

Comune di: RAMACCA

Provincia di: CATANIA

Regione: SICILIA



PROponente

PODINI S.P.A

Via Lattuada, 30 – 20135 MILANO (MI)

C.F. e P.IVA IT02246400218

Opera

PROGETTO DEFINITIVO

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

“SOLARE RAMACCA-FIUME GORNALUNGA”

OGGETTO

TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDROGEOLOGICA

DATA:

25/01/2024

N°/CODICE ELABORATO:

REL 009

Tipologia: REL (RELAZIONI)

I TECNICI

PROGETTISTI:

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



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



PROFESSIONISTI:

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



Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie



Dott.ssa Geol. Federica Ucci



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

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

INDICE

1	PREMESSA	1
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	2
3	CARATTERISTICHE CLIMATICHE.....	4
3.1	Bilancio Idrologico	7
4	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	8
4.1	Aree esondabili.....	21
4.2	Dissesto idrogeologico.....	24
5	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE	29
5.1	Calcolo portata di massima piena.....	31
6	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	34
6.1	Vulnerabilità acquiferi	40
7	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	48
8	BIBLIOGRAFIA & WEB REFERENCES	49
8.1	Bibliografia.....	49
8.2	Web references	50

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 ed idrogeologico nell'agro di Ramacca (CT) 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 del progettista, 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. Considerazioni conclusive.

Allegati:

- Analisi climatica.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

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

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

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

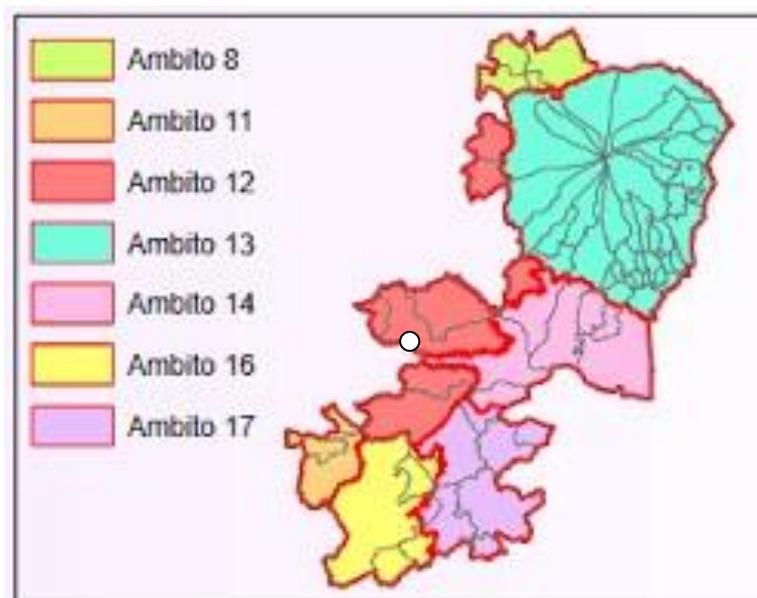


Figura 2-1. Ambiti del Piano Paesaggistico della provincia di Catania. In bianco, l'area di indagine. (Fonte: Regione Sicilia – Assessorato dei Beni culturali e dell'Identità siciliana).

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

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

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

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

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

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

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

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

Le aree sono racchiuse nel reticolo di strade:

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

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

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

Tabella 2-1. Localizzazione lotti con coordinate baricentriche.

3 CARATTERISTICHE CLIMATICHE

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

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

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

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

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

Tabella 3-1. Precipitazioni medie mensili.

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

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

Tabella 3-2. Precipitazioni, ripartizione semestrale.

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

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

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

Tabella 3-3. Temperature medie mensili.

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

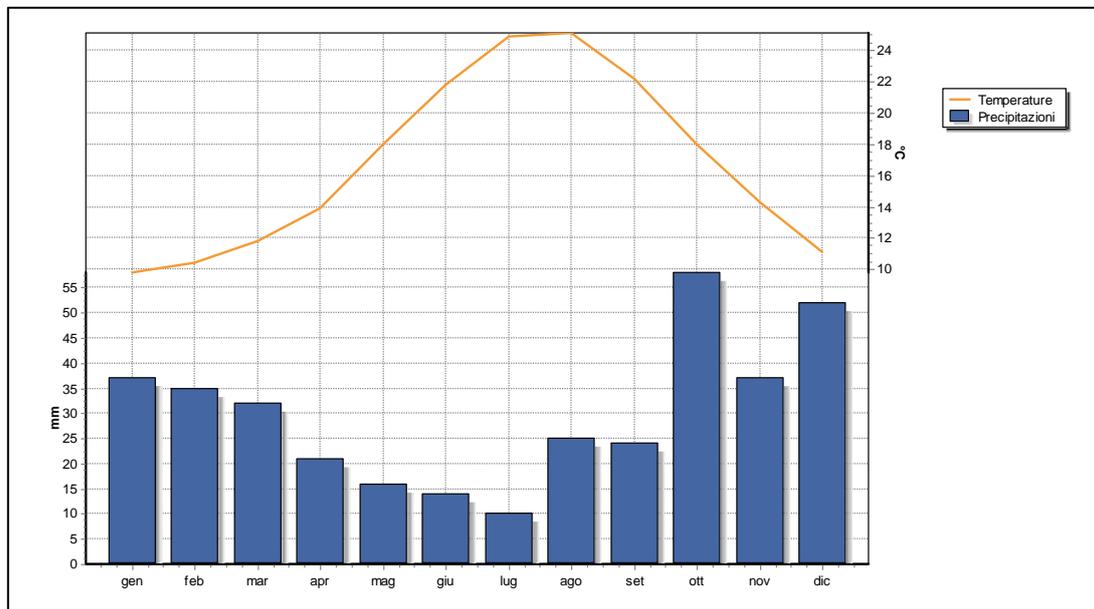


Figura 3-1. Diagramma termopluviometrico

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

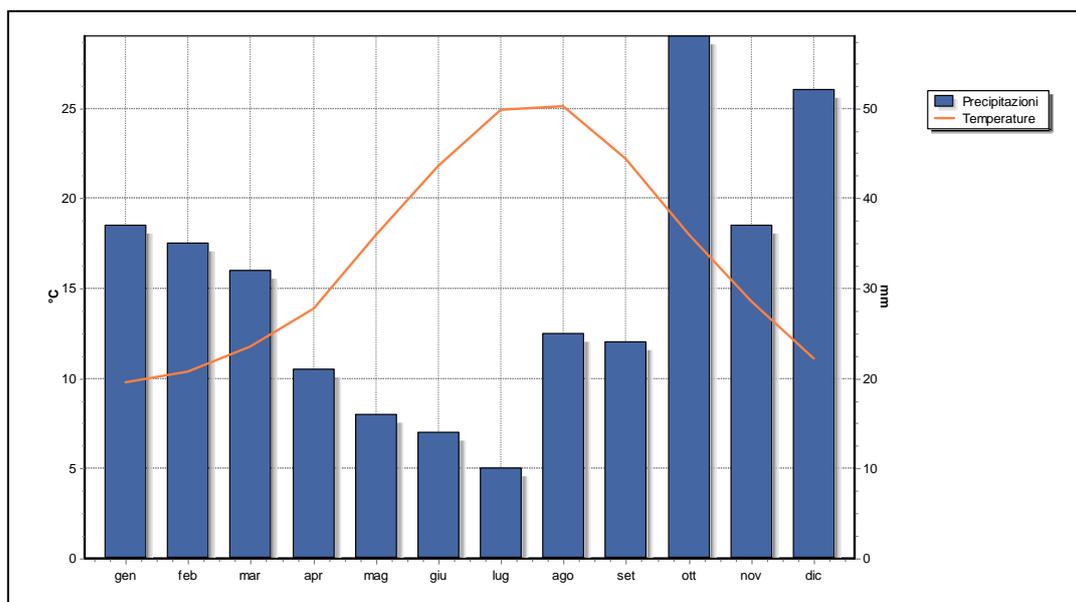


Figura 3-2. Diagramma ombrotermico.

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

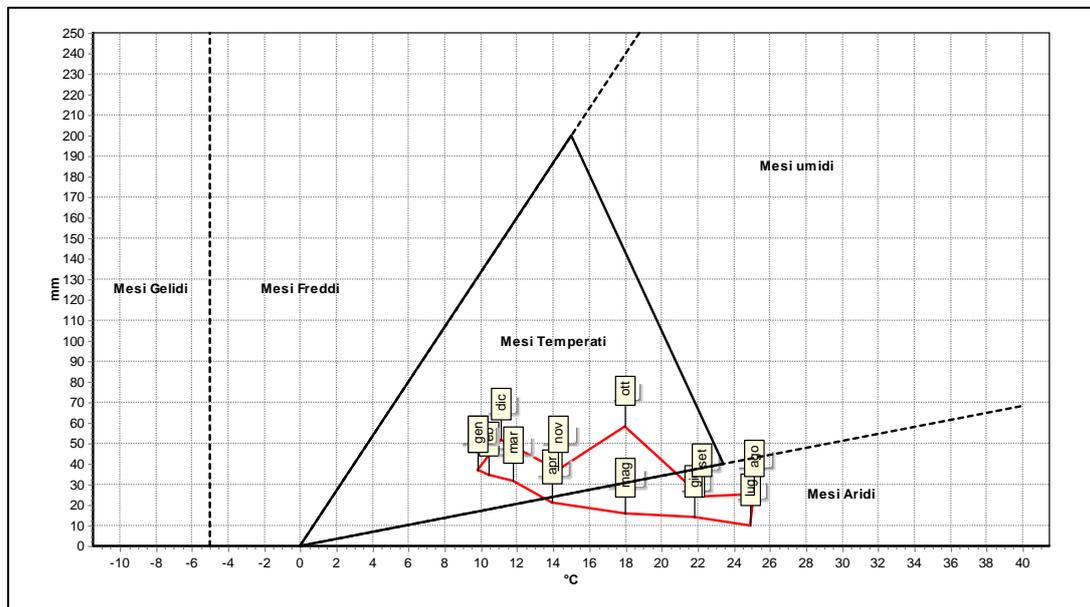


Figura 3-3. Climogramma di *Peguy*.

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

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

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

Tabella 3-4. Elenco principali indici climatici.

Si rimanda agli Allegati per il report climatico completo.

3.1 Bilancio Idrologico

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

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

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

Modello di Thornthwaite

Bilancio idrico mensile

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

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

Legenda

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

Figura 3-4. Bilancio Idrologico secondo *Thornthwaite*.

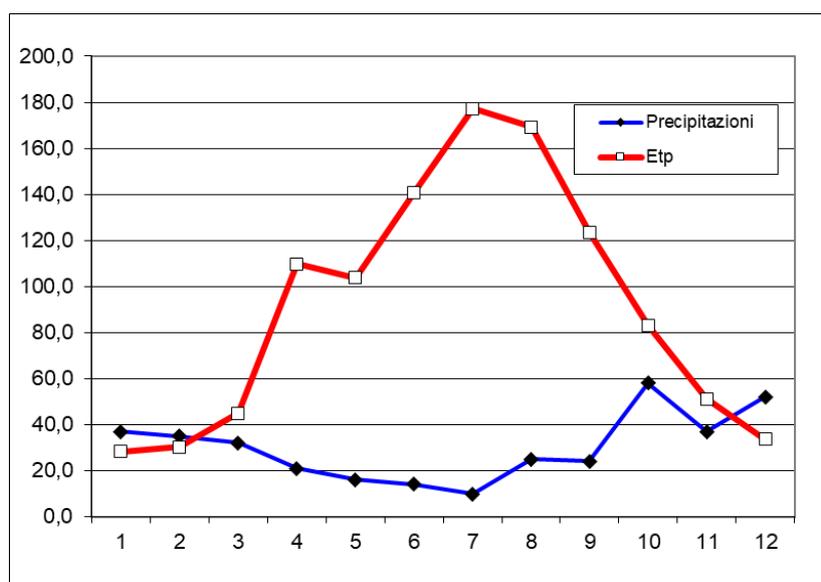


Figura 3-5. Grafico di *Thornthwaite*.

4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

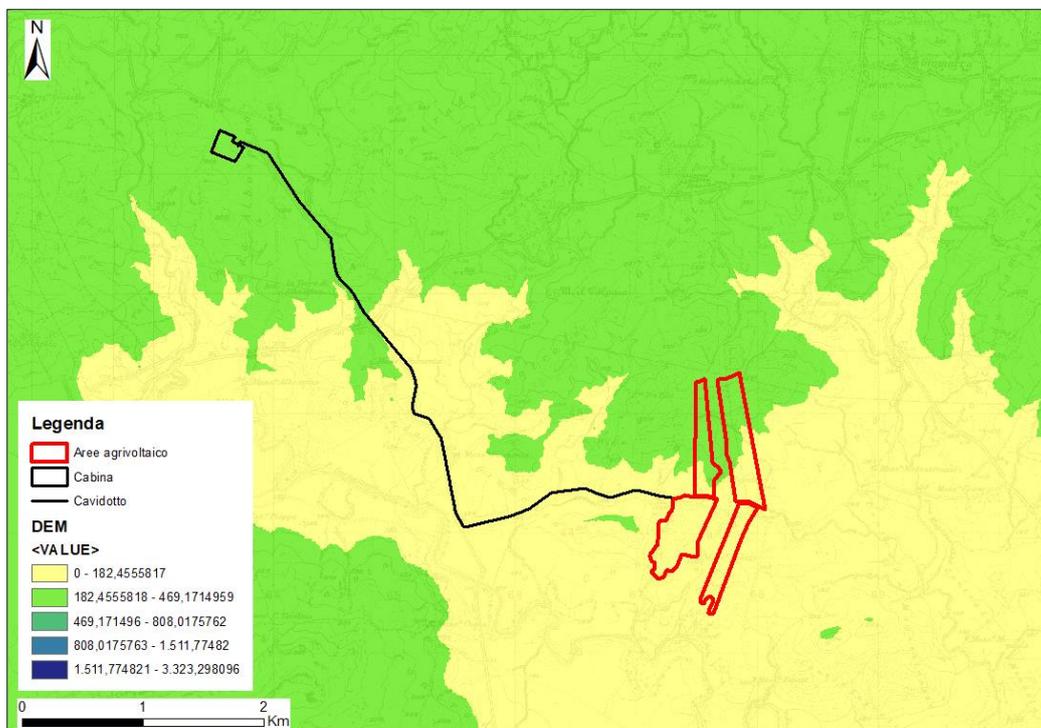


Figura 4-1. Condizioni al contorno imposte – Elaborazione delle quote topografiche, nonché dell'energia del rilievo.

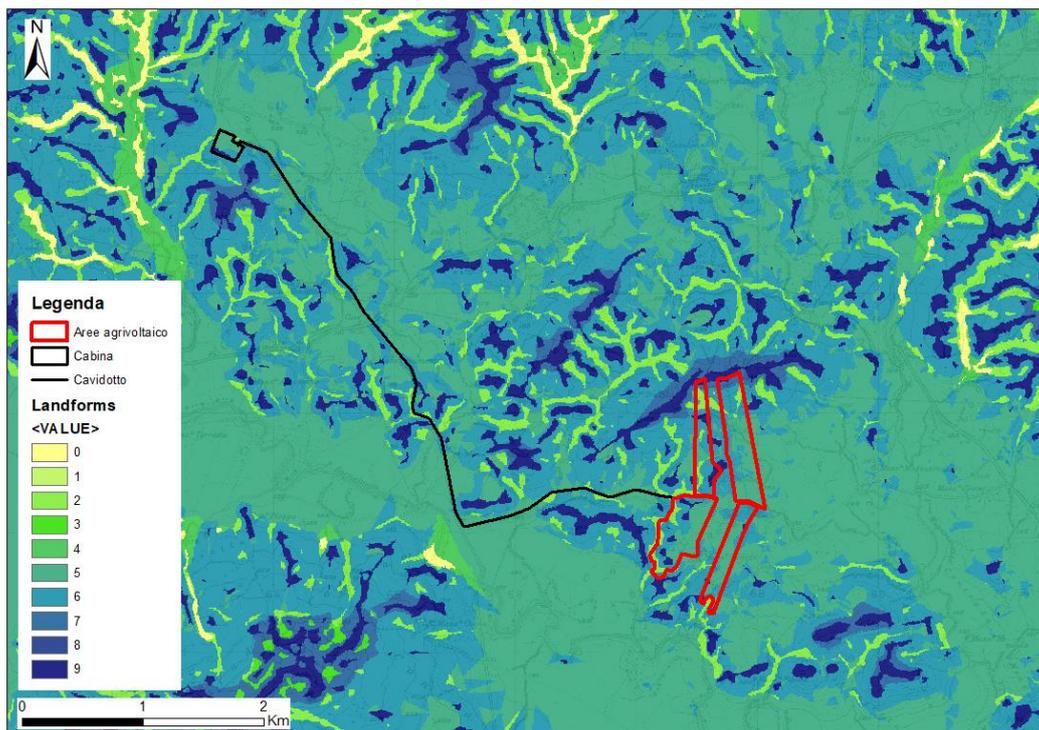


Figura 4-2. Condizioni al contorno imposte – Elaborazione della classificazione delle forme del paesaggio.

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

Tabella 4-1. Landforms *classification*.

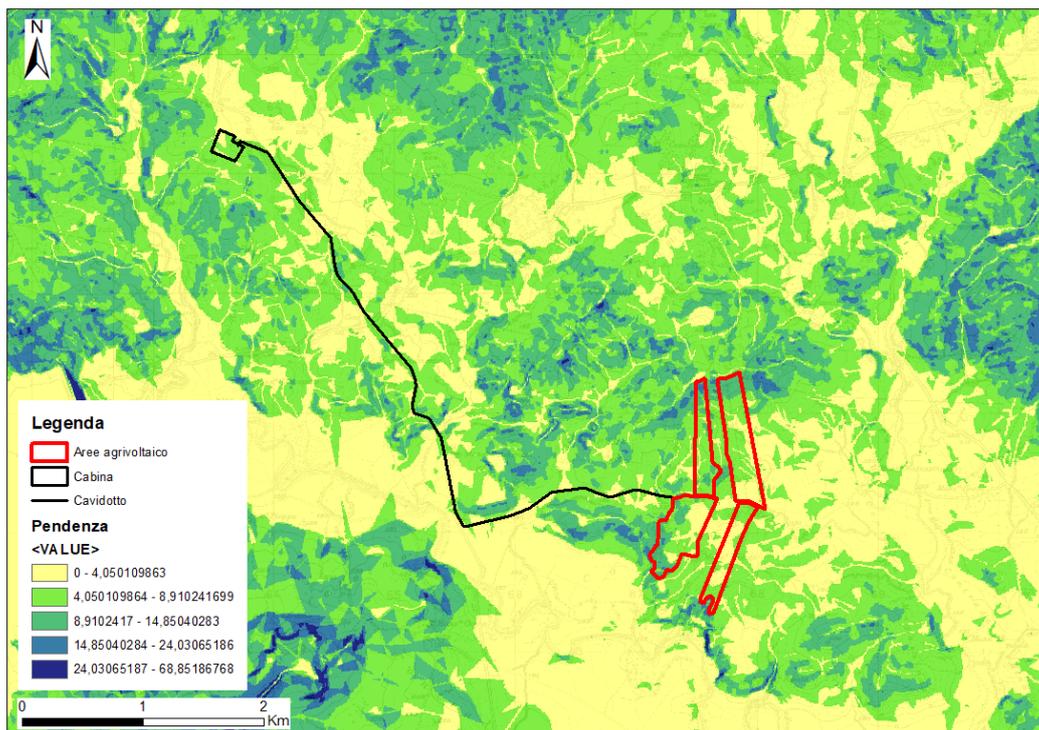


Figura 4-3. Condizioni al contorno imposte - Elaborazione delle pendenze.

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

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

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



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

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

La classificazione si basa su tre livelli di conoscenza:

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

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

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

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

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

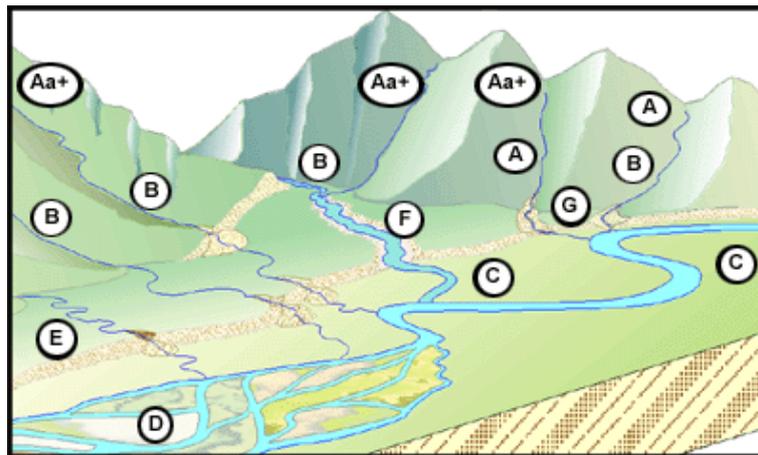


Figura 4-5. Condizioni al contorno imposte - Diversi tipi fluviali in diverse zone del paesaggio.

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

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

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

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

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

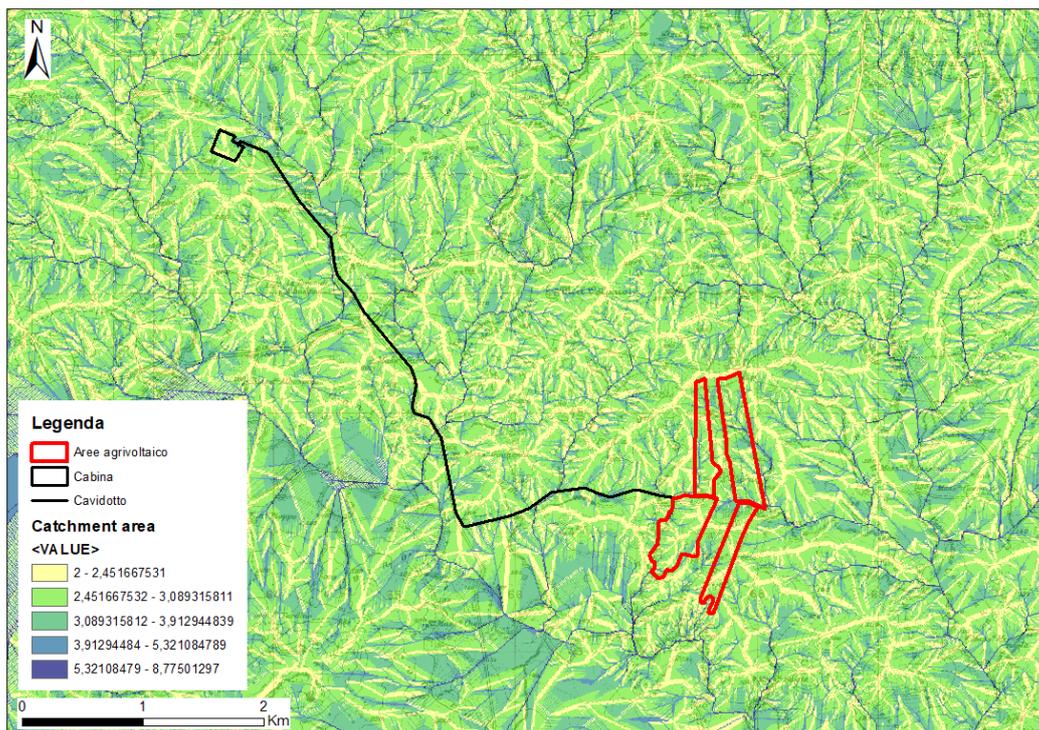


Figura 4-6. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione della classificazione *catchment area*.

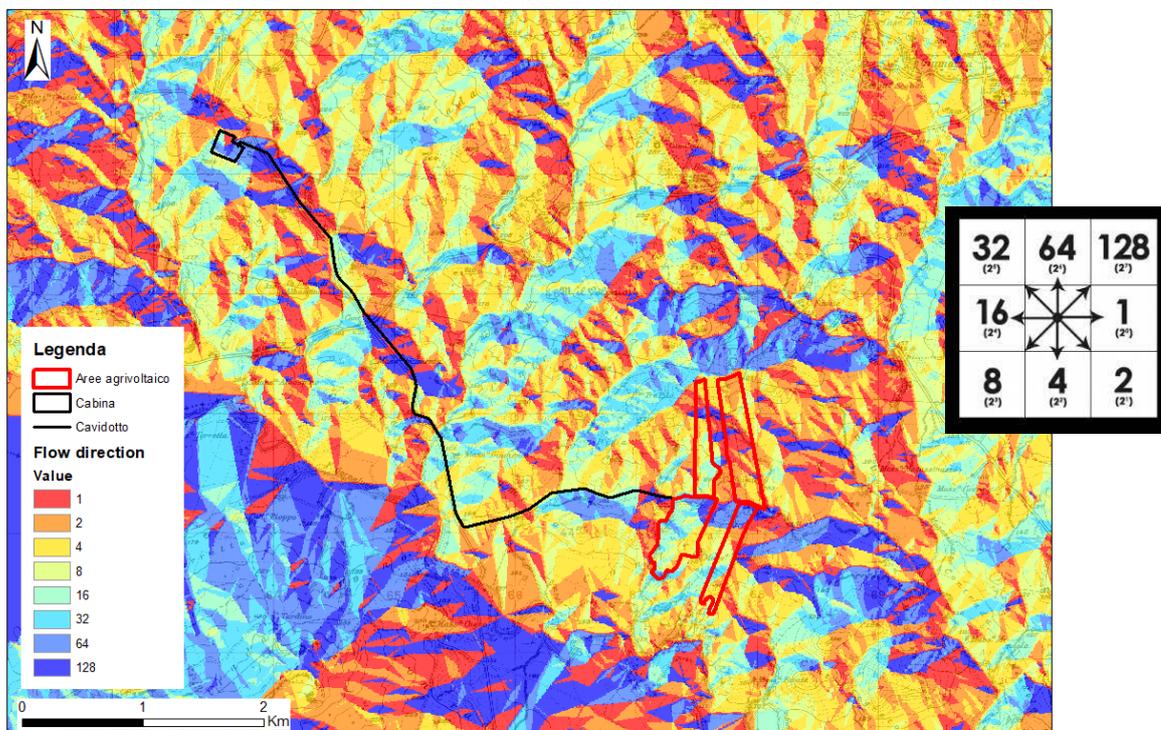


Figura 4-7. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione della *Flow Direction*.

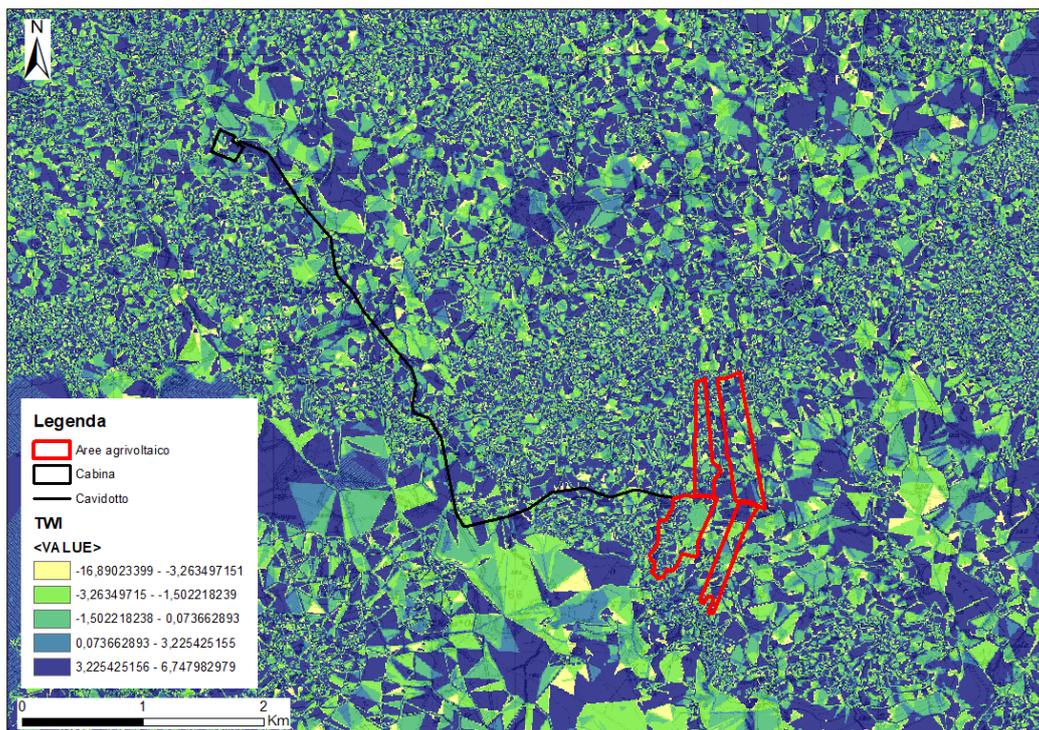


Figura 4-8. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione della classificazione *TWI*.

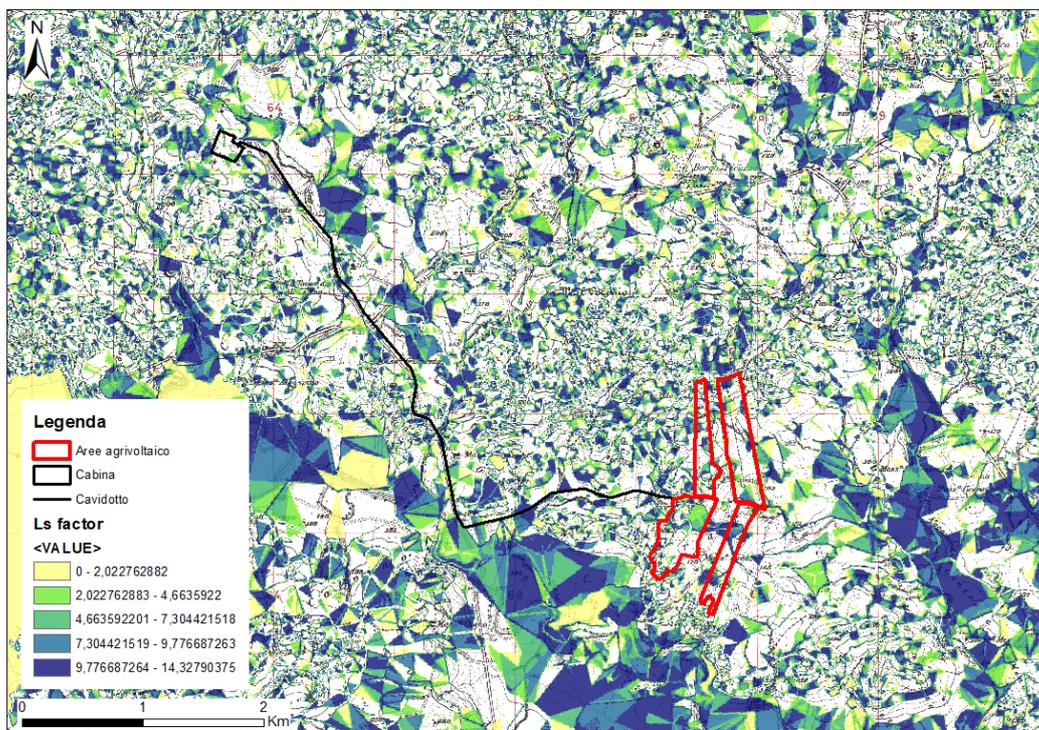


Figura 4-9. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido - Elaborazione della classificazione *Ls factor*.

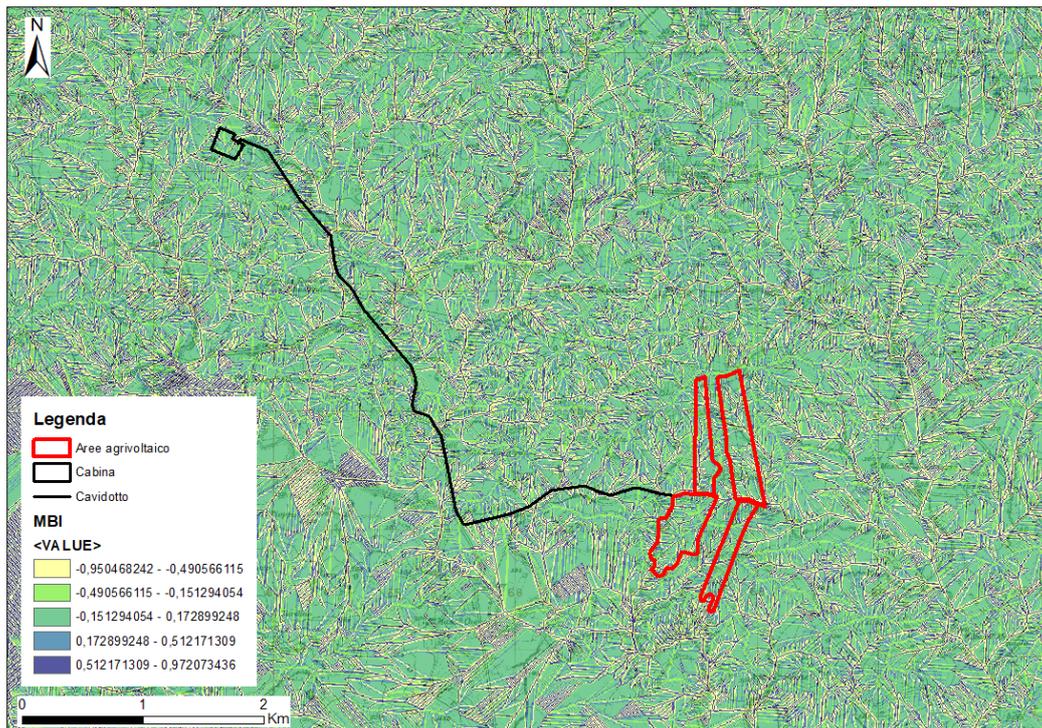


Figura 4-10. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione della MBI.

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

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

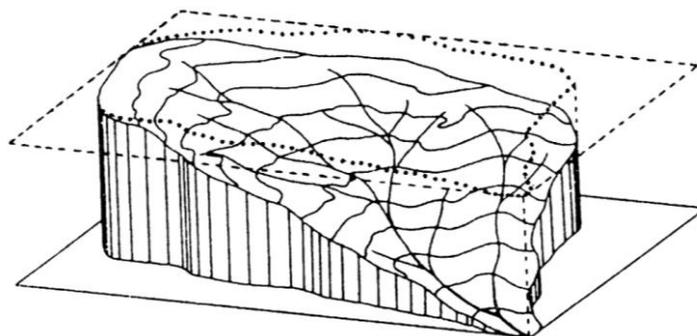


Figura 4-11. Schema generico di approfondimento di un bacino idrografico.

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

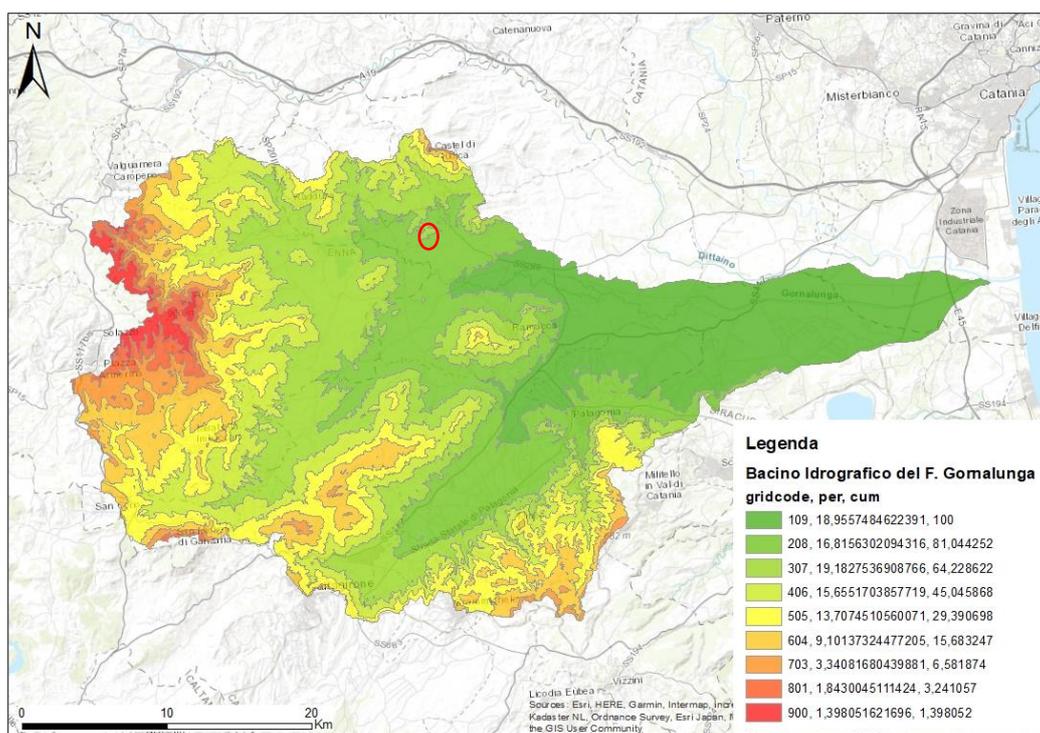


Figura 4-12. Altimetrie del bacino idrografico del Fiume Gornalunga. In rosso l'area di indagine.

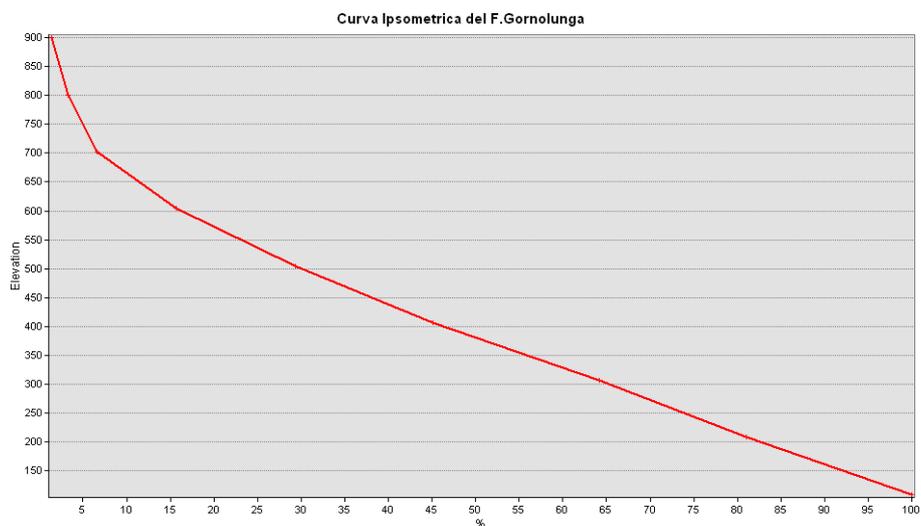
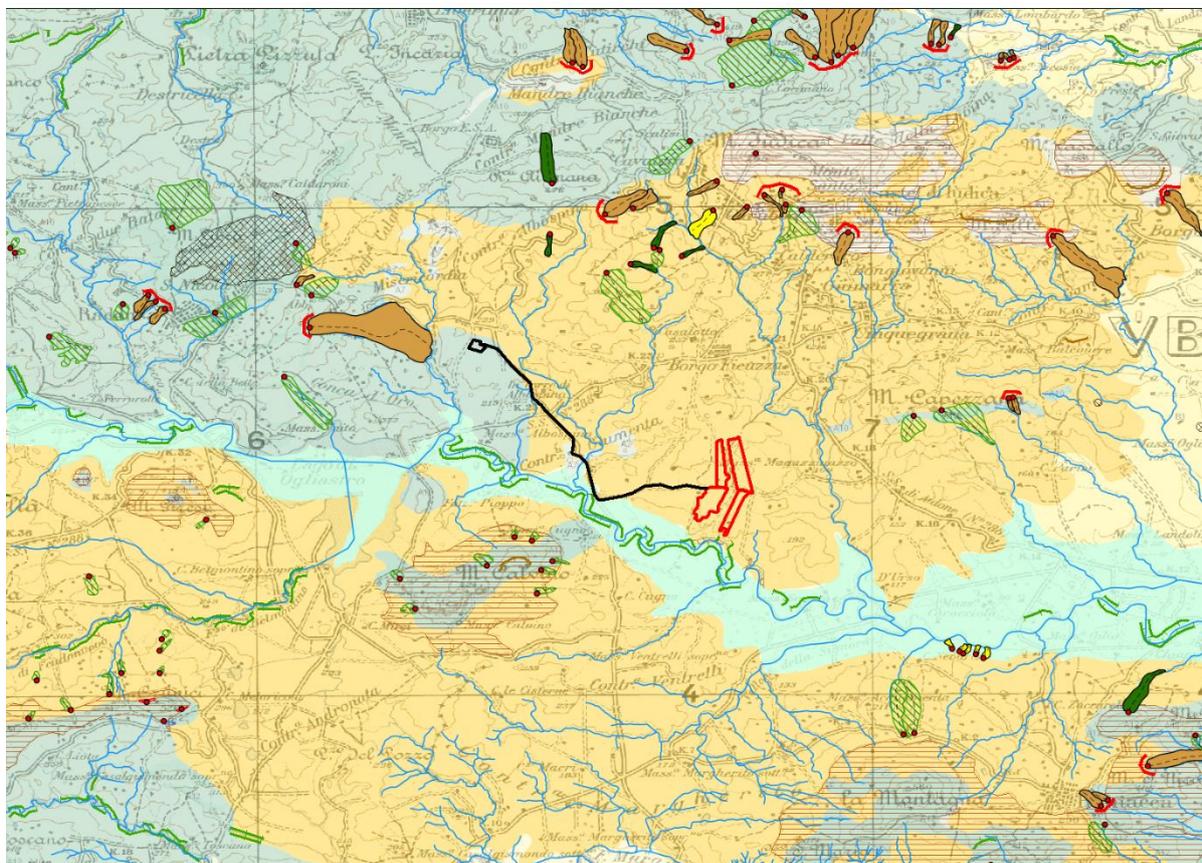


Figura 4-13. Curva Ipsometrica del bacino idrografico del Fiume Gornalunga.

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



LEGENDA

- Cavidotto
- Aree Agrivoltaico
- Stazione

CORPO DI FRANA - Indice di franosità (%)

- $5 < IF < 15$
- $1 < IF < 5$
- $0 < IF < 1$
- Area con frane superficiali diffuse

Forme geomorfologiche

- Affioramento roccioso
- Piana Alluvionale
- Letto del fiume
- Terrazzo morfologico
- Scarpata fluviale
- Scarpata morfologica
- Corona di frana
- Reticolo idrografico

LITOLOGIA

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

Figura 4-14. Carta geomorfologica della macroarea di studio.

4.1 Aree esondabili

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

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

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

In modo semplificato si possono distinguere due tratti:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

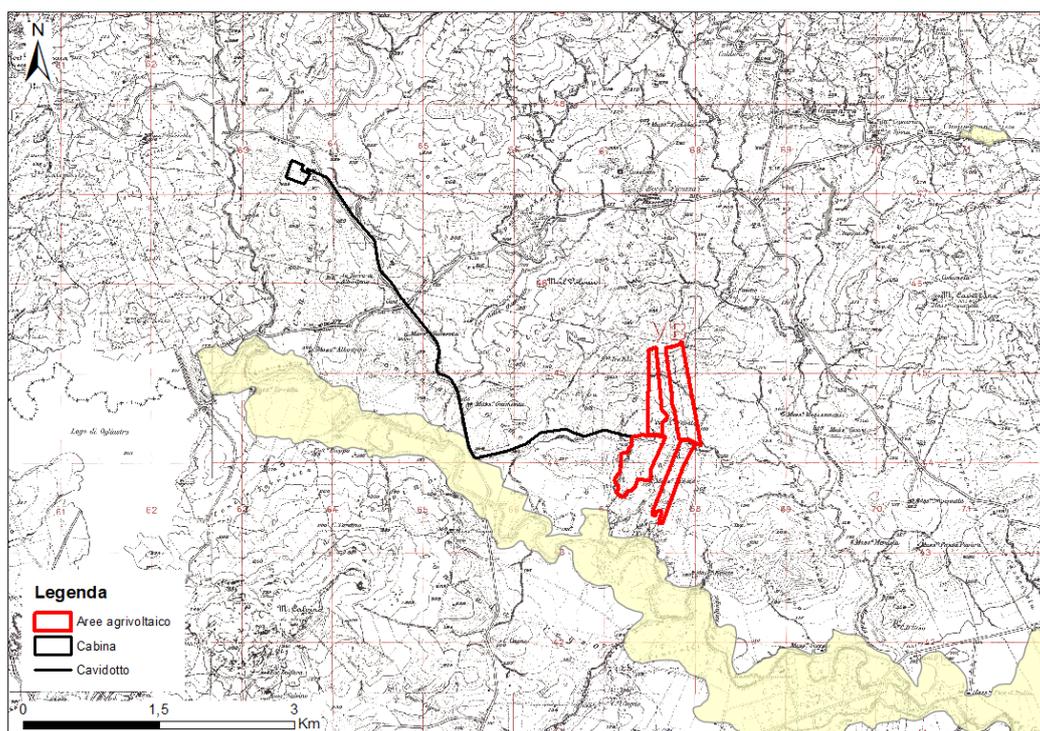


Figura 4-15. Stralcio del *Areas of Potential Significant Flood Risk*. (Fonte: Geoportale Nazionale)

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

4.2 Dissesto idrogeologico

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

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

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

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

Figura 4-16. Valutazione del rischio geomorfologico.

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

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

Figura 4-17. Valutazione del rischio idraulico con metodologia completa.

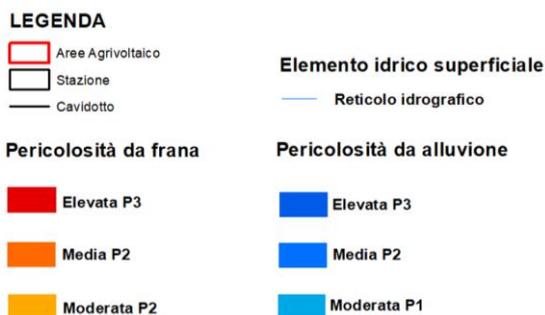
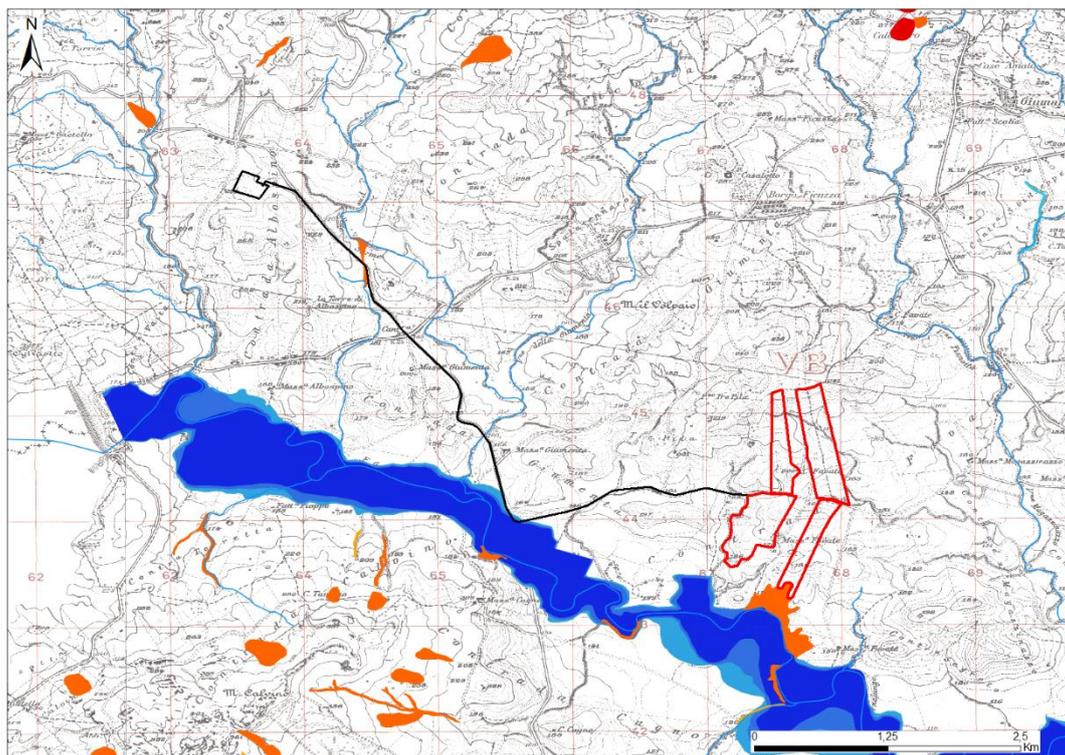
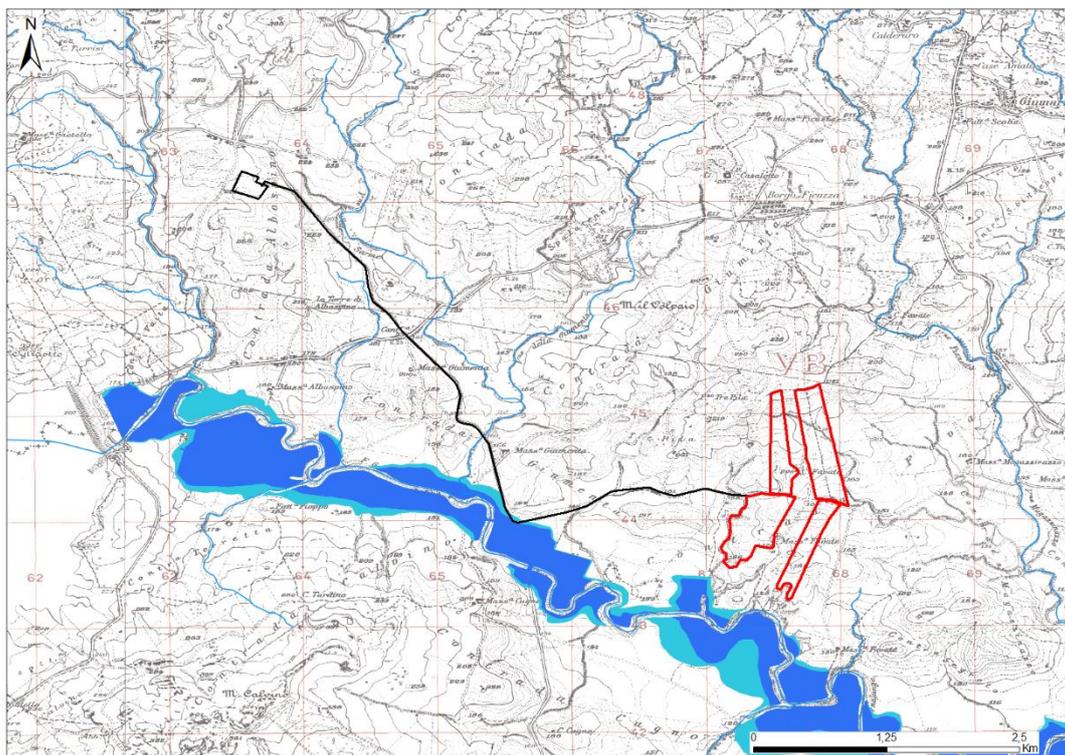


Figura 4-18. Cartografia delle aree interessate da pericolosità geomorfologica ed idraulica. (Fonte: Geoportale Nazionale).

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



LEGENDA

-  Aree agrivoltaico
-  Cabina
-  Cavidotto

Elemento idrico superficiale

-  Reticolo idrografico

Classi di Rischio - Alluvioni

-  Media
-  Moderata

Figura 4-19. Cartografia delle aree interessate da rischio geomorfologico ed idraulico. (Fonte: Geoportale Nazionale).

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

4.3 Desertificazione

La desertificazione è un processo di degrado lento ma, allo stesso tempo, in sensibile evoluzione. Questo fenomeno è determinato soprattutto dall'impatto antropico, mentre la componente climatica e quella fisiografica rappresentano fattori più o meno predisponenti.

Al termine “desertificazione” è associato nell'immaginario collettivo il processo di espansione dei deserti sabbiosi, che è più corretto definire “desertizzazione”.

La definizione ufficiale di desertificazione è stata elaborata durante la Conferenza delle Nazioni Unite su Ambiente e Sviluppo (Rio, 1992), in termini di “*degrado delle terre nelle zone aride, semi-aride e sub-umide secche, attribuibile a varie cause, fra le quali le variazioni climatiche e le attività antropiche*”. Questa definizione, recepita nell'ambito della Convenzione Internazionale delle Nazioni Unite sulla lotta alla Siccità e Desertificazione (UNCCD), è considerata profondamente innovativa per tre motivi principali:

- Il degrado riguarda sia la perdita delle caratteristiche bio-chimico-fisiche del suolo, sia la redditività economica;
- Le terre aride, semi-aride e sub-umide secche individuano le aree del pianeta più vulnerabili, escluse le aree artiche ed antartiche, nelle quali il rapporto tra le precipitazioni annuali e l'evapotraspirazione potenziale si situa tra 0,05 e 0,65;
- La desertificazione può essere determinata dal sovrapporsi di cause di origine naturale ed antropica.

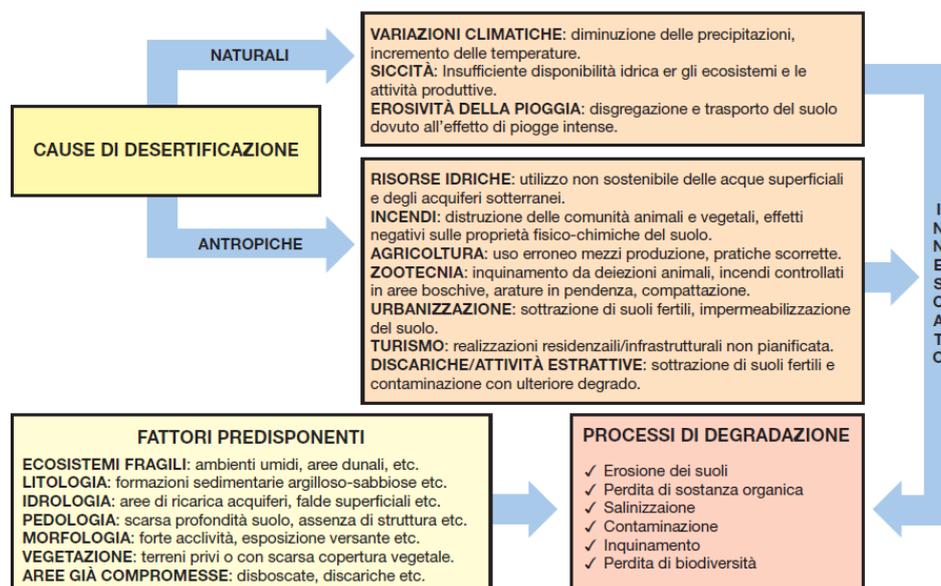


Figura 4-20. Framework logico relativo al fenomeno della desertificazione (SCIORTINO *et al.*, 2000).

L'esposizione dei versanti e la pendenza del terreno costituiscono un importante fattore di vulnerabilità del territorio nel contesto climatico e geomorfologico delle regioni con marcato stress idrico. La pendenza riduce la capacità di assorbimento aumentando la percentuale di scorrimento superficiale (*runoff*) rispetto al volume di precipitazione che si infiltra nel terreno. Inoltre, i versanti esposti a meridione sono in condizioni microclimatiche sfavorevoli e limitano la rigenerazione della vegetazione naturale.

Pertanto, la clivometria e l'esposizione concorrono maggiormente a determinare il livello di vulnerabilità del territorio nei confronti dei fenomeni erosivi di tipo idrometeorico. Al degrado del suolo concorre la degradazione quali-quantitativa della copertura vegetale, soprattutto nel caso della vegetazione mediterranea.

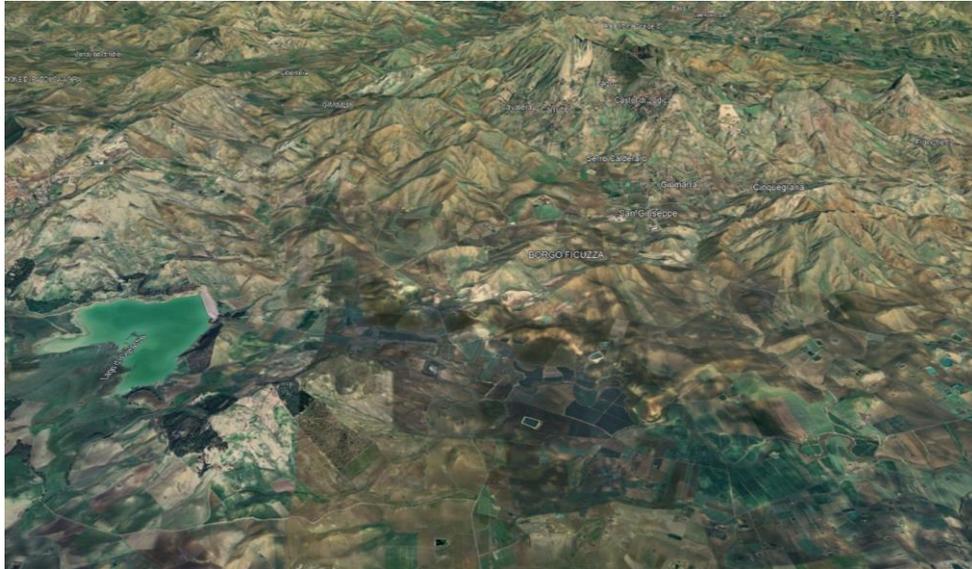


Figura 4-21. Immagine satellitare ove si evincono i versanti posti a sud vulnerabili a fenomeni erosivi di tipo idro-meteorico.

5 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE

In Italia, se pure considerata un Paese potenzialmente ricco di risorse idriche, la natura del territorio, la disomogenea distribuzione delle precipitazioni tra contesti geografici, la conseguente irregolarità dei deflussi superficiali e lo stato infrastrutturale delle reti non consentono di utilizzare appieno le risorse potenzialmente disponibili.

Prima di passare in rassegna i principali risultati delle caratteristiche idrologiche, vale la pena ricordare che i vincoli sulle disponibilità idriche a disposizione dell'agricoltura irrigua meridionale non sono dovuti solo alla riduzione degli apporti pluviometrici, che pure hanno inciso ed incidono principalmente sullo stato delle fonti di approvvigionamento, ma che molto dipende anche dall'aumento della domanda di acqua per usi diversi e non coordinata a livello territoriale, dall'obsolescenza delle reti, da una gestione delle risorse e dalla realizzazione di investimenti non sempre coerenti con le esigenze, da un livello di conoscenza dell'impiego di acqua per i diversi usi non sempre attendibile e tempestivo, proprio per l'assenza di un sistema di monitoraggio permanente del settore idrico.

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

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

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

In quest'area scorrono i fiumi più importanti per abbondanza di acque perenni: il Simeto, principalmente, che durante le piene trasporta imponenti torbide fluviali, il Dittaino che nella parte terminale alimenta il Simeto, il Gornalunga e l'Alcantara.

La confluenza del F. Gornalunga nel F. Simeto avviene 2,7 km prima dello sbocco di quest'ultimo nel mare.

A monte della confluenza, il Gornalunga presenta caratteristiche molto regolari. La sezione trasversale-tipo (tripla trapezia, larga in sommità 210 m circa), si mantiene costante per circa 7 km. L'alveo di magra è coperto da vegetazione intensa, mentre le golene ne sono spoglie. Le aree limitrofe, al di là degli argini, sono sedi di coltivazioni.

Procedendo verso monte, a 5 km circa dalla confluenza nel Simeto, il Gornalunga è attraversato da un ponte stradale e uno ferroviario, la linea CT-SR. In corrispondenza di questi attraversamenti si rileva un notevole restringimento localizzato dell'alveo, il quale proveniva da monte seguendo un percorso molto regolare in planimetria. La parte centrale dell'alveo risulta coperta da una fitta vegetazione; in questo tratto, la larghezza diventa 190 m circa e il fiume riceve anche le acque di diversi canali di bonifica.

Proseguendo a ritroso, secondo il percorso fluviale, in corrispondenza di una curva a sinistra, dove si rileva anche l'immissione del canale Bortone, l'alveo si restringe e la sua larghezza passa da 190 m a 120 m circa.

Da qui, ancora verso monte, la sistemazione non ha più previsto arginature in terra, ma solo inalveazione del corso d'acqua per scavo.

Risalendo ancora, l'alveo segue un percorso più sinuoso fino alla confluenza del F. Mazzarella. A monte della confluenza, il Gornalunga, ancora sistemato per scavo, ha una sezione trasversale larga 80 m.

Poche centinaia di metri più su', è visibile una confluenza che costituisce il ricongiungimento tra un vecchio alveo del Gornalunga (ramo di sinistra), ormai abbandonato dal fiume, e il suo nuovo unico percorso (ramo di destra) sistemato con sezione doppia trapezia.

Per circa 6 km, a monte di questa confluenza i due rami, corrono paralleli o quasi, anche se il vecchio alveo è ormai poco più di un fosso. Il tratto sistemato si snoda verso monte in una serie di anse fino a raggiungere il Ponte Cacocciola, a circa 14 km di distanza dalla confluenza del F. Mazzarella.

A monte del ponte l'alveo non è più sistemato e il corso d'acqua segue il suo percorso naturale, fino a che, a 15 km dal Ponte Cacocciola, è sbarrato dalla diga di Ogliastro.

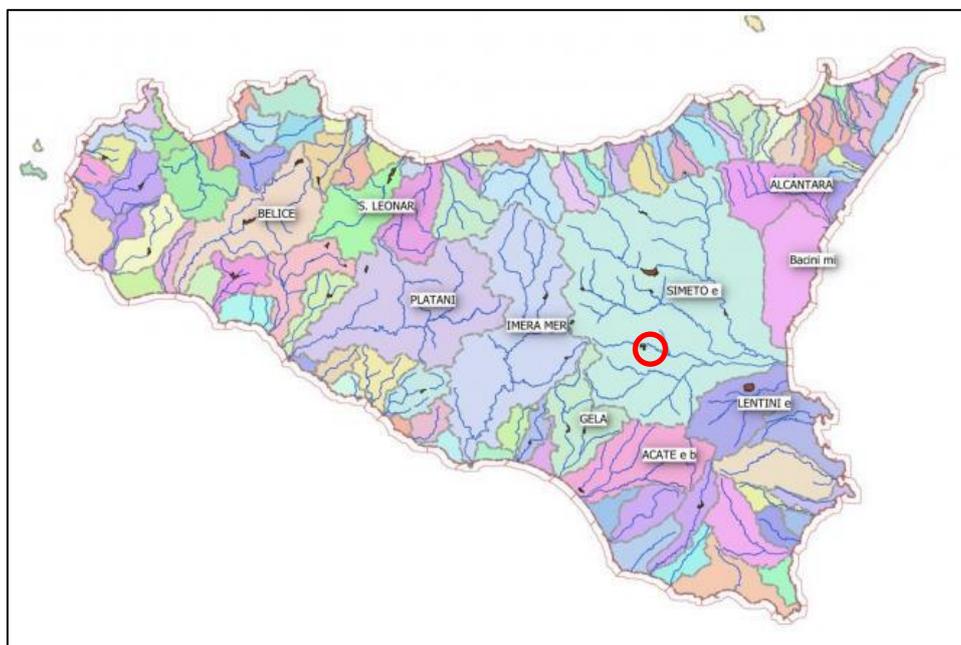


Figura 5-1. Bacini idrografici della Sicilia (Fonte: Piano di Tutela delle Acque). In rosso, l'area di indagine.

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

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

La conseguente crisi gestionale di tutti gli schemi di approvvigionamento idrico ha causato ingenti danni soprattutto al settore agricolo, dato che la legge Galli, in caso di difficoltà a soddisfare la domanda intersettoriale, stabilisce come prioritario il fabbisogno potabile e civile.

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

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 condotto lo studio idrologico dell'area in cui l'opera è inserita.

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 o imbrifero 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 su un suolo poco permeabile. In seguito viene riportato lo strato informativo del sottobacino considerato.

DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA		TEMPO DI CORRIVAZIONE t_c (ore)
Superficie del Bacino	$S = 1132,00$ Km ²	Giandotti $\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_o}} = 16,17$
Lunghezza percorso idraulico principale	$L = 80,00$ Km	
Altitudine max percorso idraulico	$H_{max} = 850,00$ 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	$H_o = 10,00$ m (s.l.m.)	
Pendenza media percorso idraulico	$P = 0,01$ (m/m)	
Altitudine max bacino	$H_{max} = 900,00$ m (s.l.m.)	<input checked="" type="radio"/> Giandotti <input type="radio"/> Kirpich, Watt-Chow, Pezzoli...
Altitudine sezione considerata	$H_o = 125,00$ m (s.l.m.)	
Altitudine media bacino	$H_m = 512,50$ m (s.l.m.)	
Dislivello medio bacino	$H_m - H_o = 387,50$ m	
Software freeware distribuito da geologi.it		
CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA PER UN ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO (FORMULA del METODO RAZIONALE)		

Tr (assegnato)	a	n	t_c	hc	Q_{max} (m ³ /sec)
10 anni	43,1	0,39	16,17	129,35	1006,38
20 anni	50,92	0,41	16,17	158,52	1233,36
50 anni	60,27	0,42	16,17	196,27	1527,08
100 anni	67,29	0,43	16,17	224,56	1747,16
200 anni	74,29	0,44	16,17	252,74	1966,41

Tabella 5-1. Calcolo della portata di massima piena riferita al bacino idrografico F. Gornalunga considerando vari tempi di ritorno (Software geologi.it creato da G. PILLA).

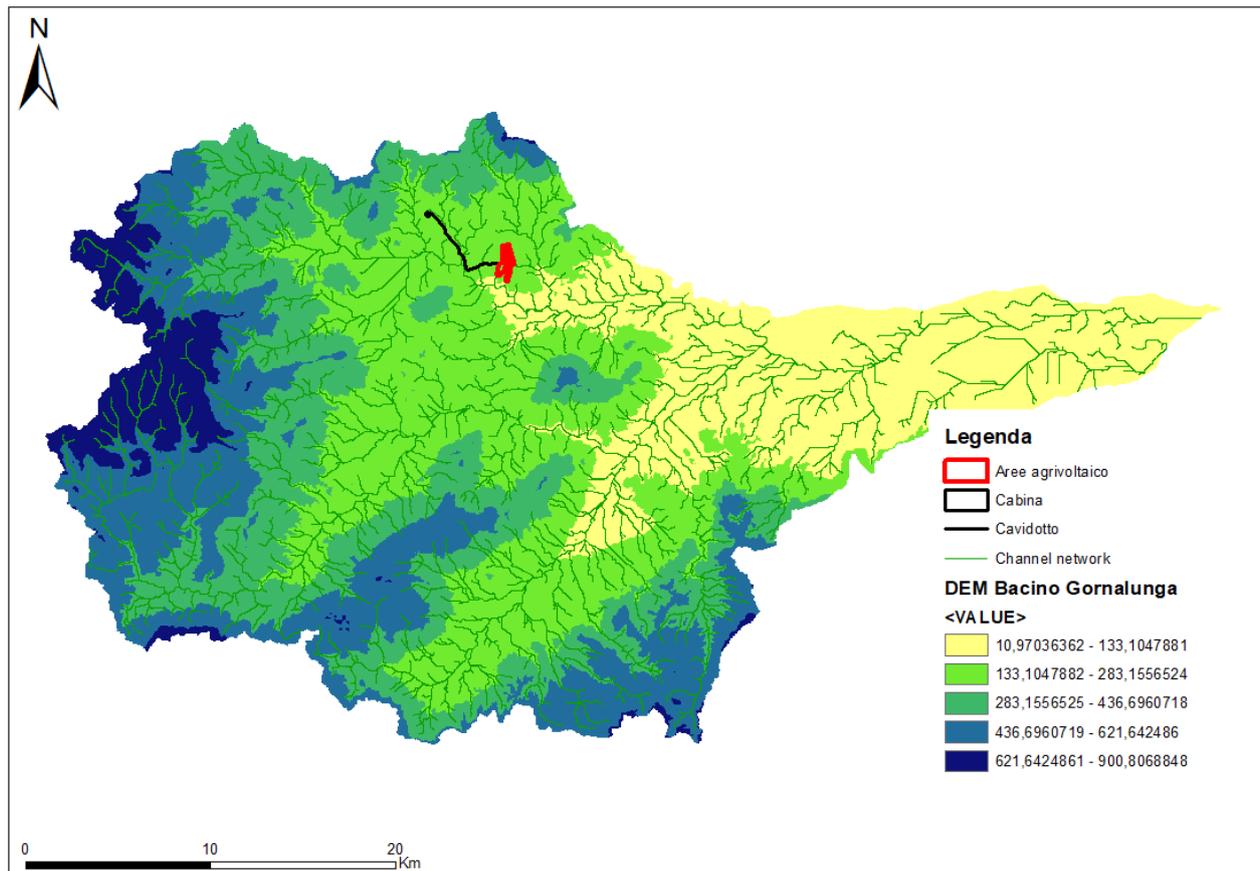


Figura 5-2. Bacino idrografico del F. Gornalunga, ove è stato evidenziato il reticolo.

Come si evince dal calcolo della portata di massima piena, l'attribuzione delle portate massime in riferimento ai tempi di ritorno sono riferite all'altitudine della sezione considerata, ovvero all'altezza topografica media dell'area ad agrivoltaico in progetto.

Verosimilmente, le portate di massima piena risultano più significative laddove le quote topografiche sono maggiori corrispondenti, in questo caso, alla Piana di Catania e maggiori dove l'azione dell'acqua, inizia ad incidere il reticolo idrografico, a monte.

La Carta delle isoiete di seguito riportata (Figura sottostante) non è rappresentativa del solo areale all'intorno della stazione meteorologica di Ramacca, ma la sua valenza è estensibile a un areale più ampio basato su diverse stazioni di misurazione. In tal modo, la suddetta carta fornisce un quadro d'insieme di più chiara interpretazione e, allo stesso tempo e per quanto possibile, una migliore definizione del particolare.

Per realizzare un'analisi meteorologica affidabile e significativa, soprattutto se estesa a scala territoriale, è necessario disporre di dati meteorologici attendibili, adeguatamente distribuiti sul territorio, appartenenti a serie storiche sufficientemente lunghe, omogenee e complete.

L'acquisizione delle osservazioni pluviometriche è stata possibile grazie ai dati disponibili sul periodo di tempo considerato (30 anni), che caratterizzano il bacino idrografico di interesse. La stazione pluviometrica di riferimento sarà scelta tra quelle più significative, individuata in funzione della quantità di osservazioni disponibili e della sua capacità di rappresentare i fenomeni idrologici dell'area di studio, in base alle peculiarità geografiche e climatiche (Fonte: dati pluviometrici Diacli).

6 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Il complesso idrogeologico è un insieme di uno o più termini litologici aventi caratteristiche idrogeologiche simili (assetto idrogeologico, permeabilità, porosità, capacità di infiltrazione, vulnerabilità, *facies* idrochimiche). Al suo interno possono essere distinti dei subcomplessi. I complessi idrogeologici sono stati desunti dagli studi eseguiti per il Piano di Tutela delle Acque della Sicilia, che rappresenta lo studio idrogeologico più completo finora redatto per la Sicilia in base a quanto previsto dal D.lgs. 30/2009 (Allegato 1, art. 1, comma 1).

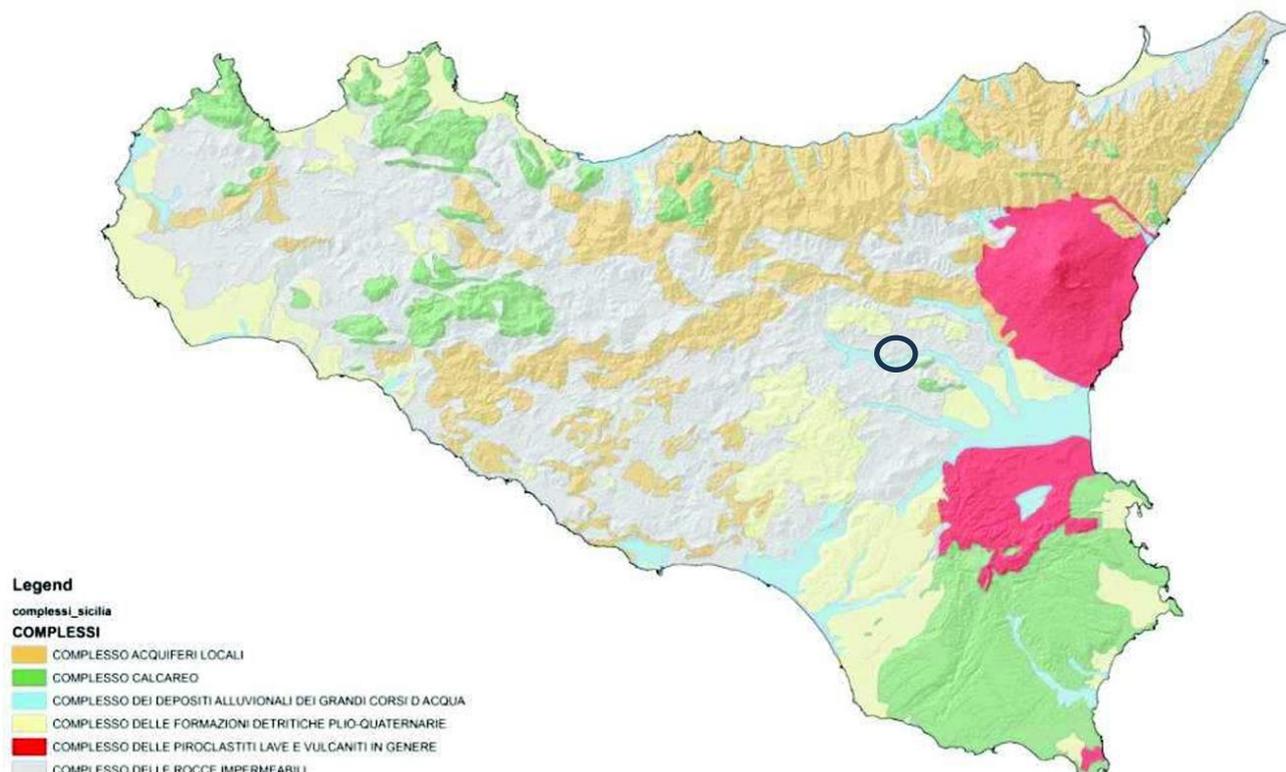


Figura 6-1. Identificazione dei complessi idrogeologici della Sicilia secondo i criteri del D.Lgs. n. 30/2009. (Fonte: P.T.A. Sicilia). In blu, la macroarea di studio.

Si rimanda all'Elaborato – Carta idrogeologica - per gli approfondimenti del caso.

La Piana di Catania si estende dal margine settentrionale dell'Altopiano Ibleo, a sud, alle propaggini meridionali del massiccio etneo, a nord. Essa è costituita dai depositi dei tre principali corsi d'acqua che la attraversano con direzione all'incirca E-O: i fiumi Simeto, Dittaiano e Gornalunga.

Questi depositi sono formati da un ricoprimento limoso-alluvionale recente, costituito prevalentemente da sabbie più o meno siltose e ghiaie sabbiose con ciottoli, in corpi generalmente lentiformi e di scarsa continuità laterale, che sovrasta i terreni argilloso-sabbiosi pleistocenici (Siciliano) poggianti sulle argille mio-plioceniche.

La Piana è delimitata, a Nord, da un pacco di alluvioni terrazzate antiche, costituite da un'alternanza di argille, sabbie e alluvioni più o meno grossolane che, probabilmente, si sono originate dal defluire degli antichi appertai torrentizi provenienti dall'Etna.

A Sud, è orlata da un rilievo collinare costituito principalmente da tufi, brecce e basalti, ricoperti localmente da calcareniti. Questi terreni, originati dall'antico vulcanesimo del Monte Lauro, sono a loro volta ricoperti dal complesso argilloso più recente della Piana.

Infine, ad Ovest e Nord-Ovest, la Piana è sbarrata da rilievi collinari in cui sono predominanti i terreni pertinenti alla serie gessoso-solfifera e alle argille mioceniche.

La successione litostratigrafica, della Piana, dall'alto verso il basso, è la seguente:

- Alluvioni terrazzate, alluvioni recenti, attuali e depositi di spiaggia;
- Calcareniti giallastre infrapleistoceniche;
- Argille siltoso-marnose grigio-azzurre;
- Calcareniti bianco-giallastre;
- Vuncaniti plio-pleistoceniche;
- Formazione Monte Carruba;
- Formazione Carlentini.

L'assetto strutturale, che caratterizza la macro area di studio, comporta l'esistenza alle quote più basse di falde acquifere dotate di sufficiente individualità, in relazione al ridotto spessore della copertura vulcanica e la conseguente presenza dei sottostanti terreni sedimentari impermeabili a minore profondità dal piano di campagna. Ciò fa sì che gli alti strutturali del substrato sedimentario costituiscano una netta delimitazione delle zone di drenaggio ed una completa separazione delle falde, a differenza delle quote più elevate dove tale delimitazione è generalmente meno definibile.

L'eterogeneità litologica e strutturale dei prodotti eruttati influenza il loro grado di permeabilità, determinando talora una suddivisione dei deflussi sotterranei in più livelli sovrapposti e dando origine a falde sospese di significato locale, sostenute da orizzonti meno permeabili rappresentati da depositi piroclastici in parte alterati e da zone di lave poco fessurate.

La vasta pianura che si estende tra le estreme propaggini meridionali del massiccio dell'Etna e il margine settentrionale dell'Altopiano Ibleo risulta costituita dai depositi dei tre principali corsi d'acqua che solcano il terreno con direzione all'incirca E-O, ossia i fiumi Simeto, Dittàino e Gornalunga. Tali depositi, costituiti prevalentemente da sabbie siltose e ghiaie sabbiose con ciottoli, in livelli generalmente lentiformi di scarsa estensione laterale, costituiscono un acquifero poroso di notevole importanza per l'economia agricola e industriale della provincia di Catania (FERRARA & MARCHESE, 1977; FERRARA, 1998).

Le risorse idriche contenute nell'acquifero sono, infatti, oggetto di prevalente utilizzazione per fini irrigui di un vasto comprensorio di colture pregiate (agrumi), ma sono anche utilizzate per i fabbisogni delle aziende produttive insediate nell'area industriale di Catania, nel settore nord-orientale della pianura (FERRARA & PAPPALARDO, 2004).

Sono anche compresi, come nel caso in questione, estesi tratti prevalentemente argillosi privi di risorse idriche sotterranee.

Negli alvei dei fiumi sono, invece, presenti depositi alluvionali con differente granulometria, costituenti acquiferi a permeabilità variabile.

Nell'area in esame prevalgono i depositi alluvionali recenti della Piana di Catania, costituiti da limi, sabbie e ghiaie con permeabilità che varia da alta a media a seconda del grado di porosità, dipendente dalla granulometria prevalente dei depositi e dal grado di classazione. In particolare, la permeabilità varia sensibilmente in relazione alla percentuale di frazione fine presente e può essere localmente elevata in funzione dell'aumento della componente sabbiosa e/o ciottolosa. La permeabilità primaria per porosità varia tra 10^{-4} cm/sec e 10^{-3} cm/sec.

Tali depositi si distinguono in sabbie da fini a grossolane, sabbie limose e sabbie ghiaiose, quando si tratta di depositi di piana inondabile; sabbie da grossolane a fini, localmente limose, alternate a limi sabbiosi e limi argillosi, quando i depositi sono di canale o di argine.

La formazione che affiora più estesamente è il Flysch Numidico, un deposito di età oligomiocenica che a partire dal Miocene, in seguito alla tettonica alpina, si è scollata sovrapponendosi tettonicamente ad unità più esterne, assumendo una struttura a falde. Al tetto delle scaglie tettoniche del Flysch Numidico si sono instaurati, durante il Tortoniano superiore, dei bacini a sedimentazione detritica.

I terreni del Flysch Numidico sono caratterizzati da permeabilità di tipo misto: primaria (per porosità) riferita all'alternanza arenarie-argille, stimata in circa 10^{-6} cm/sec, in quanto la frazione granulometricamente molto fine è tale da rallentare notevolmente le infiltrazioni e la circolazione idrica nella formazione. Tuttavia la permeabilità può aumentare notevolmente nelle zone fratturate determinando una circolazione idrica notevole lungo i piani di discontinuità, con variazione tra 10^{-4} m/sec e 10^{-7} m/s.

In generale, l'acquifero alluvionale costituisce un sistema complesso, sede di corpi idrici in parte separati ed in parte interconnessi, con caratteristiche di falde libere o semiconfinate, poggiati su sedimenti prevalentemente argillosi di età diversa, dal Pleistocene inferiore-medio all'Oligocene.

L'alimentazione dell'acquifero deriva principalmente dagli apporti provenienti dalle valli dei principali corsi d'acqua, sotto forma di deflussi superficiali e sotterranei.

Complessivamente a tali depositi si può attribuire un valore medio di permeabilità ($K = 10^{-4} - 10^{-5}$ m/s). tutti gli altri termini della successione stratigrafica, rappresentati da sedimenti argillosi o a componente argillosa prevalente, hanno permeabilità molto bassa ($K < 10^{-8} - 10^{-9}$ m/s) e si considerano quindi praticamente impermeabili.

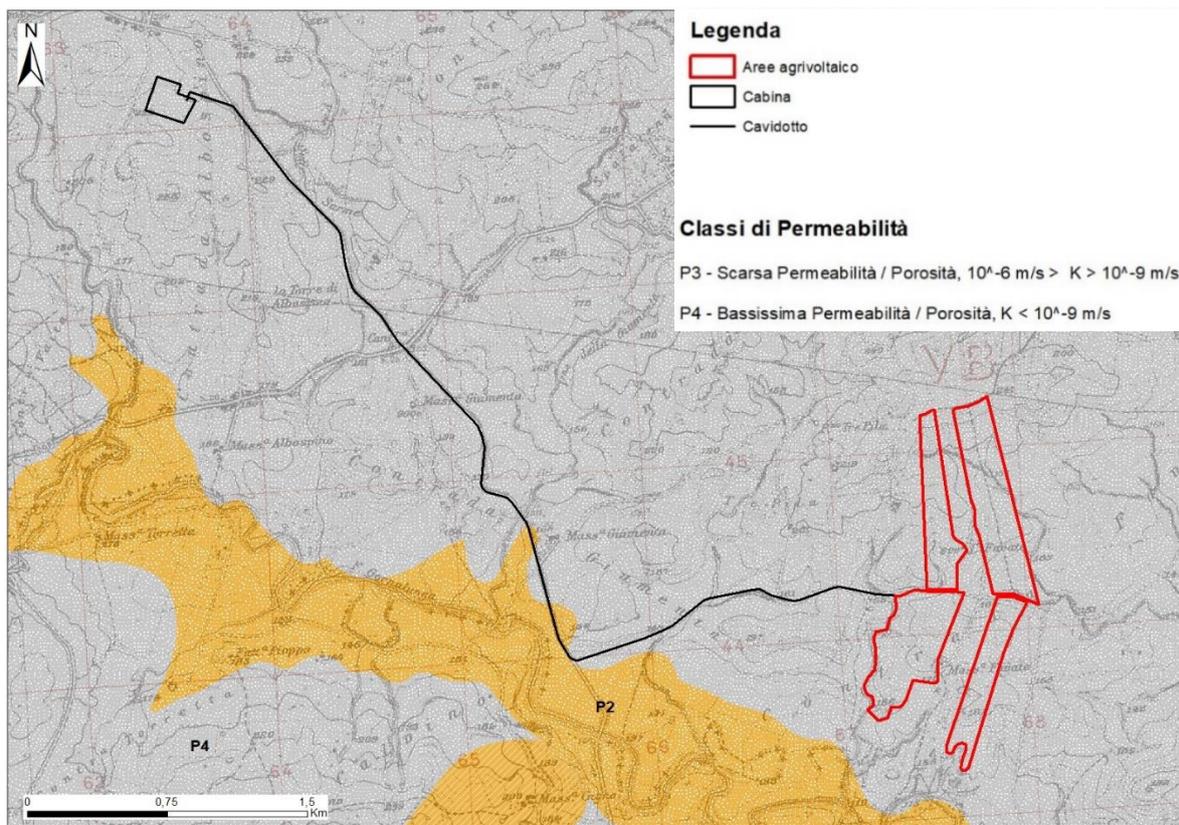
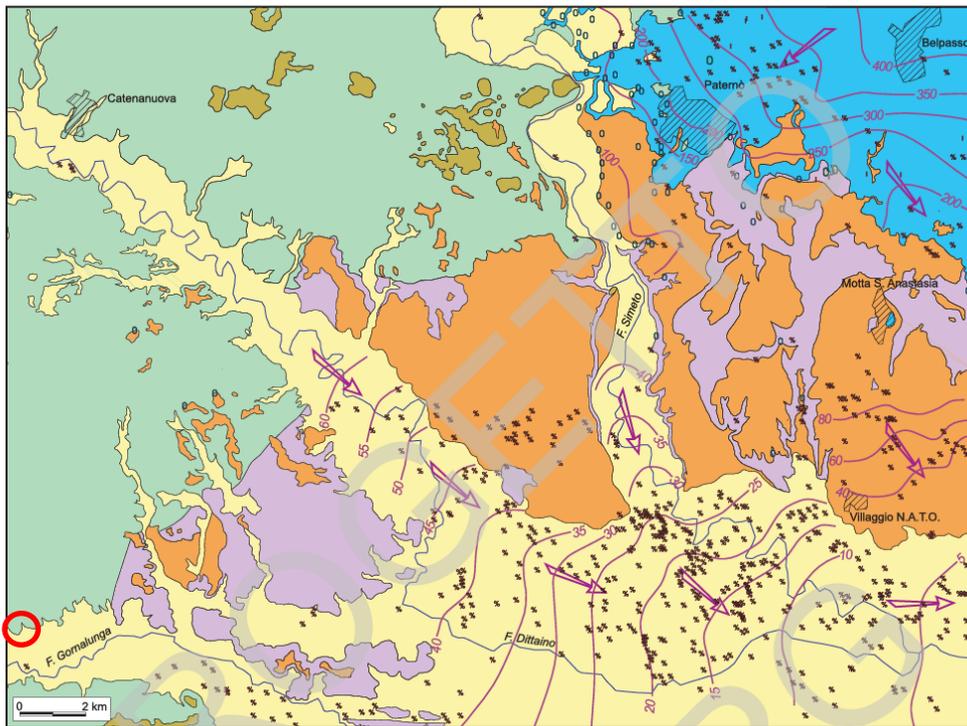


Figura 6-2. Carta della permeabilità. (Fonte: ISPRA).

Nell'area di studio lo spessore dei depositi alluvionali tende a crescere procedendo verso lo sbocco dei fiumi.

I tributari minori sono rappresentati da torrenti a breve corso e sono caratterizzati da fenomeni di erosione diffusi, soprattutto nei periodi di piena in occasione di precipitazioni eccezionali. In queste occasioni la velocità di deflusso delle acque determina il trasporto di elevato volume di detrito a granulometria fine. Il trasporto solido in sospensione è spesso notevole, specialmente quando sottendono a bacini imbriferi costituiti da sedimenti argillosi facilmente erodibili con rapido interrimento degli invasi artificiali. Ove non esistono sbarramenti le ondate di piena trasportano a valle ingenti volumi di materiale solido che talora danno luogo ad alluvioni nelle piane coltivate.



GRADO DI PERMEABILITÀ				
E	A	M	B	B _s
	a			b

DEPOSITI ALLUVIONALI: Permeabilità da alta a media per porosità in relazione alla granulometria prevalente ed al grado di classazione. Costituiscono localmente acquiferi di apprezzabile interesse.

VULCANITI DEL M.ETNA: Permeabilità generalmente elevata per fessurazione e per porosità. Costituiscono un complesso acquifero di rilevante interesse.

SABBIE QUARZOSE E GHIAIE: Permeabilità media per porosità. Costituiscono un acquifero di discreto interesse.

ARGILLE GRIGIO-AZZURRE: Permeabilità molto bassa; costituiscono il substrato impermeabile delle falde contenute nelle soprastanti vulcaniti, sabbie quarzose e ghiaie.

UNITÀ DELLA CATENA APPENINICO-MAGHREBIDE: Permeabilità da elevata a medio-bassa per fessurazione e per porosità nei termini del Gruppo della Gessoso-Solfifera (a), generalmente bassa o molto bassa nei restanti termini (b). I depositi evaporitici rappresentano un complesso acquifero di scarso significato; parte dei litotipi restanti costituiscono il substrato impermeabile di una porzione delle vulcaniti etnee e dei termini del Gruppo della Gessoso-Solfifera.

E = elevato
 A = alto
 M = medio
 B = basso
 B_s = molto basso

* Pozzo con portata ≥ 5 l/s
 † Pozzo uso idropotabile
 o Galleria drenante
 o Sorgente

➤ Direzione di deflusso sotterraneo
 200 Curva isopiezometrica (m s.l.m.)

Figura 6-3. Carta idrogeologica schematica. (Fonte: CARG). In rosso, l'area ad agrivoltaico in progetto.

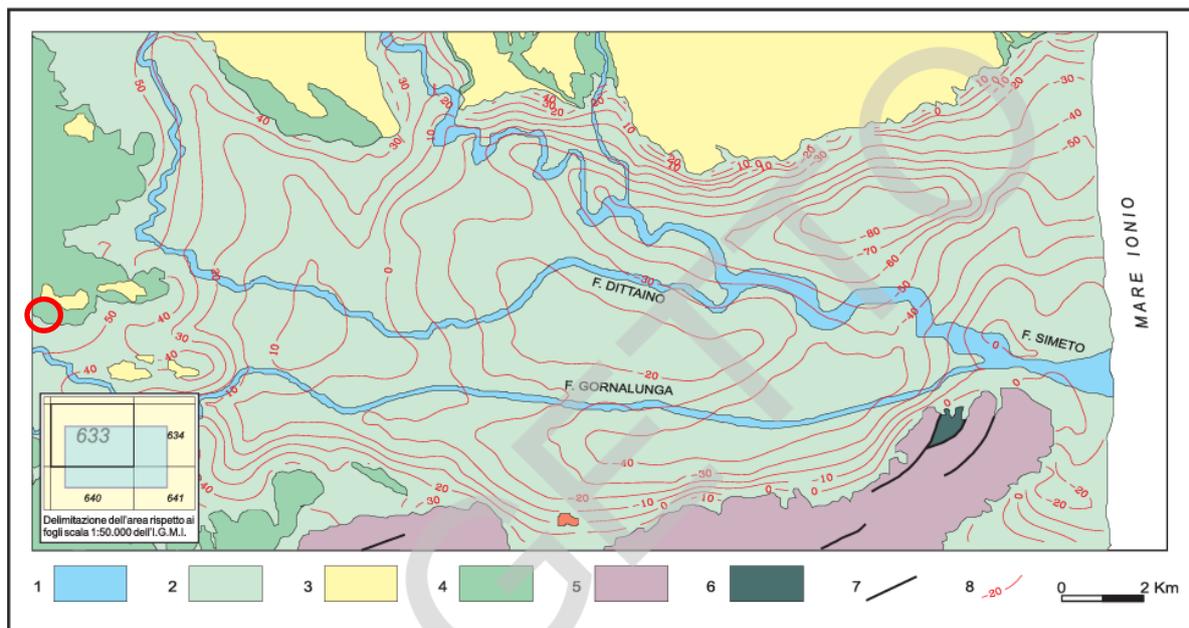


Figura 6-4. Morfologia del substrato impermeabile dell'acquifero alluvionale. 1) Depositi alluvionali attuali; 2) Depositi alluvionali recenti e terrazzati; 3) Depositi sabbioso-gliaiosi marini; 4) Sedimenti prevalentemente argillosi; 5) Complesso vulcanico-calcarenitico dell'Altopiano Ibleo; 6) Formazioni carbonatiche della serie iblea; 7) Faglia; 8) Isopiezia del tetto del substrato e relativa quota assoluta (da FERRARA, 1999, modificata). In rosso, l'area ad agrivoltaico in progetto.

Dai dati stratigrafici dei pozzi e dai risultati di precedenti prospezioni geofisiche (BREUSSE & HOUT, 1954; CASSA DEL MEZZOGIORNO, 1982) risulta un quadro della morfologia del substrato impermeabile dell'acquifero caratterizzata da depressioni orientate grosso modo E-O, le quali influenzano la circolazione idrica sotterranea.

Le sezioni ricostruite in base ai predetti dati di sottosuolo mettono in evidenza, oltre che la diversa composizione del deposito, il progressivo aumento dello spessore delle alluvioni procedendo da ovest verso est e da sud verso nord.

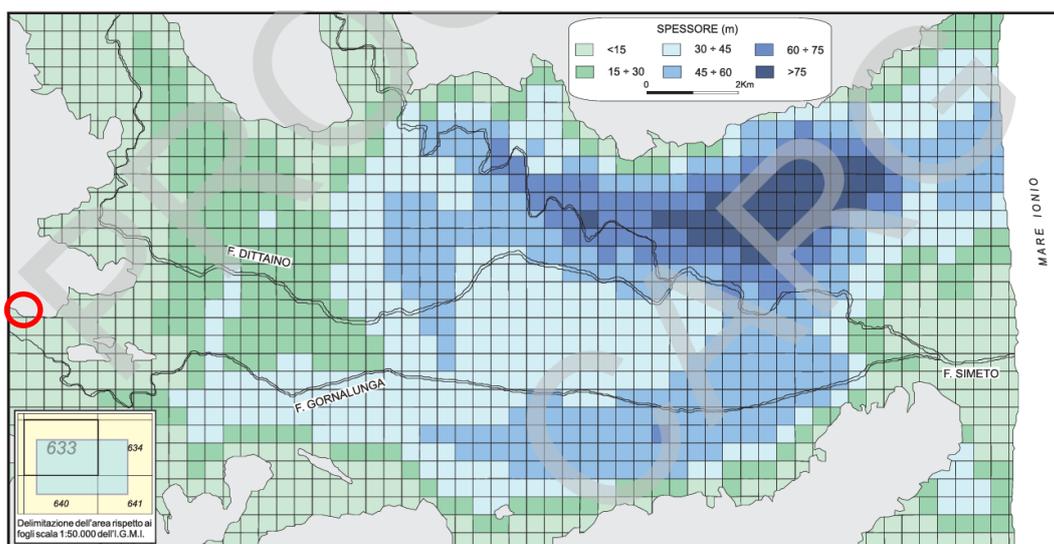


Figura 6-5. Spessore dei depositi alluvionali. In rosso, l'area ad agrivoltaico in progetto.

La superficie piezometrica, ricostruita mediante la correlazione dei livelli d'acqua rilevati nei pozzi, indica direzioni di deflusso sotterraneo da N e NO lungo gli alvei dei due principali corsi d'acqua e quindi verso E in corrispondenza della pianura, dove un'unica falda acquifera defluisce parallelamente allo sviluppo del reticolo idrografico.

La morfologia della superficie piezometrica evidenzia inoltre un asse di drenaggio preferenziale coincidente con la zona di maggior spessore dei depositi alluvionali.

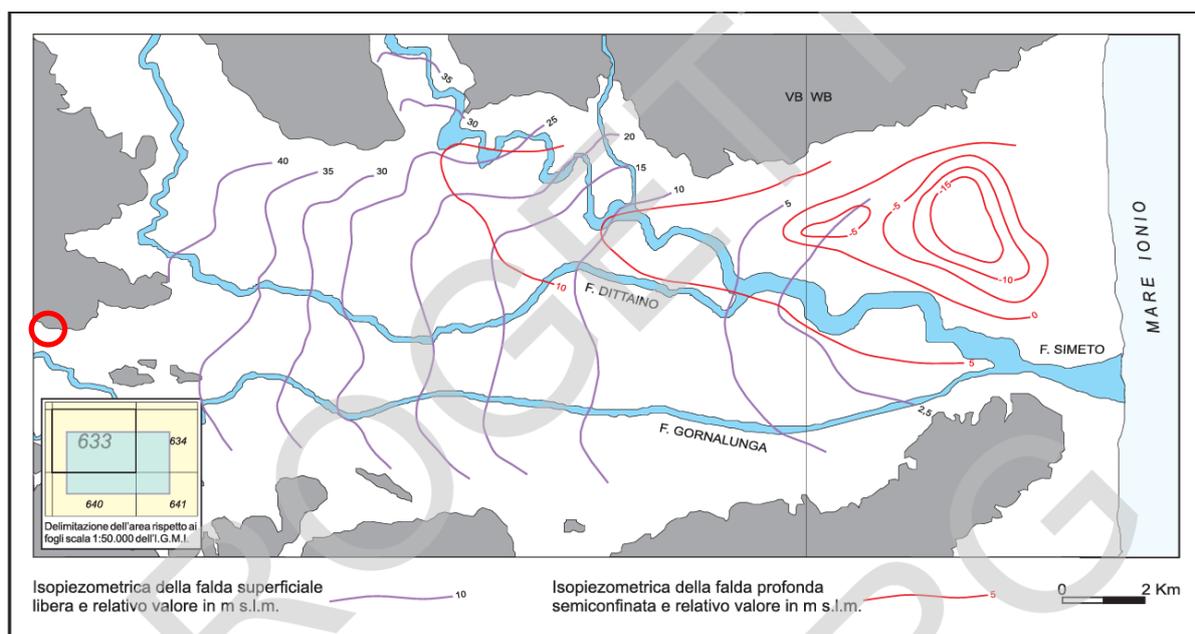


Figura 6-6. Piezometria delle falde (da FERRARA, 1999). In rosso, l'area ad agrivoltaico in progetto.

6.1 Vulnerabilità acquiferi

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".

La valutazione di massima della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi siciliani è stata fatta utilizzando sia i dati messi a disposizione dall'INGV che da altri dati bibliografici, e in base a tali elementi sono stati elaborati modelli idrogeologici preliminari ed estremamente semplificati, sulla base di considerazioni di carattere generale relative alle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geochemiche delle strutture interessate.

In proposito sembra infine necessario ricordare che un insieme di molteplici fattori imponevano una procedura semplificata nell'ambito della quale sono stati considerati accettabili taluni rilevanti margini di incertezza esistenti e gli inevitabili errori legati alle approssimazioni indotte.

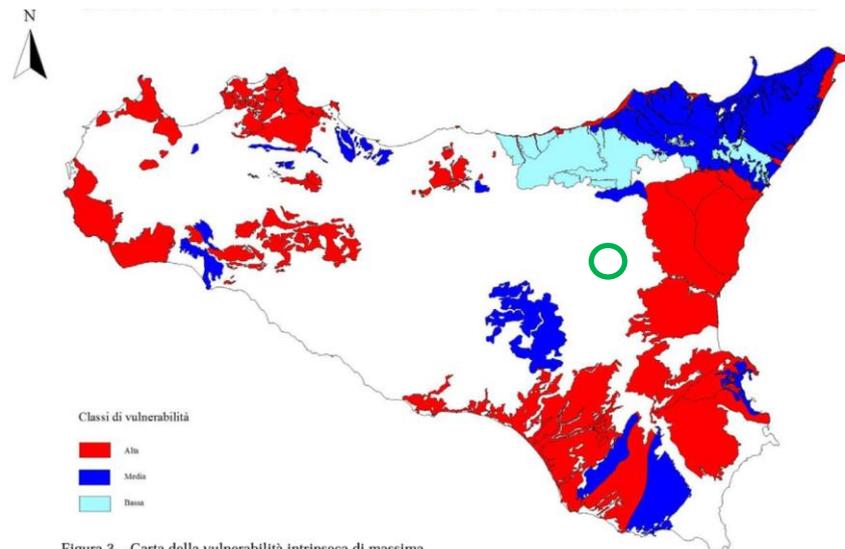
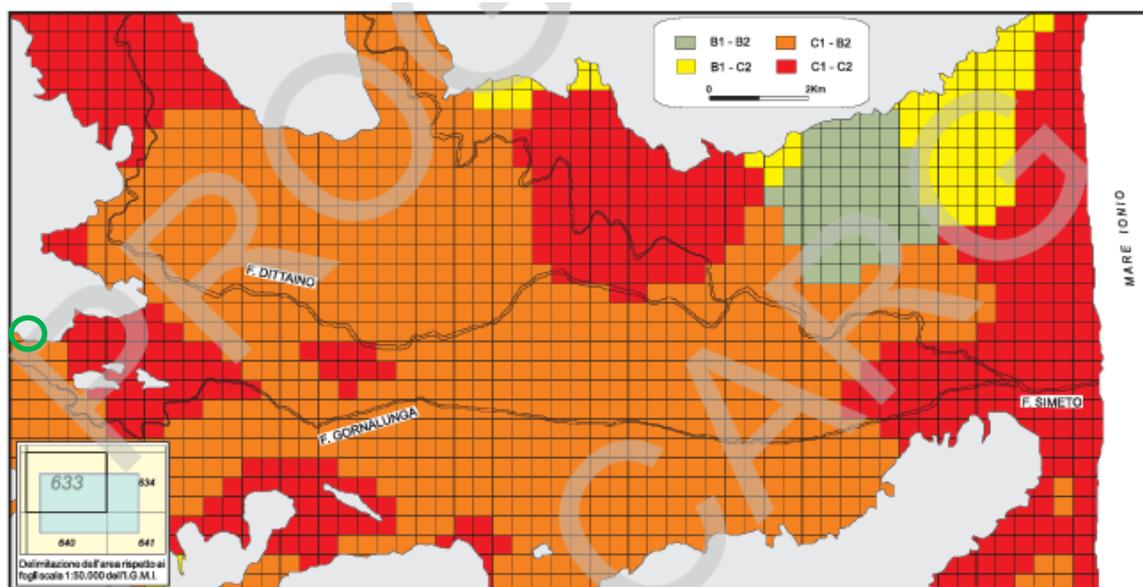


Figura 3 - Carta della vulnerabilità intrinseca di massima

Figura 6-7. Carta della vulnerabilità intrinseca di massima. In verde, l'area ad agrivoltaico in progetto.

La vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero alluvionale (FERRARA, 1998b, 1999) è influenzata dalla permeabilità dei depositi superficiali e dagli interscambi tra acque superficiali e acque sotterranee provenienti dalle valli dei fiumi che attraversano la pianura.

La presenza in superficie di numerosi depositi limoso-sabbiosi limita l'infiltrazione delle precipitazioni meteoriche, riducendo o annullando la penetrazione di sostanze inquinanti nel sottosuolo. A ciò si aggiunge l'azione protettiva, seppur discontinua, delle intercalazioni pelitiche che determinano le condizioni di semiconfinamento della falda profonda.



CLASSI DI QUALITÀ

GIUDIZIO	Gruppo 1 Parametri chimico-fisici (TH, Cond. El., SO ₄ , Cl)	Gruppo 2 Sostanze indesiderabili (NO ₃ , Fe, Mn, NH)
OTTIMALE	A1	A2
MEDIA	B1	B2
SCADENTE	C1	C2

GIUDIZIO D'USO

- A: Acqua potabile senza alcun trattamento; idonea a quasi tutti gli usi industriali ed irrigui
- B: Acqua potabile senza alcun trattamento; alcune limitazioni per usi industriali ed irrigui
- C: Acqua non idonea ad essere utilizzata tal quale per usi potabili e con limitazioni per altri usi
- C1: da sottoporre a trattamenti specifici
- C2: da sottoporre a trattamento di ossidazione semplice o spinta

Figura 6-8. Qualità di base delle acque in relazione all'uso. (da CIVITA *et al.*, 1993). In verde, l'area ad agrivoltaico in progetto.

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 = 1)
Rp = 4	(p = 3)
Ap = 3	(p = 7)
Sp = 2	(p = 3)
Tp = 1	(p = 9)
Ip = 5	(p = 3)
Cp = 3	(p = 4)

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
calcare massiccio	4-9
sabbia e ghiaia	6-9
basalto	5-10
calcare	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	Litologia	punteggio
min	max			
0	2	10	argilla-limo	2-6
2	6	9	scisti	2-5
6	12	5	calcare	2-7
12	18	3	arenarie	4-8
18		1	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
			calcare	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 = 80, che corrisponde come atteso ad una Vulnerabilità "B - 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. alii*, US-EPA)

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.

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

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 al capitolo dedicato.



Figura 6-6. A sinistra, pozzetto n.1 - Coordinate: 37.4406194, 14.632361; a destra, pozzetto n.2 - Coordinate: 37.4428472, 14.6376083.

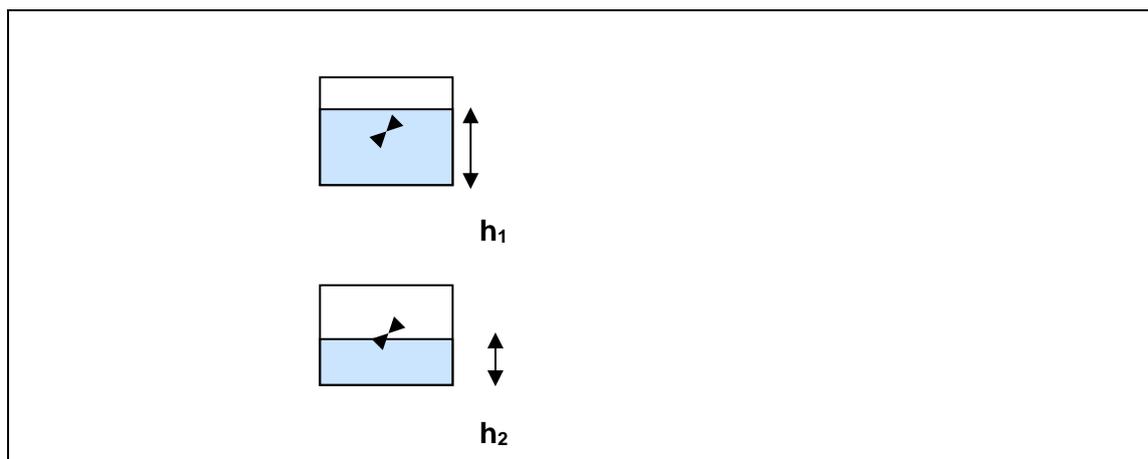


Figura 6-7. Prova di permeabilità a carico variabile in pozzetto superficiale (standard AGI, 1977)

DATI S1	Unità di misura	Misura 1	Misura 2	Misura 3	Media
h_1 = altezza iniziale del livello dell'acqua	cm	154	153	152	
h_2 = altezza finale del livello dell'acqua	cm	153	152	151	
$t_2 - t_1$ = tempo trascorso per il raggiungimento di h_2	min	1,80	2,65	4,2	
h_m = altezza media tra h_1 e h_2	cm	153,5	152,5	151,5	
b = lato della base del pozzetto	cm	30,0	30,0	30,0	
K = coefficiente di permeabilità	cm/sec	0,0007	0,0005	0,0003	0,0005

Tabella 6-3. Prova di permeabilità a carico variabile in pozzetto n.1

DATI S2	Unità di misura	Misura 1	Misura 2	Misura 3	Media
h_1 = altezza iniziale del livello dell'acqua	cm	155,0	154,0	153,0	
h_2 = altezza finale del livello dell'acqua	cm	154,0	153,0	152,0	
$t_2 - t_1$ = tempo trascorso per il raggiungimento di h_2	min	2,46	3,80	5,45	
h_m = altezza media tra h_1 e h_2	cm	154,5	153,5	152,5	
b = lato della base del pozzetto	cm	30,0	30,0	30,0	
K = coefficiente di permeabilità	cm/sec	0,0006	0,0003	0,0002	0,0004

Tabella 6-4. Prova di permeabilità a carico variabile in pozzetto n.2

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}
<i>GRADO DI PERMEABILITÀ</i>	alto			medio		basso		molto basso		impermeabile		
<i>DRENAGGIO</i>	buono					povero			praticamente impermeabile			

Tabella 6-5. Schema sintetico dei rapporti tra il coefficiente di permeabilità e il drenaggio.

Come si evince dai risultati delle Prove di permeabilità a carico variabile in pozzetto superficiale (standard A.G.I. 1977), il grado di permeabilità è “Medio” e, di conseguenza, il drenaggio è “Buono”.

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

Pertanto, gli interventi in oggetto, che saranno correttamente progettati e realizzati, sono compatibili con gli aspetti idrogeologici dell’area e non comportano rischi per detta componente ambientale.

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 degli Uffici della P.A.

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

Tanto si doveva per l'incarico ricevuto.

Foligno, 25 gennaio 2024

Prof. Geol. Alfonso Russi

Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie

Dott. Ssa Geol. Federica Ucci

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.
- BREUSSE J.J. & HUOT G. (1954) – Hidrogeological Surveys in the Catania area by means of electrical soundings. *Geophysical Prospecting*, II, 3.
- FERRARA V. & PAPPALARDO G. (2004) – Intensive exploitation effects on the alluvional aquifer of the Catania plain (Eastern Sicily, Italy). *Geofisica international*, 43 (4): 671-681.
- FERRARA V. (1999) - Presentazione della carta di vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero alluvionale della Piana di Catania (Sicilia NE). *Atti 3° Conv. Naz. Sulla protezione e gestione delle acque sotterranee per il III millennio*, 1: 1.99-1.104, CNR-GNDCI, Parma.
- FERRARA V. (1998a) – Sintesi dei risultati delle ricerche sugli acquiferi della Piana di Catania (Sicilia Orientale). *Atti Giornata Mondiale dell'Acqua, "Acque sotterranee: Risorsa Invisibile"*. ICIC-CIID, GNDCI-CNR, Roma.
- FERRARA V. (1998b) – Carta della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero alluvionale della Piana di Catania (Sicilia NE). CNR-GNDCI, S. EL.CA., Firenze.
- FERRARA V. & MARCHESE G. (1977) – Ricerche idrogeologiche su alcuni acquiferi alluvionali della Sicilia orientale. *Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. S. VII*, 9, 189-230.
- 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.
- 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.
- SCIORTINO M., COLONNA N., FERRARA V., GRAUSO S., IANNETTA M., SVALDUZ A. (2000) - "La lotta alla desertificazione in Italia e nel bacino del Mediterraneo 2000", *Energia Ambiente e Innovazione*, n. 2, 2000.
- ROSGEN D.L. (1994) – A classification of natural rivers. *Wildland Hydrology*, 157649 U.S. Highway 160, Pagosa Springs, CO 81147. *Catena* 22 1669-199
- THORNTHWAITE C. W. and MATHER J.R., 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration 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

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

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

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

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

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

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

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



COMUNE:
Ramacca

PROVINCIA:
CT

DIAGRAMMI CLIMATICI

Sommario

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

1. Dati del Comune

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

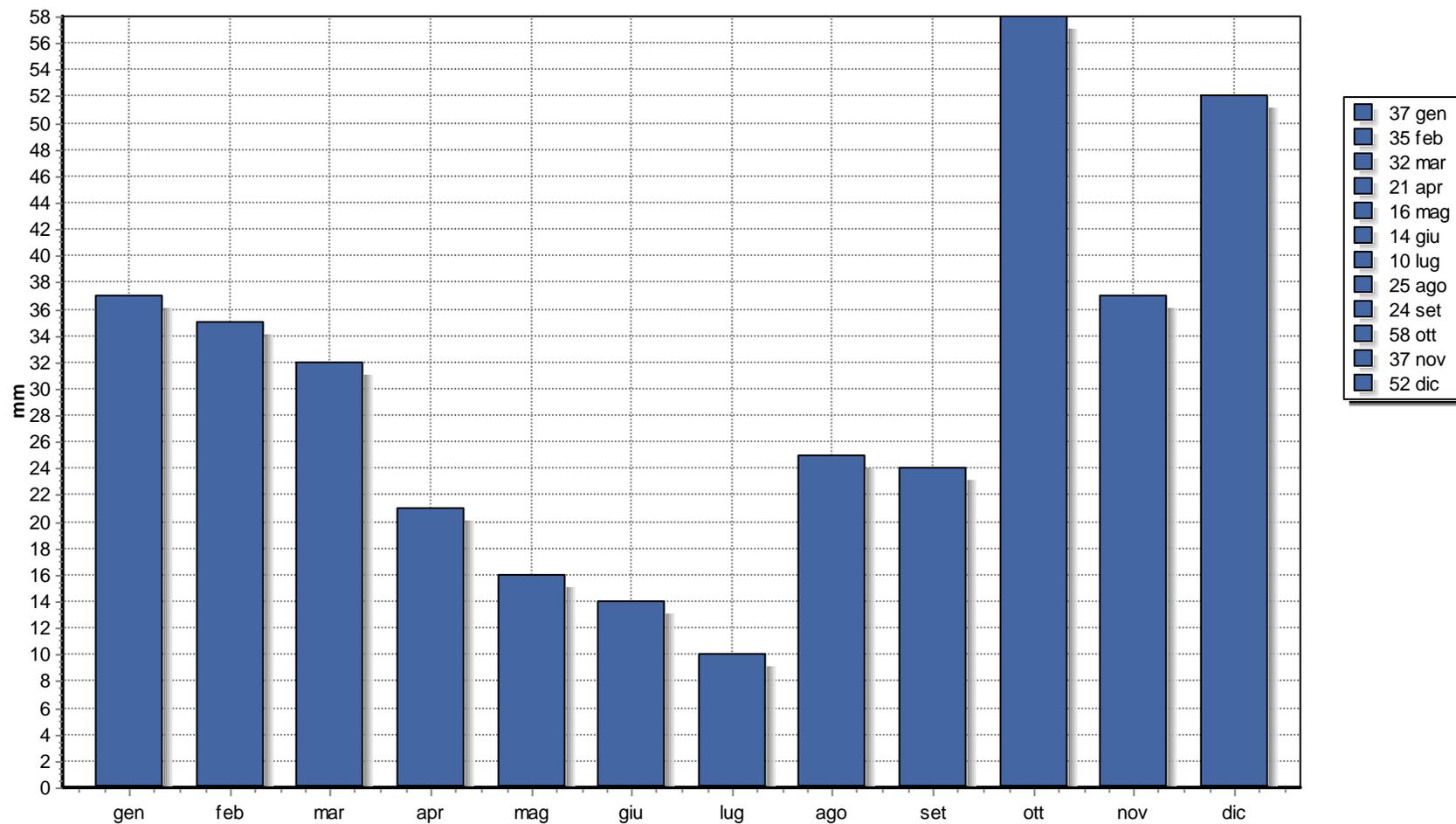
I dati climatici sono stati acquisiti dalla Norma UNI 10349 e sono relativi ad un periodo minimo di 30 anni.

2. Indici

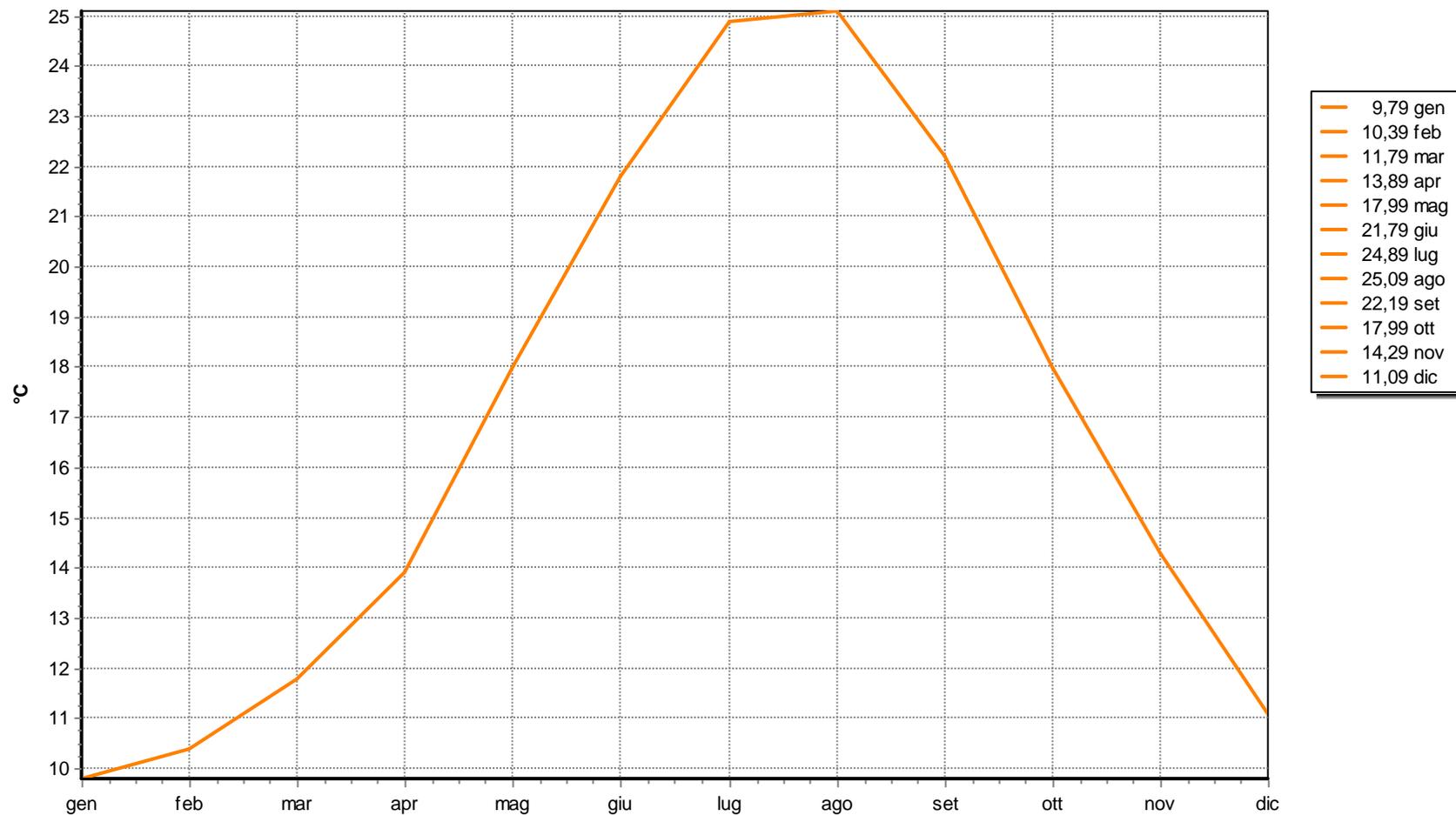
Precipitazioni [mm]:	Totale:	361
	Media:	30,11
Temperatura Media [°C]	16,80	
Indice di Continentalità di Gams	36° 47'	
Indice di Fournier	9,32	
Evaporazione Idrologica di Keller [mm]	501,88	
Pluviofattore di Lang	21,49	
Indice di Amann	396,39	
Mesi Aridi:	Secondo Koppen:	apr mag giu lug ago set
	Secondo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

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

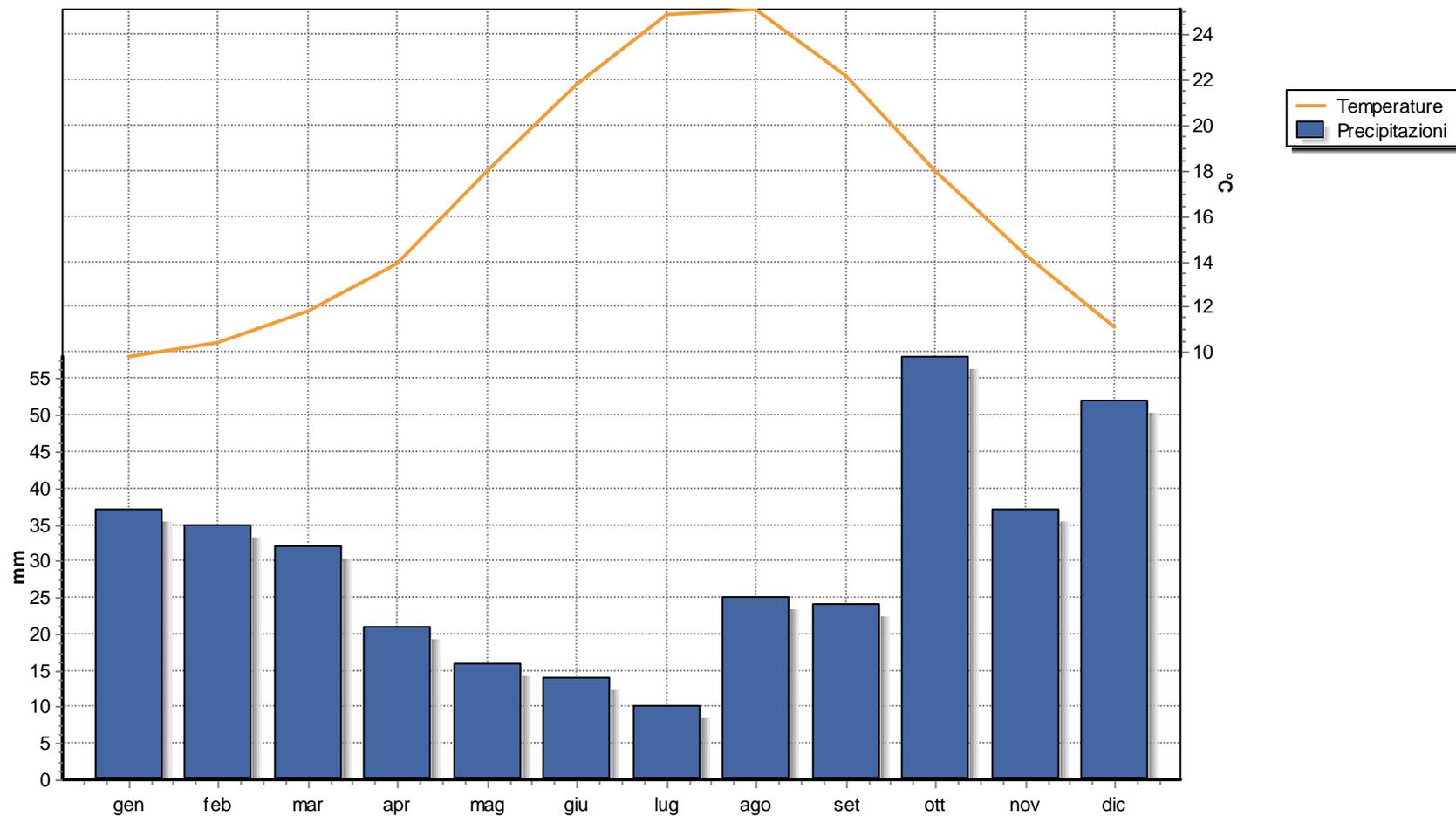
3. Diagramma Pluviometrico



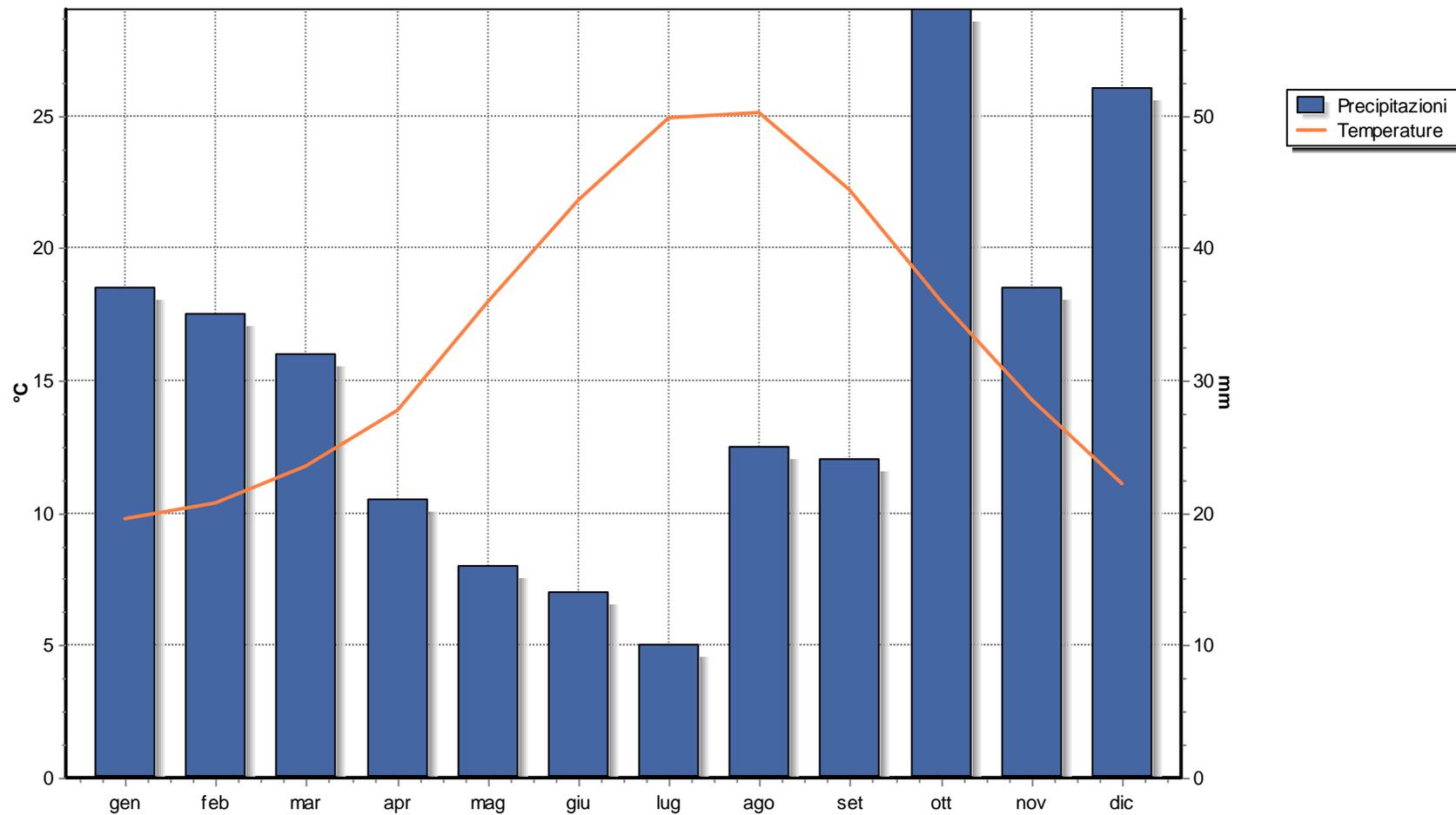
4. Diagramma Termometrico



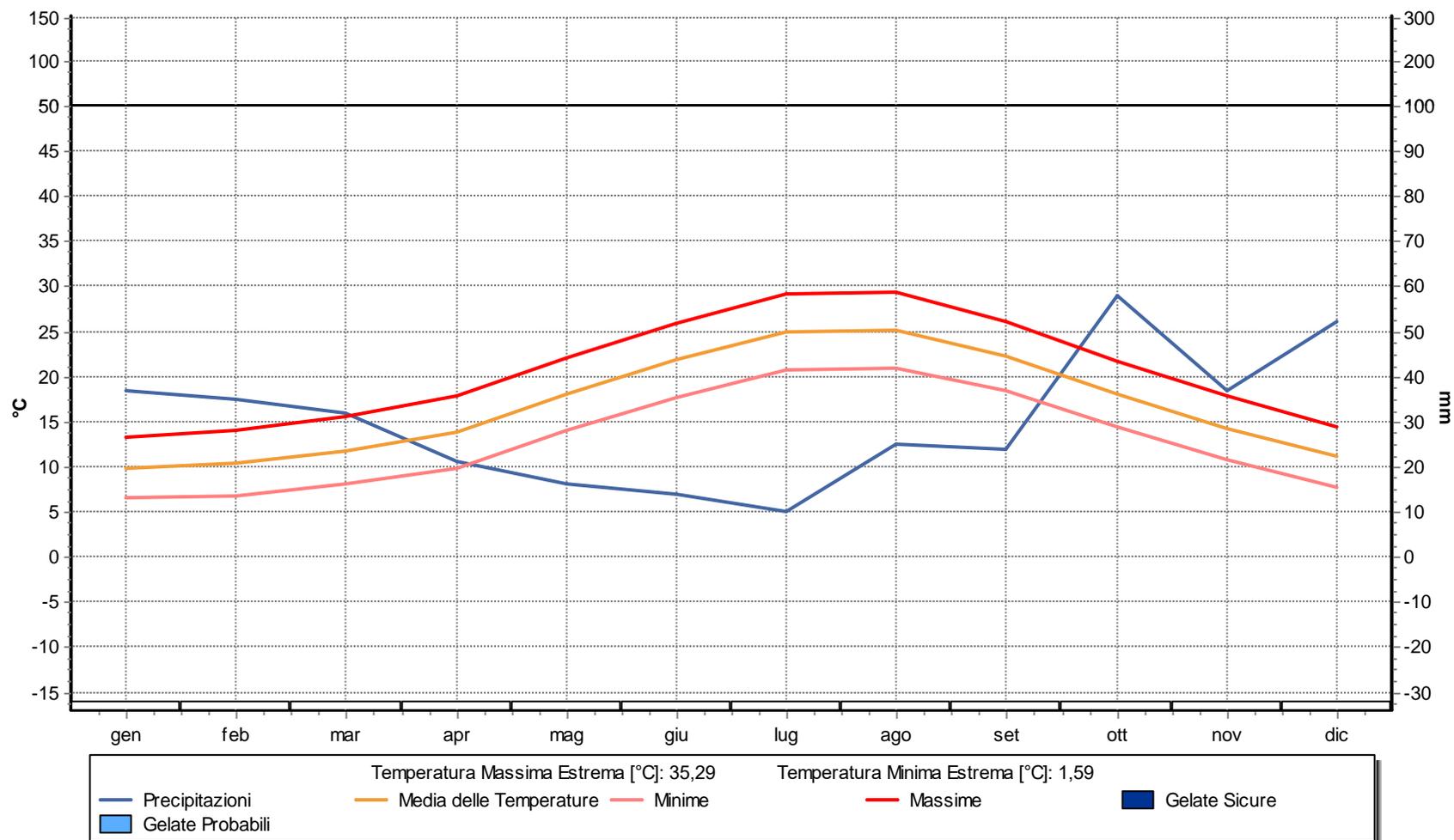
5. Diagramma Termopluviometrico



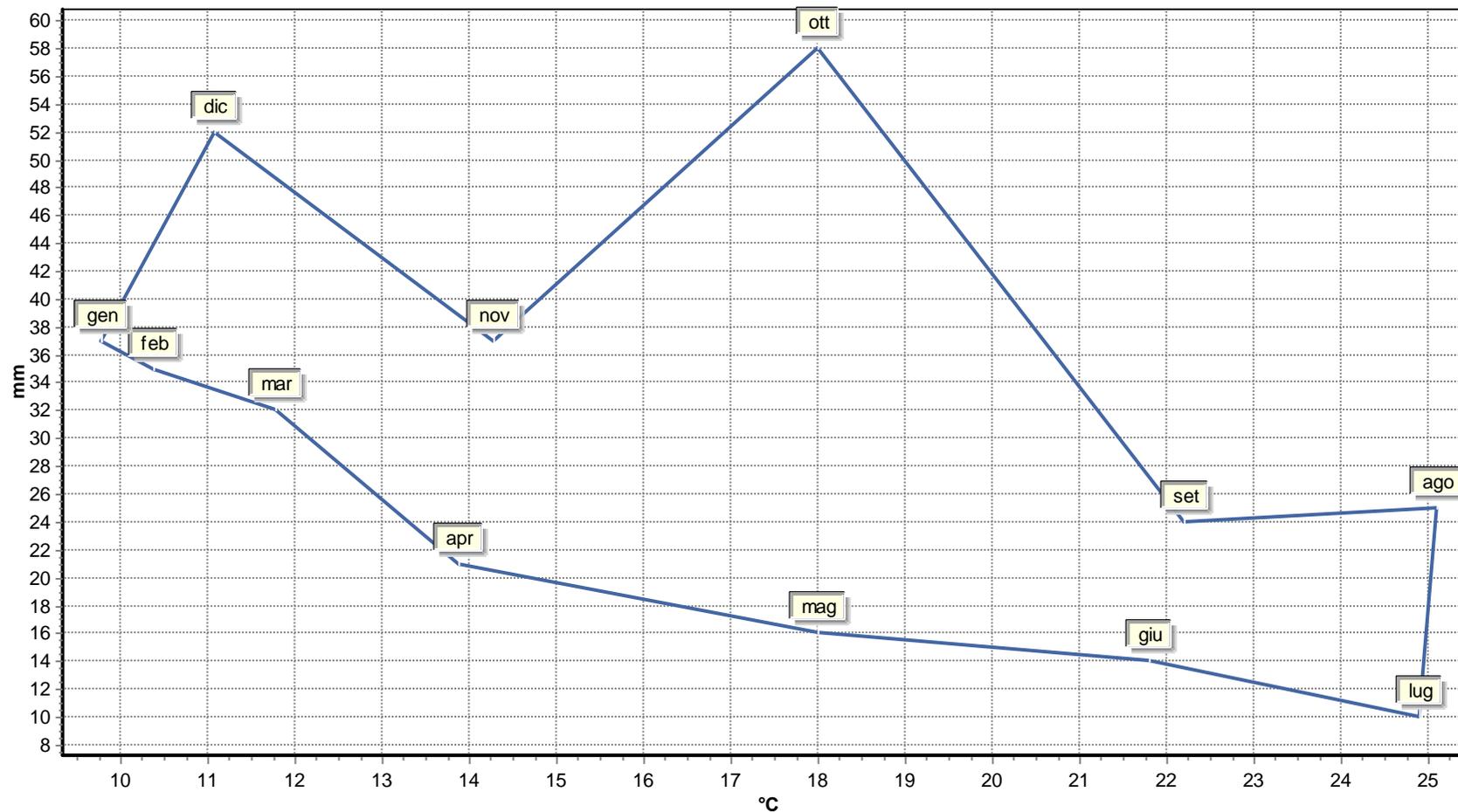
6. Diagramma Ombrotermico



7. Diagramma Walter & Lieth



8. Climogramma Precipitazioni e Temperature



9. Climogramma di Peguy

