



GENNAIO 2026

**GREEN FROGS PARMA SRL**  
**IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO**  
**"PARMA"**  
**COMUNI DI MONTECHIARUGOLO E**  
**TRAVERSETOLO (PR)**

Montana

PROVVEDIMENTO      AUTORIZZATORIO      UNICO  
REGIONALE - art. da 15 a 21 della L.R. 4/2018

**ELABORATO R06**

**RELAZIONE      IDROLOGICA      E**  
**IDRAULICA**

**Progettista**

Corrado Pluchino / Ord. Ing. Milano A27174

**Coordinamento**

Andrea Mastio

**Codice elaborato**

*3162\_6252\_PA\_PAUR\_R06\_Rev1\_Relazione Idrologica e  
idraulica.docx*

**Montana S.p.A.**

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano

Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa



**CORRADO  
PLUCHINO**  
27.02.2026  
14:56:24  
GMT+01:00

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

[www.montanambiente.com](http://www.montanambiente.com)

## Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
3162_6252_PA_PAUR_R06_Rev1_Relazione Idrologica e idraulica.docx	10/2024	Prima emissione	E.Baldi	S.Zucca	C. Pluchino
3162_6252_PA_PAUR_R06_Rev1_Relazione Idrologica e idraulica.docx	01/2026	Seconda emissione	F.Bruzzaniti	A.Mastio	C. Pluchino

## Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Corrado Pluchino	Responsabile Tecnico Operativo	Ord. Ing. Milano A27174
Sara Zucca	Architetto - Coordinamento G.d.L.	
Andrea Mastio	Ingegnere Ambientale	
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico	
Michele Dessì	Ingegnere Elettrico	Ordine Ing. Prov. CA n. 9040 – Sez. A
Matthew Piscedda	Esperto in discipline elettriche	
Damiano Collu	Ingegnere Ambientale	
Matteo Cuda	Naturalista	
Raffaella Bertolini	Naturalista	
Francisco Dimaculangan	Architetto	
Sergio Alifano	Architetto	
Fabio Lassini	Ingegnere Idraulico	Ordine Ing. Milano A29719
Enzo Baldi	Ingegnere Idraulico	

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Fortunato Bruzzaniti	Ingegnere Ambientale	
Vito Cucciniello	Geologo	
Stefano Adami	Ingegnere Ambientale	
Stefano Corrù	Ingegnere civile strutturista	
Francesca Scrofani	Ingegnere civile strutturista	
Matteo Zagarola	Archeologo	
Daniele Gerosa	Geologo	
Federico Miscali	Tecnico Competente in Acustica	Ord. Ing. Prov. CA n. 5061 - ENTECA n. 4017
Eliana Santoro	Agronomo	Agronomo albo n.883 dottori agronomi e forestali provincia di Torino
Leonardo Cuscito	Perito Agrario Laureato	Periti Agrari della Provincia di Bari, n° 1371
Emanuela G. Forni	PHD	PHD - Scienze e Tecnologie Agrarie

## INDICE

1. PREMESSA .....	6
1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO.....	7
2. DATI DI RIFERIMENTO .....	9
2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO.....	9
Modello Digitale del Terreno .....	9
Rilievo Topografico .....	9
2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO .....	9
3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO .....	10
3.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	10
3.2 COPERTURA DEL SUOLO.....	11
3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	12
3.4 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO .....	14
3.5 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO .....	14
Polizia idraulica .....	15
3.6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	15
3.7 INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO.....	21
3.7.1 Piano per l’Assetto idrogeologico del fiume Po (PAI) .....	21
3.7.2 Piano di Gestione del Rischio del Rischio Alluvione (PGRA) .....	23
3.7.3 Conclusioni .....	27
4. STATO DI PROGETTO.....	28
4.1 IMPIANTO AGRIVOLTAICO .....	28
4.1.1 Moduli fotovoltaici .....	29
4.1.2 Struttura di supporto moduli (tracker).....	29
4.1.3 Cavi di controllo e TLC.....	31
4.1.4 Rete di drenaggio interna .....	31
5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO .....	32
5.1 MISURE DI RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ DEI BENI E DELLE STRUTTURE ESPOSTE .....	32
5.2 MISURE VOLTE AL RISPETTO DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA.....	32
5.3 DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI RITORNO .....	33
5.4 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE.....	34
5.5 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO E DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO .....	38
5.5.1 Valutazione ante operam .....	40
5.5.2 Valutazione post operam .....	40
5.6 MASSIMA PORTATA SCARICABILE .....	42
6. SISTEMA DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE IN PROGETTO .....	44
6.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL’AREA DI INTERVENTO.....	44
6.2 STIMA DEL VOLUME DI LAMINAZIONE CON IL METODO DELLE SOLE PIOGGE.....	45
6.3 DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE VOLUMI DI LAMINAZIONE .....	47
6.3.1 Verifica dei volumi di laminazione .....	48
6.4 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE ANTE-OPERAM E POST-OPERAM.....	50

6.5	PUNTI DI SCARICO DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE .....	52
7.	STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA LINEA DI CONNESSIONE .....	54
7.1	IDENTIFICAZIONE INTERFERENZE – CAVO DI CONNESSIONE.....	54
7.2	METODOLOGIA DI VERIFICA PROFONDITÀ DI SICUREZZA POSA TOC.....	56
	Analisi qualitativa .....	56
	Analisi quantitativa .....	56
7.3	RISOLUZIONE INTERFERENZE CAVO DI CONNESSIONE .....	59
	01-MOL.....	59
	01-SALA .....	61
8.	CONCLUSIONE .....	63
	DICHIARAZIONE DI PIENA CONFORMITA’ DEL PROGETTO ALLE NORME E PRESCRIZIONI DEL PTCP E AGLI ALTRI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE PERTINENTI .....	65

## 1. PREMESSA

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto solare agrivoltaico di tipo avanzato all'interno di un'area recintata di circa 19,2 ettari nei territori comunali di Montechiarugolo e Traversetolo, in provincia di Parma (PR), di potenza nominale pari a 15,81 MW.

La società proponente è la GREEN FROGS PARMA s.r.l., con sede legale in via Fratelli Cairoli 2, 25122, Brescia (BS), la quale in considerazione della complessità del progetto e della sensibilità del territorio di riferimento, ha deciso di presentare volontariamente il progetto in Valutazione di Impatto Ambientale, al fine di valutare approfonditamente gli eventuali impatti del progetto sul territorio e tutte le componenti ambientali.

Il progetto risponde alla necessità di produrre energia rispettando, al contempo, l'esigenza, ormai da tempo sentita sia a livello nazionale sia internazionale, di una maggiore sostenibilità ambientale delle attività economiche. Nel caso specifico, si fa riferimento all'impiego privilegiato di risorse energetiche rinnovabili, ottenute mediante tecnologie produttive poco impattanti sull'ambiente, ovvero caratterizzate da emissioni contenute di inquinanti e calore.

L'impianto in esame sarà eseguito in regime “agrivoltaico”, in modo da produrre energia elettrica “zero emission” da fonti rinnovabili attraverso un sistema integrato che permetta di preservare l'attività agricola presente nel territorio, garantendo un modello eco-sostenibile che fornisca energia pulita e prodotti sani da agricoltura biologica.

Il D. Lgs. n. 199 dell'8 novembre 2021 “Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili”, con l'obiettivo di accelerare il percorso di crescita sostenibile del Paese, reca le disposizioni in materia di energia da fonti rinnovabili, in coerenza con gli obiettivi europei di decarbonizzazione del sistema energetico al 2030 e di completa decarbonizzazione al 2050.

Al fine, pertanto, di permettere alle regioni e Province Autonome l'individuazione delle aree idonee all'installazione della potenza eolica e fotovoltaica indicata nel PNIEC, il D. Lgs. 199/2021 fornisce le modalità per minimizzare il relativo impatto ambientale e la massima porzione di suolo occupabile dai suddetti impianti per unità di superficie, nonché dagli impianti a fonti rinnovabili di produzione di energia elettrica già installati e le superfici tecnicamente disponibili.

Inoltre, il recente Testo Unico FER - Decreto Legislativo 25 novembre 2024, n. 190, entrato in vigore il 30/12/2024, integra e semplifica ulteriormente il quadro normativo, introducendo disposizioni specifiche per l'autorizzazione e la realizzazione di impianti agrivoltaici avanzati come quello in esame.

Tuttavia, poiché il termine di 180 giorni per l'adeguamento delle regioni e degli enti locali ai principi del Testo Unico FER non è ancora decorso, in questa fase si applica la disciplina previgente. Nonostante ciò, è importante sottolineare che il progetto in esame rispetta pienamente sia le normative previgenti che i principi e le disposizioni del nuovo Testo Unico FER, garantendo la conformità alle migliori pratiche di sostenibilità ambientale e amministrativa.

L'area su cui si prevede di installare l'agrivoltaico avanzato risponde ai requisiti di cui all'art. 20 “Disciplina per l'individuazione di superfici e aree idonee per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili”, comma 8, lett. c-ter) punti 1 e 2 del summenzionato Decreto 199 del 2021, e si qualifica inoltre come idonea secondo le disposizioni aggiornate del Testo Unico FER, così come evidenziato all'articolo 3 comma 3:

“È fatta salva l'individuazione delle aree ai sensi dell'articolo 20 del decreto legislativo 8 novembre 2021, n. 199.”.

### **Idoneità dell'area ai sensi dell'art 20 comma 8 lett. c-ter) n.1**

L'area in esame rientra tra le aree ex lege idonee per la realizzazione di impianti fotovoltaici ai sensi dell'art. 20, comma 8, lett. c-ter n. 1, D.lgs. 199/2021 secondo cui sono considerate aree idonee, in assenza di vincoli della parte seconda del codice dei beni culturali e del paesaggio, di cui al decreto

legislativo 22 gennaio 2004, n. 42: “le aree classificate agricole, racchiuse in un perimetro i cui punti distino non più di 500 metri da zone a destinazione industriale, artigianale e commerciale, compresi i siti di interesse nazionale, nonché le cave e le miniere”.

Infatti, nel caso di specie, l’intera area di impianto si trova a una distanza inferiore a 500 metri da una zona classificata, sulla base degli strumenti urbanistici attualmente vigenti, come a uso per attività produttiva (industriale e artigianale) e commerciale, e dunque rientra all’interno delle aree idonee prevista dall’art. 20, comma 8, lett. c-ter n. 1, D.lgs. 199/2021.

Ciò chiarito, è bene segnalare che il divieto previsto dall’art. 5 del D.L. n. 63/2024 (c.d. D.L. Agricoltura) di realizzazione di impianti fotovoltaici a terra in alcune aree agricole, tra cui anche le aree di cui all’art. 20, comma 8, lett. c-ter n. 1, D.lgs. 199/2021, è riferito esclusivamente agli impianti fotovoltaici e non agli impianti agrivoltaici. Pertanto, nel caso di specie, il predetto divieto non trova applicazione, posto che la Società non intende realizzare un semplice impianto fotovoltaico, bensì un impianto agrivoltaico avanzato. A ciò si aggiunga che l’impianto agrivoltaico che si intende realizzare – come precisato anche dalla giurisprudenza consolidata sul punto (v. Consiglio di Stato n. 8029/2023) si differenzia rispetto un impianto fotovoltaico classico, considerato che - diversamente da quest’ultimo - adotta soluzioni volte a preservare lo svolgimento e la continuità dell’attività agricola sull’area interessata dall’intervento.

#### **Idoneità dell’area ai sensi dell’art 20 comma 8 lett. c-ter) n.2**

In ogni caso, l’area interessata dalla realizzazione dell’impianto rientra anche tra le aree idonee ex lege previste dall’art. 20, comma 8, lett. c-ter n. 2, D.lgs. 199/2021 secondo cui sono considerate aree idonee per la realizzazione degli impianti fotovoltaici, in assenza di vincoli della parte seconda del codice dei beni culturali e del paesaggio, di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42: “*le aree interne agli impianti industriali e agli stabilimenti, questi ultimi come definiti dall’articolo 268, comma 1, lettera h), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, nonché le aree classificate agricole racchiuse in un perimetro i cui punti distino non più di 500 metri dal medesimo impianto o stabilimento*”.

Ciò posto, nel caso di specie l’area agricola interessata dalla realizzazione dell’impianto si trova racchiusa in un perimetro i cui punti distino non più di 500 metri da uno stabilimento denominato “Azienda Agricola Drugolo S.r.l.” riguardante un allevamento di suini. Come già citato precedentemente, quindi, il divieto di installazione di impianti fotovoltaici con moduli a terra previsto dall’art. 5 del D.L. Agricoltura non riguarda le aree agricole idonee ai sensi dell’art. 20, comma 8, lett. c-ter n. 2, D.lgs. 199/2021 e, pertanto, in tali aree ne è consentita la realizzazione senza alcun tipo di limitazione.

Il progetto rispetta inoltre i requisiti riportati all’interno delle “Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici” in quanto la superficie minima per l’attività agricola è pari al 96,3% mentre la LAOR (Land Area Occupation Ratio), che determina la percentuale di superficie ricoperta dai moduli, è pari al 34,8 %, garantisce la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli, adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra (altezza minima superiore ai 2,10 m) e rispetta altresì i requisiti in termini di monitoraggio e rispetta quindi i parametri necessari per poter essere definito “agrivoltaico avanzato”.

Il progetto verrà connesso alla rete MT (15 kV) di e-distribuzione fino alla cabina primaria denominata CP Montechiarugolo a circa 6 km dall’impianto in progetto. La STMG è identificata dal codice di tracciabilità 381295977. La richiesta è stata effettuata per lotto di impianti di produzione, e in particolare il lotto totale sarà suddiviso in 2 impianti di potenza pari a 5612,00 kW e 8418,00 kW, con la realizzazione di n. 2 cabine di consegna.

### **1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO**

Il presente documento riporta lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell’impianto agrivoltaico avanzato, analizzando le eventuali interferenze dei diversi componenti con le aree a



pericolosità idraulica e identificando, nel caso, la migliore soluzione e tecnologia per la risoluzione delle stesse. In corrispondenza di canali irrigui/corsi d'acqua naturali si è inoltre valutato che il superamento dell'interferenza avvenga in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale.

Lo studio idrologico e idraulico relativo al reticolo idrografico superficiale, ai principali solchi vallivi o aree depresse e alle aree allagabili è riferito alla perimetrazione della pericolosità idraulica riportata dal PAI dell'Autorità di Bacino del Po e dal PGRA.

Il progetto affronta lo studio idrologico-idraulico delle aree scolanti interessate dalle opere del progetto agrivoltaico analizzando il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione delle variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista idraulico (valutazione delle variazioni degli apporti durante gli eventi intensi al ricettore finale).

Tale studio si è svolto secondo le Norme Tecniche di Attuazione del Piano d'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Po, ed in osservanza del Regolamento di Polizia Idraulica del Consorzio di Bonifica Parmense, approvato in data 12/02/2019, il quale definisce le Linee guida per la progettazione dei dispositivi di invarianza idraulica, ed è costituito da:

- Indicazione delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica fornite dal Consorzio di Bonifica Parmense, sulla base delle quali è stata condotta la valutazione dei volumi di laminazione ai fini dell'invarianza idraulica;
- Identificazione della rete scolante e degli scarichi esistenti;
- Determinazione della massima portata scaricabile;
- Dimensionamento preliminare dei volumi di laminazione e del sistema di drenaggio superficiale delle acque meteoriche in progetto;
- Valutazione dei deflussi pluviali e confronto tra la situazione ante e post operam.

Per maggiori approfondimenti relativi alla planimetria gestione acque meteoriche interne e degli interventi di regimazione idraulica delle aree di progetto nel nuovo impianto agrivoltaico si rimanda alla tavola *3162\_6252\_PA\_PAUR\_T15\_Rev1\_Regimazione acque meteoriche*.



## **2. DATI DI RIFERIMENTO**

### **2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO**

La campagna investigativa topografica ha interessato l'intera area di progetto. In una prima fase sono stati acquisiti i modelli digitali del terreno e delle superfici messi a disposizione dalla Regione Emilia-Romagna. Successivamente, nel mese di novembre 2023, è stato effettuato un rilievo topografico di dettaglio mediante volo di drone, che non ha interessato i canali presenti nell'area.

#### *Modello Digitale del Terreno*

Attraverso la fonte ufficiale Regione Emilia-Romagna è stato ottenuto il modello digitale del terreno con una risoluzione spaziale 5x5 metri di tutta l'area di progetto.

#### *Rilievo Topografico*

A novembre 2023 è stato eseguito un rilievo topografico tramite volo di drone al fine di definire l'andamento plano-altimetrico del terreno e la presenza di interferenze nelle aree destinate alla realizzazione del nuovo impianto agrivoltaico avanzato.

### **2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO**

I seguenti documenti sono stati utilizzati come principali riferimenti per lo studio:

- D. Lgs. 152/06 e smi;
- Direttiva Comunitaria 2007/60/CE – Valutazione e Gestione del Rischio di Alluvioni/D. Lgs. 49/2010;
- DRG 1300 del 2016 di Regione Emilia-Romagna;
- Autorità di Bacino del Fiume Po – Piano di Bacino – Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) – Norme Tecniche di Attuazione – Relazione di Piano;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (mappe di allagamento e mappe dei tiranti);
- Direttiva Idraulica Autorità di Bacino per Invarianza 2016/4;
- Sistema di fognatura – Manuale di progettazione – Hoepli, CSDU;
- La sistemazione dei bacini idrografici, Vito Ferro, McGraw – Hill Editore;
- Open Channel Hydraulics, Chow – McGraw – Hill Editor;
- Spate Irrigation – FAO – HR Wallinford;
- Urban Drainage Design Manual pubblicato da FHWA (Federal highway administration – US Department of Transportation).

### 3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

#### 3.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il progetto in esame è ubicato nei comuni di Traversetolo e Montechiarugolo, in provincia di Parma (PR), a circa 5 km in direzione sud-ovest dal centro abitato di Montechiarugolo e circa 4,5 km in direzione nord-est da Traversetolo.

L'area oggetto di studio si trova in agro comunale, a nord della Azienda agricola denominata "Drugolo" e ospita l'impianto agrivoltaico avanzato. In Figura 3-1 viene evidenziato in rosso l'area totale di proprietà dell'azienda Drugolo, di cui solo una porzione è interessata dall'impianto in progetto. Le opere previste, infatti, si inseriscono all'interno di un'area recintata di superficie pari a 19,2 ettari (linea blu). Il cavidotto di connessione che collega l'impianto agrivoltaico alla cabina primaria denominata "Montechiarugolo" si estende per circa 6 km, sarà previsto interrato e percorrerà unicamente la pubblica via. Per il funzionamento dell'impianto, e-distribuzione, ente gestore dell'energia elettrica, ha richiesto il posizionamento di una cabina di sezionamento lungo il percorso del cavidotto e la stessa è stata prevista, come da STMG, nella posizione indicata in figura ricadente nel comune di Montechiarugolo.

Di seguito viene mostrata la localizzazione su base ortofoto dell'area in cui ricadono le opere di progetto:

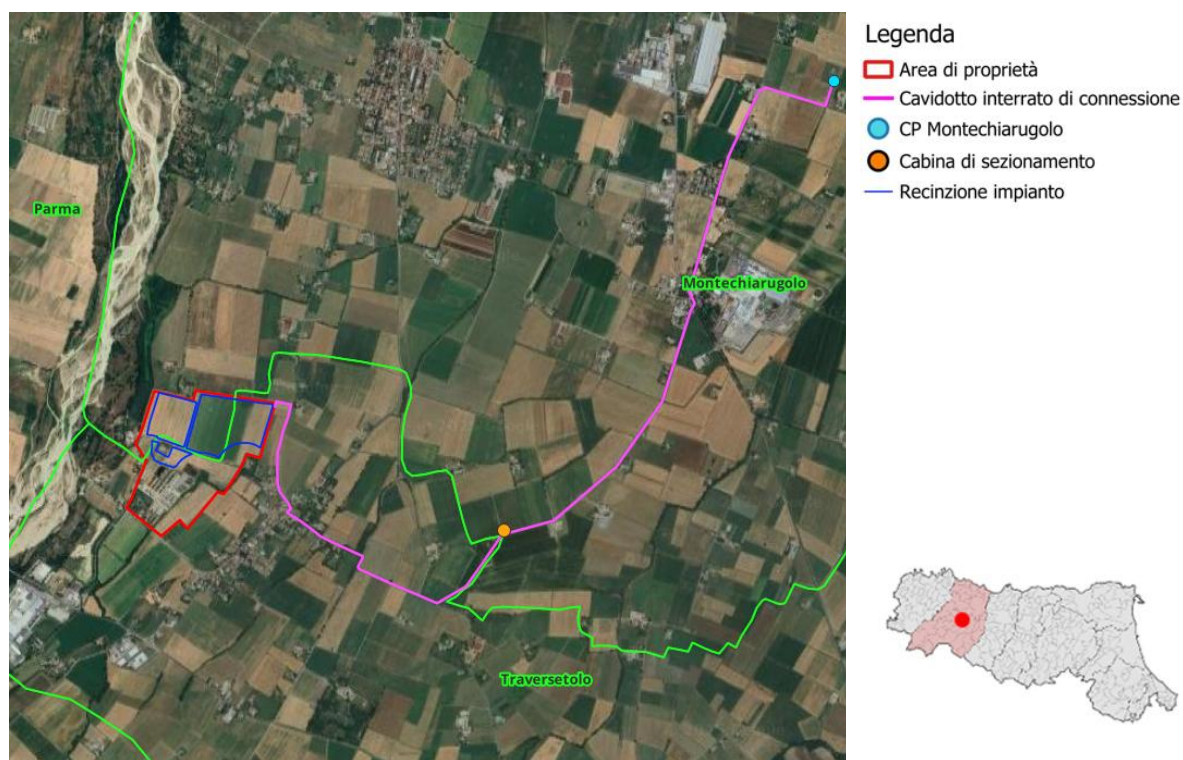


Figura 3-1: Localizzazione dell'impianto

La rete stradale, illustrata dalla figura successiva, che circonda l'area di progetto è costituita:

- a nord, dalla Strada dei Mulini, una strada locale extraurbana;
- a ovest dalla via Stradazza e più distante, la SP16;
- a sud dalla via del Parma.

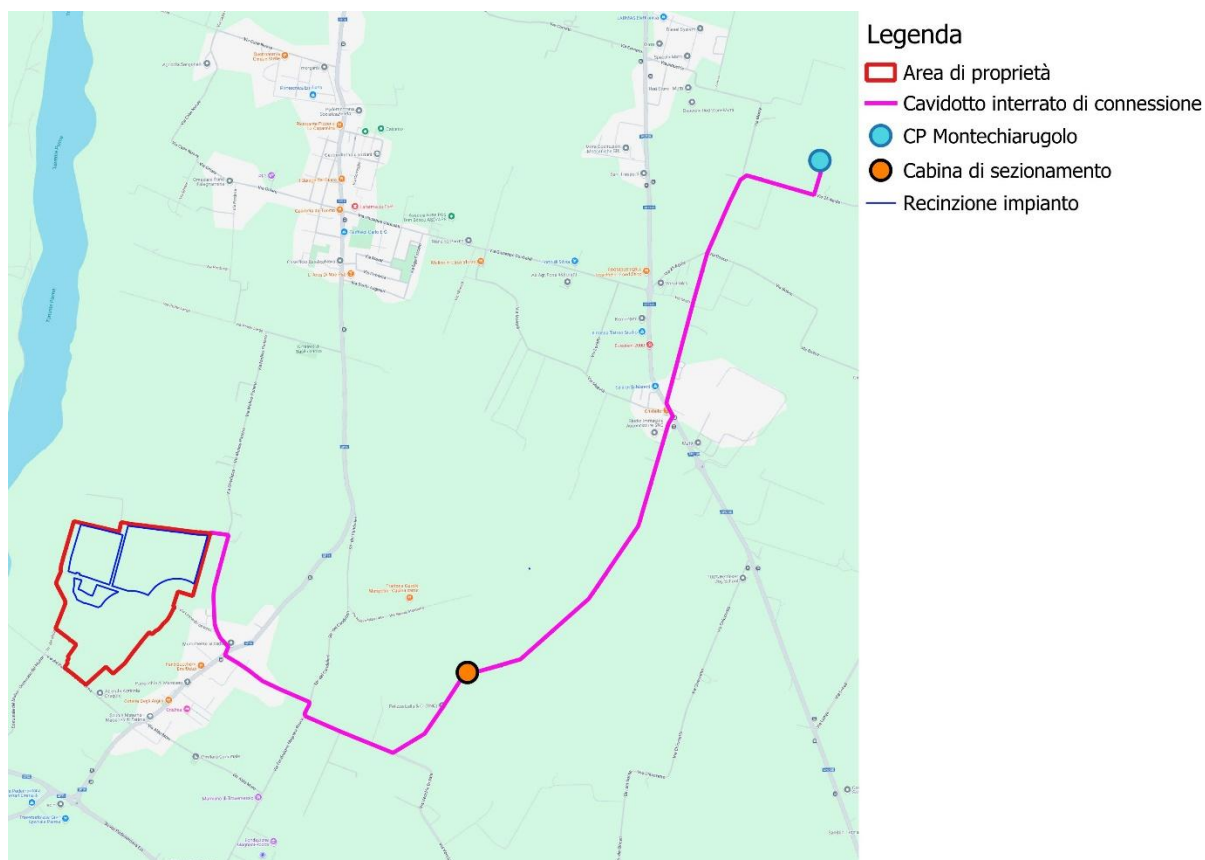


Figura 3-2: Principale viabilità della zona

All'interno dell'area di proprietà sono presenti dei fabbricati di proprietà dell'Azienda Agricola Drugolo. La superficie imputata per la realizzazione dell'agrivoltaico avanzato risulta pianeggiante e attualmente impiegata principalmente per la coltivazione di pomodori e grano duro.

### 3.2 COPERTURA DEL SUOLO

Nell'ambito dello studio idrologico è stata valutata sia la copertura del terreno sia l'uso del suolo dell'area di ubicazione dell'impianto agrivoltaico sulla base dell'ortofoto, sopralluogo e Carta dell'uso del Suolo Regionale.

La zona nella quale verrà insediato il parco agrivoltaico è quella tipica della pianura emiliana caratterizzata da ampie aree pianeggianti uniformemente modellate dall'azione antropica frutto dell'attività agricola.

L'area di progetto presenta esclusivamente Seminativi semplici irrigui, in adiacenza ed in prossimità sono presenti: Insediamenti agro-zootecnici, insediamenti produttivi e strutture residenziali isolate.

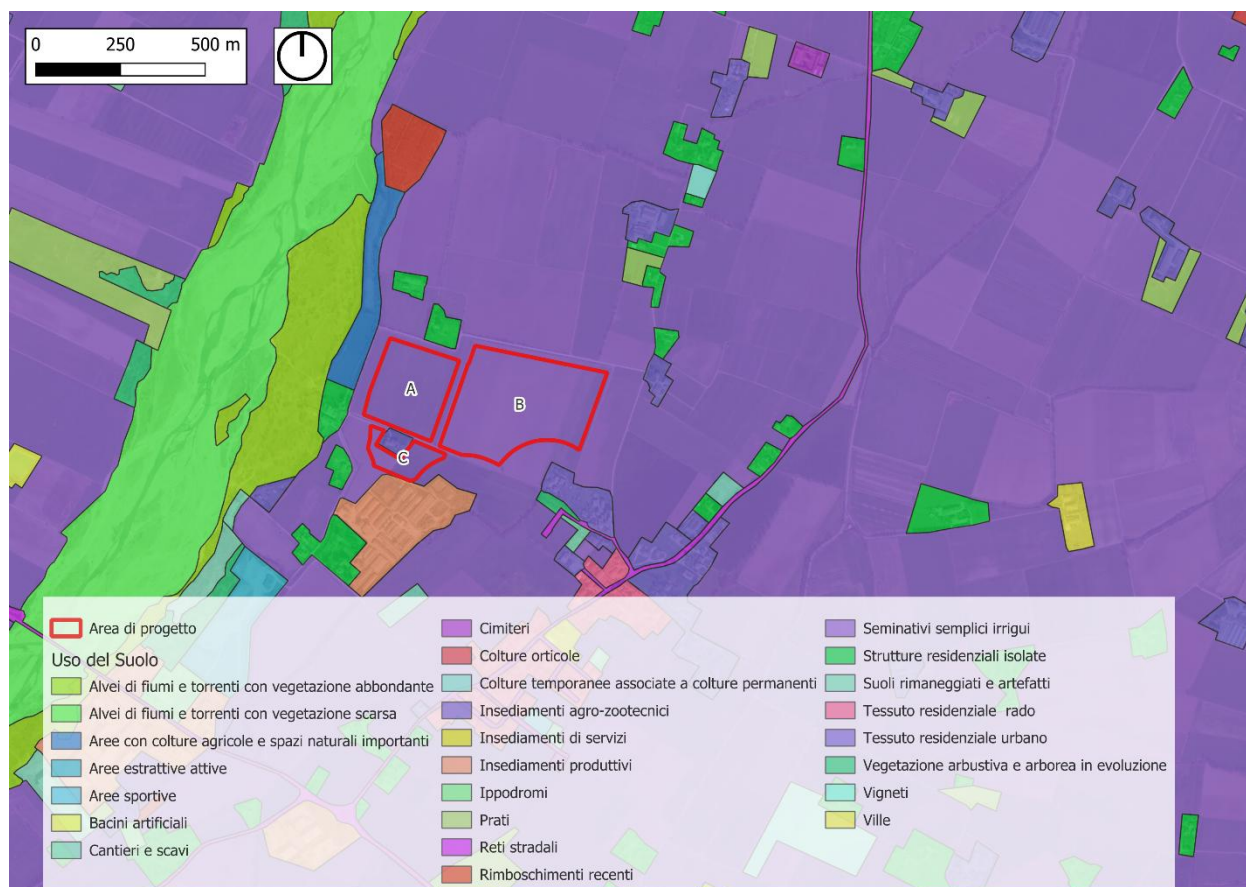


Figura 3-3: Stralcio carta uso del suolo, in rosso l'area di progetto

### 3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area in oggetto appartiene geologicamente al grande bacino subsidente Pilo-Quaternario della Pianura Padana, in un settore influenzato dalle alluvioni da corsi d'acqua appenninici quali il Torrente Parma ed il Torrente Enza.

Dalla consultazione della Carta Regionale Ambienti e Deposizioni e Litologie, il sito risulta essere per la maggior parte su un deposito di argine distale caratterizzato da una tessitura limo sabbiosa ed in quota minore in corrispondenza delle propaggini occidentali su un deposito di canale fluviale caratterizzato da una tessitura ghiaiosa.



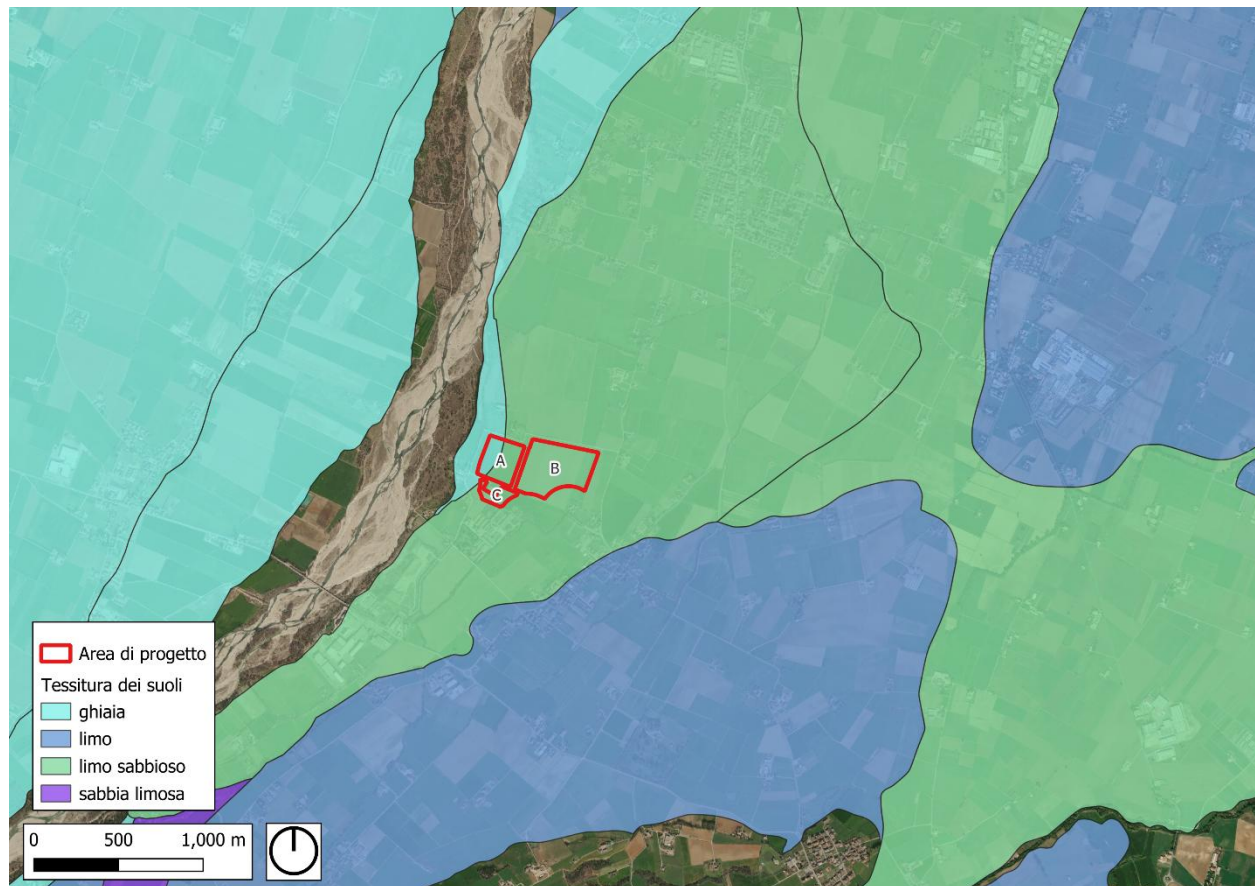


Figura 3-4: Tessitura dei suoli – fonte: Ambiente deposizioni e litologie – Regione Emilia-Romagna

### 3.4 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

I territori dei Comuni di Montechiarugolo e Traversetolo dove si inserisce la proposta progettuale presenta una morfologia pianeggiante con pendenze di circa 1% degradanti verso nord est, in generale l'intera area di intervento presenta una quota compresa tra i 156 e i 148 m s.l.m.

L'intera topografia dell'area degrada verso nord est a partire dalle quote di massimo che si trovano immediatamente oltre la sponda destra del Torrente Parma.

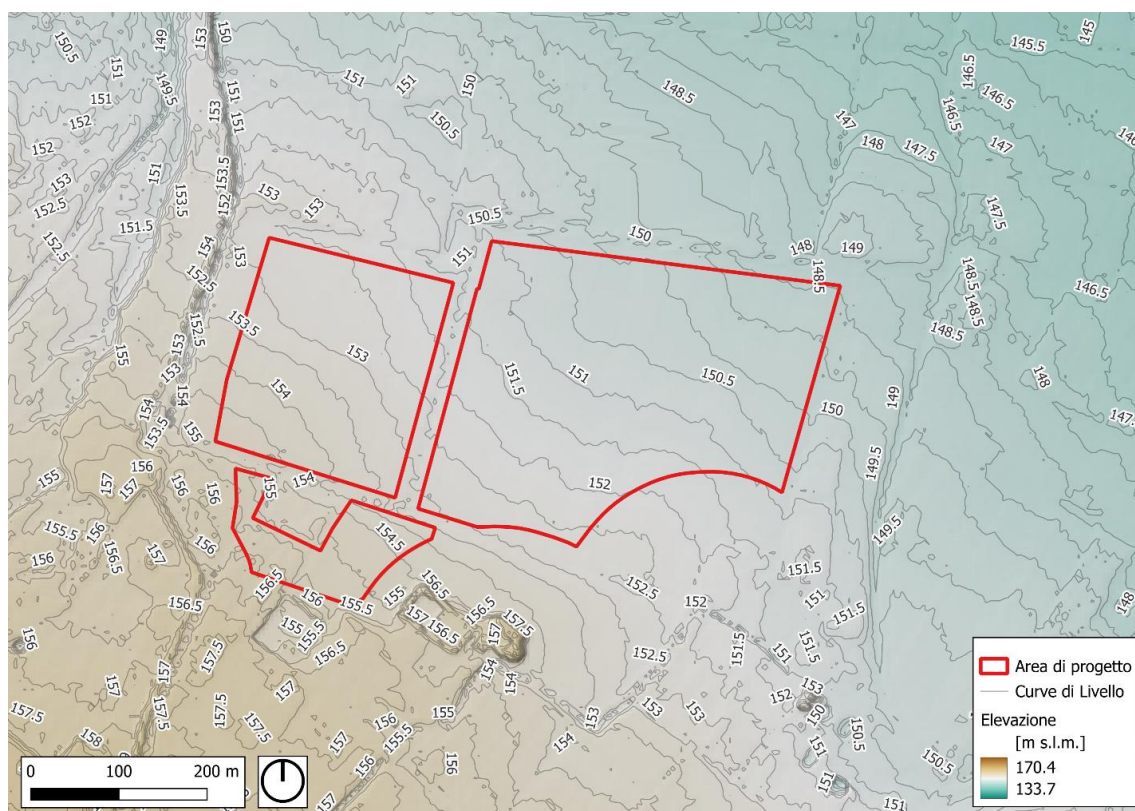


Figura 3-5: Elevazione attorno all'area di progetto

### 3.5 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Il sito ricade all'interno del Comprensorio irriguo di Bonifica Parmense, data la localizzazione del sito nell'alta pianura Parmense si evidenzia la presenza concomitante attorno all'area di progetto sia di un reticolo idrografico naturale e sia di un reticolo idrografico artificiale.

In entrambi in casi la direzione di deflusso principale procede da sud-ovest a nord-est.

L'elemento idrografico naturale che maggiormente caratterizza il territorio attorno alla zona di progetto è il Torrente Parma la cui asta principale dista circa 400 metri dal confine occidentale del campo A.

Per quanto riguarda il reticolo artificiale gli elementi principali sono il Canale Maggiore (affluente di destra del Torrente Parma) posizionato a occidente del sito ed il Canale Gambalone Vivo (affluente di sinistra del Torrente Enza) il cui corso si colloca a circa 100 metri dal confine meridionale e dal confine orientale dell'area recintata in progetto.

La principale interferenza tra il reticolo idrografico ed il cavidotto di connessione in progetto è con il Canale Gambalone Vivo in prossimità del nucleo abitato di Mamiano.



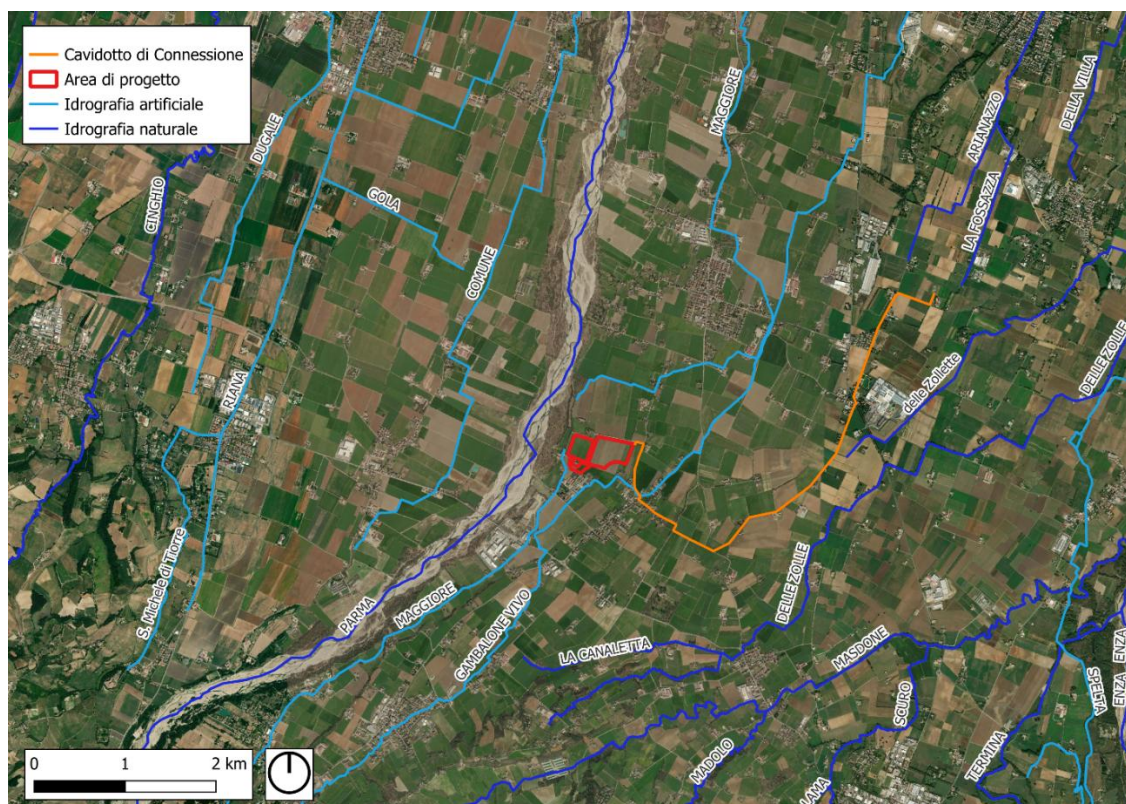


Figura 3-6: Idrografia esistente attorno all'area di progetto

### Polizia idraulica

Facendo riferimento al Regolamento di Polizia Idraulica del Consorzio di Bonifica Parmense, approvato in data 12/02/2019, nel caso di canali a cielo aperto non arginati, si evince che:

- per gli *Impianti tecnologici fuori terra di dimensioni importanti (impianti fotovoltaici, eolici, antenne e ripetitori, cabine riduzione gas, cabine elettriche etc.)* è previsto il rispetto di una distanza dal ciglio del canale lungo entrambi i lati pari a **10 m**;
- per *fossi di scolo paralleli al canale* è previsto il rispetto di una distanza dal ciglio del canale lungo entrambi i lati pari a **5 m**;
- per *Manufatti tecnici interrati (esclusi pozzetti di linea e stazioni di sollevamento): vasche laminazione, fosse imhoff, filtri batterici, vasche di fitodepurazione etc.,* è previsto il rispetto di una distanza dal ciglio del canale lungo entrambi i lati di **5 m**.

Si precisa che, in fase progettuale, sono state considerate le fasce di rispetto individuate dalla normativa di polizia idraulica vigente, assicurando che tutte le opere previste risultino esterne a tali aree.

## 3.6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

In Emilia-Romagna i corpi idrici sotterranei sono stati individuati e monitorati dall'Agenzia Regionale Prevenzione Ambiente ed Energia (ARPAE).

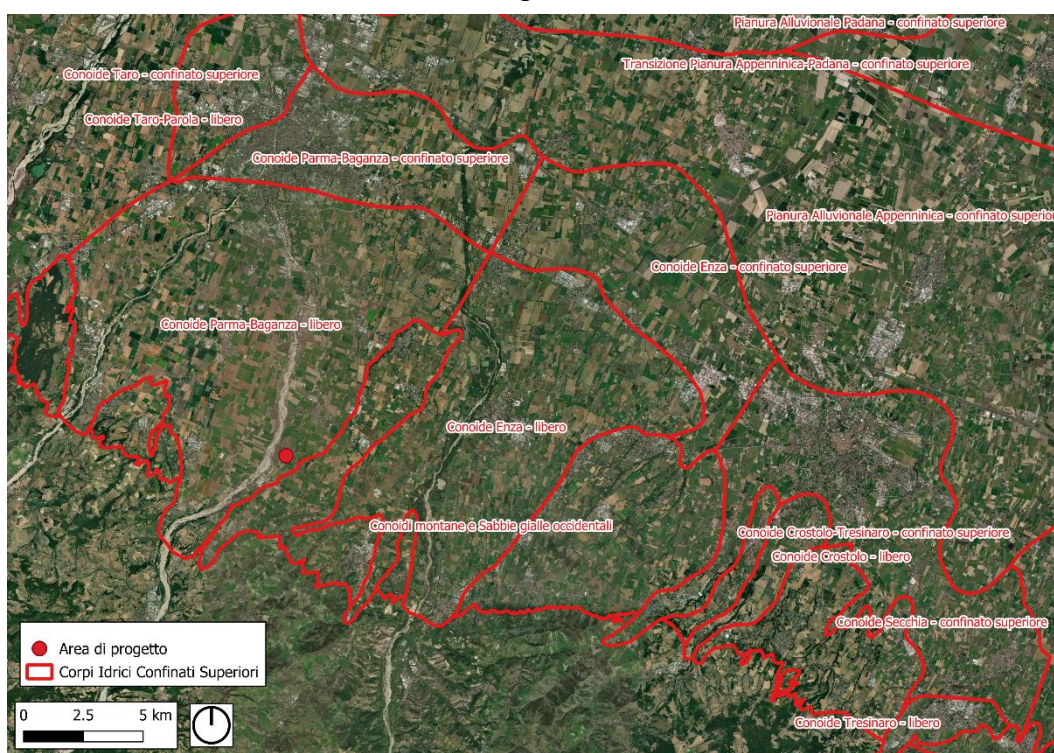
I corpi idrici sotterranei sono stati individuati e delimitati sulla base delle caratteristiche geologiche (complessi idrogeologici, mezzi porosi e fessurati), idrogeologiche (acquiferi liberi e confinati) e delle pressioni antropiche che insistono sulle acque sotterranee.

La complessa struttura idrogeologica della Pianura Padana può essere rappresentata da numeri acquiferi sovrapposti (multistrato) le cui zone di ricarica sono ubicate prevalentemente lungo il

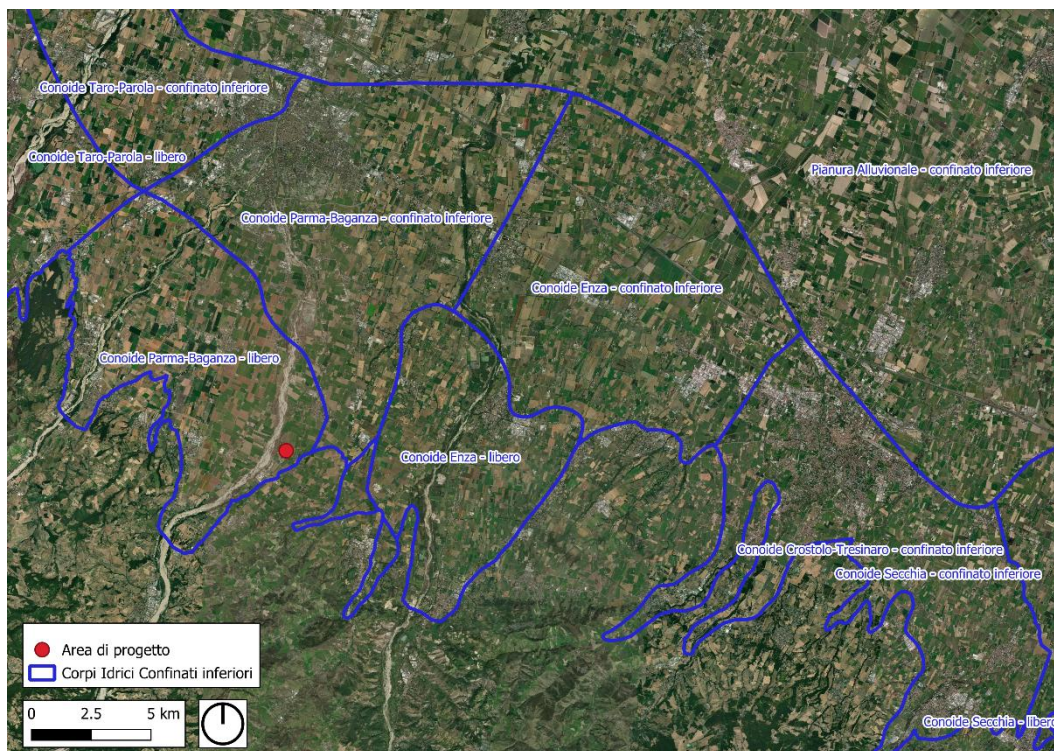


marginale appenninico (conoidi alluvionali) e lungo quello padano più a nord. In profondità sono distinti 3 livelli di corpi idrici sovrapposti, che raggruppano diversi acquiferi sulla base delle pressioni antropiche e delle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo: un livello superficiale dello spessore medio di circa 10 metri con caratteristiche freatiche e di ridotta potenzialità idrica; un secondo livello sottostante al primo, che risulta idrogeologicamente confinato (confinati superiori); il terzo e ultimo livello ancora più profondo, le cui pressioni antropiche risultano attenuate o assenti (confinati inferiori).

Il livello superficiale viene individuato dal reticolo idrografico superficiale, che nell'intorno dell'area di progetto corrisponde all'asta principale del Torrente Parma, il sito inoltre insiste sul corpo idrico confinato superiormente denominato “Conoide Parma Baganza” e sul corpo idrico confinato inferiormente denominato “Conoide Parma Baganza”.



*Figura 3-7: Corpi Idrici Confinati Superiori attorno all'area di progetto*

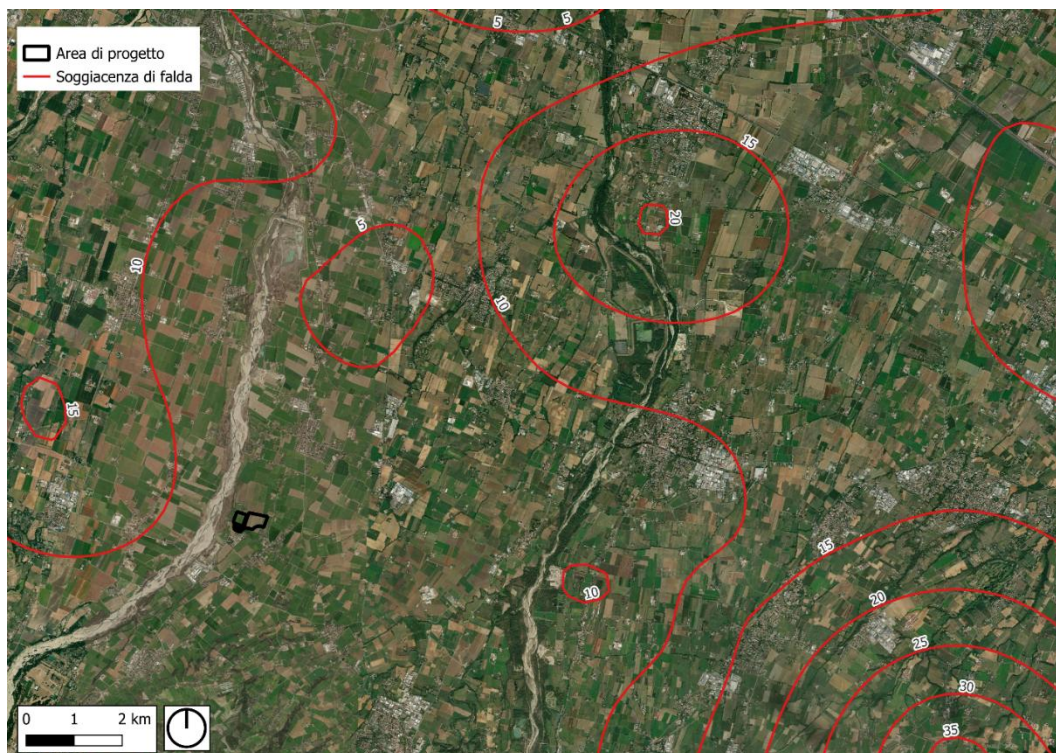


*Figura 3-8: Corpi Idrici Confinati inferiori attorno all'area di progetto*

Viene di seguito proposta la rappresentazione cartografica della soggiacenza media (profondità del livello della falda in metri dal piano campagna) negli acquiferi liberi e confinati inferiori della Pianura dell'Emilia-Romagna nel periodo 2014-2019.

Si noti come attorno all'area di progetto la soggiacenza risulta essere sempre compresa tra 5 e 10 metri dal piano campagna e di conseguenza di assume il progetto come non interferente con le acque sotterranee.





*Figura 3-9: soggiacenza media di falda – Fonte: ARPAE*

Nelle successive Figura 3-10 e Figura 3-11 si riportano rispettivamente i livelli di soggiacenza media nei corpi idrici liberi e confinati, superiori e inferiori riferiti all’anno 2024, dalle quali si può notare come nei pressi dell’area di impianto, in entrambi i casi la soggiacenza media si attesta attorno ai 5-10 m.

In Figura 3-12 si riporta l’evoluzione temporale delle falde nei corpi idrici di pianura alluvionale con acquiferi confinati inferiori nel periodo 2002-2024.

Dall’analisi dell’immagine si osservano lievi oscillazioni della soggiacenza rispetto alla media annuale, con variazioni stagionali tra i periodi autunnali e primaverili. In particolare, nel periodo primaverile si registrano riduzioni della soggiacenza, verosimilmente imputabili allo scioglimento delle nevi e alla conseguente maggiore ricarica degli acquiferi.

L’ultimo dato disponibile, riferito all’anno 2024, evidenzia una soggiacenza media annuale pari a circa 7 m, con oscillazioni dell’ordine di  $\pm 0,5$  m nei periodi autunnali e primaverili.

Relativamente all’impianto in progetto, il quale prevede l’impiego di una struttura metallica di tipo tracker con fondazione su pali zincati infissi nel terreno, si precisa che i pali avranno una profondità di posa pari a 4 m. Pertanto, è ragionevole considerare che non saranno interessati dall’eventuale escursione verticale della falda il cui valore minimo medio, relativo agli acquiferi confinati inferiori di pianura alluvionale, di circa 6,5 m, è stato registrato nel 2019 (Figura 3-12).

Anche qualora i pali dovessero entrare in contatto con la falda, non si riscontrerebbero problematiche. Infatti, non essendo previste fondazioni in calcestruzzo, la zincatura dei pali garantisce da un lato la durabilità degli stessi verso la corrosione e dall’altro viene preservato il suolo con un sistema di fondazione senza l’utilizzo di resine cementizie.

Si precisa che è interesse del proponente prevedere un sistema di monitoraggio della falda, costituito da piezometri, da attivare durante le fasi di costruzione ed esercizio dell’impianto, al fine di consentire la costruzione di modelli idrogeologici tarati per la stima dell’escursione della soggiacenza di falda lungo l’intero ciclo di vita dell’impianto.

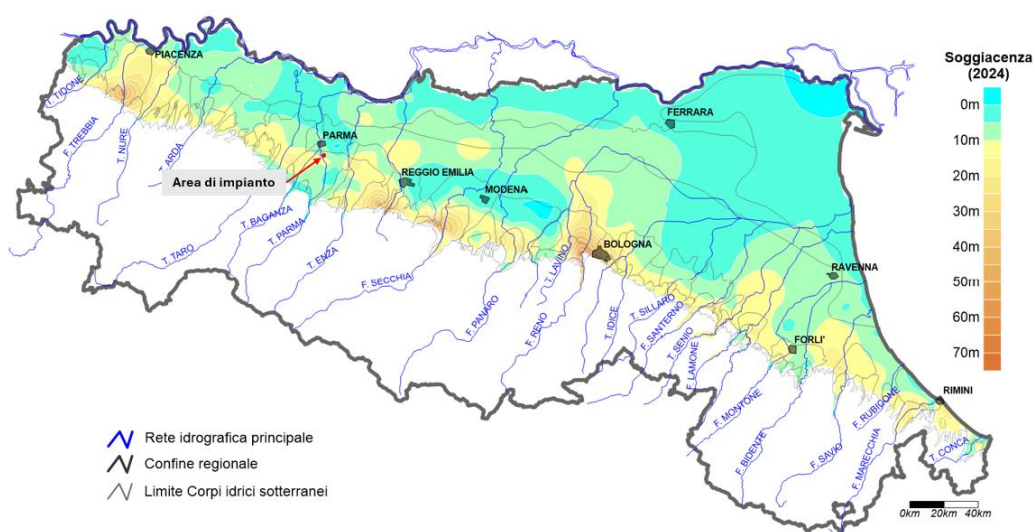


Figura 3-10: Livelli di soggiacenza media nei corpi idrici liberi e confinati superiori ANNO 2024 – Fonte: ARPAE

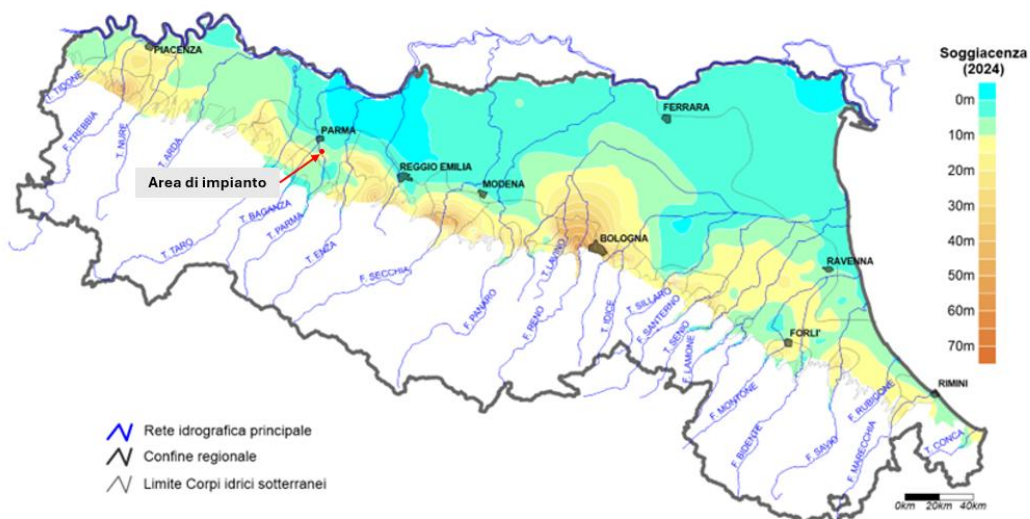


Figura 3-11: Livelli di soggiacenza media nei corpi idrici liberi e confinati inferiori ANNO 2024 – Fonte: ARPAE

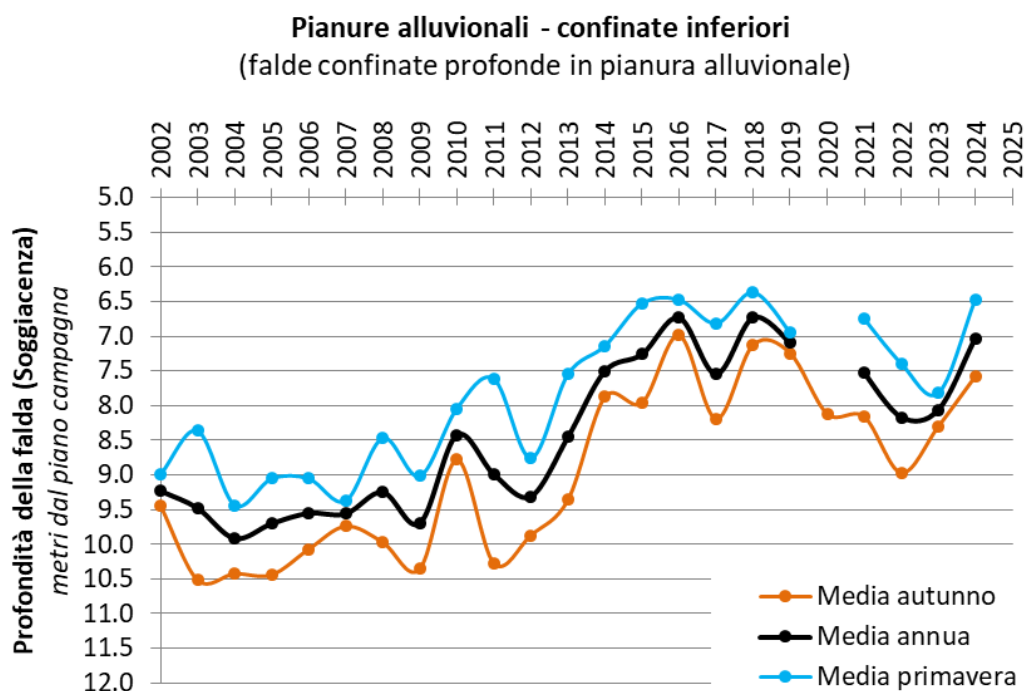


Figura 3-12: Evoluzione temporale delle falde nei corpi idrici di pianura alluvionale con acquiferi confinati inferiori nel periodo 2002-2024– Fonte: ARPAE



### 3.7 INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO

I Comuni di Montechiarugolo e Traversetolo appartengono al Distretto idrografico del fiume Po, la struttura operativa di livello territoriale di riferimento è l'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po. In Particolare, all'interno del sottobacino del Fiume Enza in prossimità del confine con il sottobacino del Fiume Parma.

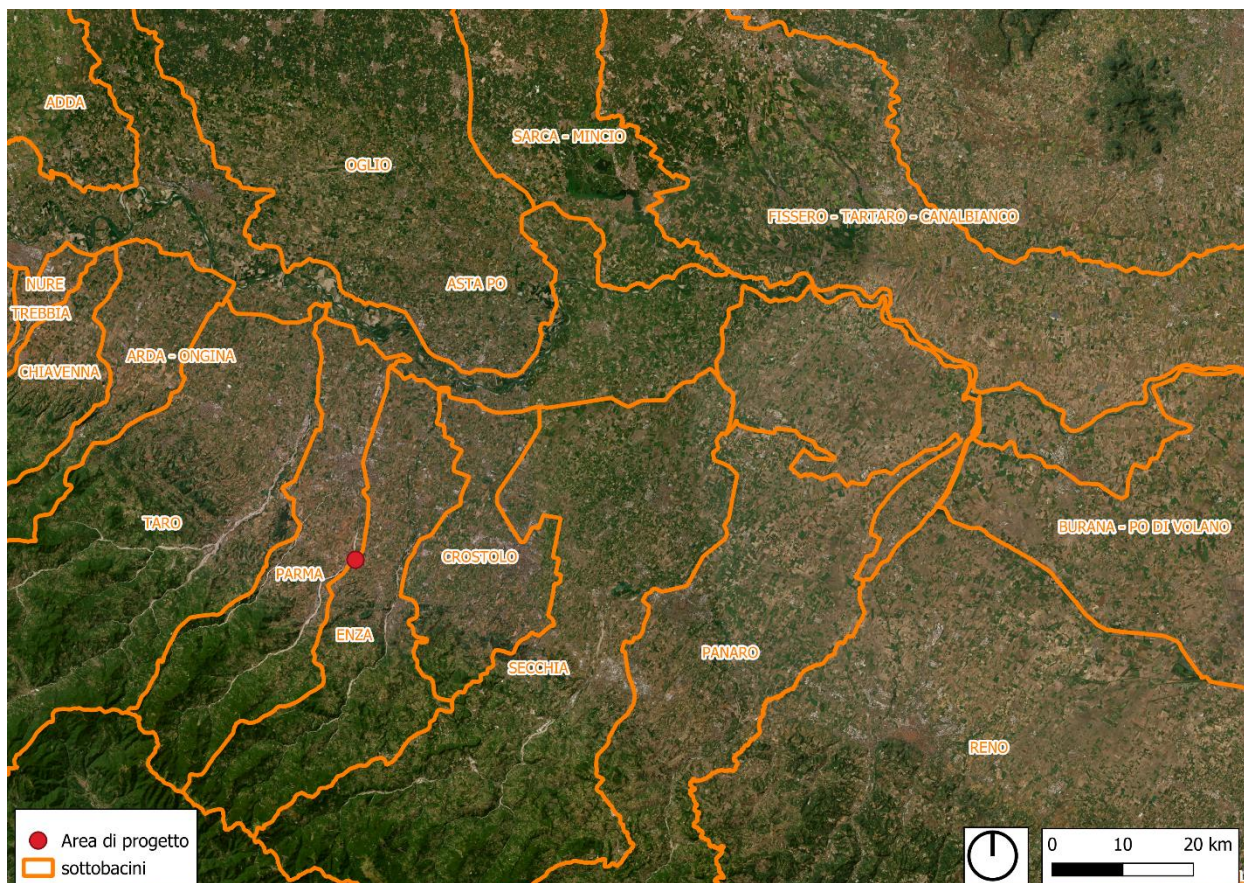


Figura 3-13: Inquadramento del sito rispetto ai sottobacini dell'Autorità di Distretto del Fiume Po

#### 3.7.1 Piano per l'Assetto idrogeologico del fiume Po (PAI)

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI), approvato con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 24 maggio 2001, ha la finalità di ridurre il rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti.

- La delimitazione delle fasce fluviali (Fascia A, Fascia B e Fascia C) dell'asta del Po e dei suoi principali affluenti;
- la delimitazione e classificazione, in base alla pericolosità delle aree in dissesto per frana, valanga, esondazione torrentizia e conoide che caratterizzano la parte montana del territorio regionale;
- la perimetrazione e la zonizzazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato in ambiente collinare e montano e sul reticolo idrografico principale e secondario delle aree di pianura;
- le norme alle quali le sopracitate aree a pericolosità alluvioni sono assoggettate.

L'intero sito ed i primi 800 metri della linea di connessione rientrano all'interno della fascia C della delimitazione delle fasce fluviali dell'asta del Fiume Po.

L'articolo 31 del Titolo II del PAI, il quale regola le aree di inondazione per piena catastrofica – Fascia C, si articola nei seguenti punti:

1. Nella Fascia C il Piano persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria di parte degli Enti competenti ai sensi della L.24 febbraio 1992, n. 225 e quindi da parte delle Regioni o delle Province, di programmi di previsione e prevenzione, tenuto conto dell'ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del PAI;
2. I programmi di previsione e prevenzione e i Piani di emergenza per la difesa delle popolazioni e del loro territorio, investono anche i territori individuati come Fascia A e Fascia B.
3. In relazione all'art. 13 della L. 24 febbraio 1992, n. 225, è affidato alle Province, sulla base delle competenze ad esse attribuite dagli artt. 14 e 15 della L. 8 giugno 1990, n. 142, di assicurare lo svolgimento dei compiti relativi alla rilevazione, alla raccolta e alla elaborazione dei dati interessanti la protezione civile, nonché alla realizzazione dei Programmi di previsione e prevenzione sopra menzionati. Gli organi tecnici dell'Autorità di bacino e delle Regioni si pongono come struttura di servizio nell'ambito delle proprie competenze, a favore delle Province interessate per le finalità ora menzionate. Le Regioni e le Province, nell'ambito delle rispettive competenze, curano ogni opportuno raccordo con i Comuni interessanti per territorio per la stesura dei piani comunali di protezione civile, con riferimento all'art. 15 della L.24 febbraio 1992, n.225;
4. **Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in Fascia C;**
5. Nei territori della Fascia C, delimitati con segno grafico indicato come “limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C” nelle tavole grafiche, per i quali non siano in vigore misure di salvaguardia ai sensi dell'art. 17, comma 6, della L. 183/1989, i Comuni competenti, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici, entro il termine fissato dal suddetto art. 17, comma 6, ed anche sulla base degli indirizzi emanati dalle Regioni ai sensi del medesimo art. 17, comma 6, sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse ad applicare anche parzialmente, fino alla avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle presenti Norme relative alla Fascia B, nel rispetto di quanto previsto dall'art. 1, comma 1, let. b), del D.L. n. 279/2000 convertito, con modificazioni, in L. 365/2000.



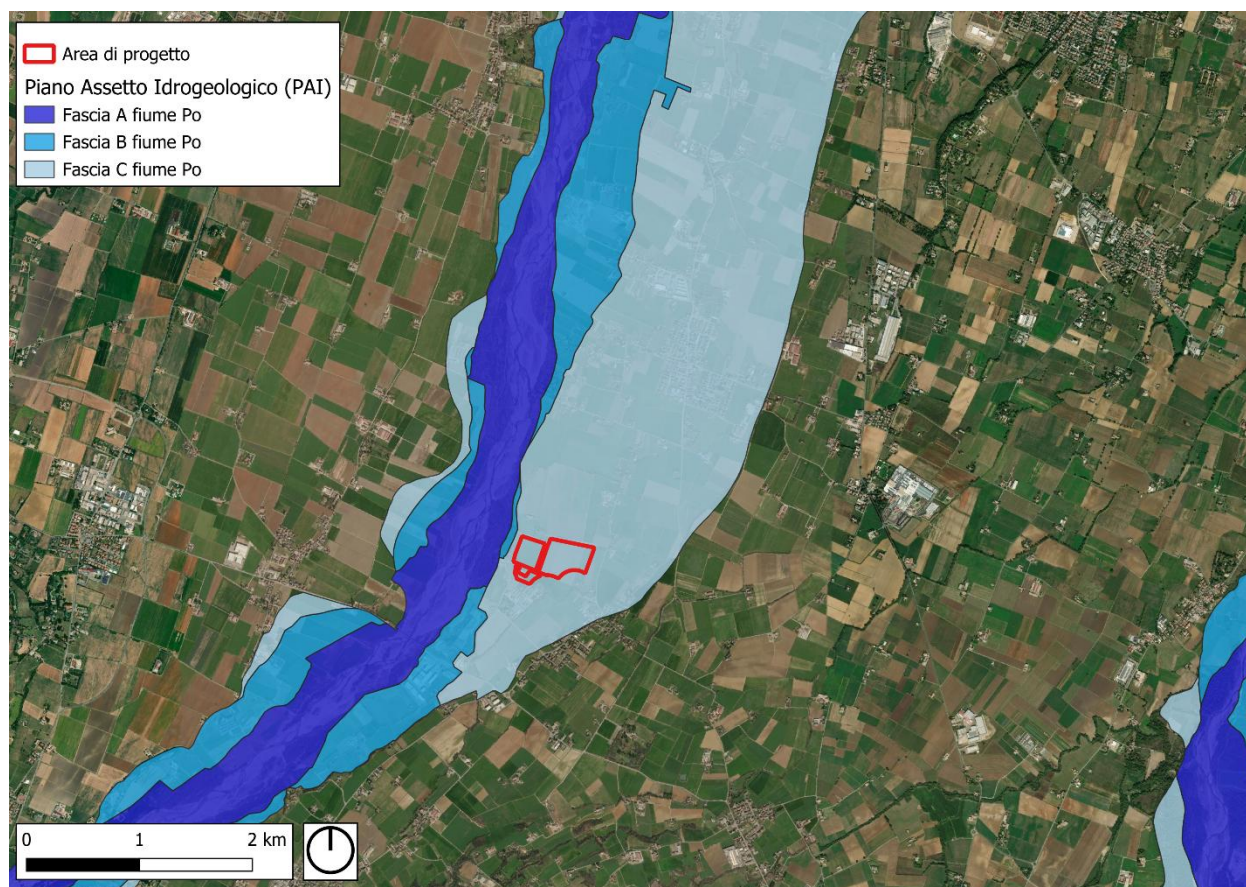


Figura 3-14: Stralcio Cartografico del Piano di Assetto Idrologico (PAI).

### 3.7.2 Piano di Gestione del Rischio del Rischio Alluvione (PGRA)

Lo strumento vigente sul territorio è il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – Il ciclo (PGRA) approvato con delibera del 16/12/2021 della Conferenza operativa dell’Autorità di Bacino Distrettuale. Successivamente in data 20 dicembre 2021 la Conferenza Istituzionale permanente dell’Autorità di bacino del Po ha adottato all’unanimità ai sensi degli art. 65 e 66 del D. Lgs. Il primo aggiornamento del PGRA con Deliberazione n. 5/2021.

L’aggiornamento attualmente vigente è del marzo 2025.

Le disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione del rischio di alluvioni nel settore urbanistico contenute nel DRG 1300 del 2016 di Regione Emilia-Romagna integra il quadro conoscitivo del PAI e del PAI Delta con gli elaborati cartografici rappresentati dalle Mappe della pericolosità e del rischio alluvione, predisposte ai sensi dell’art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e del D. Lgs. 49/2010, articolate per la Regione Emilia-Romagna, per i seguenti ambiti territoriali:

- reticolo principale di pianura e fondovalle (RP);
- reticolo secondari collinare e montano (RSCM);
- reticolo secondario di pianura (RSP);
- aree costiere marine (ACM).

Per i quali ambiti sono stati individuati i seguenti scenari di pericolosità:

- aree interessate da alluvione rara (P1);
- aree interessate da alluvione poco frequente (P2);
- aree interessate da alluvione frequente (P3).

### *Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Principale di Pianura e fondovalle (RP)*

Il sito e i primi 800 metri della linea di connessione risultano facenti parte, in relazione all’ambito di reticolo principale di pianura, dell’area interessata da alluvione rara (P1) del Torrente Parma.

Lo scenario di alluvione rara del Torrente Parma corrisponde ad eventi caratterizzati da un tempo di ritorno di 500 anni.

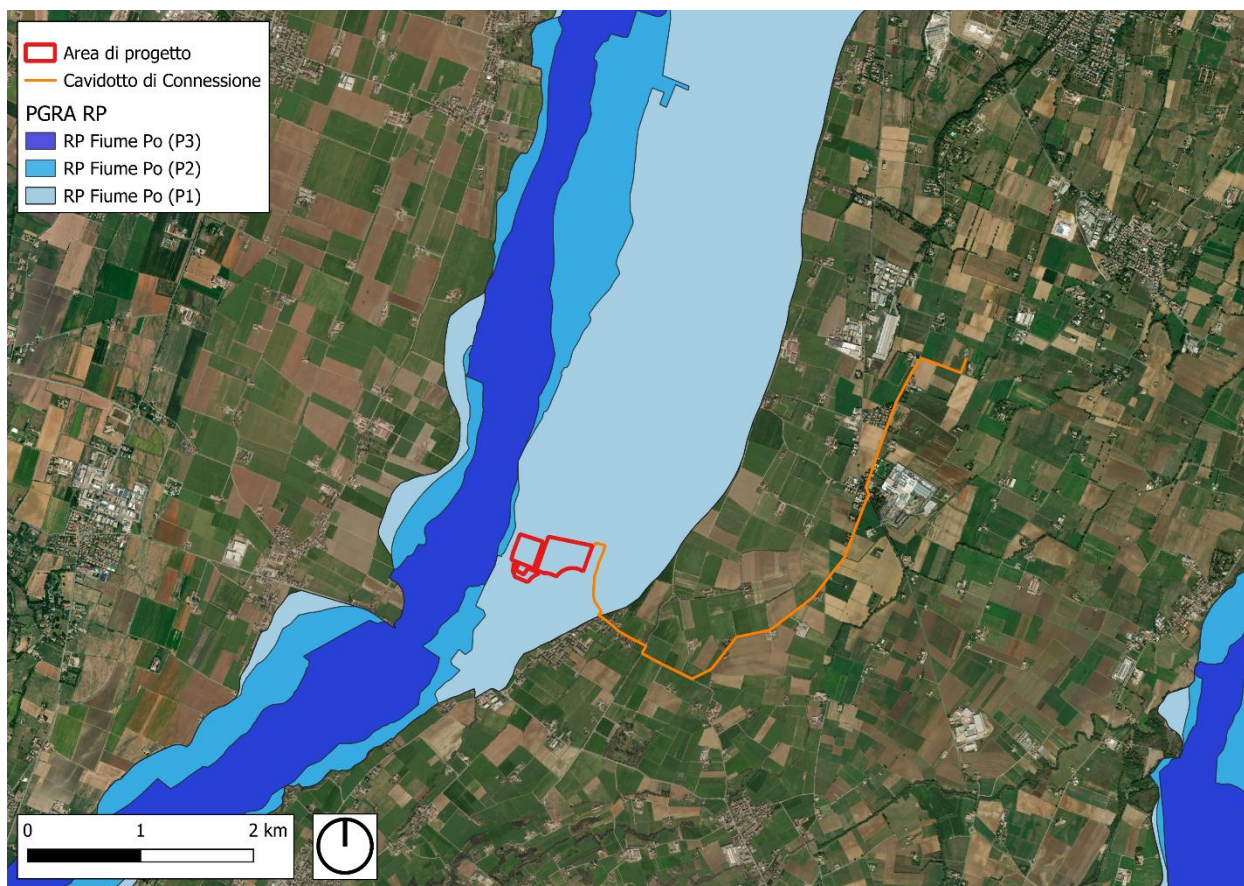


Figura 3-15: PGRA – Reticolo Principale di Pianura e Fondovalle (RP)

Come riportato nel DGR 1300/2016 di Regione Emilia-Romagna per tale ambito nelle aree interessate da alluvione rara (P1), si devono applicare le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia C delle norme del titolo II del PAI (art.31), ovvero le equivalenti norme di cui al PTCP avente valore ed effetto di PAI ai sensi delle intese stipulate.

Per la descrizione delle norme del PAI si rimanda al paragrafo dedicato.

Le mappe di pericolosità di interesse, ovvero lo scenario con bassa probabilità relative alle esondazioni del Fiume Po e dei suoi affluenti sono state corredate con l’aggiornamento del 16 novembre 2020 delle relative mappe dei tiranti mostrati di seguito.



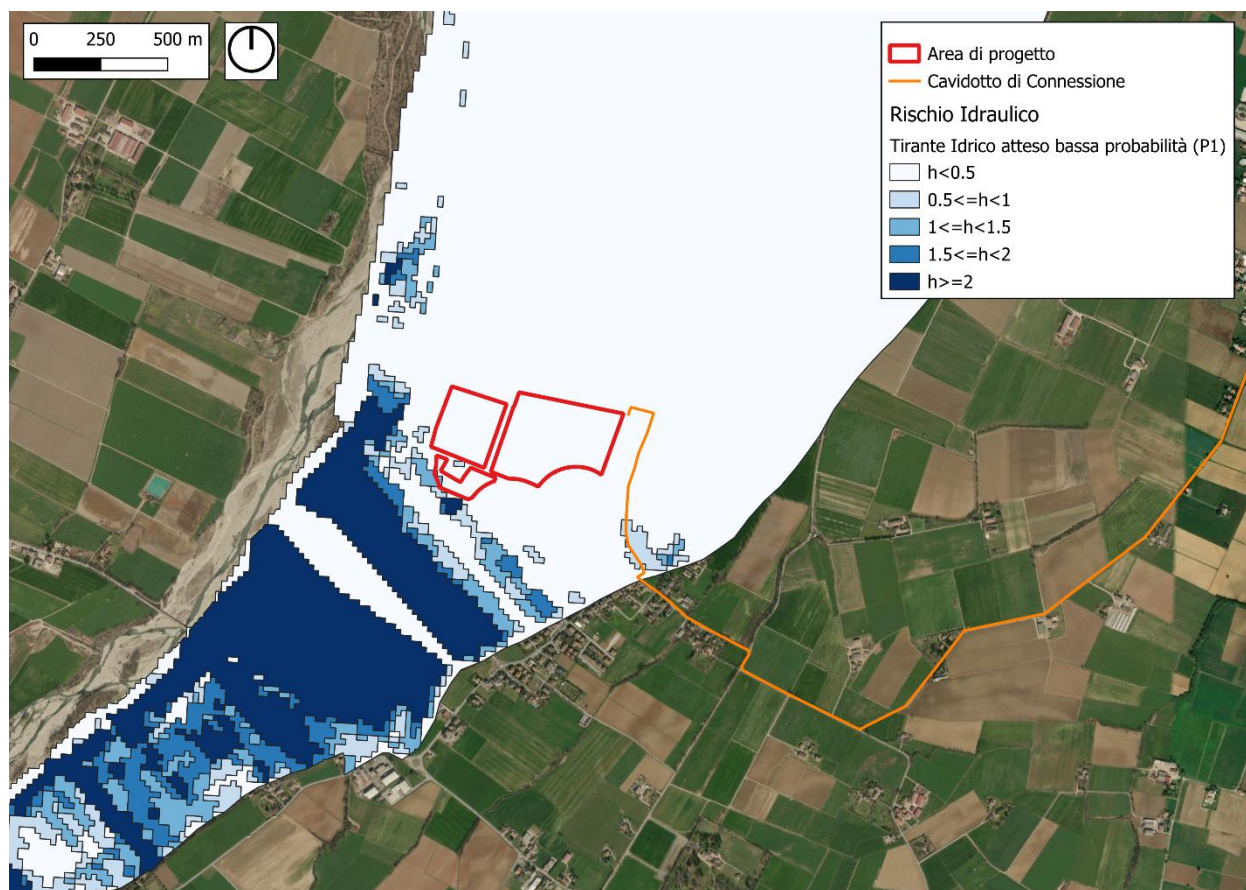


Figura 3-16: tiranti attesi per lo scenario P1 per il Torrente Parma

Le esondazioni dovute al reticolo principale sono quindi attese con tempi di ritorno a partire da 500 anni e con tiranti idrici attesi inferiori a 0,5 metri.

#### *Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Secondario di Pianura (RSP)*

Il sito e la linea di connessione non ricadono all'interno dell'area interessata dalle esondazioni nell'ambito del reticolo Secondario di Pianura (RSP).



Figura 3-17: PGRA – Reticolo Secondario di Pianura (RSP).

#### *Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Secondario di Montagna e Collina (RSCM)*

Il sito e la linea di connessione non ricadono all'interno dell'area interessata dalle esondazioni nell'ambito del reticolo Secondario di Montagna e Collina (RSCM).



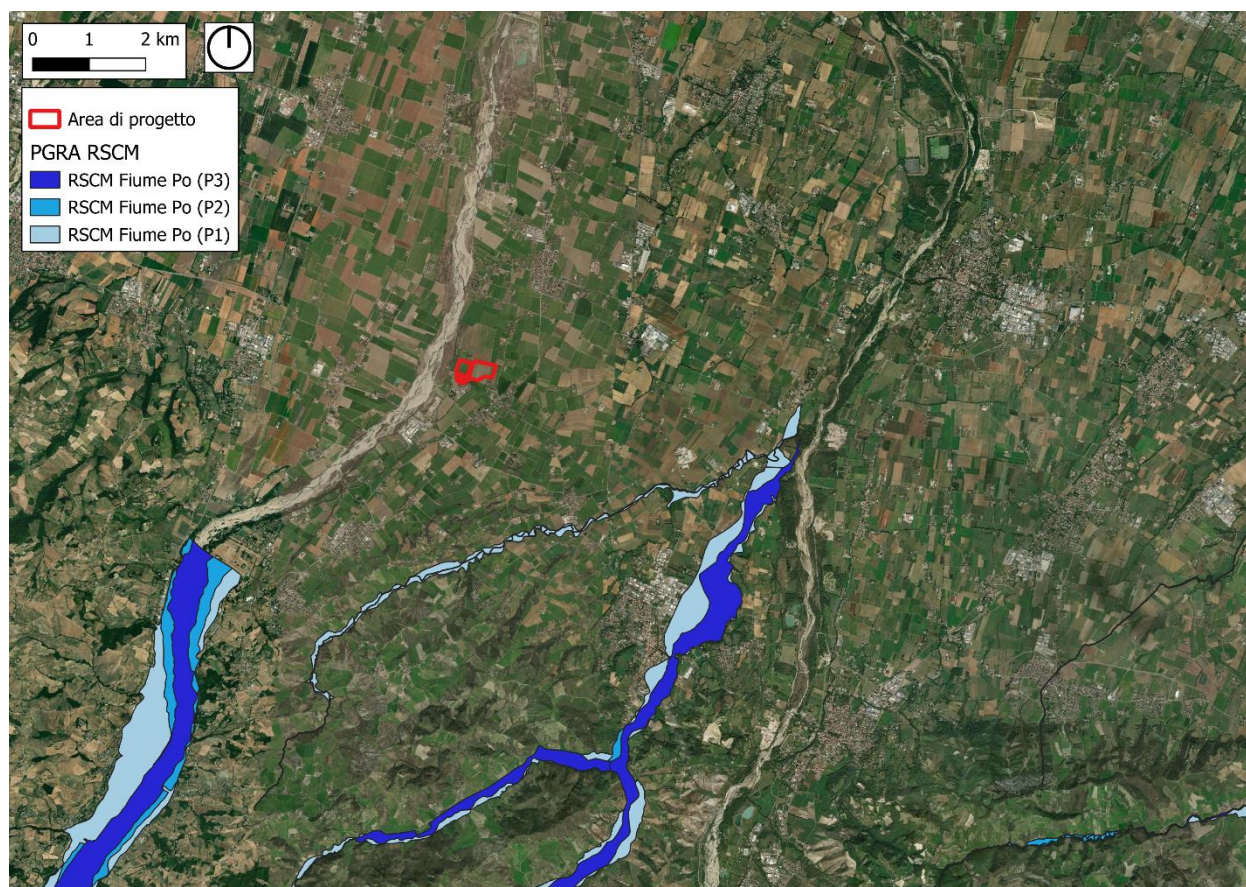


Figura 3-18: PGRA – Reticolo Secondario di Montagna e Collina (RSCM)

### 3.7.3 Conclusioni

Il nuovo impianto agrivoltaico non interferisce con:

- Il rischio alluvionale dovuto al Reticolo Secondario di Pianura (RSP);
- Il rischio alluvionale dovuto al Reticolo Secondario di Collina e Montagna (RSCM).

Risulta invece classificato con area a pericolosità idraulica del rischio alluvionale dovuto al Reticolo Principale di Pianura e Fondovalle (RP) con scenario di esondazione rara (P1) ed un relativo tirante idrico atteso inferiore ai 50 cm.

Il sito di progetto interferisce inoltre con la Fascia C del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI). In considerazione di tale interferenza, sono previste misure sia *strutturali* sia *non strutturali* finalizzate a minimizzare i potenziali danni alle strutture in caso di evento alluvionale.

Tra le *misure strutturali*, il progetto prevede l'innalzamento cautelativo dei cabinati di 50 cm dal piano campagna, in quanto potenzialmente vulnerabili a fenomeni di allagamento. È inoltre previsto un sistema di gestione delle acque meteoriche costituito da fossi di scolo in terra, finalizzati all'immagazzinamento e al convogliamento delle acque meteoriche di ruscellamento, favorendo la riduzione dei picchi di deflusso, l'infiltrazione e il rallentamento dei flussi. A tali opere si affiancano volumi di laminazione, dimensionati in modo da garantire il rispetto del principio di invarianza idraulica.

Come misura *non strutturale*, è previsto che, in caso di eventi meteorici estremi, i moduli fotovoltaici vengano posizionati in configurazione orizzontale di sicurezza.

## 4. STATO DI PROGETTO

I seguenti Paragrafi riportano una sintesi dei componenti principali di progetto, per la descrizione dettagliata si rimanda alla relazione tecnica generale *3162\_6252\_PA\_PAUR\_R03\_Rev0\_Relazione Tecnica Generale*.

### 4.1 IMPIANTO AGRIVOLTAICO

L'impianto agrivoltaico avanzato con potenza nominale di picco pari a 15,81 MW è così costituito:

- **n.2 Cabine utente.** Le cabine di tipo prefabbricato dovranno essere conformi alle caratteristiche elettromeccaniche riportate nell'elaborato allegato alla presente relazione (Rif.: "3162\_6252\_PA\_PAUR\_T14.4\_Rev0\_Cabine elettriche - Cabina di consegna e Utente"). Le suddette cabine saranno costituite da n. 3 vani: un vano misure (destinato all'installazione dei gruppi di misura e controllo), un vano ausiliari (destinato all'installazione di un trasformatore MT/BT da 160 kVA per l'alimentazione degli ausiliari) e un vano MT (destinato all'installazione dei quadri elettrici MT);
- **n.2 Cabine di Consegna.** La cabina di tipo prefabbricato dovrà essere conforme alle specifiche ENEL DG2092 ed.9. La struttura sarà di tipo monolitico e sarà suddivisa in vano Enel, per l'alloggiamento delle apparecchiature elettromeccaniche dell'Ente distributore e in vano misure, destinato all'installazione dei gruppi di misura e di controllo. Il manufatto dovrà inoltre essere corredato di una vasca di fondazione prefabbricata anch'essa di tipo monolitico, utilizzata per il passaggio dei cavi elettrici in entrata e di uscita, anch'essa conforme alle specifiche Enel DG 2061 ed.09. Nella stessa area all'interno delle cabine sarà presente il quadro QMT contenente i dispositivi generali DG di interfaccia DDI e gli apparati SCADA e telecontrollo;
- **n. 10 Power Station.** Le Power Station avranno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata ed elevare la tensione da bassa tensione a livello di media tensione; esse saranno collegate tra di loro in configurazione radiale e in posizione più possibile baricentrica rispetto ai sottocampi fotovoltaici in cui saranno convogliati i cavi provenienti dagli inverter di stringa che a loro volta raccoglieranno i cavi provenienti dai raggruppamenti delle stringhe dei moduli fotovoltaici collegati in serie;
- **n. 1.023 strutture di supporto moduli ad inseguimento solare ("tracker"),** di cui:
  - n. 973 strutture con configurazione 1x24;
  - n. 50 strutture con configurazione 1x12.
- **n. 23.952 moduli fotovoltaici** che saranno installati sulle apposite strutture metalliche di sostegno tipo tracker fondate su pali infissi nel terreno;

L'impianto è completato da:

tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di distribuzione nazionale, compresa una **cabina di sezionamento** localizzata lungo il percorso del cavidotto interrato;

opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, monitoraggio, cancelli e recinzioni.

L'impianto dovrà essere in grado di alimentare dalla rete tutti i carichi rilevanti (ad esempio: quadri di alimentazione, illuminazione). Inoltre, in mancanza di alimentazione dalla rete, tutti i carichi di emergenza verranno alimentati da un generatore temporaneo di emergenza, che si ipotizza possa essere rappresentato da un generatore diesel.

Di seguito si riporta la descrizione dei principali componenti d'impianto; per dati di tecnici maggior dettaglio si rimanda alle relazioni e agli elaborati dedicati.

#### 4.1.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici utilizzati per la progettazione dell'impianto, saranno di prima scelta, del tipo silicio monocristallino a 132 celle, di tipologia bifacciale, indicativamente della potenza di 660 Wp, della marca **Longi Solar** dotati di scatola di giunzione (Junction Box) installata sul lato posteriore del modulo, con cavetti di connessione muniti di connettori ad innesto rapido, al fine di garantire la massima sicurezza per gli operatori e rapidità in fase di installazione.

I componenti elettrici e meccanici installati saranno conformi alle normative tecniche e tali da garantire le performance complessive d'impianto.

La tecnologia di moduli fotovoltaici utilizzata è progettata appositamente per impianti di grande taglia connessi alla rete elettrica ed è realizzata assemblando in sequenza diversi strati racchiusi da una cornice in alluminio anodizzato.

vetro temperato con trattamento anti-riflesso;

EVA (etilene vinil acetato) trasparente;

celle FV in silicio monocristallino.

Di seguito si riporta la scheda tecnica del modulo fotovoltaico di progetto.

<b>Electrical Characteristics</b>		STC: AM1.5 1000W/m <sup>2</sup> 25°C				NOCT: AM1.5 800W/m <sup>2</sup> 20°C 1m/s				Test uncertainty for Pmax: ±3%							
Module Type		LR7-72HYD-625M		LR7-72HYD-630M		LR7-72HYD-635M		LR7-72HYD-640M		LR7-72HYD-645M		LR7-72HYD-650M		LR7-72HYD-655M		LR7-72HYD-660M	
Testing Condition		STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)		625	475.8	630	479.6	635	483.4	640	487.2	645	491.0	650	494.8	655	498.6	660	502.4
Open Circuit Voltage (Voc/V)		53.30	50.65	53.40	50.75	53.50	50.84	53.60	50.94	53.70	51.03	53.80	51.13	53.90	51.22	54.00	51.32
Short Circuit Current (Isc/A)		14.85	11.93	14.93	12.00	15.01	12.06	15.09	12.12	15.17	12.18	15.25	12.25	15.33	12.31	15.41	12.38
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)		44.16	41.97	44.26	42.06	44.36	42.16	44.46	42.25	44.56	42.35	44.65	42.43	44.75	42.53	44.85	42.62
Current at Maximum Power (Imp/A)		14.16	11.35	14.24	11.42	14.32	11.48	14.40	11.54	14.48	11.61	14.56	11.67	14.64	11.73	14.72	11.80
Module Efficiency(%)		23.1		23.3		23.5		23.7		23.9		24.1		24.2		24.4	

Electrical characteristics with different rear side power gain (reference to 640W front)					
Pmax /W	Voc/V	Isc /A	Vmp/V	Imp /A	Pmax gain
672	53.06	15.84	44.46	15.12	5%
704	53.06	16.60	44.46	15.84	10%
736	53.16	17.35	44.56	16.56	15%
768	53.16	18.11	44.56	17.28	20%
800	53.16	18.86	44.56	18.00	25%

Operating Parameters	
Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ 3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	30A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Bifaciality	70±5%
Fire Rating	UL type 29 IEC Class C

Mechanical Loading	
Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)	
Temperature Coefficient of Isc	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.200%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.260%/°C

Figura 4-1: Scheda tecnica modulo fotovoltaico di progetto

Durante la fase esecutiva, sulla base della disponibilità a mercato dei componenti principali, la soluzione tecnologica fatta potrebbe variare per motivi non direttamente dipendenti dal Proponente.

#### 4.1.2 Struttura di supporto moduli (tracker)

Il progetto prevede l'impiego di una struttura metallica di tipo tracker con fondazione su pali infissi privi di plinti in cemento, nel terreno ed in grado di esporre il piano ad un angolo massimo di tilt pari a +55° -55°.

Le peculiarità delle strutture di sostegno sono:



- riduzione dei tempi di montaggio alla prima installazione;
- facilità di montaggio e smontaggio dei moduli fotovoltaici in caso di manutenzione;
- meccanizzazione della posa;
- ottimizzazione dei pesi;
- miglioramento della trasportabilità in sito;
- possibilità di utilizzo di bulloni antifurto.

Le caratteristiche generali della struttura sono:

- materiale: acciaio zincato a caldo;
- tipo di struttura: Tracker fissata su pali;
- inclinazione sull'orizzontale  $+55^\circ$   $-55^\circ$ ;
- Esposizione (azimut):  $0^\circ$ ;
- Altezza min: 2,100 m (rispetto al piano di campagna);
- Altezza max: 4,183 m (rispetto al piano di campagna).

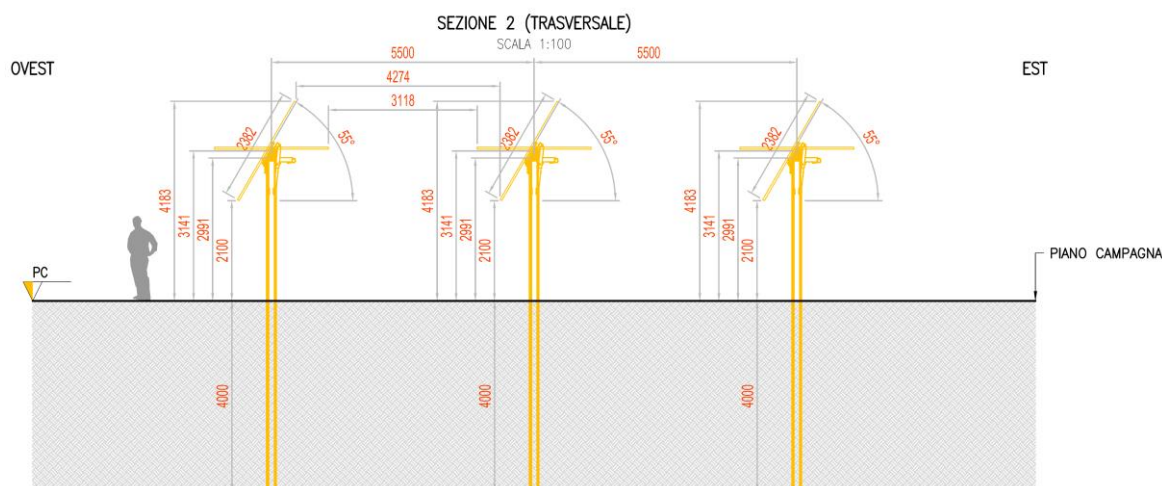


Figura 4-2: Tipologico costruttivo strutture mobili (tracker)

In via preliminare, sono state previste due tipologie di portali costituiti da 24 (1x24) moduli e 12 (1x12) moduli, montati con una disposizione su una fila in posizione verticale (1p). Tale configurazione potrà variare in conseguenza della scelta definitiva del tipo di modulo fotovoltaico.

I materiali delle singole parti saranno armonizzati tra loro per quanto riguarda la stabilità, la resistenza alla corrosione e la durata nel tempo. Le strutture dell'impianto agrivoltaico, progettate con il seguente sistema di tracker, rappresentano una soluzione ideale per una gestione ottimale sia dell'energia che delle attività agricole. Grazie al sistema di inseguimento solare, i pannelli possono adattarsi all'orientamento del sole durante il giorno, garantendo una produzione efficiente di energia senza compromettere l'esposizione delle colture alla luce solare necessaria per la loro crescita. Inoltre, l'utilizzo di queste strutture consente il passaggio agevole dei macchinari agricoli, permettendo di svolgere le consuete operazioni agricole senza ostacoli.

I pali di supporto delle strutture saranno infissi direttamente nel terreno, evitando l'uso di plinti o fondazioni, così da minimizzare l'impatto sull'ambiente e preservare l'integrità del suolo agricolo.

Durante la fase esecutiva, sulla base della struttura tracker scelta saranno nuovamente definite le fondazioni e scelta la soluzione tecnologica di realizzazione più adatta.

#### **4.1.3 Cavi di controllo e TLC**

Le linee elettriche prevedono conduttori di tipo idoneo per le tre sezioni d'impianto (continua, alternata bassa tensione, alternata media tensione) in rame e in alluminio. Il dimensionamento del conduttore è a norma CEI e la scelta del tipo di cavi è armonizzata anche con la normativa internazionale. L'esperienza costruttiva ha consentito l'individuazione di tipologie di cavi (formazione, guaina, protezione ecc.) che garantiscono una durata di esercizio ben oltre la vita dell'impianto anche in condizioni di posa sollecitata.

Sia per le connessioni dei dispositivi di monitoraggio che di security verranno utilizzati prevalentemente due tipologie di cavo:

- Cavi in rame multipolari twistati e non;
- Cavi in fibra ottica.

I primi verranno utilizzati per consentire la comunicazione su brevi distanze data la loro versatilità, mentre la fibra verrà utilizzata per superare il limite fisico della distanza di trasmissione dei cavi in rame, quindi comunicazione su grandi distanze, e nel caso in cui sia necessaria una elevata banda passante come nel caso dell'invio di dati.

#### **4.1.4 Rete di drenaggio interna**

Al fine di garantire il rispetto dell'invarianza idraulica, sono stati previsti degli invasi di laminazione realizzati con il ribassamento della superficie del terreno di 60 cm, in prossimità dei canali recettori, che costituiscono il recapito finale delle acque meteoriche. L'area ribassata è raccordata al piano campagna con scarpate lunghe 6 m (pendenza 10%).

Tale configurazione consente di ottenere volumi d'invaso perfettamente integrati con la morfologia del sito, mantenendo l'intera superficie recintata destinabile all'installazione dei moduli fotovoltaici.

Si tratta infatti di aree normalmente asciutte e coltivabili, che andranno a raccogliere il ristagno in caso di eventi estremi.

Sarà inoltre realizzata una rete di drenaggio in corrispondenza dei principali solchi di drenaggio naturali esistenti. La rete drenaggio in progetto sarà costituita da fossi di forma trapezoidale scavati nel terreno naturale e non rivestiti. Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'Ingegneria naturalistica.

Lo scopo delle canalette è quello di consentire il drenaggio dei deflussi e di indirizzare le portate verso i volumi di laminazione al netto delle infiltrazioni nel sottosuolo. Le acque meteoriche ricadenti su ogni settore, per la parte eccedente rispetto alla naturale infiltrazione del suolo, verranno infatti intercettate dalle canalette drenanti realizzate lungo i lati morfologicamente più depressi.

## 5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Il nuovo impianto risulta classificato come area a pericolosità idraulica:

Perimetrazione C del PAI;

- Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Principale di Pianura (RP) del PGRA: fascia di pericolosità LPH con tempo di ritorno di 500 anni (P1) caratterizzato da un tirante idrico atteso inferiore ai 50 cm.

La DGR 1300/2016 impone l'impiego di:

- misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte, anche ai fini della tutela della vita umana;
- misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, finalizzata a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio;

I paragrafi seguenti riportano le misure proposte sia per la riduzione della vulnerabilità delle strutture esposte sia per il rispetto dell'invarianza idraulica.

### 5.1 MISURE DI RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ DEI BENI E DELLE STRUTTURE ESPOSTE

Il rischio viene definito dal prodotto tra:

- la pericolosità, ovvero la probabilità di accadimento dell'evento estremo;
- l'esposizione, ovvero la quantificazione dei beni potenzialmente interessati dall'evento estremo;
- la vulnerabilità, ovvero la percentuale di danno atteso in funzione dei tiranti idrici raggiunti.

$$R = P E V$$

Al fine di consentire ai progettisti una corretta valutazione degli interventi di prevenzione e/o protezione, in mancanza di studi locali e modelli idraulici, è stato assunto quale riferimento per le mappe dei tiranti allegate al PGRA con l'aggiornamento del 16 novembre 2020.

Le misure proposte di riduzione della vulnerabilità sono le seguenti:

- Tutta la viabilità interna al sito sarà realizzata in rilevato di almeno 35 cm più franco di sicurezza dal piano campagna dello stato di fatto ed il pacchetto stradale verrà inoltre previsto in materiali drenanti;
- Cabine e power station a tenuta stagna capaci di resistere al tirante idrico atteso senza riportare danni;
- Innalzamento cautelativo delle Cabine e power station di 50 cm.

### 5.2 MISURE VOLTE AL RISPETTO DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA

Il DGR 1300/2016 di Regione Emilia-Romagna impone, per le aree interessate da esondazione del reticolo secondario di pianura il rispetto dell'invarianza idraulica.

Poiché l'area di progetto ricade all'interno del territorio di competenza del Consorzio di Bonifica Parmense, le misure di invarianza idraulica sono state definite e implementate in conformità all'Allegato Tecnico al Regolamento di Polizia Idraulica del Consorzio, approvato in data 12/02/2019.

Tale allegato riporta infatti le Linee guida per la progettazione dei dispositivi di invarianza idraulica, dalle quali si evince che *"La progettazione e la realizzazione dei dispositivi di invarianza idraulica è obbligatoria per ogni trasformazione del territorio che comporti aumenti di impermeabilizzazione, anche su piccoli lotti"*.

All'interno dell'allegato viene prescritto che:

- *nel caso di trascurabile impermeabilizzazione potenziale, quali possono essere aree di trasformazione inferiori a 1 ha (un ettaro), è sufficiente adibire a laminazione un volume specifico pari a 600 m<sup>3</sup>/ha di superficie complessiva di trasformazione e dimensionare lo scarico terminale ad un diametro massimo di 160 mm senza la redazione, salvo diversa disposizione del consorzio, di uno specifico studio idrologico e idraulico;*
- *in tutti gli altri casi di trasformazione, l'invarianza idraulica dovrà essere dimostrata attraverso la redazione del progetto definitivo di tutta la rete fognaria e del relativo sistema di laminazione, adeguatamente supportato da uno studio idrologico e idraulico dell'area di intervento, effettuato attraverso modelli matematici verificabili dal Consorzio, funzionanti con personal computer normalmente in uso. Le curve di possibilità climatica, aventi tempo di ritorno non inferiore a 100 anni, verranno fornite dal Consorzio caso per caso.*

E in ogni caso:

- *il volume utile d'invaso non potrà essere inferiore a 600 m<sup>3</sup>/ha di superficie complessiva di trasformazione;*
- *la dimensione massima delle luci di scarico dell'invaso dovrà essere pari a 250 mm nel caso di un solo scarico, di 180 mm nel caso di due scarichi e di 160 mm nel caso di tre scarichi;*
- *la massima quota d'acqua consentita all'interno dell'invaso, in corrispondenza dello/gli scarico/chi, dovrà essere pari a 80 cm. Laddove non sia possibile, per comprovate e giustificate esigenze tecniche, ottemperare a tale prescrizione il consorzio potrà autorizzare la realizzazione di un bacino di laminazione con battente superiore a 80 cm, purché la portata di scarico, attraverso ulteriori sistemi di riduzione dello scarico terminale, si attesti a valori non superiore a quelli defluenti dal sistema avente battente 80 cm;*

### 5.3 DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI RITORNO

L'evento di pioggia di progetto alla base dei calcoli idrologici e della simulazione/dimensionamento idraulico è scelto in base al concetto di tempo di ritorno.

Il periodo di ritorno di un evento, definito anche come "tempo di ritorno", è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità o, analogamente, è il tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta.

Oltre al concetto di tempo di ritorno vi è poi la probabilità che un evento con tempo di ritorno T si realizzi in N anni:

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N \quad (1)$$

Il grafico riportato di seguito esprime il rischio di superare l'evento con tempo di ritorno  $T$  durante  $N$  anni.

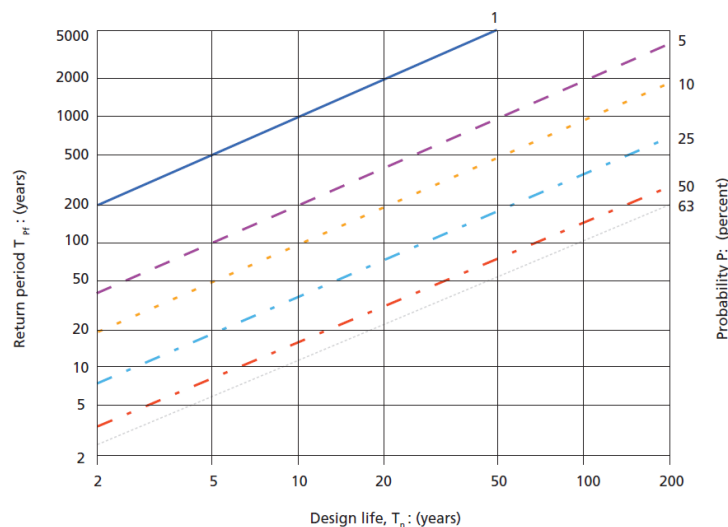


Figura 5-1: Probabilità che un evento con determinate Tempo di ritorno si verifichi in  $N$  anni

Per il dimensionamento dei volumi di laminazione è stato considerato un tempo di ritorno di **100 anni** come previsto dall'Allegato Tecnico al Regolamento di Polizia Idraulica del Consorzio di Bonifica Parmense (vedi Capitolo 5.2).

#### 5.4 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE

Le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica definiscono l'altezza di precipitazione di assegnata durata e ciascuna è riferita ad un tempo di ritorno prefissato esprimibile con la seguente formula monomia:

$$h(d, T) = a_T d^{n_T}$$

dove:

- $a_T$  ed  $n_T$  sono rispettivamente il parametro di scala e l'esponente di scala della formulazione monomia dipendenti dal tempo di ritorno considerato e sito specifici;
- $d$  è la durata dell'evento di precipitazione espressa in ore;
- $h(d, T)$  è l'altezza di precipitazione per assegnato tempo di ritorno e assegnata durata dell'evento.

Nel caso specifico dell'area di interesse i valori delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica sono stati forniti dal Consorzio di Bonifica Parmense.

Nella seguente Tabella 5.1 sono riportati i parametri  $a$  ed  $n$  adottati per la pianura della provincia di Parma.

Tabella 5.1: parametri delle LSPP per la pianura della provincia di Parma.

TEMPO DI RITORNO $T$	Parametri per 1 ora < $t$ < 24 ore		Parametri per $t$ < 1 ora	
	$a_T$	$n_T$	$a_T$	$n_T$
2	25,67	0,29	26,92	0,50

TEMPO DI RITORNO T	Parametri per 1 ora < t < 24 ore		Parametri per t < 1 ora	
	$a_T$	$n_T$	$a_T$	$n_T$
5	38,31	0,29	41,52	0,49
10	46,69	0,29	51,20	0,49
20	57,28	0,29	63,43	0,49
50	65,14	0,29	72,51	0,49
100	72,94	0,29	81,52	0,49
200	80,71	0,29	90,50	0,49
500	90,97	0,29	102,34	0,49

Di seguito la rappresentazione delle LSPP determinate con i parametri della Tabella 5.1 sia sotto forma di grafico sia in formato tabellare.

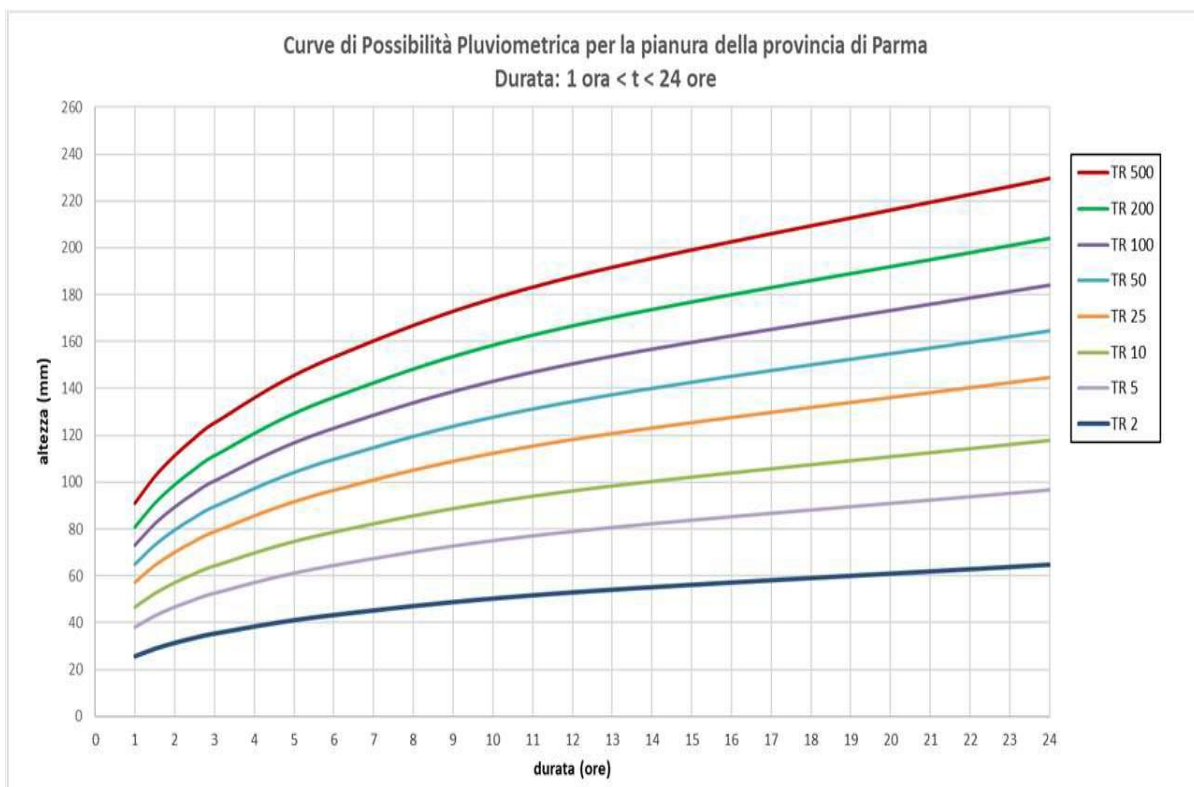


Figura 5-2: Curve di possibilità pluviometrica per eventi di durata  $1h < t < 24h$

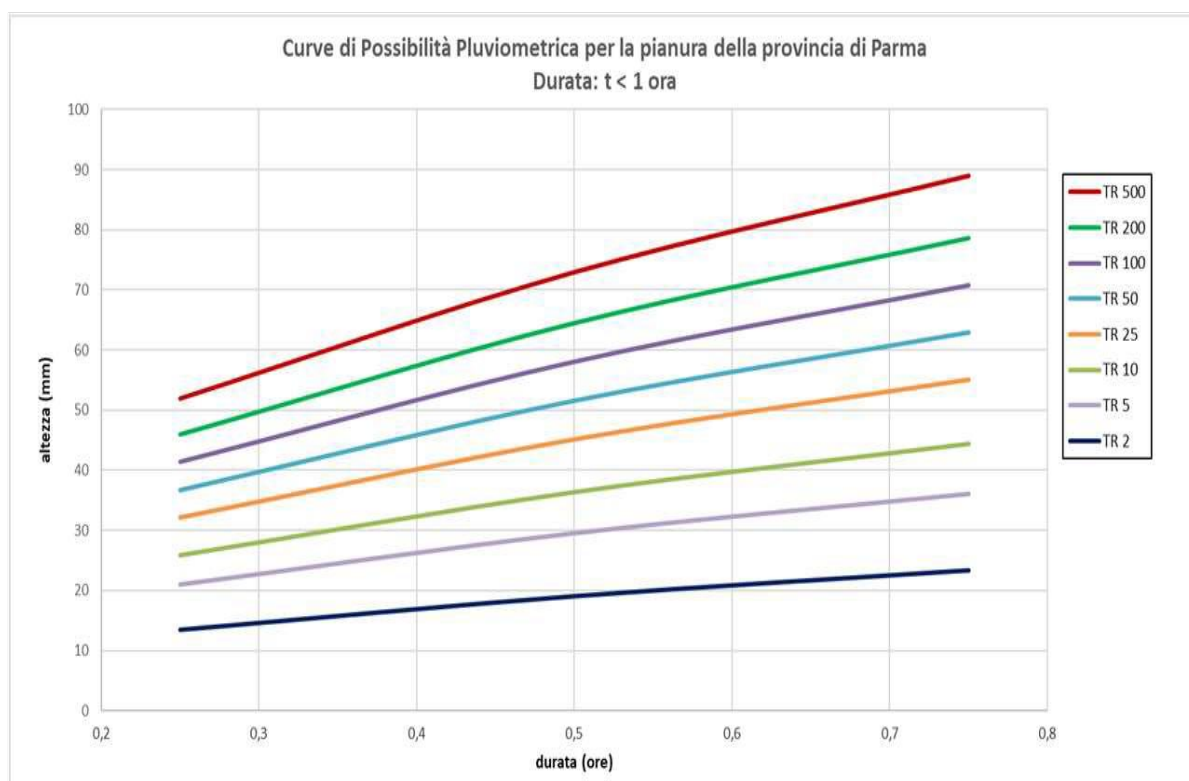


Figura 5-3: Curve di possibilità pluviometrica per eventi di durata  $< 1h$



Nella tabella seguente si riportano inoltre per diverse durate (0,5 - 24 h) e tempi di ritorno (2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 e 500 anni) i valori di altezza di precipitazione espressi in mm.

*Tabella 5.2. Valori di altezza di precipitazione [mm]*

DURATE EVENTO CRITICO [h]	T 2 ANNI	T 5 ANNI	T 10 ANNI	T 25 ANNI	T 50 ANNI	T 100 ANNI	T 200 ANNI	T 500 ANNI
0,5	19,07	29,48	36,39	45,13	51,62	58,06	64,48	72,94
1	25,67	38,31	46,69	57,28	65,14	72,94	80,71	90,97
2	31,40	46,87	57,13	70,10	79,72	89,27	98,79	111,35
3	35,32	52,74	64,29	78,88	89,72	100,47	111,18	125,32
4	38,40	57,35	69,91	85,78	97,56	109,25	120,91	136,29
5	40,98	61,20	74,60	91,54	104,12	116,60	129,03	145,45
6	43,21	64,53	78,67	96,53	109,80	122,96	136,08	153,40
7	45,19	67,49	82,28	100,97	114,84	128,61	142,33	160,45
8	46,97	70,16	85,55	104,97	119,40	133,71	147,98	166,82
9	48,61	72,61	88,53	108,64	123,57	138,38	153,15	172,65
10	50,12	74,87	91,29	112,02	127,42	142,70	157,93	178,04
11	51,53	76,98	93,86	115,18	131,01	146,72	162,37	183,05
12	52,85	78,95	96,27	118,13	134,37	150,49	166,55	187,76
13	54,09	80,81	98,54	120,92	137,54	154,04	170,48	192,19
14	55,27	82,57	100,69	123,56	140,55	157,40	174,20	196,39
15	56,39	84,25	102,73	126,07	143,40	160,60	177,74	200,38
16	57,46	85,85	104,68	128,46	146,12	163,65	181,11	204,19
17	58,48	87,37	106,54	130,75	148,73	166,56	184,34	207,83
18	59,46	88,84	108,33	132,94	151,23	169,36	187,44	211,32
19	60,40	90,25	110,05	135,05	153,63	172,05	190,42	214,68
20	61,31	91,61	111,71	137,09	155,94	174,64	193,29	217,91
21	62,18	92,92	113,30	139,05	158,17	177,15	196,06	221,04
22	63,03	94,18	114,85	140,95	160,33	179,56	198,73	224,06
23	63,85	95,41	116,35	142,78	162,42	181,90	201,32	226,98
24	64,64	96,60	117,80	144,56	164,45	184,18	203,84	229,81

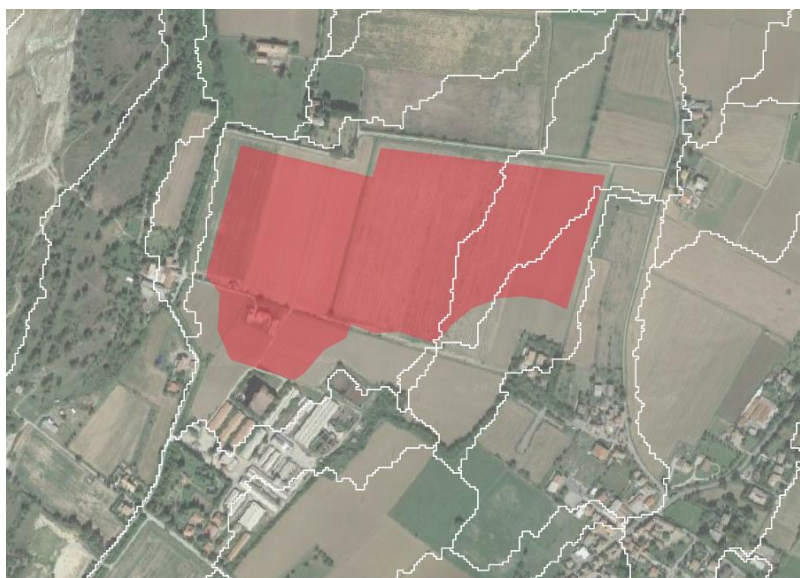
## **5.5 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO E DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO**

Nel presente paragrafo sono state identificate le singole aree scolanti e le principali caratteristiche sulla base del quale calcolare le portate idrologiche di riferimento.

Al fine di non modificare la rete naturale allo stato attuale e definire un sistema di drenaggio interno al sito con il minor impatto è stata eseguita una simulazione del modello digitale del terreno disponibile con lo scopo di identificare le principali informazioni morfologiche e idrologiche a scala di bacino nello stato di fatto (pendenze e isoipse, delimitazione del bacino idrografico, rete principale e secondaria).

La simulazione è stata condotta mediante algoritmi TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models – Utah State University) e successivamente rielaborata in ambiente GIS.

È stata compiuta una preliminare analisi dei bacini scolanti all’interno del dominio di interesse, di seguito sono riportati i bacini individuabili all’interno dell’area di impianto.



*Figura 5-4: Delimitazione bacini scolanti*

Nell’immagine seguente i bacini in progetto con relativa denominazione.

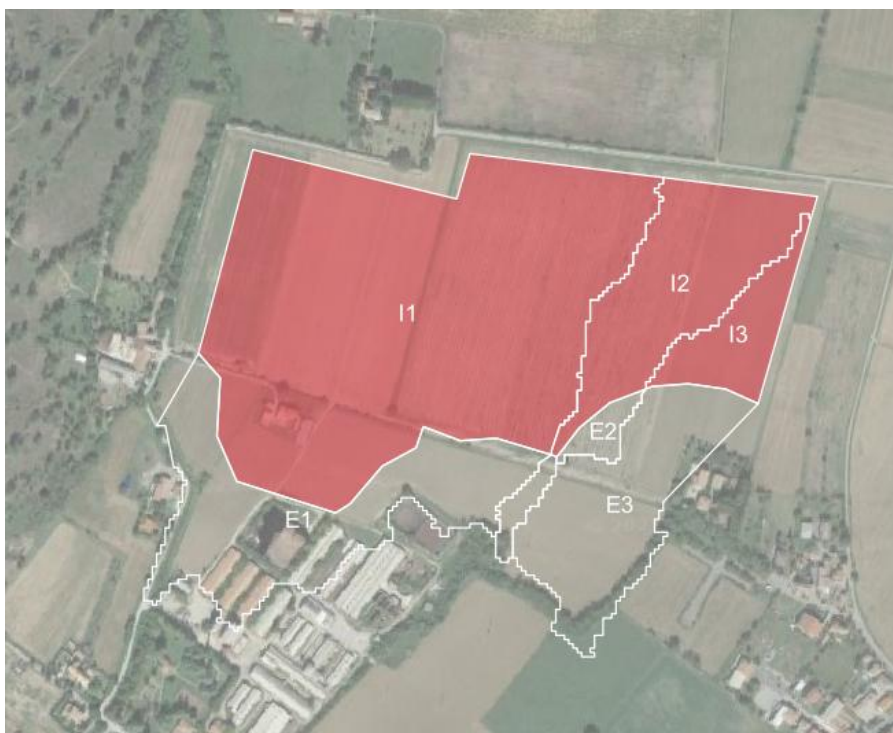


Figura 5-5: Delimitazione bacini scolanti e codifica

La Tabella 5.3 seguente riporta i bacini scolanti individuati e relative superfici, evidenziando quelli che presentano aree di alimentazione esterne all'area di progetto.

Gli eventuali apporti meteorici derivanti dalle aree di alimentazione esterne all'impianto possono essere trascurati in quanto la viabilità interna, che si sviluppa lungo il perimetro dell'impianto, sarà rialzata di 35 cm rispetto al piano campagna.

La rete estratta attraverso la simulazione, descritta in precedenza, è stata quindi sovrapposta con le aree di progetto e sulla base dei risultati è stato definito il sistema interno di gestione delle acque meteoriche e i punti di affluenza.

Lo stato di progetto presenterà quindi una rete di drenaggio con percorsi e punti di affluenza ai canali perimetrali compatibili con lo stato di fatto.

La rete interna a tali siti sarà principalmente costituita da canalette in terra a cielo aperto. Il sistema di drenaggio interno consentirà la corretta gestione delle acque meteoriche.

Tabella 5.3: Bacini scolanti distinti in base alle aree di drenaggio interne ed esterne.

BACINI DI DRENAGGIO INTERNI		BACINI DI DRENAGGIO ESTERNO	
ID Bacino	Area[mq]	ID Bacino	Area[mq]
I1	154'384	E1	50'606
I2	36'764	E2	6'765
I3	13'845	E3	37'692

### 5.5.1 Valutazione ante operam

La determinazione della pioggia efficace, ovvero della porzione di volume della precipitazione che contribuisce effettivamente alla formazione dell'onda di piena è stata eseguita applicando il "metodo percentuale"  $\Phi$ .

Questo metodo ipotizza che le perdite costituiscano una percentuale costante della quantità di pioggia durante l'evento.

Si considera il coefficiente di deflusso  $\Phi$ , caratteristico dell'evento nella sua totalità, come rapporto tra il volume di precipitazione netta ( $P_{netta}$ ) ed il volume di precipitazione totale ( $P$ ):

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

Al fine di ottenere lo ietogramma di pioggia netta, la pioggia sintetica "di progetto" viene moltiplicata per il parametro  $\Phi$ , ammettendosi così che i fenomeni di infiltrazione e perdita idrica siano costanti durante tutta la durata dell'evento piovoso.

Le aree allo stato di fatto non risultano impermeabilizzate e sono prevalentemente coltivate. Come descritto in precedenza, l'area di progetto si sviluppa su aree seminative di tipo semplice.

La tabella 12 della Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche di seguito riportata suggerisce i valori di coefficiente di afflusso in funzione del tipo di suolo, della copertura agricola e della pendenza del terreno.

		Tipo di suolo		
		Terreno leggero	Terreno di medio impasto	Terreno compatto
Vegetazione e pendenza				
Boschi	< 10 %	0,13	0,18	0,25
	> 10 %	0,16	0,21	0,36
Pascoli	< 10 %	0,16	0,16	0,22
	> 10 %	0,22	0,42	0,62
Colture agrarie	< 10 %	0,40	0,60	0,70
	> 10 %	0,52	0,72	0,82

Figura 5-6: Coefficienti di afflusso suggeriti dalla Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche e idrauliche

Date le condizioni di bassa pendenza del territorio considerato ed il suo uso del suolo prevalente afferente alle colture agrarie è stato cautelativamente assunto un valore di coefficiente di afflusso ante operam costante pari a:

$$\varphi = 0.5$$

### 5.5.2 Valutazione post operam

In merito alle aree prevalentemente permeabili è stato valutato l'impatto dell'installazione di strutture tracker.

L'interasse fra le strutture sarà di circa 5,5 metri. I tracker non avranno una configurazione fissa ma oscilleranno durante le fasi del giorno. Il tracker si posizionerà stabilmente con un tilt prossimo a zero solo in condizioni di messa in sicurezza in occasione di velocità del vento superiore alla soglia limite.



Si ritiene che durante un evento intenso con tempo di ritorno pari a quello di progetto, la capacità di infiltrazione, così come le caratteristiche di permeabilità del terreno, delle aree di intervento non siano modificate dall'installazione delle strutture tracker.

Analogamente si può affermare delle platee di appoggio delle cabine elettriche che avranno un'area trascurabile rispetto all'intera estensione delle aree.

Ciononostante, volendo cautelativamente ipotizzare una perdita di capacità di infiltrazione delle acque meteoriche, si è valutata arealmente l'incidenza e si sono valutati gli impatti in termini di capacità di infiltrazione delle eventuali acque di ruscellamento che si generano su ogni settore di progetto su aree permeabili.

Tale valutazione è stata condotta sulla base di precedenti studi internazionali (rif. "Hydrologic response of solar farm", Cook, Lauren, Richard - 2013 –American Society of Civil Engineers) improntati su un modello concettuale di impatto che simula il modulo idrologico tipo di impianto come costituito da un'area di installazione pannelli ed una di interfila.

L'area di interfila presenta una capacità di infiltrazione non influenzata.

Il modello schematizza l'area interessata dalla struttura come composta al 50% da una sezione "Wet" con capacità di infiltrazione non influenzata e collegata alla precedente area di interfila e una sezione "dry" che si assume a favore di sicurezza come non soggetta ad infiltrazione diretta e quindi con coefficiente di deflusso pari a 1. Lo schema è visibile nella figura seguente.



Figura 5-7: Modulo tipo, descrivente il modello concettuale idrologico dell'installazione di strutture fotovoltaiche a tracker su pali infissi comprendente l'area pannelli (in rosso) e l'area di interfila (Fonte: Hydrologic response of solar farm Cook 2013 American Society of Civil Engineers)

Come descritto la proiezione del tracker a terra non risulterà fissa in quanto la struttura varierà il tilt durante le fasi della giornata. Volendo comunque assumere la condizione più sfavorevole di evento intenso di progetto in occasione di tilt della struttura pari a zero si ottiene un'area dry pari al 50% dell'area utile di installazione pannelli.

Nel calcolo della pioggia netta è stato quindi calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale sulla base delle precedenti assunzioni.

Tabella 5.4: Aree scolanti e caratteristiche di infiltrazione negli scenari ante-operam/post-operam.

AREA [HA]	AREA MODULI [MQ]	PERCENTUALE MODULI SU AREA NETTA INSTALLAZIONE PANNELLI	AREA DRY STIMATA DURANTE TILT PARI A 0° [HA]	PERCENTUALE AREA AVENTE EFFETTO POTENZIALMENTE DRY	COEFF. DEFLUSSO ANTE- OPERAM ASSUNTO	COEFF. DEFLUSSO POST- OPERAM STIMATO
19,24	64 698	34%	3,23	16,81%	0,50	0,58

Sulla base dei coefficienti di deflusso stimati sono state calcolate le portate al colmo durante l'evento intenso di progetto negli scenari ante-operam e post-operam (Capitolo 6.4). L'impermeabilità del sito, post operam, aumenta del **17%**.

## 5.6 MASSIMA PORTATA SCARICABILE

La massima portata scaricabile al corpo idrico recettore è stata calcolata facendo riferimento alle *Linee guida per la progettazione dei dispositivi di invarianza idraulica* relative all'Allegato Tecnico al Regolamento di Polizia Idraulica del Consorzio, approvato in data 12/02/2019 (vedi Capitolo 5.2).

Le linee guida sopra citate prevedono che:

- la dimensione massima delle luci di scarico dell'invaso dovrà essere pari a 250 mm nel caso di un solo scarico, di 180 mm nel caso di due scarichi e di 160 mm nel caso di tre scarichi;
- la massima quota d'acqua consentita all'interno dell'invaso, in corrispondenza dello/gli scarico/chi, dovrà essere pari a 80 cm. Laddove non sia possibile, per comprovate e giustificate esigenze tecniche, ottemperare a tale prescrizione il consorzio potrà autorizzare la realizzazione di un bacino di laminazione con battente superiore a 80 cm, purché la portata di scarico, attraverso ulteriori sistemi di riduzione dello scarico terminale, si attesti a valori non superiore a quelli defluenti dal sistema avente battente 80 cm;

Considerato che i volumi di laminazione in progetto (vedi Capitolo 6.1) presentano un tirante massimo pari a 0,60 m, la portata massima scaricabile è stata stimata ipotizzando uno scarico a battente mediante n. 3 condotte di diametro DN 160 mm.

Ai fini del calcolo è stato assunto un tirante medio costante pari a 0,30 m, applicando la seguente relazione:

$$Q_{u,lim} = \mu * S * \sqrt{2gh}$$

Dove:

- $\mu$  è il coefficiente di contrazione pari a 0,61;
- $S$  è la sezione della condotta di scarico;
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ;
- $h$  è la distanza fra il baricentro della luce ed il pelo libero, assunta costante pari a 0,3 m.

L'ipotesi assunta comporta una portata di scarico costante nel tempo e consente pertanto l'applicazione del metodo delle sole piogge (vedi capitolo 6.2) per la determinazione dei volumi di laminazione necessari al conseguimento dell'invarianza idraulica.

Nella seguente tabella si riportano i valori della massima portata scaricabile ottenuti considerando una singola condotta di scarico.

Tabella 5.5: Valori di massima portata scaricabile nel caso di scarico a battente con una condotta Dn 160 mm.

Dn [m]	S [m]	h [m]	Q <sub>ulim</sub> [m³/s]	Q <sub>ulim</sub> [l/s]
S [ha]	0,02	0,03	0,0297	29,76

Essendo lo scarico costituito da 3 condotte DN 160 mm, la massima portata scaricabile risulta pari a 89,27 l/s.

Lo scarico avverrà per mezzo di una bocca tarata tale da garantire il rispetto della massima portata in uscita. Sarà inoltre prevista ad una valvola a clapet in modo da evitare il rigurgito a monte.

Si riporta di seguito una sezione tipo dei manufatti di scarico in progetto.

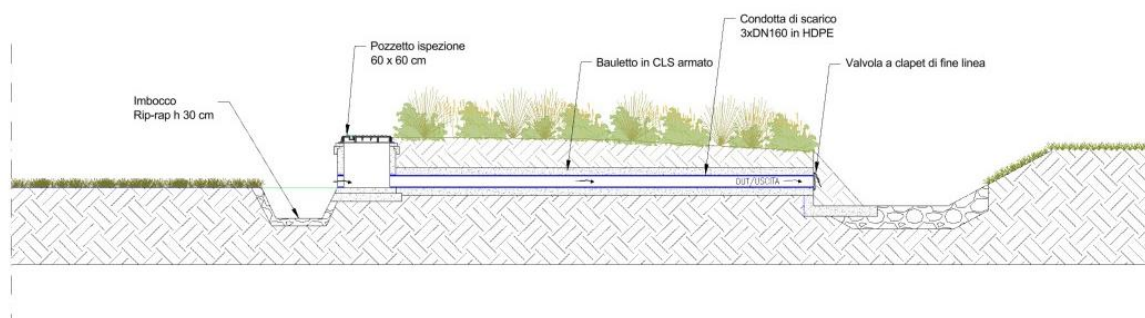


Figura 5-8: Tipologico manufatto di scarico

Si precisa che, nelle successive fasi progettuali, a seguito di un rilievo di dettaglio dei canali recettori, comprensivo delle sezioni trasversali, dovrà essere verificata l'effettiva capacità di funzionamento dello scarico a battente.

Qualora tale modalità di scarico non risultasse tecnicamente realizzabile nella configurazione proposta, si provvederà a modificare la geometria degli invasi di laminazione, al fine di garantire le condizioni di smaltimento previste, o in alternativa, si potrà prevedere una configurazione di scarico in pressione.

## 6. SISTEMA DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE IN PROGETTO

In contrapposizione al classico approccio di drenaggio delle acque meteoriche, in cui il principale obiettivo è l'allontanamento delle acque dal sito, nel presente progetto si sono utilizzate tecniche di progettazione a basso impatto.

La scelta dei sistemi di drenaggio sostenibili porterà al raggiungimento di più obiettivi:

- Realizzazione di infrastrutture verdi a vantaggio di quelle grigie;
- Rallentamento e riduzione del picco di piena durante piogge intense;
- Realizzazione di interventi che favoriscano i fenomeni di infiltrazione e ritenzione e gli indiretti processi di bioremediation;
- Contrastare i processi di erosione.

Il presente progetto ha mirato all'utilizzo di:

- Sistema di drenaggio superficiale costituito da fossi di scolo in terra;
- Aree di accumulo delle acque meteoriche ai fini della laminazione.

A partire dai volumi minimi di laminazione, riportati in Tabella 6.1, sono stati progettati gli invasi di laminazione per i sottocampi S1, S2, S3, in cui è suddivisa l'area di impianto.

### 6.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO

Attraverso l'analisi TauDEM rielaborata in ambiente GIS (come descritto nel paragrafo 5.5) è stato identificato un reticolo idrografico principale caratterizzato da percorsi preferenziali che non presentano un alveo ben definito, ma possono raggiungere portate significative in seguito ad eventi di pioggia intensi non ordinari.

Alcuni di questi ricadono all'interno dell'area di progetto, di conseguenza la loro pericolosità è stata studiata.

Il progetto ha previsto una sistemazione del drenaggio oggi assente al fine di indirizzare le portate verso i volumi di laminazione, costituito da canalette di forma trapezia scavate nel terreno naturale e rinverdite.

Tra i vantaggi idraulici essi immagazzinano e convogliano le acque scolanti meteoriche favorendo la riduzione dei picchi di deflusso, l'infiltrazione e il rallentamento dei flussi, a seconda della pendenza. Tali opere sono state e sono tuttora largamente in uso nelle aree rurali.

Durante l'avvento dei sistemi di gestione sostenibile questa categoria è stata rielaborata progettualmente creando nuove funzioni quali detenzione, infiltrazione, bioremediation ed ecologica.

Di seguito alcuni esempi:

- Può essere promossa la sedimentazione mediante l'uso di una fitta vegetazione, solitamente piante erbacee, che garantisce basse velocità di flusso per intrappolare gli inquinanti particellari e indiretti effetti di fitodepurativi;
- È possibile installare dighe o berme lungo il fosso per favorire ulteriormente lo stoccaggio, il rallentamento, la sedimentazione e l'infiltrazione;
- Mediante la formazione di sottofondo in materiale drenante è possibile incrementare l'infiltrazione creando opere miste con trincee drenanti;
- Utilizzo in commistione con bacini di detenzione come ingresso o uscita.

Nel presente paragrafo sono dettagliate le verifiche idrauliche di moto uniforme necessarie per il dimensionamento delle canalette di drenaggio dei diversi settori dell'impianto;

La capacità di convogliamento della sezione idraulica potrà essere calcolata attraverso una verifica idraulica in regime di moto uniforme, secondo la normale prassi progettuale, utilizzando la nota formula



di Chezy con il coefficiente di scabrezza di Manning (parametro che si usa nello studio dei flussi dei canali e che varia rispetto alla natura della superficie di riferimento):

$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} i^{1/2}}{n} \quad (8)$$

Dove:

- $Q$ : portata di riferimento [ $\text{m}^3/\text{s}$ ];
- $A$ : area della sezione bagnata [ $\text{m}^2$ ];
- $R$ : raggio idraulico [ $\text{m}$ ] (rapporto tra  $A$  e il corrispondente perimetro bagnato della sezione);
- $i$ : pendenza dell'alveo [ $\text{m}/\text{m}$ ];
- $n$ : coefficiente di conduttanza idraulica di Manning.

Le canalette saranno realizzate in scavo con una sezione trapezia di larghezza e profondità variabile in funzione della portata di progetto e sponde inclinate di  $26^\circ$ .

Nelle successive fasi progettuali, sarà valutata la possibilità di inserire dei salti di fondo con materiale da riporto lungo le canalette. Tali elementi consentiranno la dissipazione di energia, dunque il rallentamento delle velocità nel caso in cui il flusso d'acqua lungo le canalette più estese raggiungesse velocità elevate.

L'ubicazione planimetrica delle canalizzazioni è illustrata nell'elaborato 3162\_6252\_PA\_PAUR\_T15\_Rev1\_Regimazione acque meteoriche.

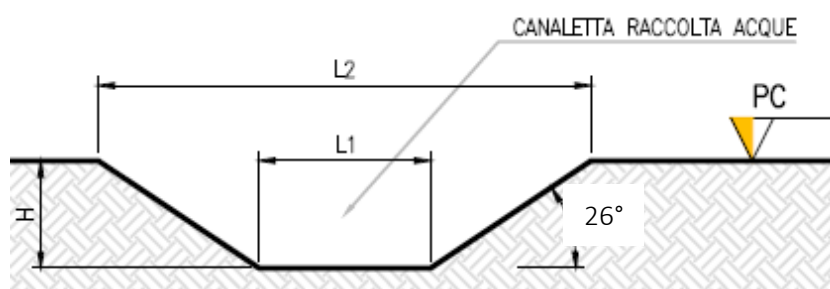


Figura 6-1: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo

La rete di drenaggio convoglierà le portate meteoriche in modo controllato verso le aree di accumulo previste ai fine della laminazione e sarà opportunamente dimensionata nelle successive fasi progettuali.

## 6.2 STIMA DEL VOLUME DI LAMINAZIONE CON IL METODO DELLE SOLE PIOGGE

Di seguito si riportano cenni teorici alla base del dimensionamento condotto al fine di valutare la capacità in termini di volume necessaria per la laminazione delle acque meteoriche in occasione di eventi di piena con diversi tempi di ritorno in relazione alla massima portata di scarico ammessa. Tale stima verrà condotta con l'applicazione del metodo delle sole piogge, nel rispetto del limite quantitativo allo scarico imposto.

Il *metodo semplificato delle sole piogge* che si basa sulle seguenti assunzioni:

- L'onda dovuta alla precipitazione entrante nell'invaso di laminazione è un'onda rettangolare con durata e portata costante. La portata è pari al prodotto tra l'intensità media di pioggia per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso. Con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso. Conseguentemente l'onda entrante coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento.

- L'onda uscente è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante (laminazione ottimale) e commisurata al limite prefissato in aderenza alle indicazioni sulle portate massime ammissibili. La portata in uscita è stata in prima analisi assunta pari al massimo scarico al ricettore senza considerare infiltrazioni di opere disperdenti.

Sulla base di tali ipotesi semplificative il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia. Conseguentemente, il volume di dimensionamento della vasca è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione.

Il volume di laminazione è quindi espresso dalla seguente relazione:

$$V_{max} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left( \frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} \cdot \left( \frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Dove  $V_{max}$  è il volume di invaso necessario per non superare la portata limite allo scarico,  $S$  è la superficie scolante a monte della vasca di laminazione,  $\varphi$  è il coefficiente di deflusso dell'area drenante,  $a$  ed  $n$  sono i parametri delle curve di possibilità pluviometrica e  $Q_{IMP}$  è la portata limite scaricabile.

Per l'area scolante e per il tempo di ritorno considerato è stata individuata iterativamente la durata critica, cioè la durata che massimizza il volume di laminazione, definita dalla seguente formula:

$$D_w = \left( \frac{Q_{IMP}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Il calcolo è stato condotto separatamente per le tre sotto aree di impianto S1, S2, S3 per un periodo di ritorno pari a **T = 100 anni**, in conformità a quanto previsto dalle *Linee guida per la progettazione dei dispositivi di invarianza idraulica* relative all'Allegato Tecnico al Regolamento di Polizia Idraulica del Consorzio, approvato in data 12/02/2019 (vedi Capitolo 5.2).

A vantaggio di sicurezza, per il calcolo del volume di laminazione sono state trascurate le portate infiltranti attraverso la superficie del bacino di laminazione.

Si riporta di seguito la sintesi dei parametri assunti e dei risultati di durata critica e volume di laminazione.

Tabella 6.1: Calcolo del volume di laminazione con il metodo delle sole piogge per T = 100 anni.

CALCOLO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE CON IL METODO DELLE SOLE PIOGGE								
SEZIONE IMPIANTO	S [ha]	Q <sub>ulim</sub> [l/s]	a [mm/h]	n	φ	D <sub>w</sub> [h]	W <sub>max</sub> [m³]	w [m³/ha imp]
S1	5,81	89,27	72,94	0,291	0,58	3,10	<b>2421</b>	719
S2	1,47	89,27	81,52	0,490	0,58	1,12	<b>373</b>	439
S3	11,97	89,27	72,94	0,291	0,58	8,61	<b>6716</b>	967

Vengono di seguito proposti i tempi di svuotamento dei bacini di laminazione determinati come:

$$t_{sv} = \frac{W_{max}}{Q_{u\ lim}}$$

Tabella 6.2: Calcolo dei tempi di svuotamento.

CALCOLO DEI TEMPI DI SVUOTAMENTO			
SEZIONE IMPIANTO	$Q_{ulim}$ [l/s]	$W_{max}$ [m <sup>3</sup> ]	$t_{sv}$ [h]
S1	89,27	2421	7,53
S2	89,27	373	1,16
S3	89,27	6716	20,90

I tempi di svuotamento calcolati sono considerati cautelativi in quanto sempre inferiori a 24 ore.

### 6.3 DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE VOLUMI DI LAMINAZIONE

Gli invasi sono realizzati con il **ribassamento della superficie del terreno di 60 cm**, in prossimità dei canali recettori, che costituiscono il recapito finale delle acque meteoriche. L'area ribassata è raccordata al piano campagna con scarpate lunghe 6 m (pendenza 10%).

Tale configurazione consente di ottenere volumi d'invaso perfettamente integrati con la morfologia del sito, mantenendo l'intera superficie recintata destinabile all'installazione dei moduli fotovoltaici.

Si tratta infatti di aree normalmente asciutte e coltivabili, che andranno a raccogliere il ristagno in caso di eventi estremi.

Gli scarichi nei corpi idrici recettori sono costituiti da pozzetti da cui si diramano delle condotte interrato aventi diametro DN 160 mm (3 per ogni pozzetto) che convogliano le acque meteoriche nei fossi recettori.

La portata massima scaricabile è stata definita nel rispetto delle *Linee guida per la progettazione dei dispositivi di invarianza idraulica* relative all'Allegato Tecnico al Regolamento di Polizia Idraulica del Consorzio, approvato in data 12/02/2019 (vedi Capitolo 5.2).

Le aree di accumulo e laminazione delle acque meteoriche sono state individuate in coerenza con il naturale assetto idrologico del sito. In particolare, la loro localizzazione è stata definita sulla base dell'analisi del deflusso superficiale, ricostruito mediante lo studio delle curve di livello derivate dal rilievo topografico e dal Modello Digitale del Terreno (DTM 1x1).

Nella seguente Figura 6-2 si riporta la disposizione planimetrica degli invasi di accumulo con indicazione dei rispettivi punti di scarico. Si rimanda all'elaborato 3162\_6252\_PA\_PAUR\_T15\_Rev1\_Regimazione acque meteoriche per maggiori dettagli.

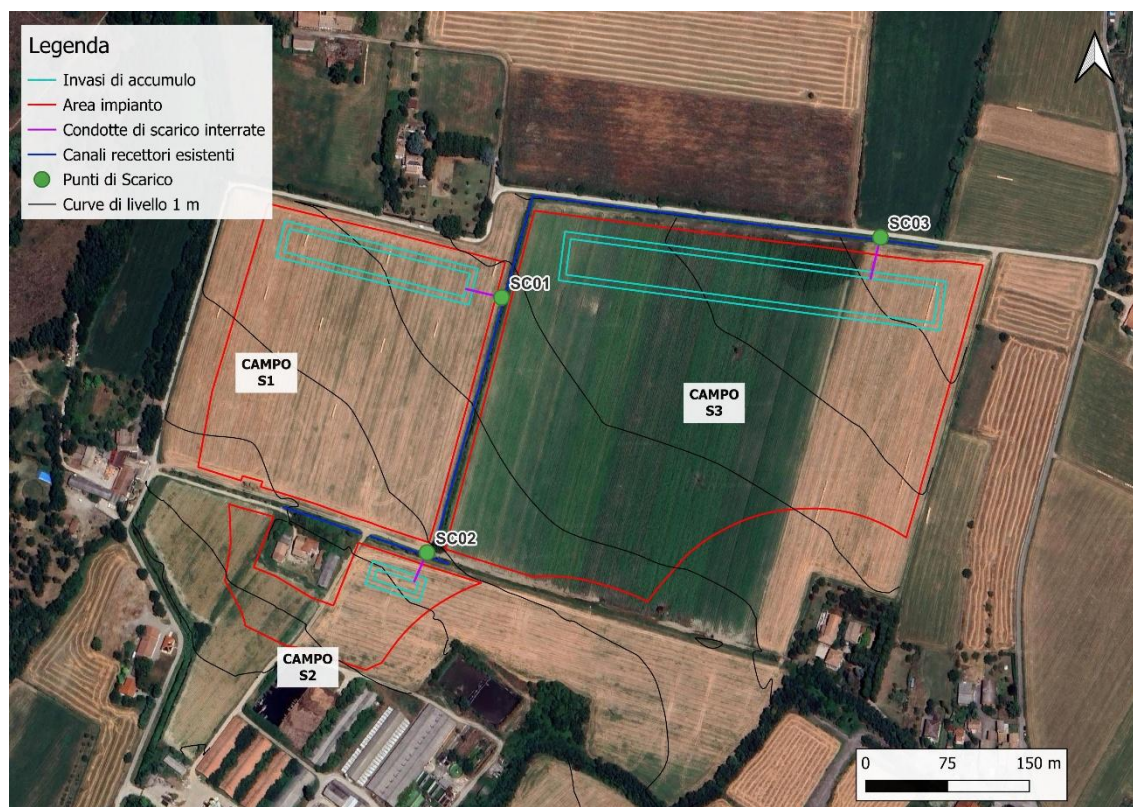


Figura 6-2: Disposizione planimetrica invasi di accumulo con indicazione dei punti di scarico

### 6.3.1 Verifica dei volumi di laminazione

Come detto in precedenza, i volumi di laminazione sono stati progettati a partire dai volumi teorici ricavati con il metodo delle sole piogge e riportati in Tabella 6.1

I calcoli preliminari dei volumi dei ribassamenti hanno evidenziato che i volumi effettivamente ricavabili mediante ribassamento risultano superiori ai volumi di laminazione individuati in fase di calcolo e sono tali da garantire un franco di sicurezza pari ad almeno 10 cm.

Tale verifica garantisce la sicurezza idraulica nei confronti degli eventi di progetto.

In Tabella 6.3 è possibile osservare quanto appena affermato.

Tabella 6.3: Confronto volumi teorici di laminazione e volumi dei ribassamenti progettati.

SEZIONE IMPIANTO	VOLUME TEORICO DI LAMINAZIONE [m <sup>3</sup> ]	VOLUME RIBASSAMENTO [m <sup>3</sup> ]	H (TIRANTE) [m]	FRANCO [m]
S1	2421	2948	0,49	0,11
S2	373	440	0,50	0,10
S3	6716	8080	0,50	0,10

A seguito della ricostruzione topografica della superficie di ognuno dei bacini idrografici in progetto sono state determinate le corrispondenti curve di invaso di seguito riportate.





*Figura 6-3: Curva di Invaso del bacino del campo S1*

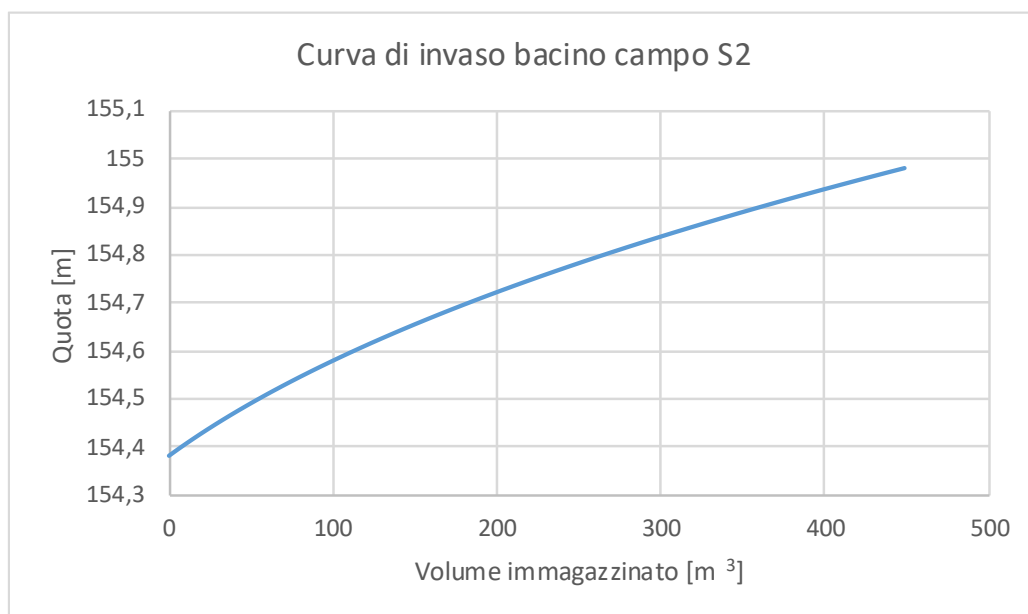


Figura 6-4: Curva di Invaso del bacino del campo S2

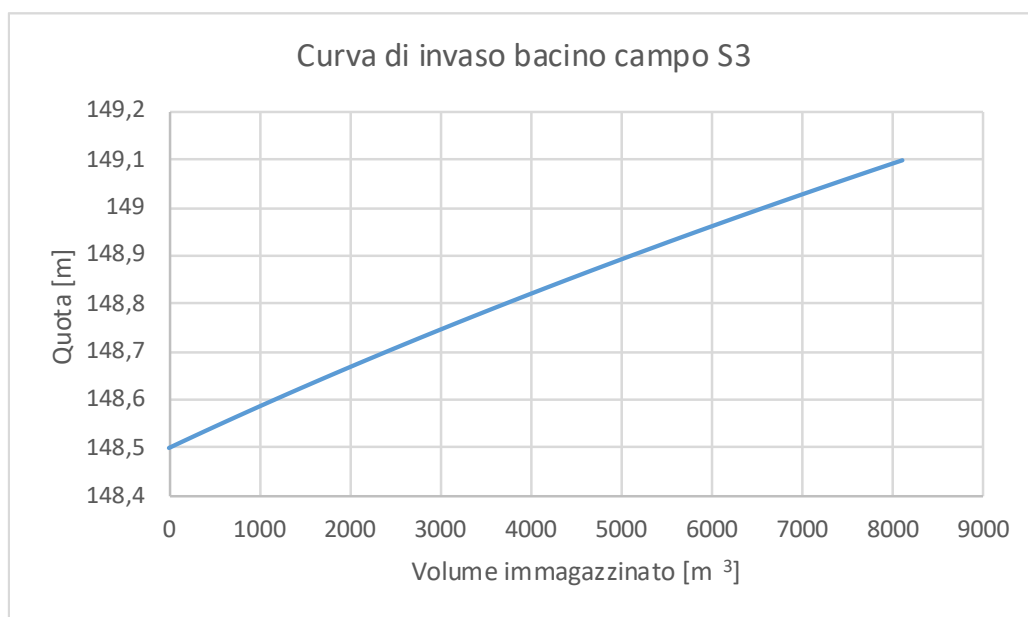


Figura 6-5: Curva di Invaso del bacino del campo S3

#### 6.4 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE ANTE-OPERAM E POST-OPERAM

Per calcolare le portate di scolo dai bacini imbriferi costituiti dai singoli settori in cui è prevista la posa delle strutture agrivoltaiche, si è determinato per ognuno di essi l'evento critico, cioè l'evento meteorico che produce la massima portata al colmo (portata critica). A tal fine si è adottato il modello cinematico (o della corrivazione).

Ipotizzando che la precipitazione sia a intensità costante e che la curva tempi aree del bacino sia lineare, la durata critica coincide con il tempo di corrivazione del bacino e la portata critica (portata di progetto) è data dall'espressione:

$$Q_P = \varphi \cdot \frac{i(T_0, t_C) \cdot A}{360} \quad (7)$$

Dove:

$Q_P$  = portata critica (netta) [m<sup>3</sup>/s];

$\varphi$  = coefficiente di deflusso, mediante il quale si tiene conto delle perdite per infiltrazione e detenzione superficiale [adimensionale];

$i(T_0, t_C)$  = intensità media della precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione del bacino ( $t_C$  - min) ed avente un tempo di ritorno ( $T$  - anni) [mm/h];

$A$  = superficie del bacino [ha].

Il valore del tempo di corrivazione è stato calcolato come somma del tempo di entrata in rete più il tempo di rete.

Il calcolo è stato cautelativamente condotto facendo riferimento ad un evento di pioggia con periodo di ritorno pari a **T = 100 anni**, al fine di considerare eventi più gravosi con bassa probabilità di accadimento.

La portata di progetto in condizioni post-operam corrisponde alla massima portata scaricabile ammissibile, determinata nel rispetto delle *Linee guida per la progettazione dei dispositivi di invarianza idraulica* di cui all'Allegato Tecnico al Regolamento di Polizia Idraulica del Consorzio, approvato in data 12/02/2019, ed è pari alla portata defluente dagli scarichi dei volumi di laminazione previsti, come riportato nel capitolo 5.6.

Come evidenziato in Tabella 6.4, lo stato post-operam mostra una significativa riduzione delle portate di deflusso superficiale relative alle diverse aree dell'impianto rispetto alla condizione ante-operam, effetto diretto dell'azione di laminazione esercitata a monte degli scarichi. Di conseguenza, nello stato post-operam si registra una riduzione del rischio idraulico anche in corrispondenza di eventi rari con periodo di ritorno pari a 100 anni.

Dal confronto tra le condizioni ante-operam e post-operam emerge pertanto che le opere in progetto risultano non solo compatibili dal punto di vista idraulico, ma che i volumi di laminazione previsti consentono anche una riduzione delle portate di picco, garantendo un miglioramento complessivo delle condizioni di sicurezza idraulica anche in caso di eventi estremi.

Tabella 6.4: Determinazione delle portate di deflusso nello scenario ante e post-operam per le diverse sezioni di impianto.

CAMPO	S1	S2	S3
S [ha]	5,81	1,47	11,97
L <sub>asta</sub> [m]	280	170	520
t <sub>c</sub> [h]	0,31	0,29	0,36
h(t) [mm]	51,84	50,66	54,21
Intensità [mm/h]	167,3 1	176,9 3	150,1 1
Coeff. deflusso ante-operam	0.50	0.50	0.50
Coeff. deflusso post-operam	0.58	0.58	0.58

CAMPO	S1	S2	S3
Portata al colmo ante-operam $Q_{cr}$ [mc/s]	1,35	0,36	2,50
Portata al colmo post-operam $Q_{cr}$ [mc/s]	0,089	0,089	0,089

## 6.5 PUNTI DI SCARICO DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE

Gli scarichi dei volumi di laminazione avverranno nei canali recettori esistenti, nel rispetto della portata limite in uscita imposta per il rispetto del principio di invarianza idraulica.

Gli scarichi sono posti nei naturali punti di deflusso delle acque meteoriche attualmente esistenti.

Allo scarico sarà presente una fondazione di tipo riprap al fine di dissipare l'energia e ridurre i problemi di erosione.

Si riporta in Figura 6-6 il posizionamento planimetrico degli scarichi.



Figura 6-6: Indicazione planimetrica punti di scarico

Nella seguente Tabella 6.5 un riassunto della posizione degli scarichi con relative coordinate Nord e Est in coordinate WGS84 Fuso 32N.



*Tabella 6.5: Coordinate punti di scarico.*

SCARICO	POSIZIONE	COORDINATA NORD	COORDINATA EST
SC01	Fosso esistente che corre parallelo alla Strada dei Mulini a nord del campo A	606105	4948475
SC02	Fosso esistente che corre parallelo alla Strada dei Mulini a nord del campo A	606036	4948241
SC03	Fosso esistente che corre parallelo alla Strada dei Mulini a nord del campo B	606452	4948530

## **7. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA LINEA DI CONNESSIONE**

Il paragrafo individua i possibili punti/tratti di interferenza tra le opere in progetto e aree a pericolosità idraulica.

Per la classificazione delle aree si è fatto riferimento al PAI e PGRA, definendo il grado di pericolosità idraulica. La presenza di eventuali rigagnoli è stata confermata dalla visione di ortofoto e fotografie eseguite in sopralluogo.

### **7.1 IDENTIFICAZIONE INTERFERENZE – CAVO DI CONNESSIONE**

Il tracciato del cavo di connessione interferisce in due punti con il reticolo idrografico, i primi 800 metri del cavo a partire dall'impianto agrivoltaico ricade nello scenario di esondazione rara (P1) dovuto al reticolo principale di pianura e fondovalle (RP) secondo il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).

La soluzione adottata è la tecnologia "trenchless" ovvero una tipologia di interrimento del cavo che non prevede il tradizionale scavo a cielo aperto. Tra le tipologie di trenchless vi sono: TOC, microtunnel, spingitubo, ecc.

Per le interferenze con il corso d'acqua si prevede l'impiego di una soluzione di tipo TOC, mentre per le aree allagabili si ritiene sufficiente interrare il cavo ad una profondità prevista dalle normative CEI, considerando che la strada sterrata compattata, debolmente permeabile, garantirà protezione dall'erosione al cavo di connessione in caso di allagamento.

Il cavo sarà posizionato ai sensi della normativa vigente, è stata verificata la profondità di rinterro tale per cui l'opera in progetto risulta non interferente con la dinamica fluviale.

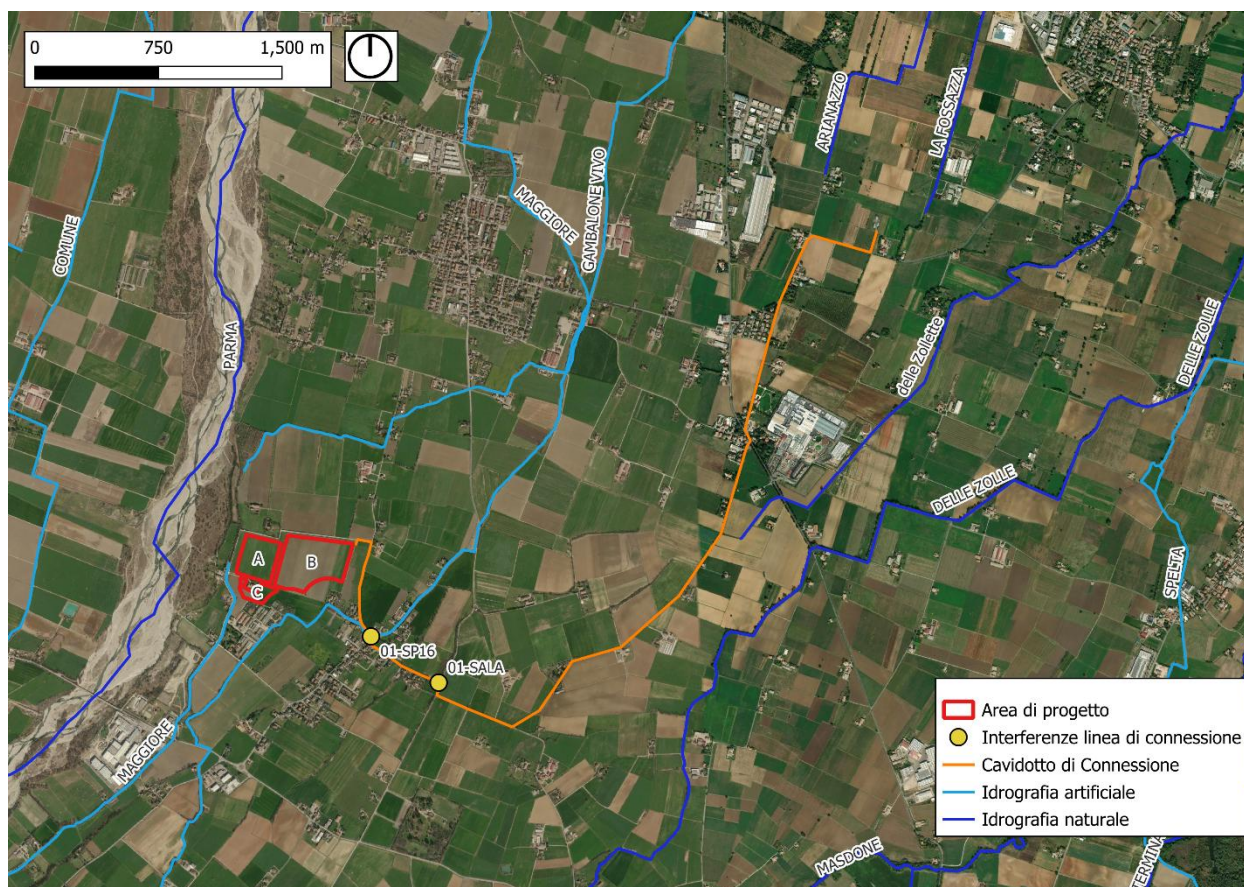


Figura 7-1: Identificazione e punti di interferenza col tracciato del cavo di connessione

La tabella di seguito riporta un riepilogo per i vari punti analizzati lungo il percorso di connessione, indicando il livello di pericolosità individuato e la tecnologia prevista per la risoluzione dell'interferenza ove presente. Il paragrafo 7.3 riporta la metodologia di analisi qualitativa e quantitativa per la definizione della minima profondità di posa.

Tabella 7.1: Interferenze con il percorso di connessione.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
01-MOL	Canale Gambalone Vivo	Bassa	TOC
01-SALA	-	-	TOC

Si rimanda all'elaborato di progetto 3162\_5916\_PA\_PAUR\_T17\_Rev0\_Censimento e risoluzione interferenze per l'elaborazione grafica del superamento delle interferenze.

## 7.2 METODOLOGIA DI VERIFICA PROFONDITÀ DI SICUREZZA POSA TOC

### *Analisi qualitativa*

In seguito all'identificazione dei punti di interferenza, per gli attraversamenti di corsi d'acqua naturali/antropici è stata effettuata un'analisi qualitativa di stabilità dei tratti di interesse. L'analisi è stata condotta sulla base delle indicazioni HEC-20 - Stream Stability at Highway Structures – FHWA.

Per ognuno è stato assegnato un valore numerico totale derivante dall'analisi qualitativa multicriteria al quale corrisponde una categoria di stabilità dell'alveo: eccellente, buono, moderato, cattivo stato.

Gli indicatori di stabilità considerati sono stati:

1. caratteristiche e attività del bacino e delle golene: è stato valutato il grado di interferenze dovuto all'esercizio di attività come i pascoli, allevamenti, costruzioni, infrastrutture, ecc.
  2. periodicità caratteristica: periodicità e frequenza del flusso (effimero, regolare, flash flood, ecc.);
  3. classificazione geomorfologica del canale;
  4. presenza e tipologie di aree golenali, grado di confinamento, quindi se il canale è delimitato da argini, infrastrutture;
  5. materiale di fondo e granulometria tipologica;
  6. presenza delle barre e caratteristiche dell'asta (pendenza longitudinale, il rapporto tra larghezza/altezza della sezione di interesse);
  7. potenziali ostruzioni;
  8. caratteristiche dello stato delle golene e delle sponde;
  9. pendenza media delle sponde;
  10. grado di protezione delle sponde sulla base della copertura vegetale o di opere di ingegneria;
  11. valutazione del livello di frastagliamento della sponda;
  12. segni di cedimenti delle golene ed eventuali evidenze di trasporto materiale;
- allineamento di eventuali ponti e pile rispetto al flusso.

### *Analisi quantitativa*

L'analisi quantitativa potrà essere effettuata in corrispondenza delle interferenze a valle della presente fase progettuale al fine di verificare e confermare le profondità di posa preliminarmente identificate in questa fase.

L'analisi quantitativa segue la metodologia HEC18 "Evaluating Scour at Bridges" FHWA-HIF-12-003 basata sulle portate caratteristiche idrologiche/idrauliche, le caratteristiche geometriche e granulometriche del corso d'acqua.

La granulometria assunta è quella caratteristica dello strato risultante dal modello geotecnico consistente al di sotto dei 3 metri da piano campagna in ciottoli di matrice sabbiosa-limosa.

Considerata la stabilità geomorfologica complessiva non è stata considerata la migrazione dell'alveo. A favore di sicurezza non sono stati considerati fenomeni di deposizione ma solo di erosione.

L'erosione totale potenziale è stata valutata come somma:

- Erosione a lungo termine;
- Erosione in corrispondenza di contrazioni;
- Erosioni locali in corrispondenza di pile di ponti.



### *Erosione a lungo termine*

Il calcolo dell'erosione a lungo termine sarà condotto nell'ipotesi di formazione di uno strato di corazzamento "armoring". L'erosione graduale dello stato attivo di fondo con il dilavamento dei sedimenti crea uno strato di corazzamento assunto quale condizione di stabilità.

Tale stabilità è mantenuta sino a nuovo evento che supera quello alla base del calcolo.

Non essendo possibile stabilire allo stato attuale se tale corazzamento sia avvenuto o in divenire, a favore di sicurezza il valore di escavazione calcolato dovrà essere sommato interamente con le altre erosioni.

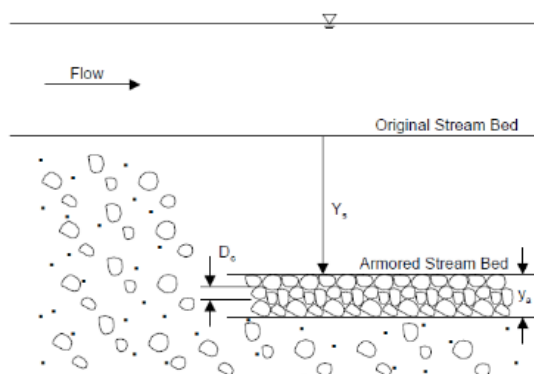


Figura 7.2: Dinamica erosione a lungo termine per corazzamento (FHWA)

La portata utilizzata per il calcolo dell'erosione a lungo termine sarà la portata formativa/dominante definita come quel valore teorico di portata che ha maggiori effetti sulla forma e sulle dimensioni dell'alveo.

Esistono tre possibili approcci per determinare tale portata "teorica" (Biedenharn et al., 2001):

- a) portata ad alveo pieno (bankfull discharge);
- b) portata con tempo di ritorno compreso tra 1 e 3 anni (il valore della portata con tempo di ritorno di 1.5 anni è quello più comunemente usato);
- c) portata efficace (effective discharge), intesa come portata che trasporta più sedimenti in un intervallo temporale sufficientemente ampio.

### *Erosione da contrazione e da pile in corrispondenza di ponti stradali*

L'erosione dovuta alla presenza di un ponte di attraversamento stradale potrà essere calcolata come somma dell'erosione dovuta alla contrazione della vena più quella dovuta alla presenza di pile in alveo.

La portata alla base del calcolo a favore di sicurezza è quella con tempo di ritorno 200 anni.

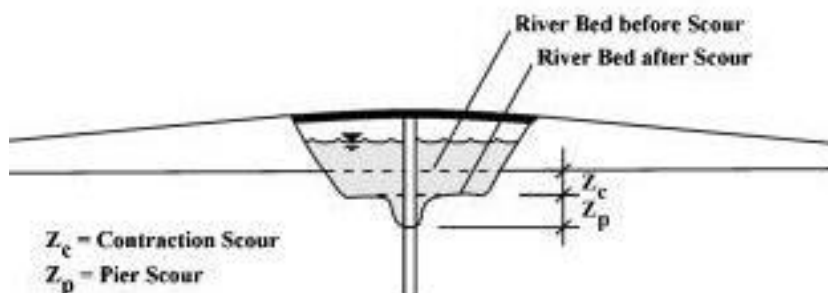


Figura 7.3: Erosioni assunte in corrispondenza di un ponte di attraversamento stradale (fonte FHWA).

### Contrazione

L'erosione di contrazione e da pile è diversa dal degrado a lungo termine, in quanto la contrazione si verifica in prossimità di restringimenti naturali o antropici quali ponti. Questa può essere ciclica e/o correlata al passaggio di una piena.

L'erosione dello stato attivo è tipicamente ciclica; ad esempio, durante la fase ascendente di evento di piena può creare erosioni che si riempiono poi nella fase discendente.

La natura ciclica incrementa la difficoltà nel determinare la profondità di escavazione dopo un'alluvione. A favore di sicurezza nel calcolo è assunta l'erosione totale calcolata quindi nel punto più critico della piena.

La contrazione del flusso può mediamente essere causata sia dalla diminuzione naturale dell'area di flussi del torrente sia da restringimenti antropici.

Assumendo la possibilità di rimozione dello strato di corazzamento in occasione di eventi di piena la formulazione che verrà adottata per il calcolo prevederà la condizione di Live Bed cioè il trasporto solido in atto e non di acqua limpida come indicato da linea guida FHWA.

### Pile e spalle

Il meccanismo di base che causa l'erosione localizzata delle pile è presentato dalle correnti non lineari create dall'interazione tra flusso di monte e pila.

Il vortice a ferro di cavallo creato è stato il risultato dell'accumulo di acqua sulla superficie a monte dell'ostruzione con prima importante escavazione e della successiva accelerazione del flusso con creazione di vortici a frequenza oscillatoria. L'azione di tali vortici rimuove il materiale del letto intorno alla base della pila.

Il tasso di trasporto dei sedimenti a valle del ponte è superiore al tasso di trasporto alla pila e, di conseguenza si sviluppa erosione. Con l'aumento della profondità dell'escavazione, la forza del vortice a ferro di cavallo si riduce, riducendo così il tasso di trasporto della regione di base.

Ristabilendo l'equilibrio tra l'afflusso e il deflusso del materiale del letto si crea una stabilità di fondo.

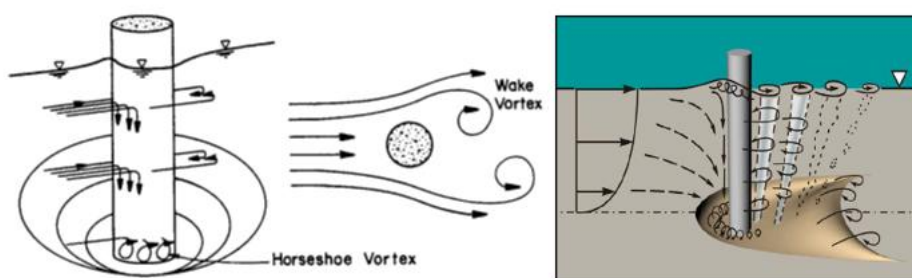


Figura 7.4: Dinamica di erosione in corrispondenza di pile strette (fonte FWHA)

### 7.3 RISOLUZIONE INTERFERENZE CAVO DI CONNESSIONE

Per quanto riguarda la linea di connessione, questa risulta ricadere parzialmente in area di pericolosità idraulica, sulla base delle mappe di pericolosità consultate. Trattandosi di interferenze con corsi irrigui notevoli è necessario l'impiego di TOC per il superamento di tali discontinuità.

Lungo i percorsi di connessione sono state individuate due interferenze puntuali con elementi idrici.

#### 01-MOL

##### Identificazione

L'interferenza 01-MOL interessa il Canale Gambalone Vivo. Il cavo verrà interrato al di sotto dell'alveo del fiume usando la tecnologia TOC.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato arancione il tracciato di connessione e in azzurro il reticolo.

Tabella 7.2: Riepilogo interferenza 01-MOL.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
01-MOL	Canale Gambalone Vivo	bassa	TOC

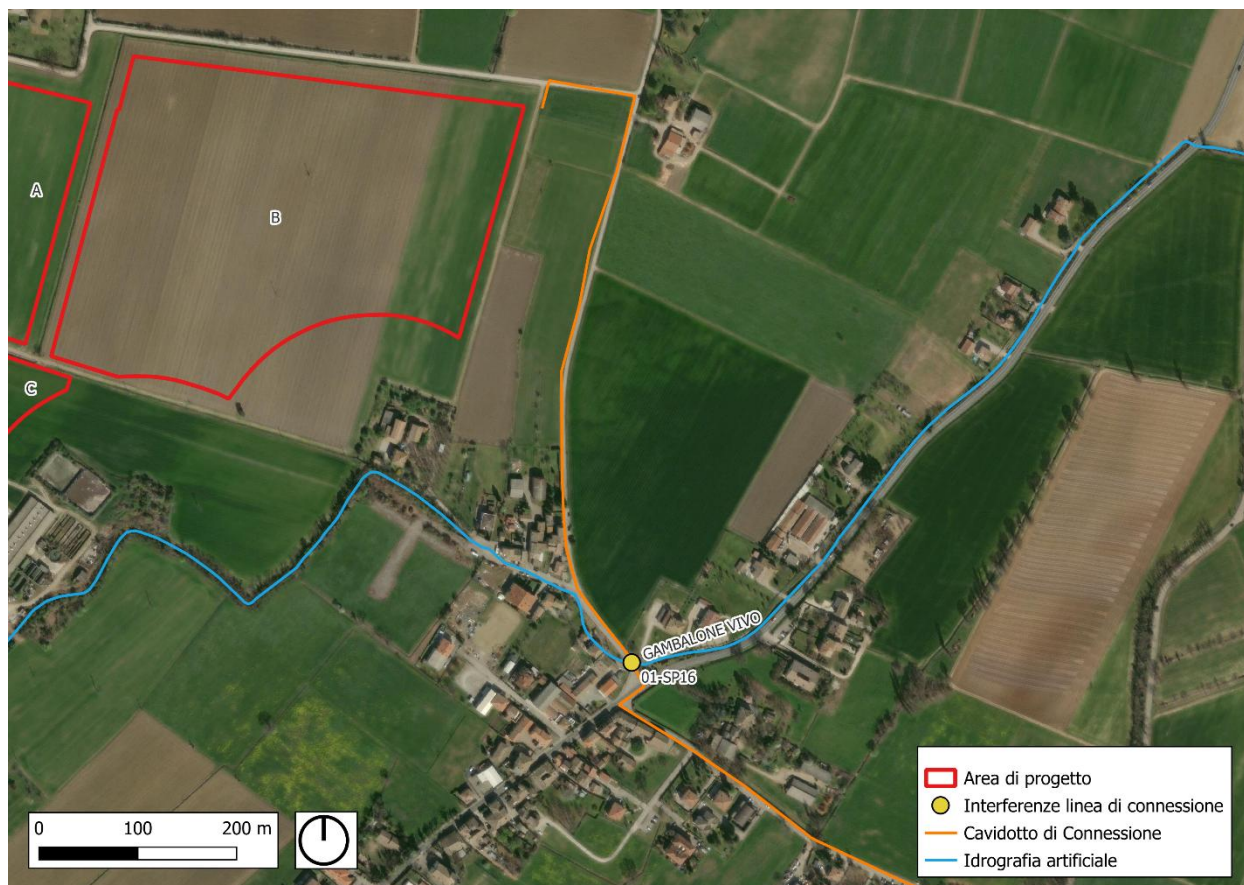


Figura 7-5: Ubicazione planimetrica interferenza 01-MOL

### Osservazioni

La sezione dell'alveo è stabile, con sponde rinverdite. Secondo la mappa di uso del suolo, le aree interessate dal passaggio del cavidotto sono indicate come irrigue di seminativi semplici e, limitatamente alle aree dell'alveo, come fiumi, torrenti, fossi.

### Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 0, al tratto in oggetto rientra nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

### Verifica di compatibilità idraulica

La tecnologia da adottare per la posa del cavo in 01-MOL è di tipo TOC, al fine di non compromettere la stabilità dell'alveo.

Data la ridotta dimensione dell'elemento idrico, in accordo col gestore, può anche essere considerato altro metodo trenchless, purché eseguibile in condizioni di sicurezza e purché vengano soddisfatti i requisiti di profondità d'interramento.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo **pari a 2 metri**.

Si ritiene che, a tale profondità, l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.



## 01-SALA

### Identificazione

L'interferenza 01-SALA interessa un canale minore privo di toponimo. Il cavo verrà interrato al di sotto dell'alveo del fiume usando la tecnologia TOC.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato arancione il tracciato di connessione.

*Tabella 7.3: Riepilogo interferenza 01-SALA.*

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
01-SALA	-	-	TOC



*Figura 7-6: Ubicazione planimetrica interferenza 01-SALA*



Figura 7-7: interferenza 01-SALA

### Osservazioni

La sezione dell'alveo è stabile, con sponde rinverdite. Secondo la mappa di uso del suolo, le aree interessate dal passaggio del cavidotto sono indicate come irrigue di seminativi semplici e, limitatamente alle aree dell'alveo, come fiumi, torrenti, fossi.

### Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 0, al tratto in oggetto rientra nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

### Verifica di compatibilità idraulica

La tecnologia da adottare per la posa del cavo in 1-SALA è di tipo TOC, al fine di non compromettere la stabilità dell'alveo.

Data la ridotta dimensione dell'elemento idrico, in accordo col gestore, può anche essere considerato altro metodo trenchless, purché eseguibile in condizioni di sicurezza e purché vengano soddisfatti i requisiti di profondità d'interramento.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo **pari a 2 metri**.

Si ritiene che, a tale profondità, l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

## 8. CONCLUSIONE

Lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto agrivoltaico avanzato, della linea di connessione e della cabina di sezionamento ha analizzato le interferenze con le aree a pericolosità idraulica e ha quindi identificato la migliore soluzione e tecnologia per la risoluzione delle stesse.

Si evidenzia che l'approccio utilizzato nello studio ha posto grande attenzione non solo alla mera progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche, ma soprattutto all'integrazione delle opere con lo stato di fatto. Si sono quindi minimizzate le interferenze con l'idrografia esistente, sostituendo l'utilizzo delle tradizionali opere dell'ingegneria civile (infrastrutture grigie) con le infrastrutture verdi, che mitigano gli impatti biofisici delle opere in progetto, riducendo il potenziale rischio idrogeologico, creando benefici ecosistemici e promuovendo gli obiettivi della politica comunitaria.

Questo studio ha messo a confronto lo scenario ante-operam e quello post-operam, analizzando il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista idraulico (valutazione variazioni degli apporti durante eventi intensi al riceettore finale). Vista l'interdistanza esistente tra le strutture, l'altezza da piano campagna e la mobilità che varierà la copertura su suolo (rendendo quindi non permanente la schermatura), durante un evento intenso con tempo di ritorno pari a quello di progetto non sono previste variazioni critiche della capacità di infiltrazione, così come delle caratteristiche di permeabilità del terreno nelle aree interessate dall'installazione di tracker. Analogamente le platee di appoggio delle cabine avranno un'area trascurabile rispetto all'intera estensione delle aree.

Ciononostante, volendo cautelativamente ipotizzare una perdita di capacità di infiltrazione delle acque meteoriche, si è valutata arealmente l'incidenza nell'ipotesi di fissità orizzontale dei tracker e si sono valutati gli impatti in termini di capacità di infiltrazione delle eventuali acque di ruscellamento che si generano su ogni settore di progetto su aree permeabili. Tale valutazione è stata condotta sulla base di precedenti studi internazionali (rif. “Hydrologic response of solar farm”, Cook, Lauren, Richard - 2013 – American Society of Civil Engineers) improntati su un modello concettuale di impatto che simula il modulo idrologico tipo di impianto come costituito da un'area di installazione pannelli ed una di interfila.

Al fine di garantire il rispetto dell'invarianza idraulica, sono stati previsti degli invasi di laminazione realizzati con il ribassamento della superficie del terreno di 60 cm, in prossimità dei canali recettori, che costituiscono il recapito finale delle acque meteoriche. L'area ribassata è raccordata al piano campagna con scarpate lunghe 6 m (pendenza 10%).

Tale configurazione consente di ottenere volumi d'invaso perfettamente integrati con la morfologia del sito, mantenendo l'intera superficie recintata destinabile all'installazione dei moduli fotovoltaici.

Si tratta infatti di aree normalmente asciutte e coltivabili, che andranno a raccogliere il ristagno in caso di eventi estremi.

Nelle aree interessate dal progetto, lo stato post-operam mostra una significativa riduzione delle portate di deflusso superficiale relative alle diverse aree dell'impianto rispetto alla condizione ante-operam, effetto diretto dell'azione di laminazione esercitata a monte degli scarichi. Di conseguenza, nello stato post-operam si registra una riduzione del rischio idraulico anche in corrispondenza di eventi rari con periodo di ritorno pari a 100 anni.

Il progetto ha previsto inoltre una sistemazione del drenaggio oggi assente al fine di indirizzare le portate verso i volumi di laminazione, costituito da canalette di forma trapezia scavate nel terreno naturale e rinverdite e realizzate in corrispondenza degli impluvi naturali esistenti (3162\_6252\_PA\_PAUR\_T15\_Rev1\_Regimazione acque meteoriche) identificati sulla base di una simulazione del modello digitale del terreno con estrazione dei sottobacini idrografici e della rete idrografica primaria e secondaria esistente. Tali scelte consentono di evitare di modificare la rete



naturale, senza interferenze nella costruzione della viabilità, nella disposizione dei tracker e delle altre opere di progetto. Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'ingegneria naturalistica. La preparazione del sito, inoltre, non prevede opere su larga scala di scotico, ma solo il taglio vegetazione ove essa impedisca la regolare esecuzione delle attività di costruzione e operatività. La viabilità di cantiere è assunta in materiale drenante.



## **DICHIARAZIONE DI PIENA CONFORMITA' DEL PROGETTO ALLE NORME E PRESCRIZIONI DEL PTCP E AGLI ALTRI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE PERTINENTI**

Il progettista Ing. Corrado Pluchino, nato a Modica (RG) il 11/11/1977, C.F. nr. PLCCRD77S11F258Z, e residente a San Donato Milanese (MI) in via Strasburgo 4, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano al n°A27174, redattore della presente Relazione idrologica e idraulica dell'Impianto Agrivoltaico avanzato "PARMA" ed Opere Connesse di 15,81 MWp nei comuni di Montechiarugolo e Traversetolo (PR)

### **DICHIARA:**

La piena conformità del progetto alle norme e prescrizioni del PTCP e agli altri strumenti di pianificazione territoriale pertinenti.

Milano lì 27.01.2026

Il tecnico

Ing. Corrado Pluchino