 e h_2	cm	151,5	150,5	149,5	
b = lato della base del pozzetto	cm	25,0	25,0	25,0	
K = coefficiente di permeabilità	cm/sec	0,000023	0,000009	0,000007	0,000012

Tabella 6-4. 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 6-5. 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 "Basso" e, di conseguenza, il drenaggio è "Povero".

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

7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

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

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

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

I sottoscritti si rendono disponibili ad effettuare incontri e sopralluoghi chiarificatori con il progettista, con gli altri consulenti tecnici, con i responsabili della Podini Spa.

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

Tanto si doveva per l'incarico ricevuto.

Foligno, 11 marzo 2024

Prof. Geol. Alfonso Russi



Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie



8 BIBLIOGRAFIA & WEB REFERENCES

8.1 Bibliografia

- ALLER L., LEHR J.H., PETTY R. & BENNETT, T. (1987) - DRASTIC—A Standardized System to Evaluate Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic Setting. *Journal of the Geological Society of India*, 29, 23-37.
- AUCELLI P.P.C., CINQUE A., ROBUSTELLI G. & ROSSKOPE C. (2000) – Space and time distribution of landslides in a Mediterranean river basin: Trigno river valley (S. Italy). In: Bromhead E., Dixon N. & Ibsen M-L. (eds), «Landslides, in reasearch, theory and pratice», 1:91-96, London.
- AUCELLI P.P.C., CINQUE A. & ROSSKOPE C. (2001) – Geomorphological map of the Trigno basin (Italy) explanatory notes. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.* 24:3-12
- FLORINSKY I. (2012) - Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology. Elsevier, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford.
- GRUBER S. & PECKHAM S. (2009) – Land-surface parameters and objects in hydrology. In: T. Hengl & H.I. Reuter (eds) *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*, pp.171-194. Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- HUDSON N.W. (1992) - Soil Conservation. B.T. Batsford Limited, London.
- LUCCHESI, F. (1995) - Elenco preliminare della flora spontanea del Molise. *informatore botanico italiano*, suppl.53, 1-386.
- 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.
- ROSGEN D.L. (1994) – A classification of natural rivers. *Wildland Hydrology*, 157649 U.S. Highway 160, Pagosa Spings, CO 81147. *Catena* 22 1669-199
- THORNTHWAITE C. W. and MATHER J.R., 1957. Instructions and tables for computing potential evapotraspiration and the water balance. *Publ. in Climatology*, 10: 181-311.
- ZHAO G.J. (2009) - *Water Science and Engineering*, Dec. 2009, Vol. 2, No. 4, 1-15

8.2 Web references

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

http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/WMS_v1.3/Vettoriali/AreasofPotentialSignificantFloodRisk_IT_201903_22.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>

<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-wms/>

<https://idrogeo.isprambiente.it/app/>



COMUNE:
Rotello

PROVINCIA:
CB

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	Rotello
Provincia	CB
Altitudine [m]	360
Latitudine	41,7493
Longitudine	15,0071
Temperatura Massima Annuale [°C]	35,52
Temperatura Minima Annuale [°C]	-3,68

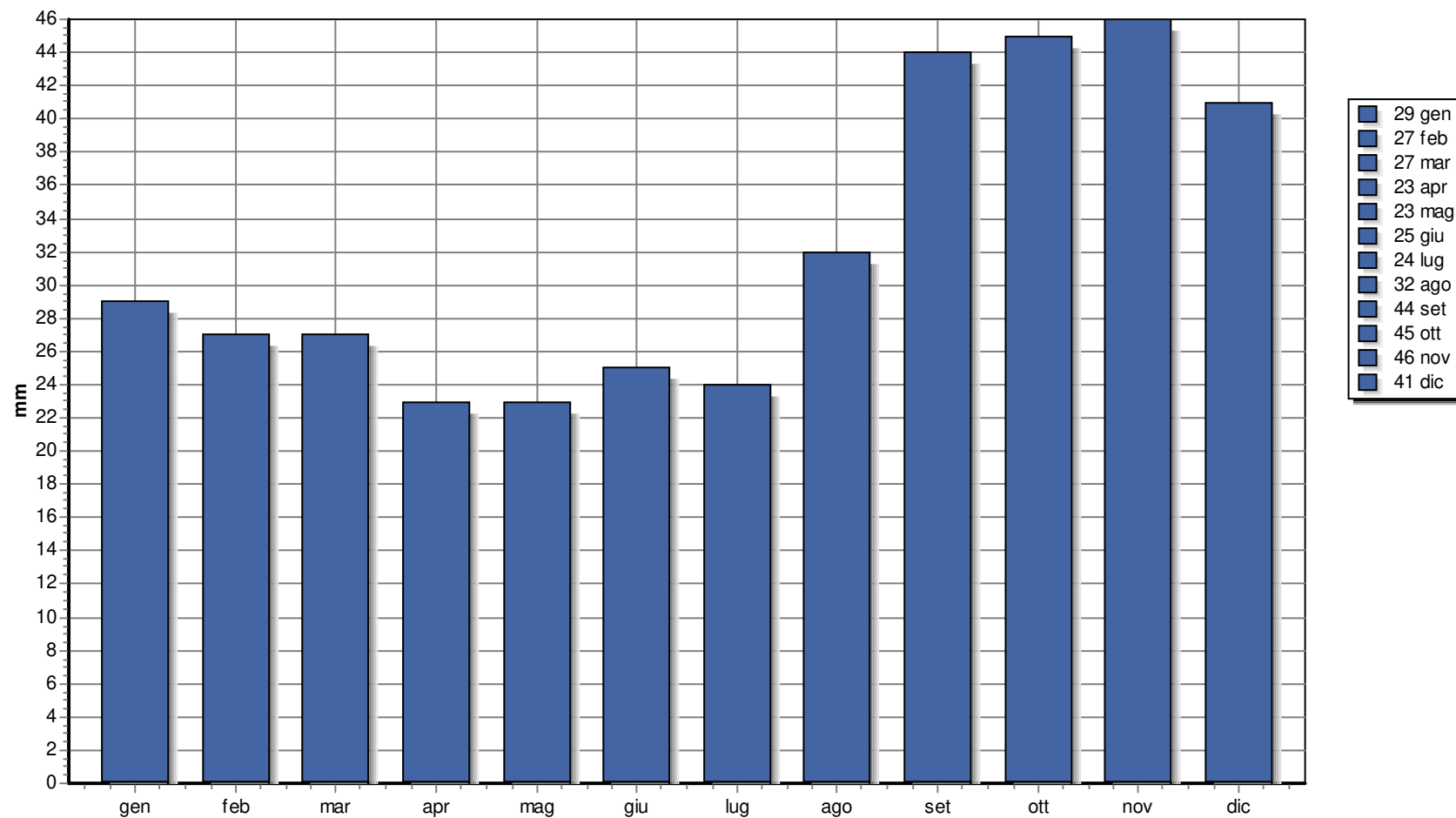
I dati climatici sono stati acquisiti dalla Norma UNI 10349 e sono relativi ad un periodo minimo di 30 anni.

2. Indici

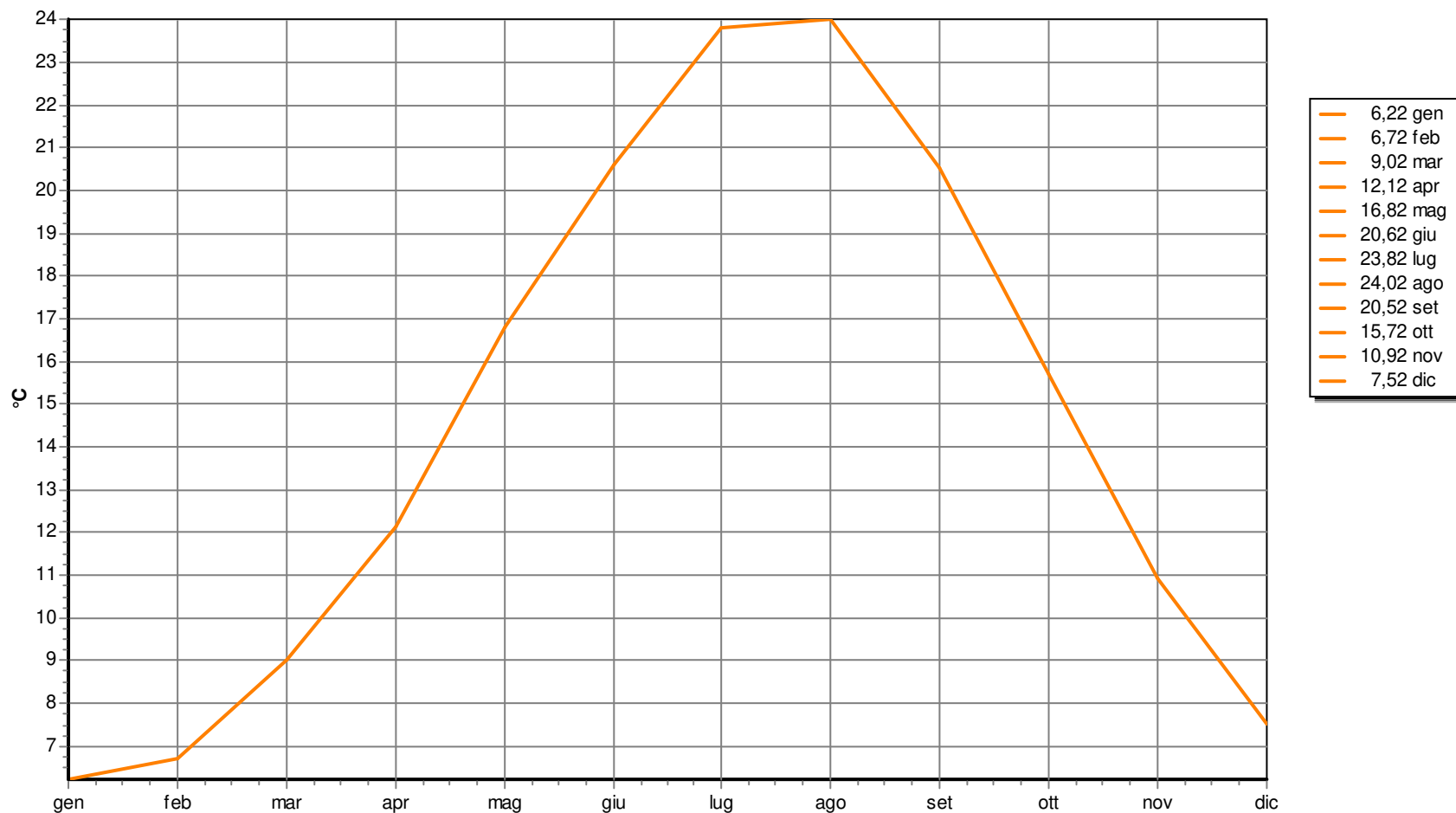
Precipitazioni [mm]:	Totale:	386
	Media:	32,18
Temperatura Media [°C]	14,55	
Indice di Continentalità di Gams	43° 0'	
Indice di Fournier	5,48	
Evaporazione Idrologica di Keller [mm]	504,78	
Pluviofattore di Lang	26,53	
Indice di Amann	315,52	
Mesi Aridi:	Secondo Koppen:	gen feb mar apr mag giu lug
	Secondo Gaussen:	apr mag giu lug ago
Indice di De Martonne	15,72	
Indice di De Martonne-Gottmann	14,10	
Indice di Aridità di Crowther	-9,41	
Indice Bioclimatico di J.L. Vernet	1,77	
Indice FAO	1,06	
Evaporazione Media mensile [mm]	124,88	
Quoziente Pluviometrico di Emberger	52,95	
Indice di Continentalità di Currey	1,19	
Indice di Continentalità di Conrad	31,44	
Indice di Continentalità di Gorczynski	25,04	
Evapotraspirazione Reale di Turc [mm]	348,09	
Evapotraspirazione Reale di Coutagne [mm]	333,48	
Indici di Rivas-Martinez:	Continentalità [°C]:	17,80
	Termicità:	269,90 ± 0,00
	Ombrotermico Annuale:	2,22
	Ombrotermico Estivo:	1,18
Indici di Mitrakos:	SDS (Summer Drought Stress):	102,56
	WCS (Winter Cold Stress):	-8,44
	YDS (Year Drought Stress):	303,64
	YCS (Year Cold Stress):	54,54

[C°]	gen	feb	mar	apr	mar	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Temperature	6,22	6,72	9,02	12,12	16,82	20,62	23,82	24,02	20,52	15,72	10,92	7,52
Massime	8,92	9,82	12,52	15,92	21,02	25,12	28,52	28,72	24,62	19,12	13,82	10,12
Minime	3,52	3,72	5,52	8,22	12,72	16,12	19,12	19,42	16,32	12,22	8,02	4,92
Massime Estreme	15,32	17,52	21,12	23,32	28,52	32,12	35,52	34,92	31,12	26,72	20,72	16,72
Minime Estreme	-3,68	-3,08	-1,68	2,32	6,82	10,12	13,72	13,72	10,32	6,12	1,52	-1,68
[mm]	gen	feb	mar	apr	mar	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Precipitazioni	29	27	27	23	23	25	24	32	44	45	46	41
Indice di Angot	10,61	10,94	9,88	8,70	8,42	9,45	8,78	11,71	16,64	16,46	17,39	15,00
Indice di De Martonne (mensile)	21,45	19,38	17,03	12,48	10,29	9,80	8,52	11,29	17,30	21,00	26,39	28,08
Stress di Mitrakos (idrico)	42	46	46	54	54	50	52	36	12	10	8	18
Stress di Mitrakos (termico)	51,84	50,24	35,84	14,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,84	40,64

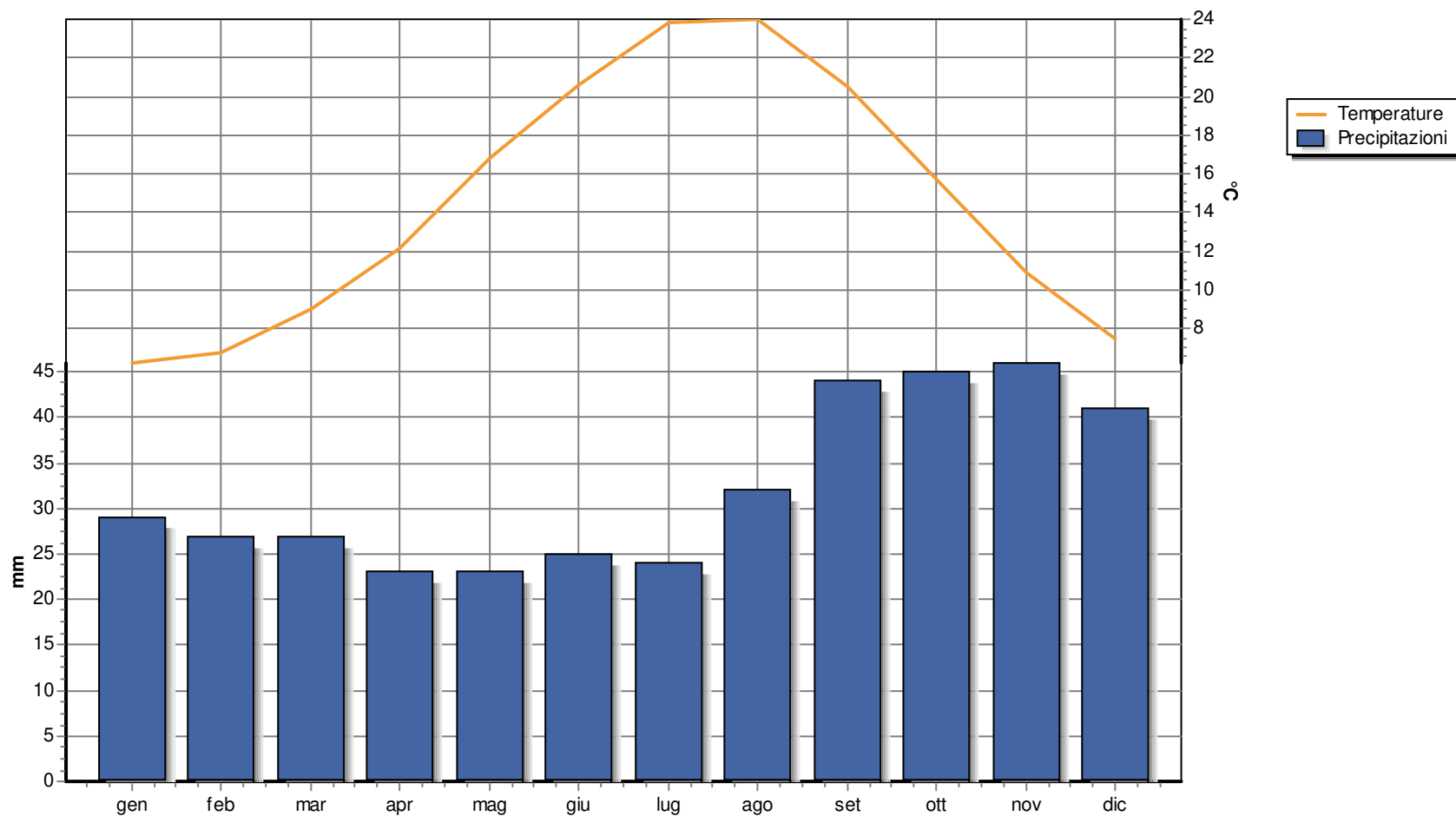
3. Diagramma Pluviometrico



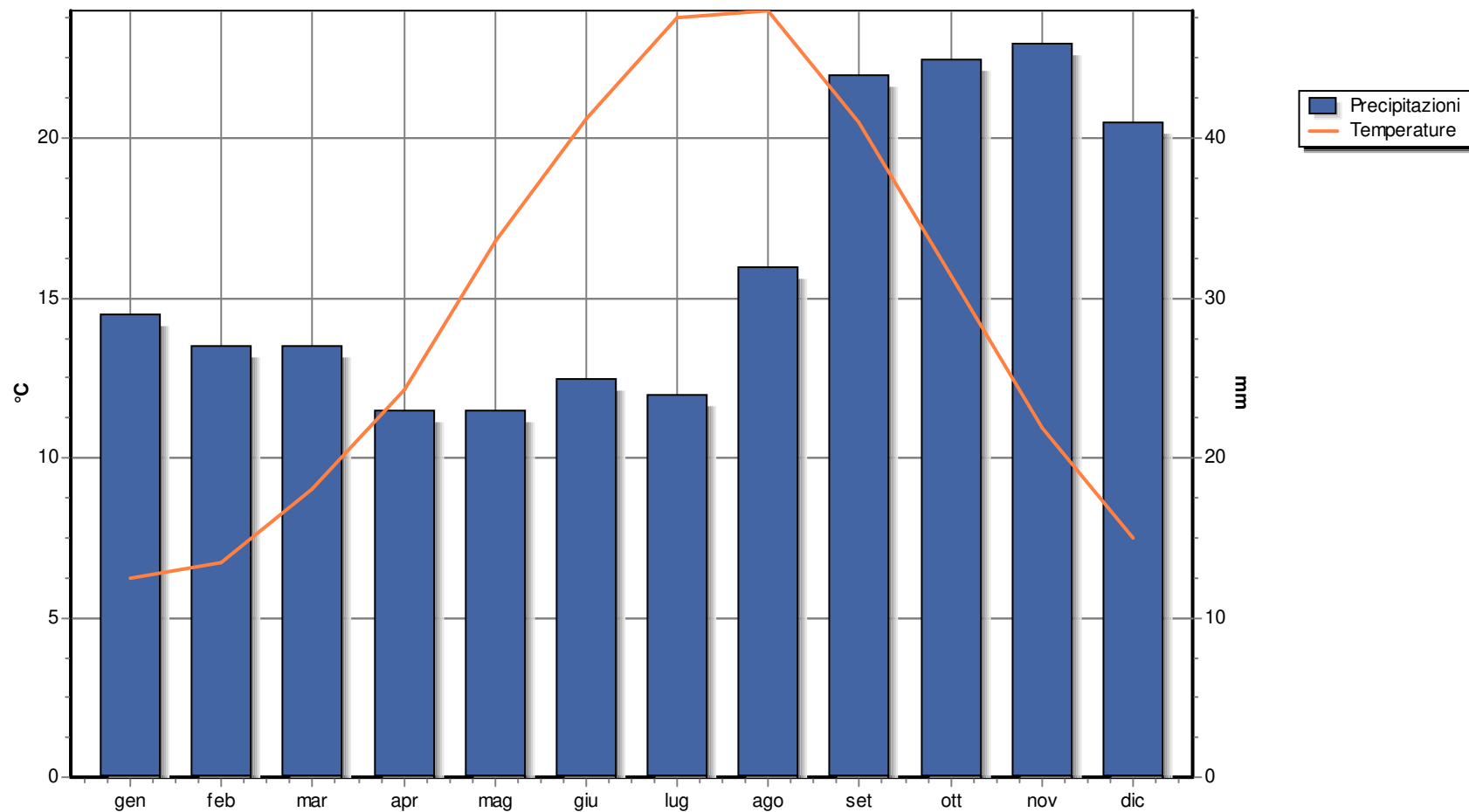
4. Diagramma Termometrico



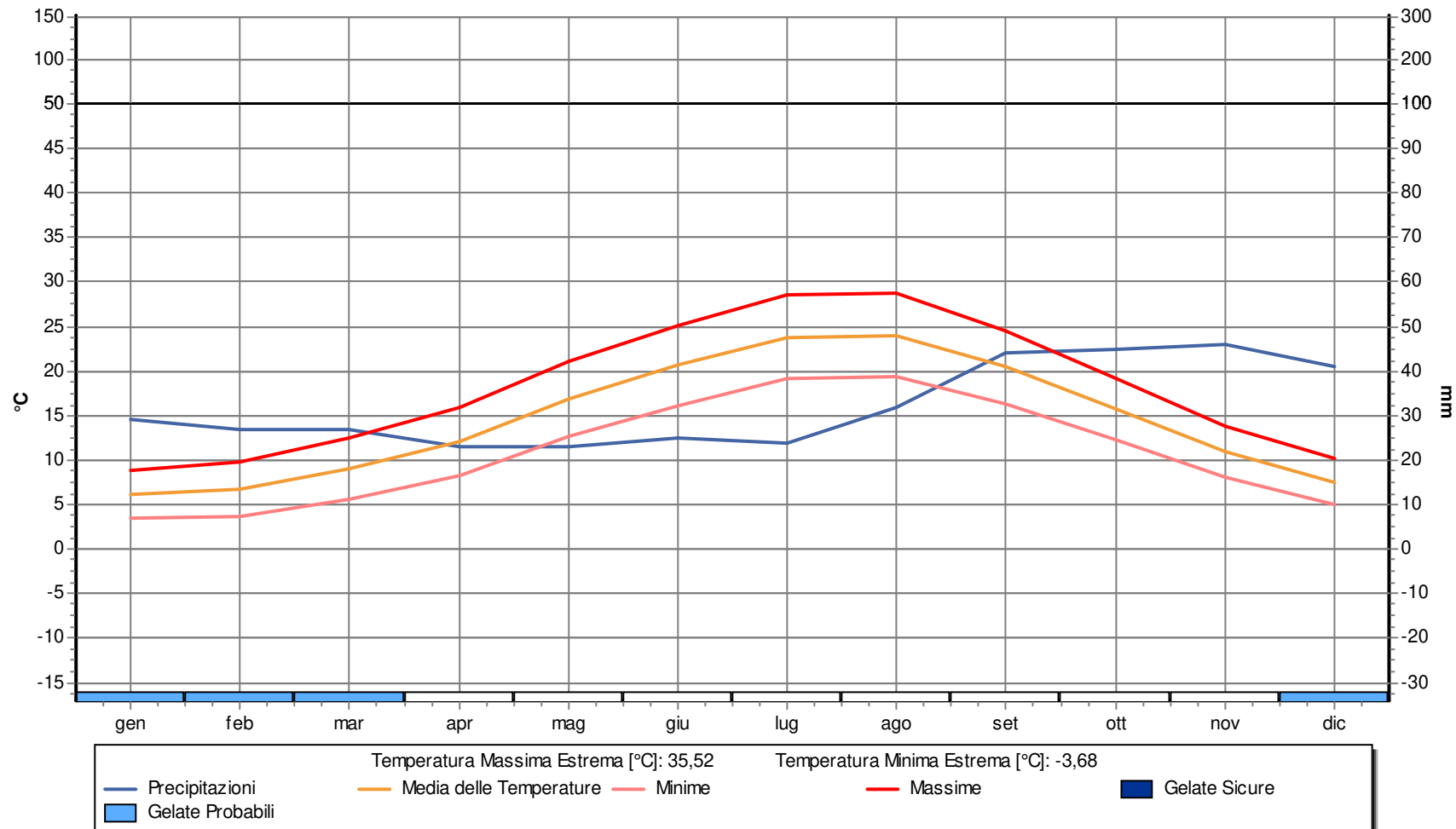
5. Diagramma Termopluviometrico



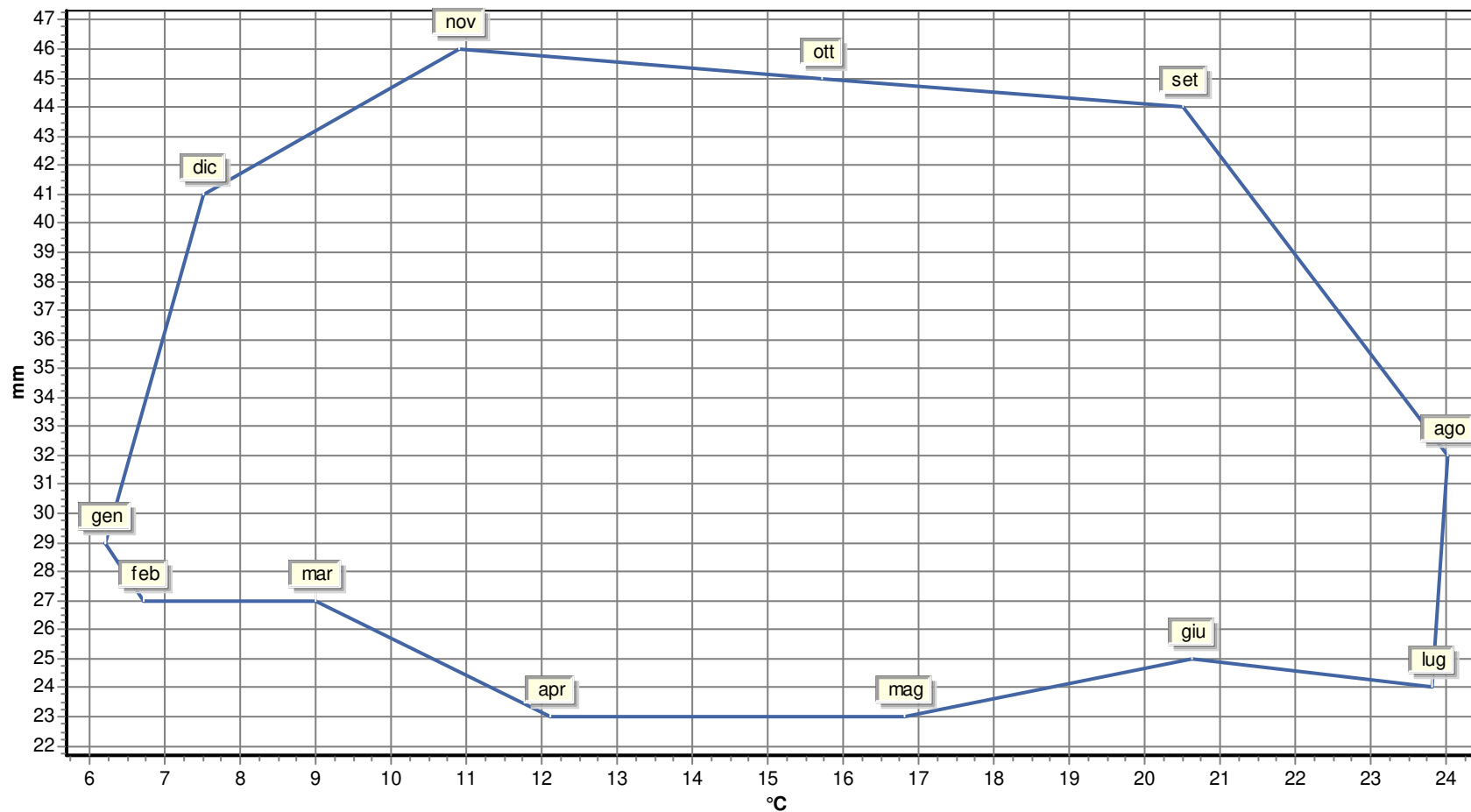
6. Diagramma Ombrotermico



7. Diagramma Walter & Lieth



8. Climogramma Precipitazioni e Temperature



9. Climogramma di Peguy

