



ROMA CAPITALE

Città Metropolitana di Roma

REGIONE LAZIO

PROGETTO DEFINITIVO DI UN LOTTO DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI
DELLA POTENZA DI PICCO COMPLESSIVA P=31'006,30 kWp
E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 4X6'000 = 24'000 kW

Proponente

GREENERGY PV11 S.r.l.

VIA TRASPONTINA, 46 - 0072 ARICCIA (RM)

N.REA: 1639324 - C.F.: 16173351004

PEC: greenergyv11@pec.it

Progettazione

Preparato
M. Da Ros

Verificato
M. Iaquina

Approvato
P. Polinelli

PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Titolo elaborato

IMPIANTO FV "SOLFORATELLE"
1.16-00-A-CIV - RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

Elaborato N.	Data emissione			
1.16-00-A-CIV	22/12/22			
	Nome file RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA			
N. Progetto	Pagina	00	22/12/22	PRIMA EMISSIONE
-	COVER	REV.	DATA	DESCRIZIONE

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DI GREENERGY PV11 S.R.L.. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.

THIS DOCUMENT CAN NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF GREENERGY PV11 S.R.L.. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW.

Indice

1	PREMESSA	6
1.1	Contenuti della relazione	6
2	Inquadramento generale dell'area.....	7
2.1	Inquadramento geografico	7
2.2	Inquadramento geomorfologico.....	7
2.3	Inquadramento geologico.....	8
2.4	Inquadramento idrogeologico	9
3	Idrologia dell'area	13
3.1	Inquadramento climatico.....	13
3.2	Inquadramento idrografico.....	18
3.2.1	Bacino idrografico del Fiume Tevere	18
3.3	Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.).....	20
3.4	Analisi dell'idrografia locale	21
4	Analisi pluviometrica	24
4.1	Metodologia utilizzata.....	24
4.2	Analisi con i metodi regionalizzazione	24
4.2.1	Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica	27
5	Stima delle portate di progetto	29
5.1	Identificazione dei sottobacini critici	29
5.2	Metodologia di calcolo delle portate.....	32
5.2.1	Tempo di corrivazione	32
5.2.2	Altezza di pioggia.....	32
5.2.3	Coefficiente di deflusso	33
5.3	Risultati delle elaborazioni.....	35
6	Effetti indotti dal progetto sulla componente idraulica.....	36
6.1	Opere idrauliche di progetto	36
6.1.1	Attraversamenti in corrispondenza dei punti di scarico.....	36
6.1.2	Canalette trasversali	37
7	Conclusioni	38

Indice delle figure

Figura 2-1 Inquadramento su ortofoto del sito di progetto.....	7
Figura 2-2 Morfologia del territorio in esame con indicazione degli elementi idrici (in blu), isoipse (bianco) e aree di progetto.	8
Figura 2-3 Stralcio alla carta geologica n.387 "Albano Laziale", scala 1:50 000 - ISPRA con legenda, in rosso l'area di progetto.	9
Figura 2-4 Carta delle linee isofreatiche nell'area in esame; da "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50000, foglio 387 Albano Laziale" – ed. ISPRA.	11
Figura 2-5 Inquadramento idrografico del sito.....	12
Figura 3-1 Carta fitoclimatica della regione Lazio e legenda (Carlo Blasi, 1994), area di progetto in blu.	14
Figura 3-2 Grafico dei giorni di pioggia 2004-2019 – Frascati (anno 2012 senza dati).	15
Figura 3-3 Grafico dei giorni di pioggia 2004-2019 -Grottaferrata.....	15
Figura 3-4 Grafico dei giorni di pioggia 2009-2019 – Marino.....	16
Figura 3-5 Grafico dei giorni di pioggia 2009-2019 – Montecompatri.	16
Figura 3-6 Temperature medie mensili per le stazioni di Frascati, Grottaferrata, Marino e Montecompatri dal 2018 al 2021.	17
Figura 3-7 Inquadramento idrografico di dettaglio	18
Figura 3-8 Bacino del fiume Tevere, in rosso l'area di progetto	19
Figura 3-9 Aree individuate dal PAI a rischio frana e a rischio idraulico, dati in formato .shp confrontati con tavole grafiche PAI.....	21
Figura 3-10 Inquadramento locale dell'area di progetto dal punto di vista idrografico.....	22
Figura 3-11 DTM, idrografia e sottobacini elaborati nella zona di progetto	23
Figura 4-1 Regione Lazio - Aree pluviometriche omogenee del terzo livello di regionalizzazione	25
Figura 4-2 Curve di Possibilità Pluviometrica per la sottozona SZ4 oggetto di studio.....	28
Figura 5-1 Inquadramento layout stradale d'impianto, perimetri, percorsi di drenaggio e bacini locali su DTM.....	30
Figura 5-2 Individuazione dei sottobacini critici su DTM.....	31
Figura 5-3 Individuazione dei sottobacini critici su ortofoto.	31
Figura 5-4 CN in funzione di uso e tipo del suolo (Soil Conservation Service).....	34
Figura 6-1 Tipologico attraversamento stradale.	37

Figura 6-2 Tipologico canaletta trasversale, dimensioni indicative..... 37

Indice delle tabelle

Tabella 2-1 Coordinate dell'impianto in progetto.....	7
Tabella 4-1 Valori dei parametri per il 1° e 2° livello di regionalizzazione	26
Tabella 4-2 Fattori di crescita KT delle piogge orarie per la regione A	26
Tabella 4-3 Terzo livello di regionalizzazione - parametri regionali delle relazioni IDF	27
Tabella 4-4 Terzo livello di regionalizzazione - parametri della regressione della media sulla quota.....	27
Tabella 5-1 Esiti di valutazione delle piene di progetto.	35

1 PREMESSA

Stantec S.p.A., in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da SIAT Installazioni S.p.A., per conto di GREENERGY PV11 S.r.l., di redigere gli elaborati ambientali necessari per l'avvio del processo di autorizzazione di un impianto fotovoltaico da circa 24 MWdc (4 x 6000 kW) da realizzarsi in località Solforatelle, in zona Municipio IX di Roma.

Il progetto sarà localizzato su un'area complessiva di circa 74 ha, di cui 36 ha netti secondo quanto indicato nei primi documenti messi a disposizione dal Cliente.

1.1 Contenuti della relazione

La presente relazione ha lo scopo di fornire una trattazione generale dell'idrologia dell'area oggetto di studio ed individuare i possibili effetti sul sistema idraulico-superficiale indotti dal progetto. Tale studio si è basato principalmente su relazione specialistiche di progetto, come la Relazione Geotecnica e Geologica, documentazione bibliografica e osservazioni elaborate in ambiente Gis.

2 Inquadramento generale dell'area

2.1 Inquadramento geografico

Il sito di progetto è localizzato in località Solfatorelle, in zona Municipio IX di Roma, su un'area complessiva di circa 75 ha, di cui 40 ha utili all'installazione dei pannelli.

L'area si trova a circa 120 m s.l.m. alle seguenti coordinate geografiche

Latitudine	Longitudine
42° 5'10.19"N	13° 3'12.59"E

Tabella 2-1 Coordinate dell'impianto in progetto

In Figura 2-1 si riporta un inquadramento su ortofoto.



Figura 2-1 Inquadramento su ortofoto del sito di progetto.

2.2 Inquadramento geomorfologico

Il sito è ubicato all'interno di un contesto territoriale la cui morfologia è stata fortemente influenzata dall'attività associata alla presenza del vulcano dei Colli Albani. I residui crateri definiscono valli endoreiche, che nel caso di Laghetto e Ariccia sono completamente riempite di sedimenti e dunque presentano una morfologia pianeggiante, mentre nel caso di Albano si ha

la presenza del lago craterico più profondo d'Italia (-173 m) a testimonianza delle eruzioni recenti di questo apparato.

La zona di raccordo tra questi apparati freatomagmatici e la fascia costiera, in cui si inserisce il sito, è caratterizzata dall'esteso plateau ignimbrico, dove le basse pendenze (<math><5^\circ</math>) e le caratteristiche di permeabilità ed erodibilità delle unità ignimbriche pozzolanacee che lo costituiscono, favoriscono l'incisione di un reticolo dendritico ben organizzato. L'ampia cresta tra Pomezia e Tor Tignosa rappresenta lo spartiacque principale tra i fossi a nord che drenano verso il Tevere con linee di drenaggio preferenziale NO-SE, circa parallelamente alla costa per la presenza dell'alto di Castelporziano, ed i fossi all'interno del graben di Ardea (Fosso Grande e Rio Torto), che invece presentano andamento preferenziale circa NE-SO, verso il Tirreno.



Figura 2-2 Morfologia del territorio in esame con indicazione degli elementi idrici (in blu), isoipse (bianco) e aree di progetto.

2.3 Inquadramento geologico

L'area in esame ricade all'interno del foglio geologico n. 387 "Albano Laziale" della cartografia geologica d'Italia edita dall'ISPRA alla scala 1:50.000; di seguito si riporta uno stralcio con l'ubicazione delle aree in studio.

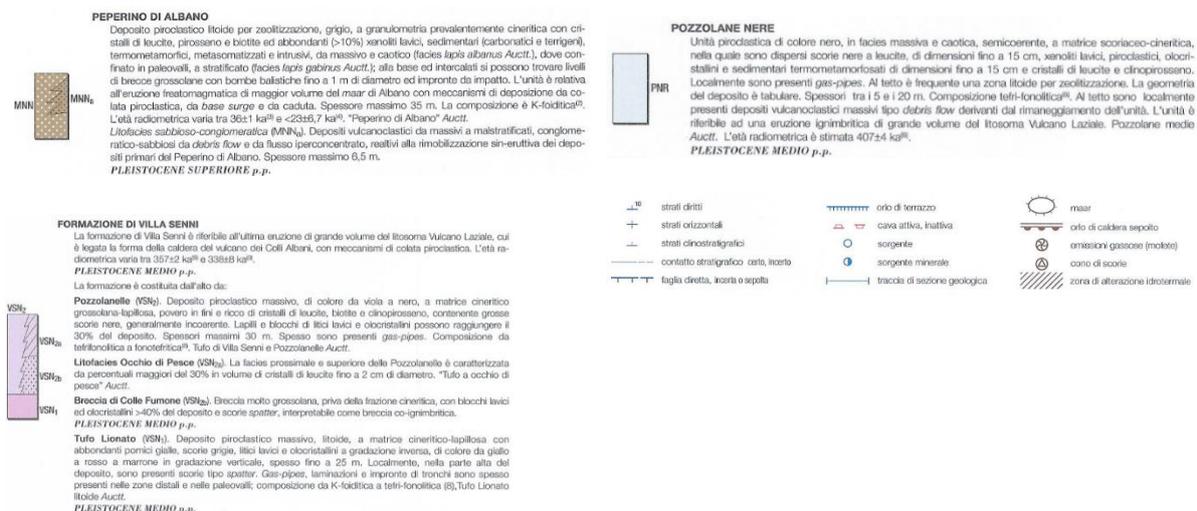
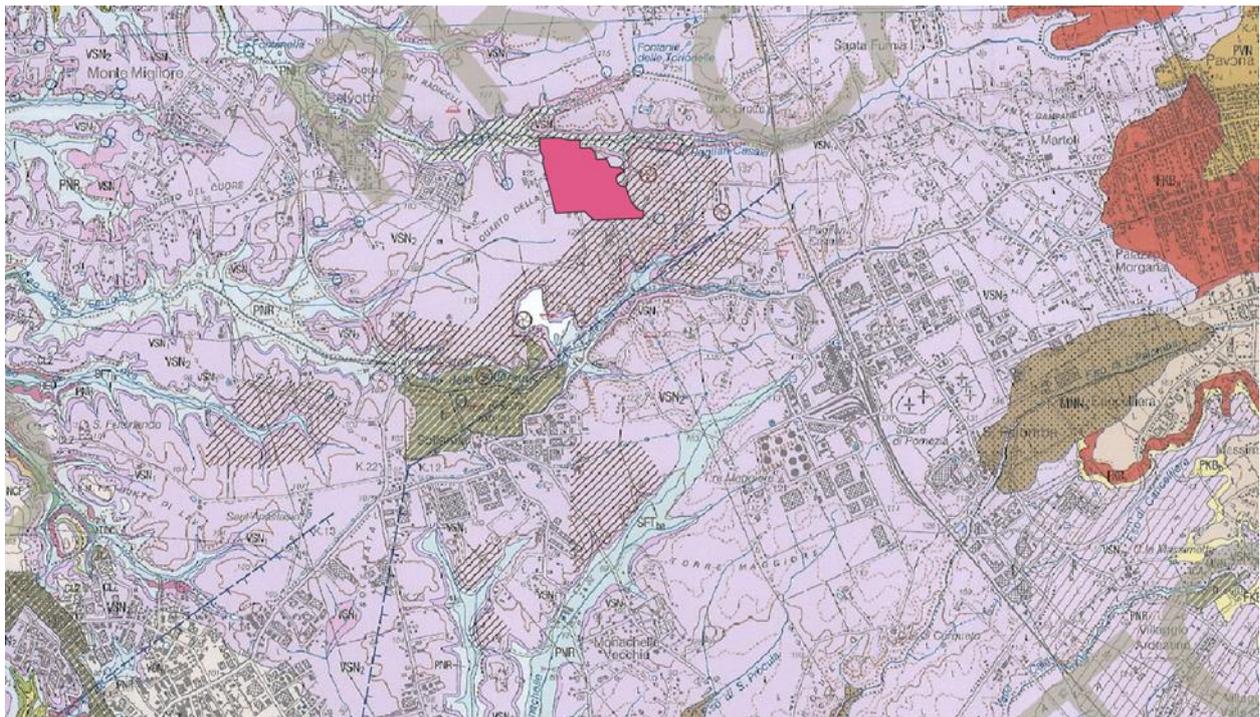


Figura 2-3 Stralcio alla carta geologica n.387 "Albano Laziale", scala 1:50 000 -ISPRa con legenda, in rosso l'area di progetto.

2.4 Inquadramento idrogeologico

Tra le varie unità idrogeologiche del dominio vulcanico laziale, quella albana presenta i limiti a contorno meglio definiti. Si tratta, infatti, delle aste fluviali dei Fiumi Tevere, Aniene, Astura e della costa tirrenica. L'assetto geologico strutturale determina la presenza di un acquifero centrale posto, per lo più, al di sopra dei 200 m slm, sostenuto dalla sequenza a bassa permeabilità identificabile con il "Tufo Lionato" (VSN1) e le "Pozzolanelle" (VSN2) e di un acquifero basale ospitato dai depositi che compongono il vulcano strato. Il complesso acquifero superiore, fortemente ricaricato anche per la presenza di vaste aree semiendoreiche, alimenta i laghi e drena verso la più estesa falda regionale basale.

L'andamento del tetto della zona satura risulta fortemente influenzata dai fattori geologici della struttura vulcanica e dalla morfologia del tetto del substrato a bassa permeabilità. In alcuni settori del territorio studiato la singolare morfologia del tetto dell'acquifero regionale è da imputare alla dinamica indotta da prelievi particolarmente elevati. I laghi di Albano e Nemi costituiscono al contempo il livello di base di definiti alti piezometrici e un potenziale imposto per le falde più depresse da essi alimentate; ovvero, i laghi sono simultaneamente fenomeni sorgivi e fonte di ricarica per molti acquiferi, soprattutto di tipo confinato.

All'interno dell'unità Idrogeologica Albana la circolazione regionale ha un andamento centrifugo rispetto al settore centrale delle caldere. Nei settori periferici, in cui prevale l'assetto del vulcanostrato, essa è condizionata dalla morfologia del tetto della serie pre-vulcanica. La potenzialità delle falde albane è proporzionale all'estensione e alla continuità degli affioramenti delle rocce a bassa permeabilità, spesso a geometria lenticolare. Si riscontra che la maggiore produttività dei pozzi è associata agli orizzonti sabbiosi e/o ghiaiosi sovrastanti le argille di base o a livelli pozzolanacei giacenti sui tufi antichi o direttamente sulle argille del substrato.

A scala locale del sito la circolazione presenta una direzione di deflusso all'incirca Nord-Est/Sud-Ovest ed isopieze comprese tra 80 e 110 m slm; pertanto, nell'area di specifico interesse saranno da attendersi profondità della piezometrica comprese tra 50 e 60 m da p.c. Figura 2-4.

È però possibile l'impostazione di isopieze comprese tra 110 e 130 m s.l.m. dovute ad una circolazione discontinua a pelo libero rinvenibile nei primi metri della sequenza vulcanoclastica, come evidenziato da rilievi in pozzi idrici spinti fino a poca profondità nell'area.

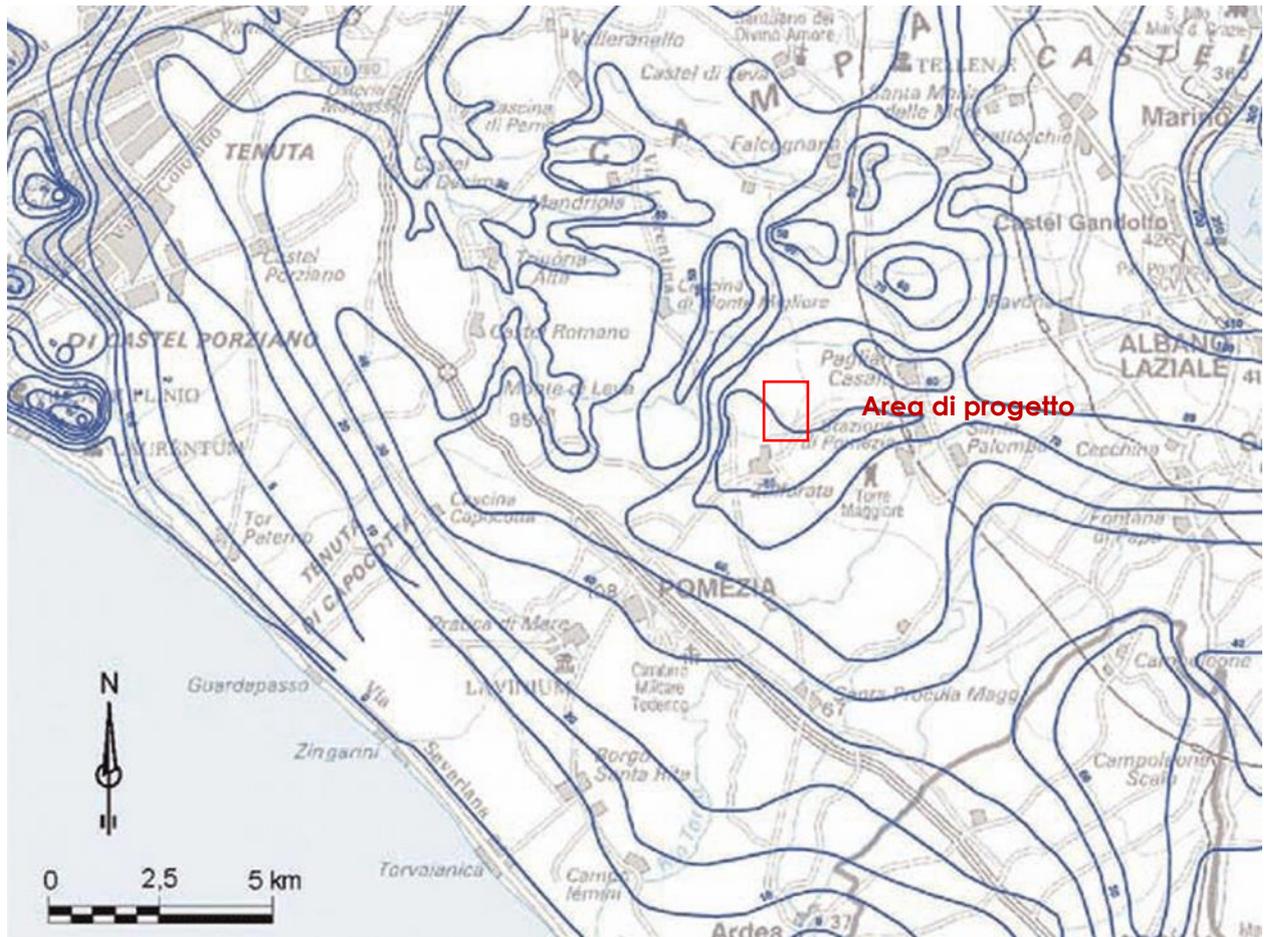


Figura 2-4 Carta delle linee isofreatiche nell'area in esame; da "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50000, foglio 387 Albano Laziale" – ed. ISPRA.

Dal punto di vista idrologico l'area in esame ricade nelle propaggini meridionali del bacino idrografico del fiume Tevere; il fitto reticolo superficiale impostato nelle litologie vulcaniche drena i propri deflussi idrici in direzione circa Ovest-Nord/Ovest, captando anche le emergenze idriche occidentali alla base dei colli albanici e del rispettivo lago (Figura 2-5).



Figura 2-5 Inquadramento idrografico del sito.

3 Idrologia dell'area

3.1 Inquadramento climatico

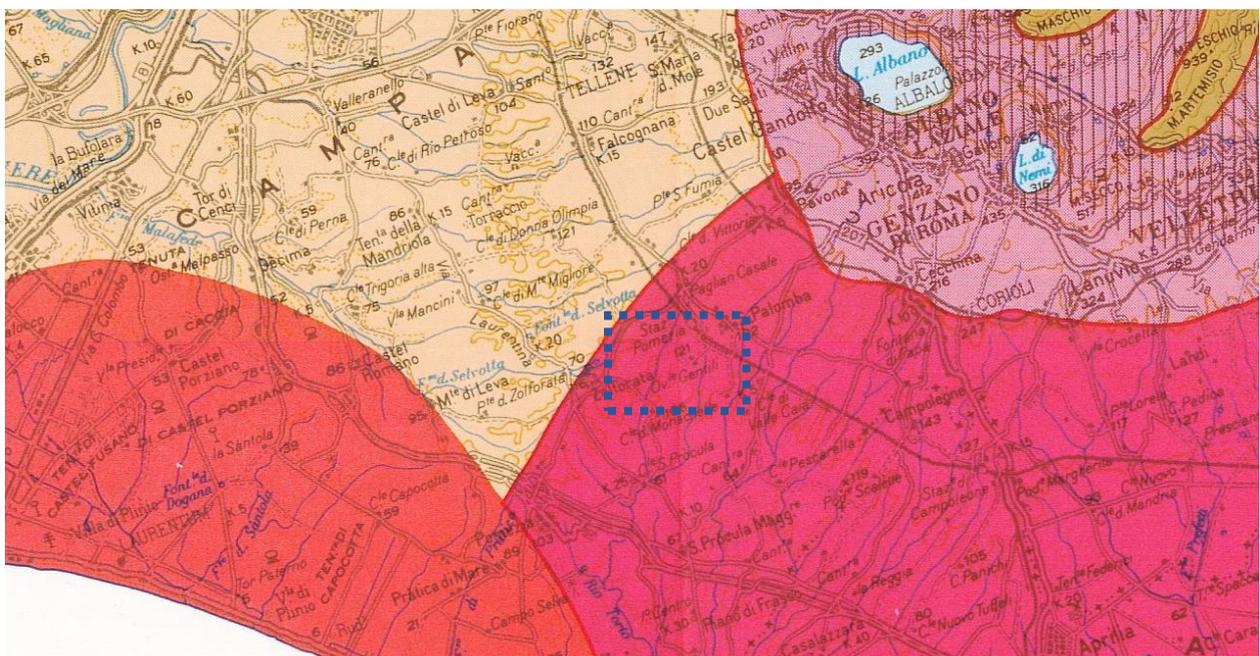
Il clima nel Lazio presenta una notevole variabilità da una zona all'altra. Lungo la fascia costiera, i valori di temperatura variano in generale tra i 9-10°C di gennaio e i 24-25°C di luglio.

Le precipitazioni sono piuttosto scarse lungo tutto il litorale nord (i valori minimi inferiori ai 600 mm annui si registrano nella Maremma, nel comune di Montalto di Castro, al confine con la Toscana) e dunque in prossimità all'area di interesse.

Le piogge costiere tendono ad aumentare con la quota e mediamente sono distribuite nelle stagioni intermedie invernali. I massimi pluviometrici si registrano nel territorio di Velletri, con una media annuale di 1500 mm e nei massicci montuosi posti al confine con l'Abruzzo, maggiormente esposti alle perturbazioni atlantiche (Monti Simbario, Monti Catari, Monti Ernici), dove si raggiungono valori anche superiori ai 2000 mm annui.

Nello studio sul fitoclima del Lazio (C. Blasi, 1994), vengono esaminati i rapporti tra il clima e la vegetazione individuando delle unità fitoclimatiche, definite sulla base di dati di temperatura, precipitazioni, indici bioclimatici, e il censimento di specie legnose.

La Carta Fitoclimatica della Regione Lazio tratta dallo stesso autore inquadra l'area di studio al limite della "Regione Mediterranea", infatti rientra nel "Termotipo mesomediterraneo inferiore", descritta da precipitazioni scarse (da 842 a 966 mm) con pochi episodi estivi (69-89 mm). L'aridità estiva è intensa e prolungata per 4 mesi (maggio-agosto) con un mese di subaridità (aprile). Il freddo è poco sensibile, concentrato nel periodo invernale, tuttavia presente anche a novembre e aprile. La temperatura media delle minime del mese più freddo va da 3,7 °C a 6,8 °C.



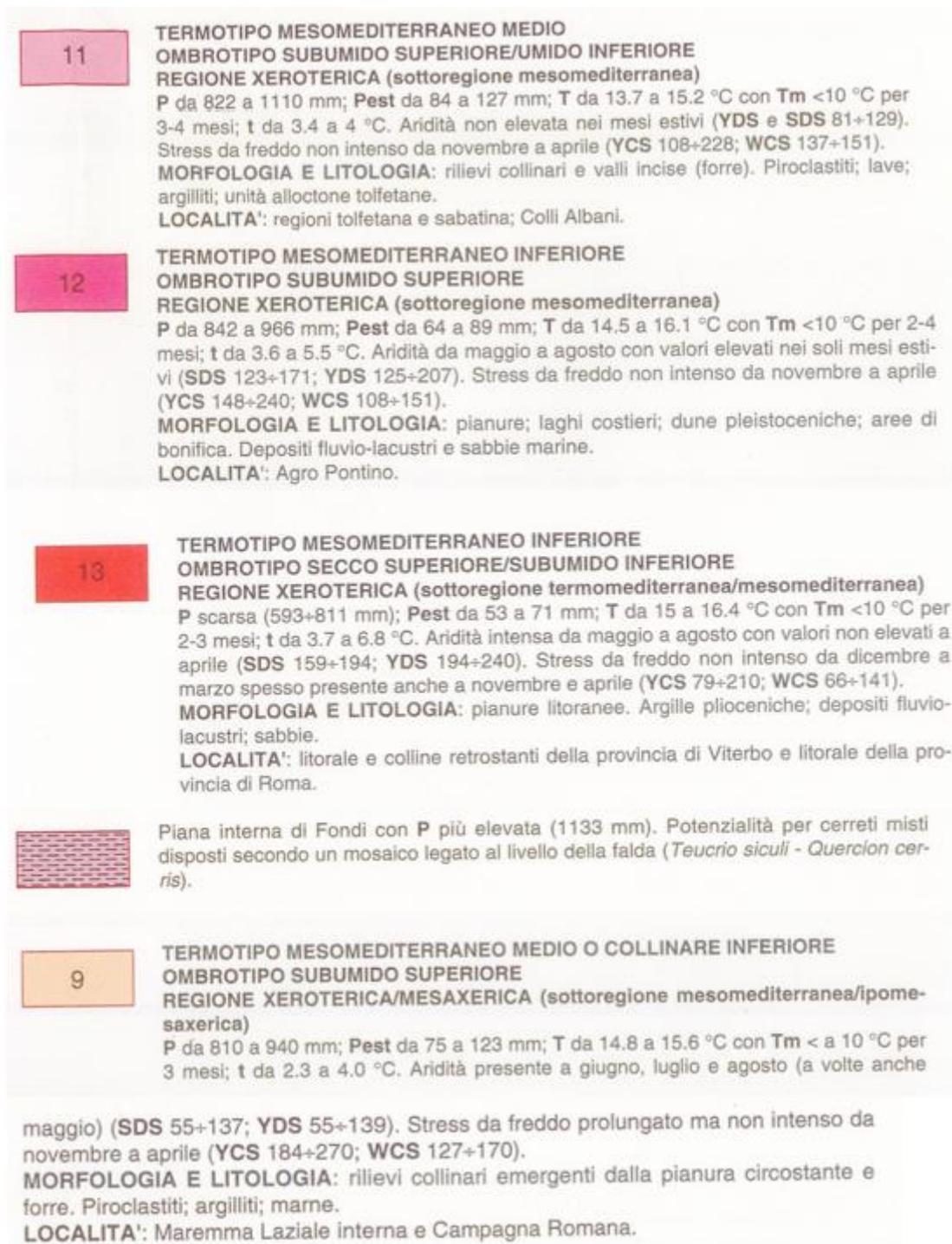


Figura 3-1 Carta fitoclimatica della regione Lazio e legenda (Carlo Blasi, 1994), area di progetto in blu.

Per fornire un inquadramento climatico di maggior dettaglio si riportano ora i dati riguardo i giorni di pioggia e range quantitativi per 15 anni dal 2004 al 2019 delle stazioni meteo più vicine al sito di progetto: Frascati (Figura 3-2), Grottaferrata (Figura 3-3), Marino (Figura 3-4) e Montecompatri (Figura 3-5). I dati sono forniti dal servizio Integrato Agrometeorologico della regione Lazio (SIARL).

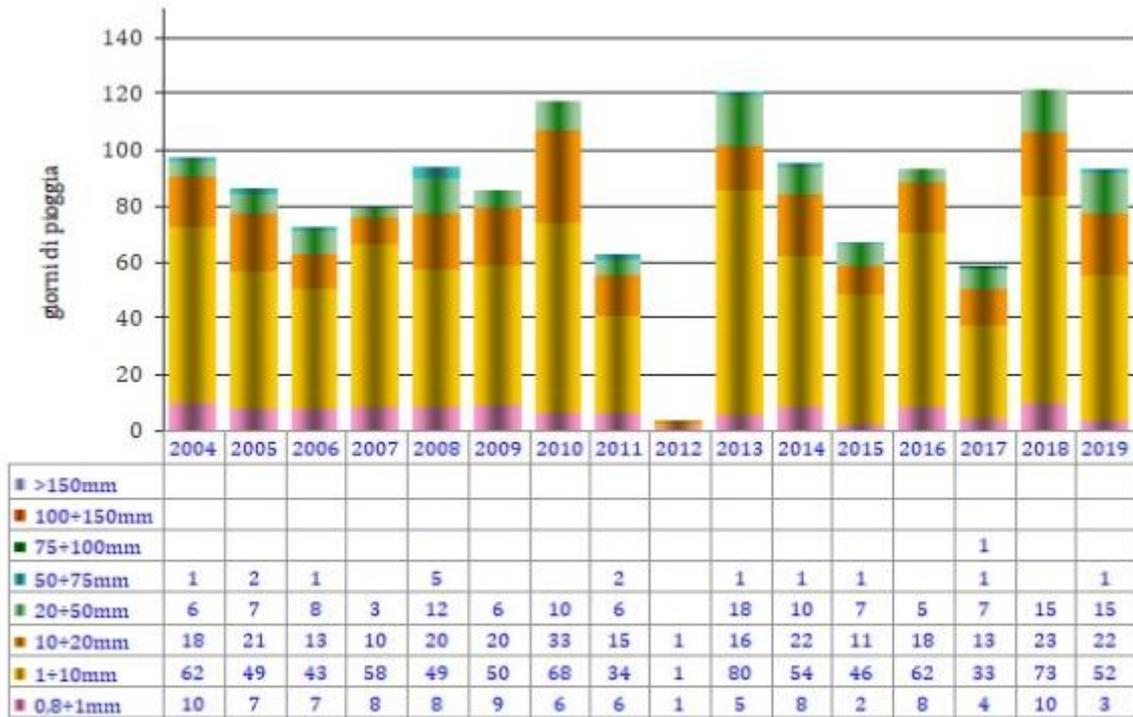


Figura 3-2 Grafico dei giorni di pioggia 2004-2019 – Frascati (anno 2012 senza dati).

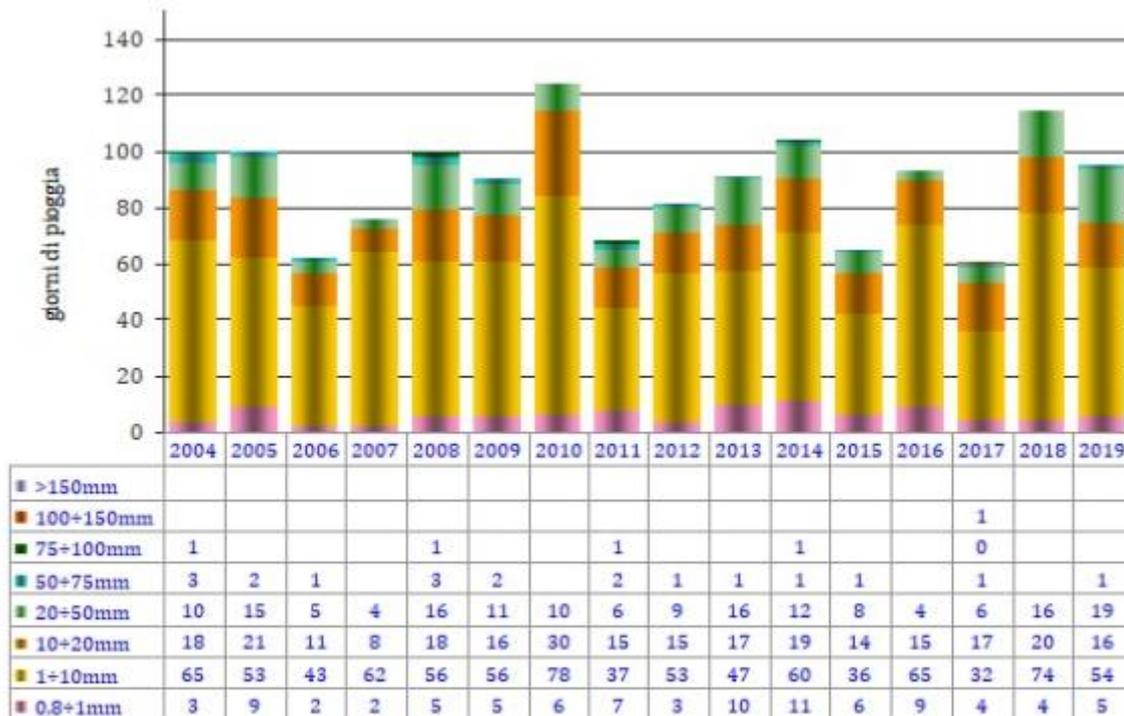


Figura 3-3 Grafico dei giorni di pioggia 2004-2019 -Grottaferrata.

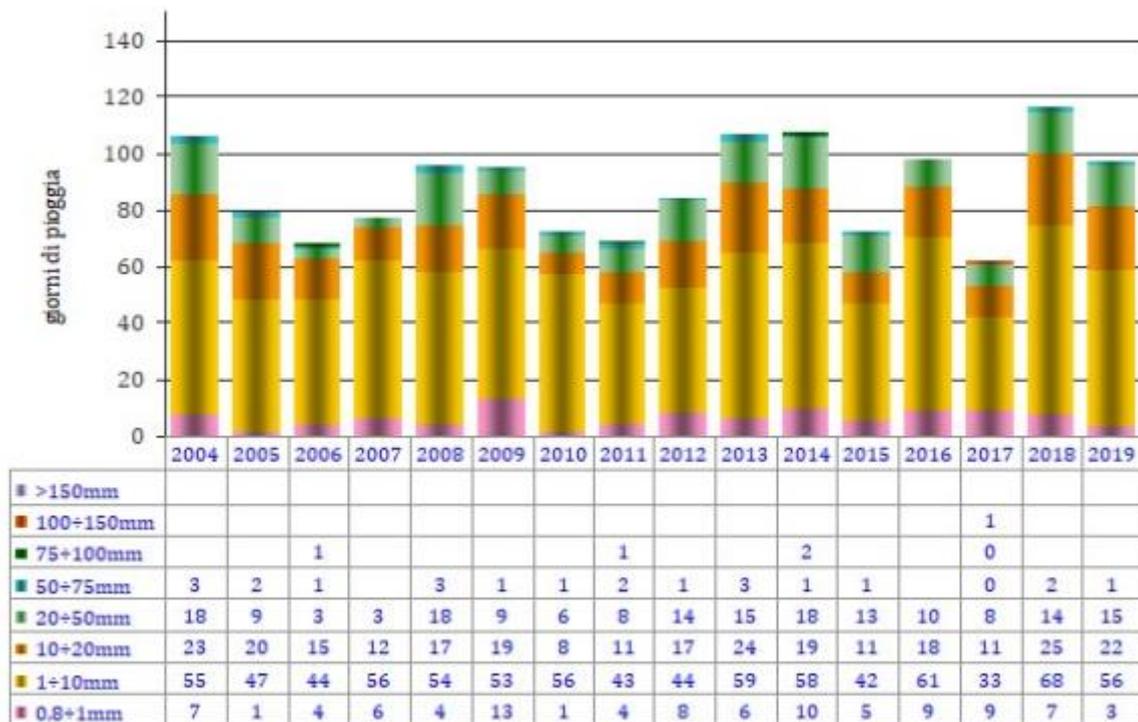


Figura 3-4 Grafico dei giorni di pioggia 2009-2019 – Marino.

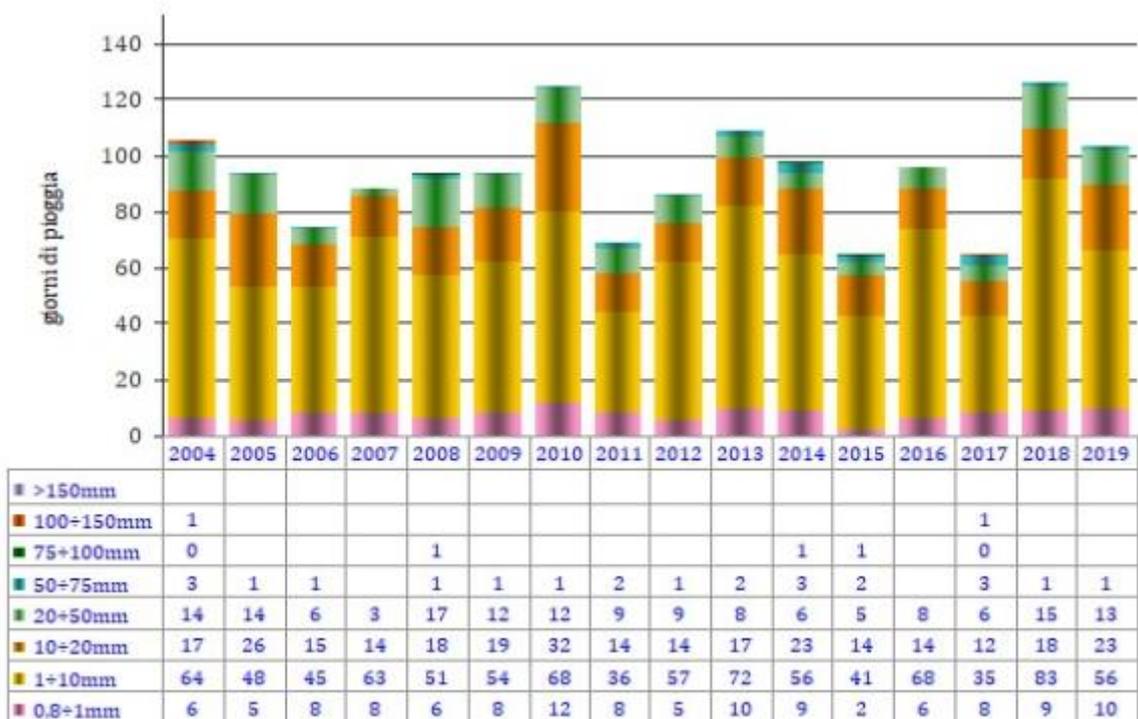


Figura 3-5 Grafico dei giorni di pioggia 2009-2019 – Montecompatri.

Come si può notare la media dei giorni di pioggia di quest'area in un anno è 100, con la maggioranza di giorni piovosi che presenta altezze di pioggia basse, dal millimetro ai 10 millimetri al giorno. Questo a sottolineare la scarsa piovosità dell'area.

Si riporta ora in Figura 3-6 l'elaborazione dei dati di temperatura media delle medie mensili degli anni 2018-2019-2020-2021 per le stazioni sopra analizzate.

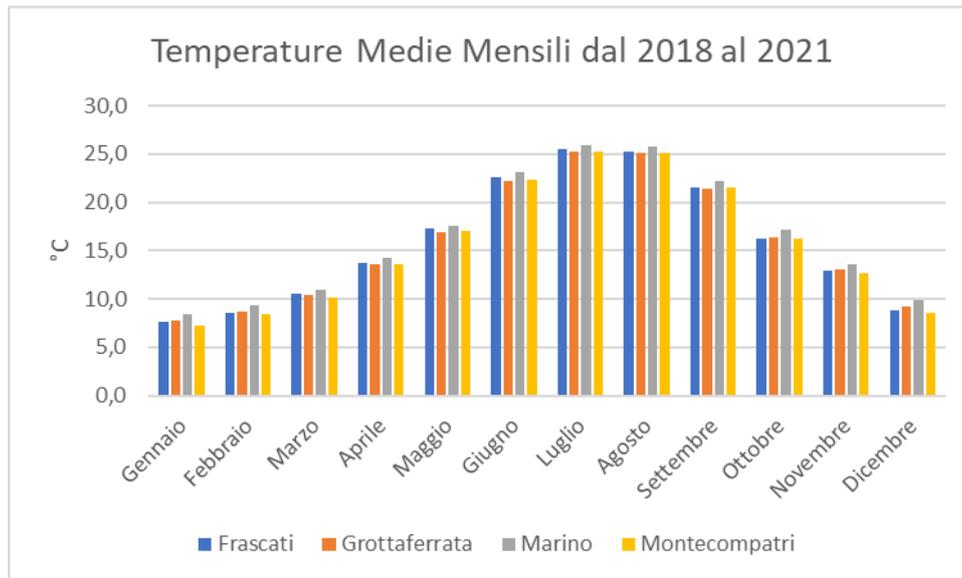


Figura 3-6 Temperature medie mensili per le stazioni di Frascati, Grottaferrata, Marino e Montecompatri dal 2018 al 2021.

Concordando con quanto detto finora, gli inverni risultano generalmente blandamente freddi e corti (Dicembre-Marzo), mentre la stagione estiva è più "dilatata" temporalmente e con temperature medie mensili oltre i 25 °C.

3.2 Inquadramento idrografico

Dal punto di vista idrografico, l'area di progetto si trova completamente all'interno del bacino idrografico del fiume Tevere, seppur molto vicina al confine sud con il Rio Torto. In Figura 3-7 si riporta l'inquadramento idrografico dell'area di progetto (in rosso) ed è possibile notare che il sito non viene interessato direttamente dall'asta principale del fiume e solo marginalmente da piccoli canali.

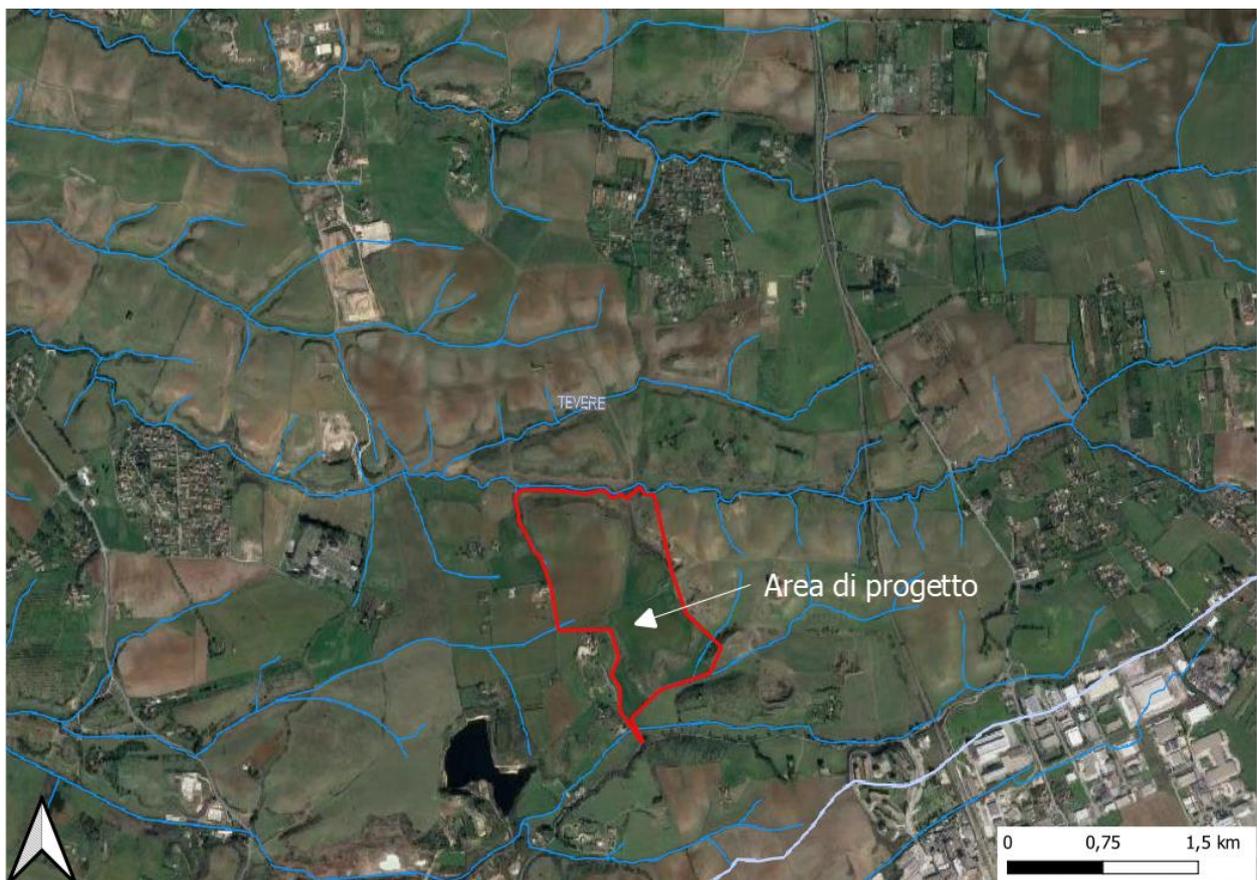


Figura 3-7 Inquadramento idrografico di dettaglio

Si rimanda al paragrafo 3.4 per ulteriori dettagli in merito all'idrografia locale.

3.2.1 Bacino idrografico del Fiume Tevere

Il fiume Tevere, il maggior corso d'acqua dell'Italia peninsulare, si forma nell'Appennino Tosco Emiliano e sfocia nel mar Tirreno dopo un percorso di circa 405 km.

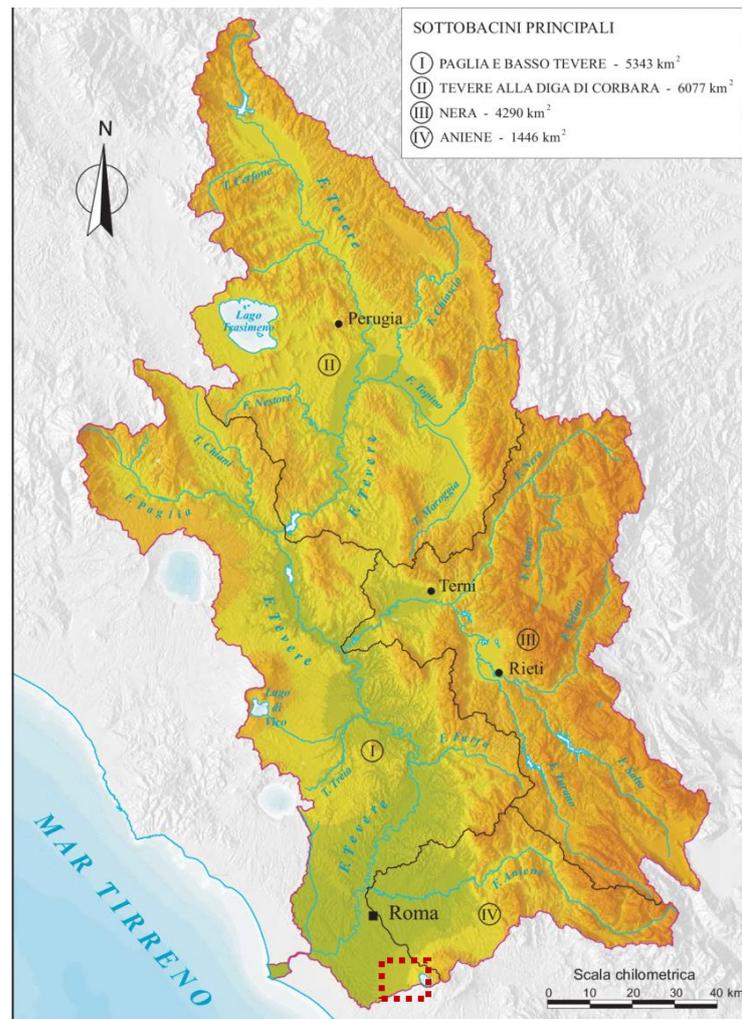


Figura 3-8 Bacino del fiume Tevere, i rosso l'area di progetto

Il bacino del fiume Tevere, con una superficie di oltre 17.000 km², si sviluppa con una forma allungata attraverso 6 regioni. Esso nasce infatti nell'Appennino tosco-emiliano e sfocia nel Mar Tirreno dopo aver percorso 400 km. Il bacino è limitato ad Est dalla dorsale dell'Appennino umbro-marchigiano, con cime che raggiungono i 2200m, mentre ad Ovest, sui rilievi tosco-laziali, lo spartiacque non supera i 1000m. Il percorso, circa meridiano fino alla confluenza con l'Aniene, viene bruscamente deviato verso Sud-Ovest dall'apparato vulcanico dei Colli Albani nei pressi di Roma. I principali affluenti del Tevere sono: il Chiani-Paglia e il Treia sulla riva destra, il Chiascio-Topino, il sistema Salto-Turano-Velino-Nera e l'Aniene sulla sinistra, da cui provengono i maggiori apporti. Da un'analisi dei dati di portata misurata dal Servizio Idrografico (Boni et al., 1993), si possono fare delle valutazioni su quali settori del bacino contribuiscono maggiormente alla portata e con quale regime stagionale. Il settore settentrionale del bacino (circa 8000 km²), a monte della confluenza col Nera, è costituito prevalentemente da rocce poco permeabili, ed il regime della portata del Tevere è molto irregolare, alimentato prevalentemente dalle acque di ruscellamento superficiale ed ipodermico nelle stagioni piovose. Le magre estive sono marcate, per la carenza di importanti risorse idriche sotterranee. Fa eccezione l'alto Topino, alimentato da sorgenti ubicate nella dorsale carbonatica umbra. Il settore centro-meridionale (circa 9000 km²)

comprende i bacini del Nera-Velino, dell'Aniene e del Treia. A valle della confluenza col Nera il regime di portata del Tevere cambia nettamente: il Nera è infatti caratterizzato da una portata estremamente stabile durante l'anno, poiché è prevalentemente alimentato da acque sotterranee provenienti dalle dorsali carbonatiche umbro-marchigiane (il Nera) e laziali-abruzzesi (il Velino). L'indice del flusso di base del Tevere sale infatti da 0,13 a 0,51 a valle della confluenza. Un ulteriore importante contributo stabilizzante proviene dall'Aniene, sempre in riva sinistra, mentre altri apporti non trascurabili provengono dai corsi d'acqua che drenano gli apparati vulcanici in riva destra (Treia e minori).

3.3 Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

L' Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale è un ente pubblico non economico istituito ai sensi dell'art. 63 del D.Lgs. 152/2006 e provvede principalmente all'elaborazione del Piano di bacino distrettuale ed i programmi di intervento.

Il Distretto idrografico di competenza dell'Autorità di bacino dell'Appennino è costituito dai seguenti bacini idrografici:

1. Tevere
2. Tronto
3. Sangro
4. bacini dell'Abruzzo
5. bacini del Lazio
6. Potenza, Chienti, Tenna, Ete, Aso, Menocchia, Tesino e bacini minori delle Marche
7. Fiora
8. Foglia, Arzilla, Metauro, Cesano, Misa, Esino, Musone e altri bacini minori

L'area di interesse per la realizzazione dell'impianto in oggetto è localizzata all'interno del bacino idrografico del Tevere.

Il Piano è stato adottato in II adozione con delibera n. 114 del 5 Aprile 2006 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Tevere.

L'opera in progetto non ricade all'interno di particolari zone di rischio o di pericolosità, sia considerando l'assetto frana sia l'assetto idraulico, ma presenta, come è possibile notare in Figura 3-9, una presunta (come definita dal PAI) corona di frana lungo il lato Ovest del perimetro dell'intero lotto, ma fuori dall'area d'impianto.

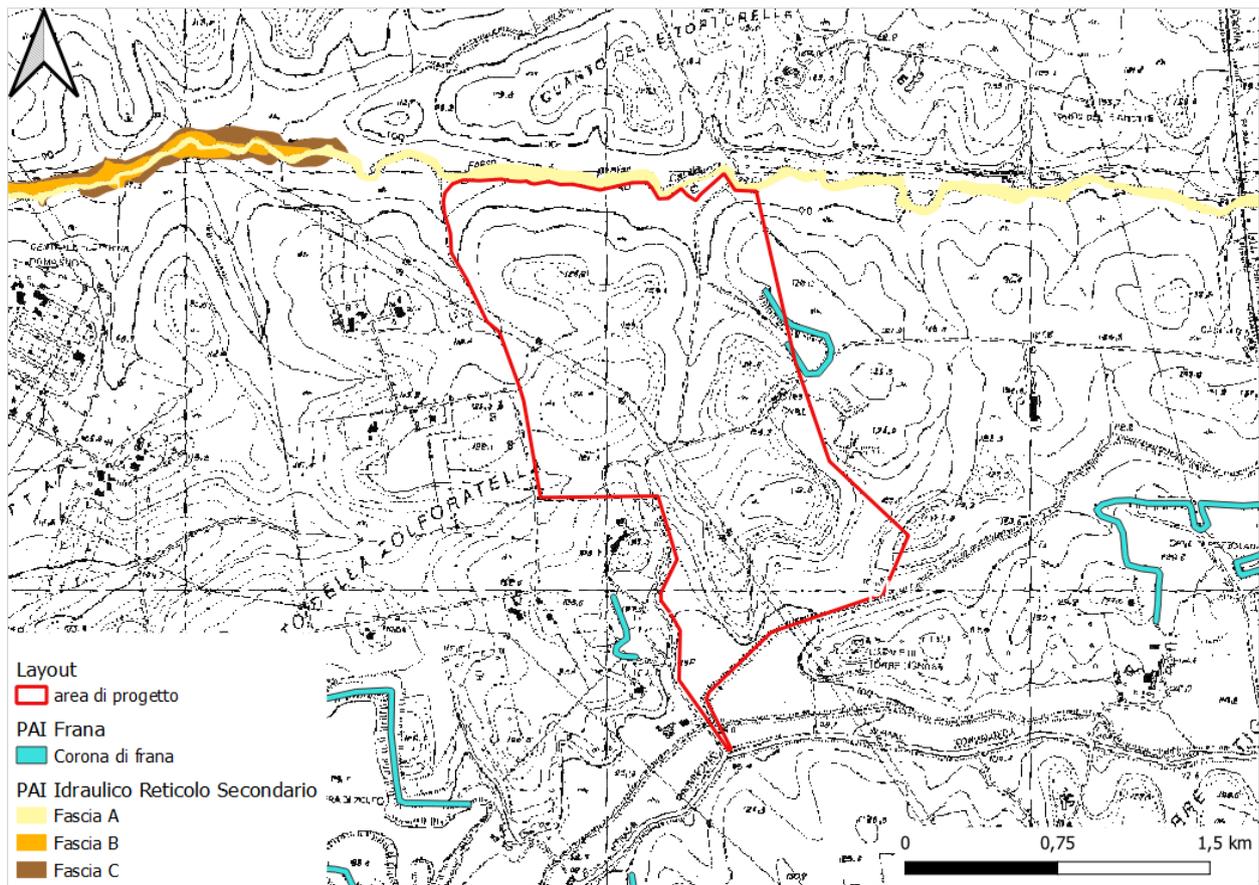


Figura 3-9 Aree individuate dal PAI a rischio frana e a rischio idraulico, dati in formato .shp confrontati con tavole grafiche PAI.

3.4 Analisi dell'idrografia locale

L'area di studio è caratterizzata prevalentemente da scarse pendenze e da terreni superficiali a bassissima permeabilità, fattori che risultano favorevoli alla formazione di una rete superficiale di drenaggio a seguito di un evento di precipitazione piuttosto intenso.

I corpi idrici che localmente interessano l'area di studio sono i seguenti:

- Fosso dei Radicelli/fosso di Paglian Casale, che sfocia nel Trigoria e poi nel Fiume Tevere a sud di Roma;
- Fosso della Solfatara, poi fosso di Malafede/ dello Schizzanello anch'esso affluente del Tevere in sinistra.

Nell'immagine seguente è possibile osservare l'area lorda di progetto in ortofoto, perimetrata in rosso, inoltre si possono identificare i due corpi idrici appena descritti che interessano, seppur marginalmente a Nord il primo e a Sud il secondo, l'area dell'impianto.

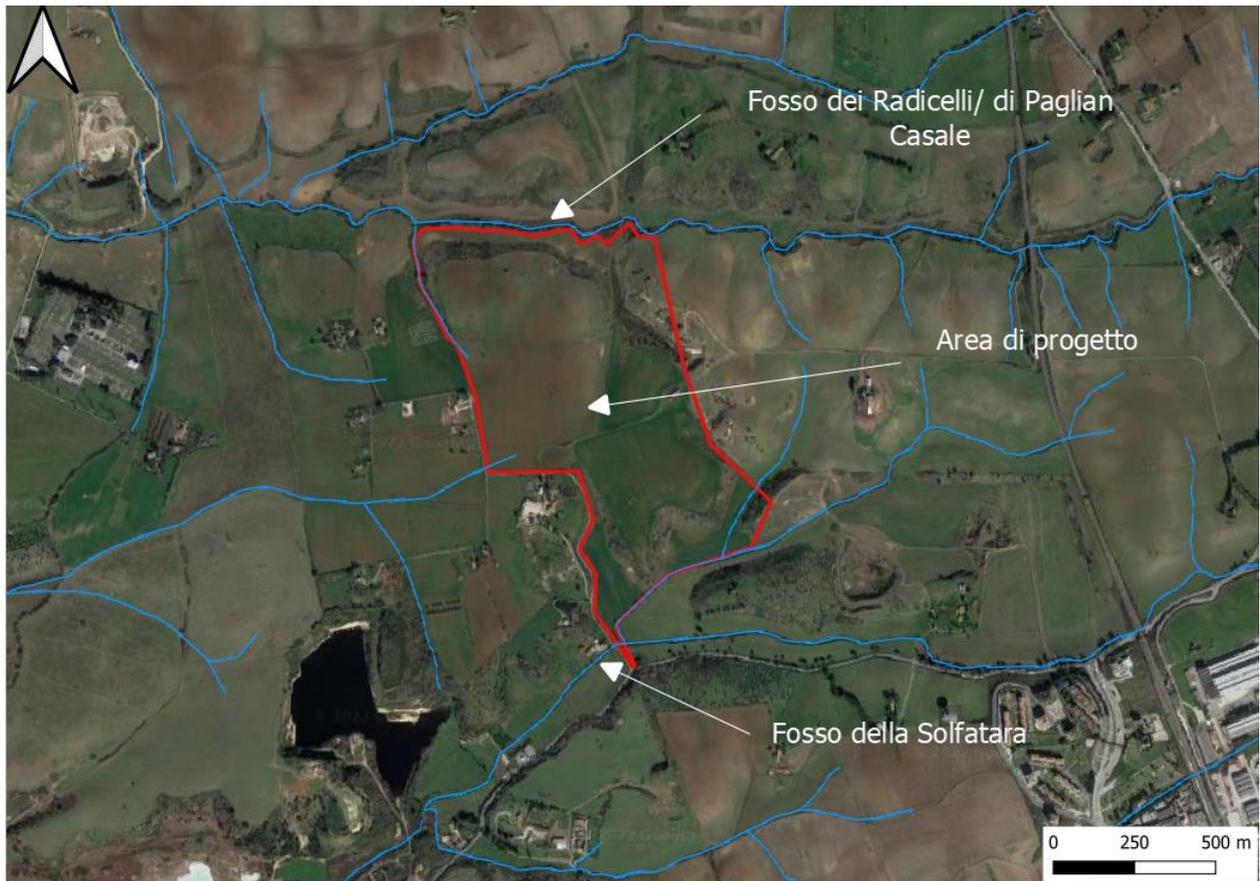


Figura 3-10 Inquadramento locale dell'area di progetto dal punto di vista idrografico

Per poter studiare localmente l'idrologia dell'area si è scelto di effettuare uno studio morfologico ed idrologico avendo come input il Modello Digitale di Elevazione (Digital Terrain Model – DTM) del terreno, dell'area di interesse. L'analisi ha permesso di evidenziare il comportamento delle acque di ruscellamento, fortemente dipendente dalla topografia dell'area. Viene rappresentato in Figura 3-11 il DTM dell'area investigata, la cui morfologia consente di individuare, attraverso delle elaborazioni, i sottobacini locali che interessano l'area d'impianto.

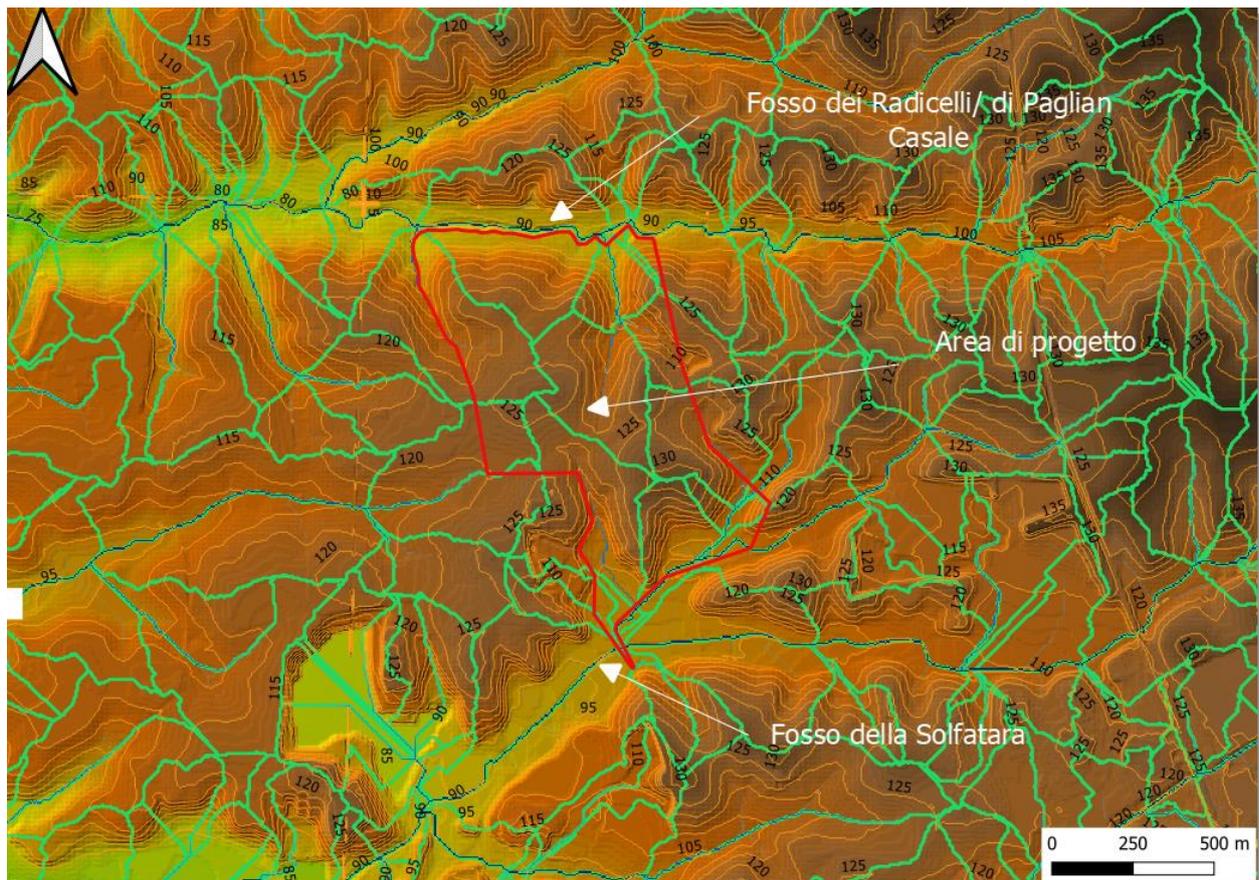


Figura 3-11 DTM, idrografia e sottobacini elaborati nella zona di progetto

Il reticolo di deflusso locale evidenzia alcuni tratti all'interno dell'area di progetto. Pur trattandosi di drenaggi che si attivano unicamente a valle di eventi meteorici, essi verranno analizzati al fine di evitare fenomeni erosivi e scalzamenti al piede alle opere di progetto.

Il progetto potrà prevedere pertanto la realizzazione di un'opportuna rete di drenaggio artificiale in modo da convogliare le acque meteoriche nei recettori naturali all'esterno dell'area di impianto.

Lo sviluppo di tale rete sarà considerato nelle fasi successive di progettazione.

4 Analisi pluviometrica

4.1 Metodologia utilizzata

Le metodologie utilizzate per l'analisi delle precipitazioni e la determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica (LSPP) fanno riferimento ai criteri proposti su scala regionale e nazionale dal progetto VAPI del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI), successivamente ripresi dagli "Studi per l'aggiornamento del Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico" sviluppato nell'ambito della convenzione tra l'autorità dei Bacini Regionali del Lazio ed il Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile dell'Università di Roma Tre (D.S.I.C).

Per quanto riguarda il calcolo delle portate di piena sono di tipo indiretto, ossia mediante analisi statistica delle osservazioni pluviometriche e l'impiego di modelli afflussi-deflussi.

4.2 Analisi con i metodi regionalizzazione

Nella prima parte dell'analisi, si è fatto riferimento alle analisi pluviometriche effettuate dall'U.O. 1.34 – "Università La Sapienza – Facoltà di Ingegneria, Roma" del rapporto nazionale del Progetto VAPI nella sezione F – "Valutazione delle piene nei bacini delle sezioni idrografiche di Roma e Pescara". In questi studi viene adottato un modello probabilistico a doppia componente (TCEV), che interpreta gli eventi massimi annuali come risultato di una miscela di due popolazioni distinte di eventi (eventi massimi ordinari ed eventi massimi straordinari). Tale modello al terzo livello è stato modificato mediante l'introduzione di un modello a tre parametri.

Il modello viene ordinato secondo una classificazione gerarchica in cui i parametri sono classificati a seconda della regione di riferimento, caratterizzata da una gerarchia ordinata statisticamente.

L'analisi statistica del dato idrologico è stata effettuata, all'interno del programma VAPI, su base regionale delle piogge massime giornaliere, per poi essere adattata alle piogge intense con durate brevi.

Precisamente, l'analisi dei parametri è iniziata dal *primo livello di regionalizzazione*, in cui si è ipotizzato che questi, essendo dipendenti da fattori climatici, siano costanti in senso statistico in ampie aree geografiche, chiamate *zone omogenee*.

Il secondo step, chiamato più propriamente *secondo livello di regionalizzazione*, individua il parametro relativo alla scala e alla forma di distribuzione delle piogge. L'assunzione che viene fatta a questo punto è che il parametro di scala sia costante in aree geografiche omogenee più piccole contenute all'interno delle zone omogenee precedentemente definite (*Primo livello di regionalizzazione*).

Il territorio regionale è stato così suddiviso in tre regioni pluviometricamente omogenee, denominate A, B e C.

Il terzo livello di regionalizzazione per le piogge di massima intensità e breve durata è stato svolto seguendo la procedura del Metodo delle zone omogenee con il quale sono state individuate le aree pluviometriche omogenee (APO) riportate in Figura 4-1.

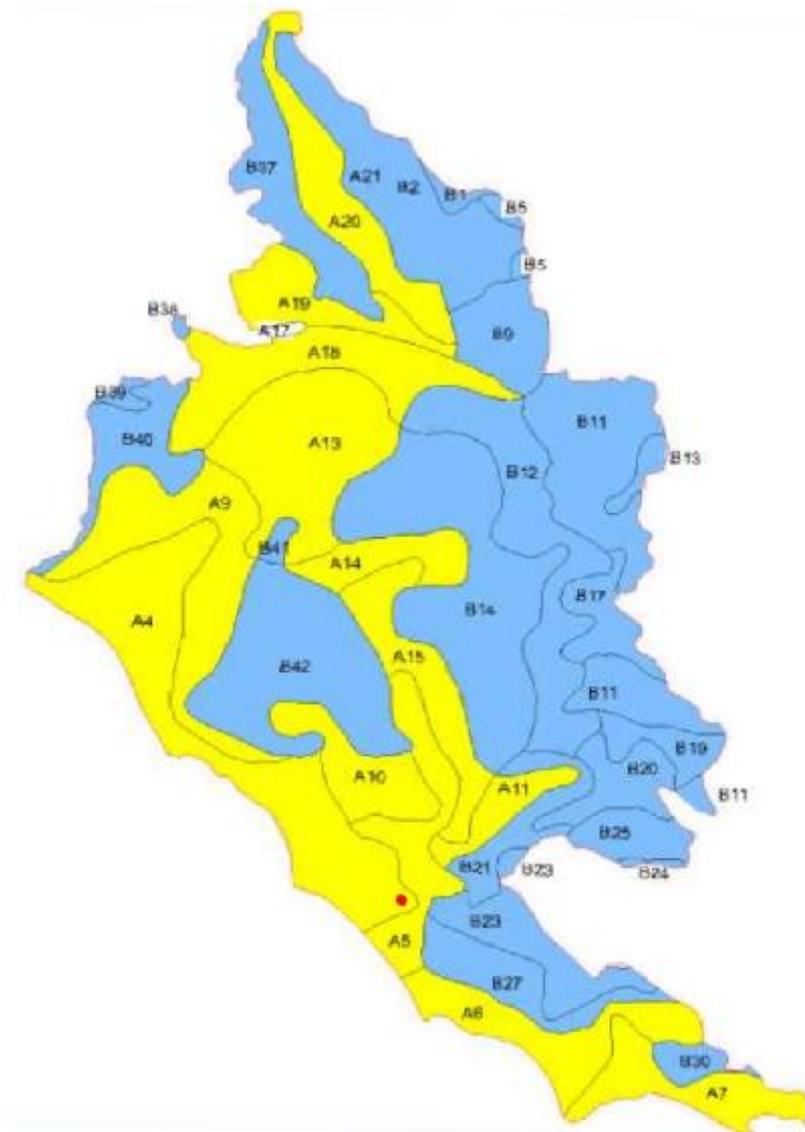


Figura 4-1 Regione Lazio - Aree pluviometriche omogenee del terzo livello di regionalizzazione

Il progetto VAPI ha individuato la relazione tra durata, intensità e frequenza per le diverse APO attraverso la legge riportata:

$$i_t(T) = i_0(T) \times \left(\frac{b}{b+t} \right)^m$$

Dove i_0 è l'intensità istantanea con tempo di ritorno T. La pioggia indice è data dalla media di i_t , che risulta dalla:

$$\mu_{it} = \mu_{i0} \times \left(\frac{b}{b+t} \right)^m$$

Dove μ_{i0} è la media dell'intensità istantanea.

Il coefficiente di crescita vale quindi:

$$k = \frac{i_t}{\mu_{i0}} \times \left(\frac{b+t}{b} \right)^m$$

dove i parametri m (deformazione temporale) e b sono stati assunti indipendenti dal tempo e pari rispettivamente a:

$$b = \frac{1 - 0.0833 \times r^{\frac{1}{m}}}{r^{\frac{1}{m}} - 1}$$

$$m = \frac{\ln\left(\frac{\mu_{i0}}{\mu_{i24}}\right)}{\ln\left(1 + \frac{24 \times \left(\frac{1}{r^{\frac{1}{m}} - 1}\right)}{1 - 0.0833 \times r^{\frac{1}{m}}}\right) - 1}$$

Valgono le seguenti ipotesi ai fini della determinazione dei parametri sopra elencati:

- L'intensità di pioggia media di 24 ore è proporzionale all'intensità media giornaliera e il coefficiente di proporzionalità è stato assunto costante su tutto il territorio e pari a 1,15;
- Il rapporto r tra l'intensità media della pioggia di 5 minuti e quella della pioggia oraria è costante su tutta l'area esaminata e pari a 3,36;
- Nelle zone omogenee identificate per i valori massimi giornalieri dell'anno, l'intensità istantanea media è dipendente dalla quota altimetrica della stazione pluviometrica.

Di seguito si riportano i valori dei parametri di regionalizzazione dedotti dallo studio citato.

regione	Λ^*	Θ^*	Λ_1	β
A	0,174	3,49	29,31	4,48
B	0,762	1,241	22,02	4,359
C	0,795	2,402	27,81	5,301

Tabella 4-1 Valori dei parametri per il 1° e 2° livello di regionalizzazione

L'area di progetto ricade nella Regione A – regione tirrenica, sottozona omogenea A4. Sulla base dei parametri su riportati si è proceduto alla completa identificazione della funzione TCEV per l'area interessata, determinando i fattori di crescita per i tempi di ritorno considerati, che si riportano nella Tabella 4-2.

T (anni)	5	10	25	50	100	200	500
K_T (SZOA)	1.22	1.49	1.97	2.45	2.98	3.52	4.23

Tabella 4-2 Fattori di crescita K_T delle piogge orarie per la regione A

Dalla letteratura precedentemente elencata è stato possibile estrarre i dati relativi al terzo livello di regionalizzazione mostrati in Tabella 4-3 e Tabella 4-4.

SZO	N	b	m	μ_{i0}/μ_{i24}
A4	4	0,1705	0,7881	49,62

Tabella 4-3 Terzo livello di regionalizzazione - parametri regionali delle relazioni IDF

SZO	c[mm/m]	d[mm]
A4	0,0339	67,67

Tabella 4-4 Terzo livello di regionalizzazione - parametri della regressione della media sulla quota

4.2.1 Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

Sulla base dei parametri precedentemente determinati è stato possibile determinare, per ciascun fissato tempo di ritorno Tr , l'intensità di pioggia per ciascuna durata mediante l'espressione:

$$i(Tr, t) = \mu_{i0}(t) \times K_T(Tr) \times \left(\frac{b}{b + t} \right)^m$$

Dove:

- $\mu_{i0}(t)$ è la pioggia indice che è posta pari alla media dei valori massimi annuali ricavabile dal campione di dati disponibile per l'area in esame;
- $K_T(Tr)$ è il fattore di crescita su richiamato o coefficiente applicativo, funzione del tempo di ritorno;
- b, m, c e d sono parametri ottenuti al 3° livello di regionalizzazione.

Di seguito si riporta, per la sottozona omogenea d'interesse, le curve di probabilità pluviometrica al variare dell'altezza di pioggia per durate di 1,3,6,12, 18 e 24 ore. Ottenuta l'intensità, il ricavo dell'altezza di pioggia è immediato.

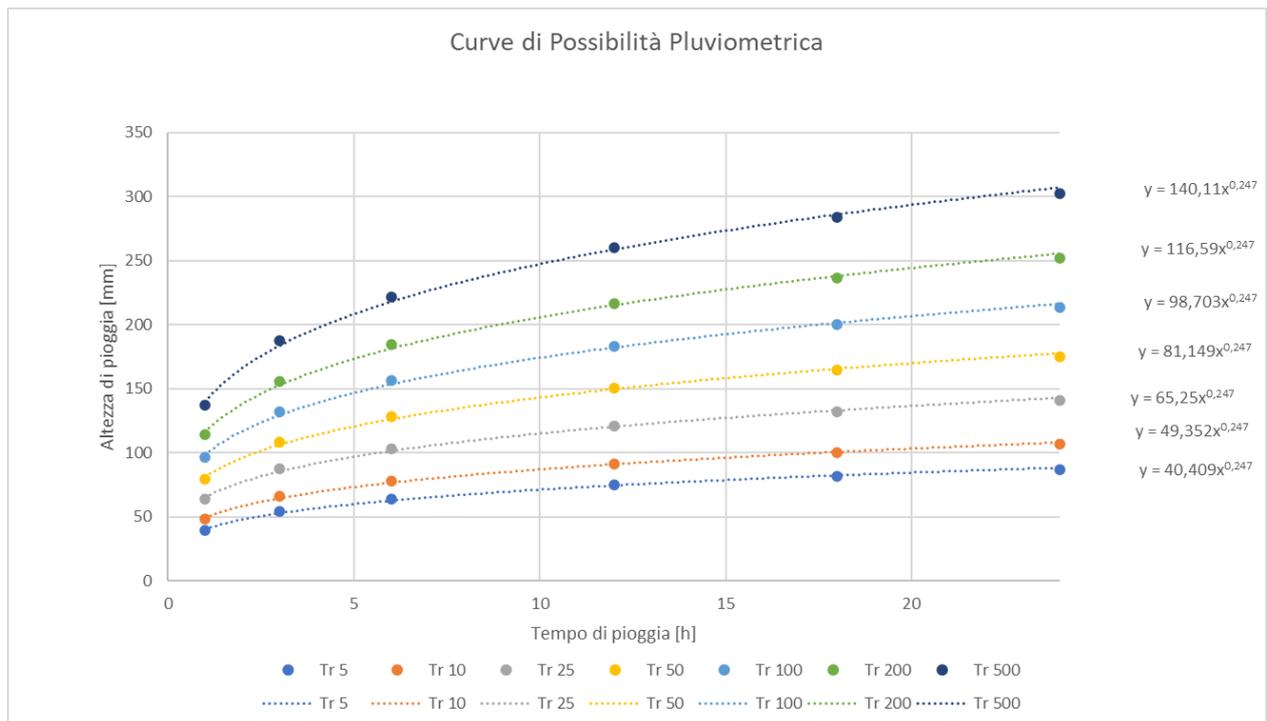


Figura 4-2 Curve di Possibilità Pluviometrica per la sottozona SZ4 oggetto di studio

Le equazioni delle curve di possibilità pluviometrica sono elencate nel grafico di Figura 4-2 e sono nella forma $h = a * t^n$.

5 Stima delle portate di progetto

Scopo del presente capitolo è la definizione delle portate di pieni corrispondenti a tempi di ritorno di progetto per quanto riguarda i bacini scolanti identificati come critici ai fini della regimazione delle acque per progetto.

La metodologia identificata per la valutazione della piena di progetto è il metodo razionale e si articola come segue:

1. Delimitazione dei sottobacini idrografici di interesse sulla base della morfologia del territorio e della nuova viabilità interna d'impianto;
2. Definizione dei parametri morfologici quali superficie del bacino sotteso, lunghezza e pendenza dell'asta principale, quota massima, minima e media del bacino, copertura vegetale e uso del suolo;
3. Definizione dei tempi di corrivazione in base a diverse formule teorico-sperimentali e attribuzione dei valori di riferimento;
4. Definizione della curva segnalatrice di probabilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno (vedi Capitolo 4);
5. Analisi dei dati di copertura e vegetazione per la valutazione del coefficiente di deflusso;
6. Calcolo della portata di massima piena per diversi tempi di ritorno.

5.1 Identificazione dei sottobacini critici

L'impianto fotovoltaico in progetto è ubicato in un'area prevalentemente collinare, con pendii dolci e quasi completamente privi di alberi, caratterizzato da un utilizzo del suolo a fini agricoli. La zona, con una quota su livello del mare che varia tra i 90 m e i 125 m, presenta una morfologia rimodellata dall'intensa attività agricola della zona. Inoltre ai bordi dei campi sono presenti dei canali di scolo naturali.

In questa configurazione morfologica, l'impianto è disposto in corrispondenza o in prossimità dei displuvi e comunque lontano dai maggiori percorsi di deflusso. Una conseguenza dell'orografia del sito è che le superfici scolanti a monte dell'impianto in progetto sono poche e di limitata estensione. Si propone di seguito un inquadramento dell'impianto fotovoltaico su DTM, avente risoluzione pari a 5 m e i bacini idrografici locali che caratterizzano l'intorno delle opere di progetto.

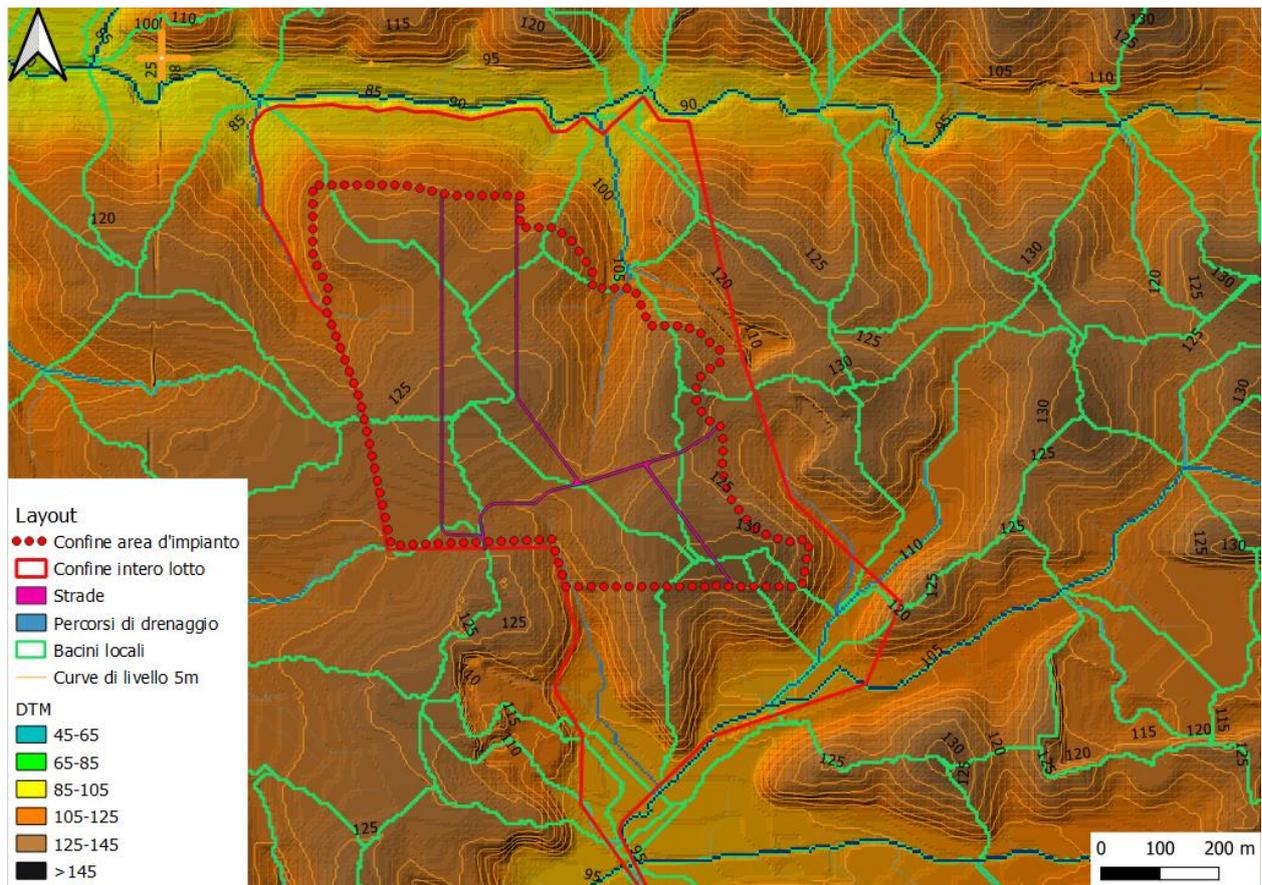


Figura 5-1 Inquadramento layout stradale d'impianto, perimetri, percorsi di drenaggio e bacini locali su DTM.

Al fine di pre-dimensionare correttamente le opere idrauliche di progetto è necessario stimare le massime portate convogliate in corrispondenza della viabilità interna all'impianto. Tale stima prevede, in primo luogo, l'individuazione dei sottobacini caratterizzati dall'aver sezioni di chiusura lungo la viabilità di progetto oltre che le maggiori estensioni areali che interessano i lotti dell'impianto.

I sottobacini critici sono illustrati nei seguenti inquadramenti, sia su ortofoto che su DTM, avente risoluzione pari a 5 m.

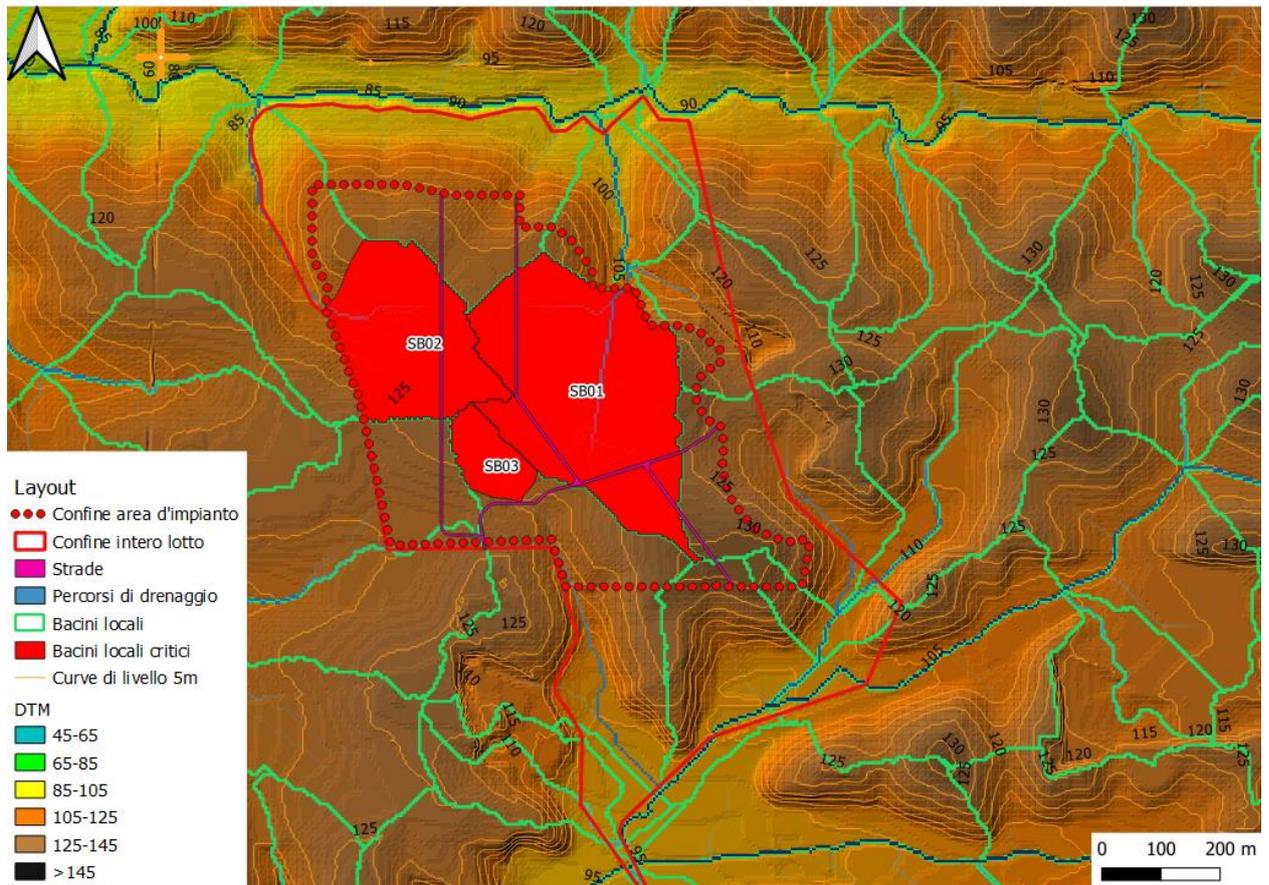


Figura 5-2 Individuazione dei sottobacini critici su DTM

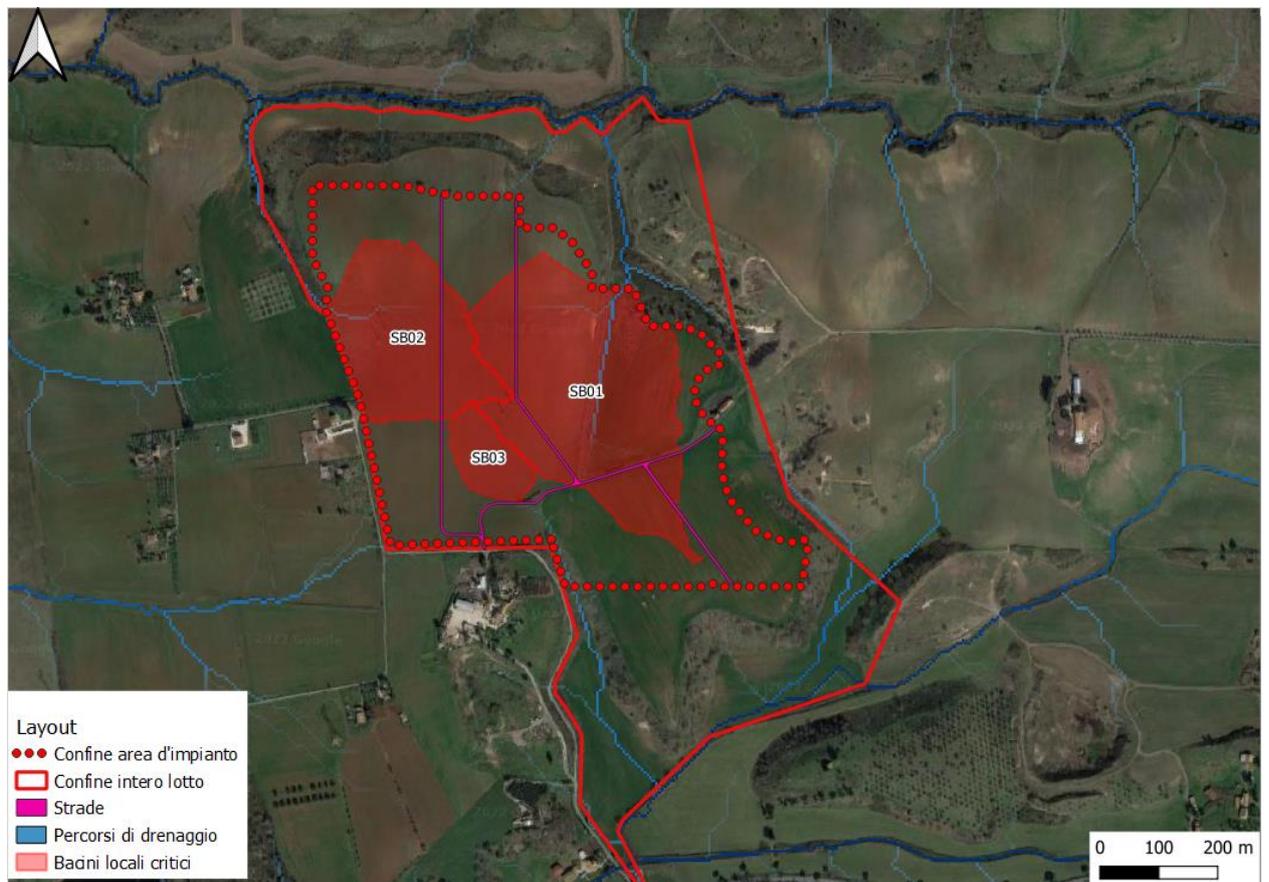


Figura 5-3 Individuazione dei sottobacini critici su ortofoto.

5.2 Metodologia di calcolo delle portate

Per una prima stima delle portate di piena si è deciso di adottare il metodo razionale, alla cui base vi sono le seguenti assunzioni:

- La massima piena avviene per precipitazioni meteoriche con durata pari al tempo di corrivazione del bacino;
- Il picco di piena ha il medesimo tempo di ritorno della precipitazione che lo ha generato;
- La formazione delle piene ed il suo trasferimento lungo il reticolo idrografico avvengono senza la formazione di invasi significativi;

La portata al colmo di piena è espressa dalla formula:

$$Q = \frac{c \cdot h \cdot A}{3,6 \cdot t_c} \text{ in m}^3/\text{s}$$

dove:

- c rappresenta il coefficiente di deflusso del bacino;
- h , l'altezza di massima pioggia per assegnato tempo di ritorno ed una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (mm);
- A è la superficie del bacino (km²);
- t_c tempo di corrivazione del bacino (h).

5.2.1 Tempo di corrivazione

La determinazione del valore del tempo di corrivazione per bacini con estensione areale inferiore ai 20 km² come nel caso in esame è stata effettuata, in funzione delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini, mediante le formule di Pezzoli, Kirpich, Ventura e Viparelli. Il tempo di corrivazione di progetto è stato poi calcolato come media dei valori ottenuti.

5.2.2 Altezza di pioggia

L'altezza di pioggia massima di assegnato tempo di ritorno e durata è ricavabile dalle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica ricavate nel Capitolo 4 del presente elaborato. Assegnato un tempo di ritorno di progetto pari a $T_r = 25$ anni, l'equazione della linea segnalatrice si esprime come:

$$h(t, 25) = 65,25 \cdot t^{0,247}$$

tuttavia, tale equazione ricavata mediante il modello VAPI, trova applicazione per eventi meteorici di durata maggiore ad 1 ora. Nel presente caso, trattandosi di piccoli bacini con brevi

tempi di corrivazione, l'equazione di calcolo della precipitazione massima per gli eventi di breve durata si esprime:

$$h(t) = 0,208 \cdot h(1) \cdot t^{0,386} \text{ in cui } t \text{ è espresso in minuti.}$$

Tale espressione, disponibile in letteratura, è stata ricavata analizzando i dati forniti nella Tab. V degli Annali Idrologici, relativi alle precipitazioni di breve durata e notevole intensità (Ferrerri G. B. & Ferro V. – 1996 – Rainfall intensity-duration-frequency relationship for South Italy. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 95).

Infine, andrebbe considerato il fatto che piogge di elevata intensità si concentrano in aree piccole, e che, a parità di durata e tempo di ritorno, l'altezza di precipitazione decresca al crescere dell'area. Per tener conto di tale fenomeno, l'altezza di pioggia stimata andrebbe rapportata secondo un fattore di riduzione areale - ARF. Tuttavia, nel caso in esame, le aree dei bacini sono inferiori ad 1 kmq e pertanto il valore di ARF è assunto pari a 1.

5.2.3 Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso relativo a ciascun bacino idrografico di interesse è stimato mediante il metodo del Curve Number, proposto dal Soil Conservation Service (1972), il quale si basa sull'assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace) P_{net} risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda P (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

nella quale S è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione ed I_a è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia creazione di deflusso. In mancanza di adeguate osservazioni utili, per la stima di I_a si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0,2 \cdot S$$

che risulta verificata in buona approssimazione.

La valutazione del valore di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), cui esso risulta legato dalla relazione:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico. Il Soil Conservation Service (SCS) sulla base della capacità di assorbimento del terreno

nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipo di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D):

- Gruppo A - Scarsa potenzialità di deflusso: comprende forti spessori di sabbia con scarsissimo limo e argilla; anche forti spessori di ghiaie profonde, molto permeabili.
- Gruppo B – Potenzialità di deflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte degli strati sabbiosi meno spessi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
- Gruppo C – Potenzialità di deflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
- Gruppo D - Potenzialità di deflusso molto elevata: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo per condizioni di umidità iniziale medie.

Tipologia di Uso del Territorio	Tipo idrologico Suolo			
	A	B	C	D
Terreno coltivato				
in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno a pascolo				
in cattive condizioni	68	79	86	89
in buone condizioni	39	61	74	80
Terreni boscosi o forestati				
in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi				
con copertura erbosa superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
con copertura erbosa compresa tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
con copertura erbosa inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Aree commerciali (area impermeabile 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali				
impermeabilità media 65%	77	85	90	92
impermeabilità media 38%	61	75	83	87
impermeabilità media 30%	57	72	81	86
impermeabilità media 25%	54	70	80	85
impermeabilità media 20%	51	68	79	84
impermeabilità media 12%	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade	98	98	98	98
Strade				
pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
con letto in ghiaia	76	85	89	91
battute in terra	72	82	87	89

Figura 5-4 CN in funzione di uso e tipo del suolo (Soil Conservation Service).

Al fine di definire il valore di CN per i bacini in studio, le risultanze a seguito dell'analisi bibliografica e della 1.15-A-CIV-Relazione Geotecnica e Geologica, mostrano un terreno avente tipologia di uso "Terreno coltivato in presenza di pratiche di conservazione del suolo" e un tipo idrologico di suolo di classe B. Ne consegue un valore di CN pari a 71.

Una volta calcolata la pioggia netta (efficace), il coefficiente di deflusso è pari a:

$$c = \frac{P_{netta}}{P}$$

5.3 Risultati delle elaborazioni

Di seguito in Tabella 5-1 sono riportati i valori di massima piena per tempo di ritorno pari a 25 anni associate ai sottobacini identificati come critici in termini di sollecitazione sulle opere di progetto dell'impianto fotovoltaico di Solforatelle.

Sottobacino	A [km ²]	L[km]	i[-]	tc [h]	h(tc,25 y)[mm]	c [-]	Q [m ³ /s]
SB1	0,116	0,289	0,052	0,068	22,81	0,12	1,302
SB2	0,062	0,152	0,066	0,035	17,69	0,10	0,833
SB3	0,014	0,110	0,045	0,034	17,51	0,10	0,196

Tabella 5-1 Esiti di valutazione delle piene di progetto.

Le portate idrologiche così individuate forniscono un input per il dimensionamento di eventuali opere idrauliche, come fossi di guardia e attraversamenti, al fine di convogliare le portate critiche intercettate a monte della viabilità in progetto in favore degli impluvi esistenti a valle. In base alla scelta della posizione degli attraversamenti, sarà opportuno in fase di progettazione esecutiva valutare eventuali portate residue afferenti negli attraversamenti ai fini del dimensionamento degli stessi.

6 Effetti indotti dal progetto sulla componente idraulica

I possibili impatti che si possono identificare a seguito dell'installazione di un parco fotovoltaico sulla componente idrica e sulla matrice suolo/sottosuolo, durante la fase di esercizio possono essere legati:

- a uno squilibrio del ciclo idrologico e idrogeologico delle acque piovane;
- a fenomeni di erosione riveniente dalla modificazione del regime di scorrimento delle acque meteoriche superficiali.

Per tale motivo durante le fasi di progetto successive delle opere si dovrà tenere in considerazione la rete di drenaggio naturale dell'area, considerando la creazione di un sistema di incanalamento e gestione delle acque meteoriche per evitare fenomeni di erosione degli strati superficiali e mantenere le attuali vie di deflusso verso i recettori naturali all'esterno dell'area d'impianto. In tal modo, l'equilibrio idrografico dell'area rimarrà invariato ed il deflusso che si potrebbe verificare a seguito di eventi di precipitazione potrà defluire in sicurezza.

6.1 Opere idrauliche di progetto

Questo paragrafo presenta le opere idrauliche che potranno venire implementate per una adeguata gestione dei deflussi superficiali.

6.1.1 Attraversamenti in corrispondenza dei punti di scarico

Si tratta di attraversamenti del rilevato stradale resi necessari per lo scarico, presso gli impluvi esistenti, delle acque meteoriche intercettate dai fossi di guardia o per la presenza di impluvi.

La posizione di tali opere è legata alla morfologia del terreno e al loro numero. Potranno essere posti in prossimità delle sezioni di chiusura dei bacini più grandi in maniera tale che le portate maggiori siano allontanate dal rilevato stradale il più presto possibile.

Gli attraversamenti potranno essere realizzati con tubazioni in HDPE corrugato SN8 di diametro variabile (da 500 mm a 1000 mm) e potranno prevedere in ingresso un pozzetto per ispezione e raccordo con eventuale fosso di guardia ed in uscita lo scarico diretto presso gli impluvi esistenti, previa opera di dissipazione in pietrame.

SEZIONE TIPO ATTRAVERSAMENTO STRADALE
Scala 1:50

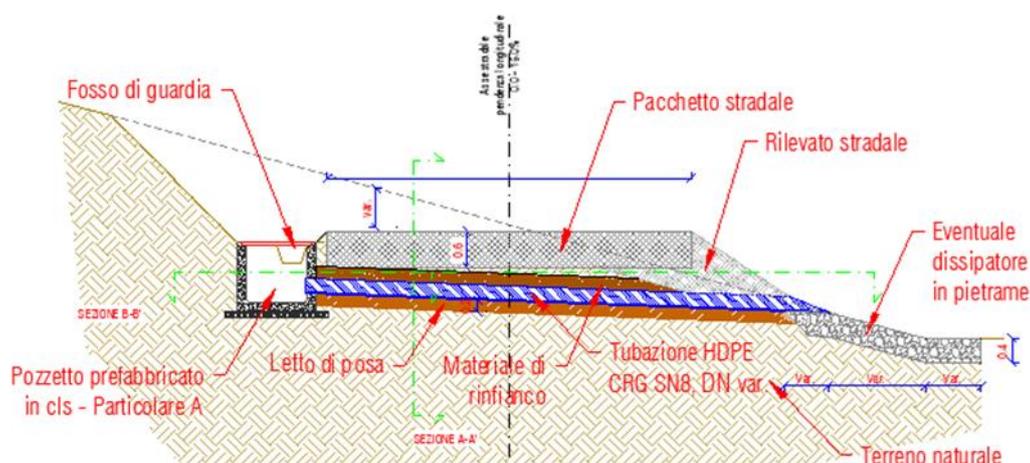


Figura 6-1 Tipologico attraversamento stradale.

Le opere di dissipazione possono essere poste al termine degli scarichi, in modo tale da ridurre l'energia della corrente idrica reimpressa negli impluvi naturali e limitare quindi l'erosione dei versanti.

6.1.2 Canalette trasversali

Si potrà prevedere la posa di canalette in legname trasversali alla viabilità per i tratti con pendenza superiore a 12%. Tali opere hanno lo scopo di limitare la lunghezza del percorso dell'acqua sul piano stradale convogliandola presso i fossi di guardia paralleli ad essa riducendone così il potere erosivo ed il deterioramento della viabilità.

CANALETTA DI RACCOLTA TRASVERSALE

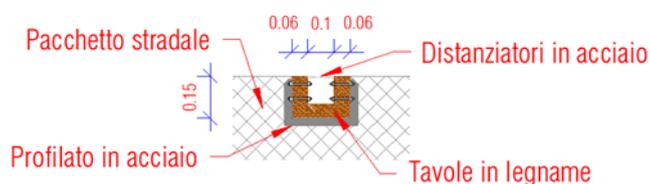


Figura 6-2 Tipologico canaletta trasversale, dimensioni indicative.

La distanza tra le canalette consecutive dovrà garantire lo smaltimento del deflusso superficiale prodotto sulla sede stradale, limitare l'erosione del fondo stesso ed evitare la formazione di solchi, ma al contempo assicurare una qualità di transito ragionevole. È buona prassi installare una canaletta ogni 50-60 m ed orientamento di 30° rispetto alla perpendicolare dell'asse stradale, per evitare che le ruote gravino contemporaneamente sul manufatto e per conferire una pendenza trasversale.

7 Conclusioni

L'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione non risulta in un'area a pericolosità e rischio idrogeologico e l'area di studio è interessata solo marginalmente dalla presenza di due corsi d'acqua di piccole dimensioni, che non interferiscono direttamente con l'area di progetto.

Lo sviluppo di tale rete naturale è stato considerato nel layout di progetto definitivo. La progettazione di dettaglio con il dimensionamento delle opere sarà sviluppata in fase di redazione del progetto esecutivo.

Tale approccio progettuale consentirà di mantenere invariato l'equilibrio "idrologico-idraulico" preesistente agli interventi di progetto e, al contempo, assicurando la regimazione delle acque che defluiscono all'interno del parco in progetto a protezione delle infrastrutture dell'impianto fotovoltaico.