



GENNAIO 2025

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

Sara Zucca

Codice elaborato

3162_6252_PA_PAUR_R06_Rev0_Relazione Idrologica e idraulica

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

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com

Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
3162_6252_PA_PAUR_R06_Rev0_Relazione Idrologica e idraulica	10/2024	Prima emissione	E.Baldi	S.Zucca	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	
Fortunato Bruzzaniti	Ingegnere Ambientale	Ordine Ing. Reggio Calabria A3823
Vito Cucciniello	Geologo	

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

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com



Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
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
3.6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	15
3.7 INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO.....	17
Piano per l’Assetto idrogeologico del fiume Po (PAI)	18
Piano di Gestione del Rischio del Rischio Alluvione (PGRA)	20
Conclusioni	24
4. STATO DI PROGETTO.....	25
4.1 IMPIANTO AGRIVOLTAICO	25
4.1.1 Moduli fotovoltaici	26
4.1.2 Cavi di controllo e TLC.....	26
4.1.3 Rete di drenaggio interna	27
5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO	28
5.1 MISURE DI RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ DEI BENI E DELLE STRUTTURE ESPOSTE.....	28
5.2 MISURE VOLTE AL RISPETTO DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA.....	28
6. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA LINEA DI CONNESSIONE	30
6.1 IDENTIFICAZIONE INTERFERENZE – CAVO DI CONNESSIONE.....	30
6.2 METODOLOGIA DI VERIFICA PROFONDITÀ DI SICUREZZA POSA TOC.....	32
Analisi qualitativa	32
Analisi quantitativa	32
6.3 RISOLUZIONE INTERFERENZE CAVO DI CONNESSIONE	35
01-MOL.....	35
01-SALA	37
7. STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO	39
7.1 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO.....	39
7.2 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE.....	40
7.3 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO	47
7.4 VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA)	49
Valutazione post operam	50
7.5 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST-OPERAM ..	51



8.	VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI	54
8.1	SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL’AREA DI INTERVENTO.....	54
8.2	PUNTI DI SCARICO DEI CANALI DI DRENAGGIO.....	56
9.	CONCLUSIONE	58

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 è costituito da:

- Analisi delle piogge, eseguite sia utilizzando le indicazioni riportate sul progetto Valutazione Piene (VAPI) del Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche (GNDICI);
- Valutazione della durata dell'evento pluviometrico di progetto di durata pari al tempo critico del bacino idrografico oggetto di studio (tempo di corrivazione e ietogramma di progetto);
- Determinazione delle portate di riferimento;
- Identificazione della rete scolante esistente che sarà mantenuta nella fase post operam così come gli eventuali scarichi esistenti. Sono state valutati infittimenti locali della rete per migliorare quello esistente.

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_Rev0_Regimazione acque meteoriche*.

2. DATI DI RIFERIMENTO

2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO

La campagna investigativa topografica ha interessato tutta l'area di progetto in modo completo e dettagliato.

Dapprima sono stati ottenuti i modelli digitali del terreno e delle superfici della Regione Emilia-Romagna. Successivamente, a novembre 2023, è stato condotto un rilievo topografico eseguito con volo di drone.

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:

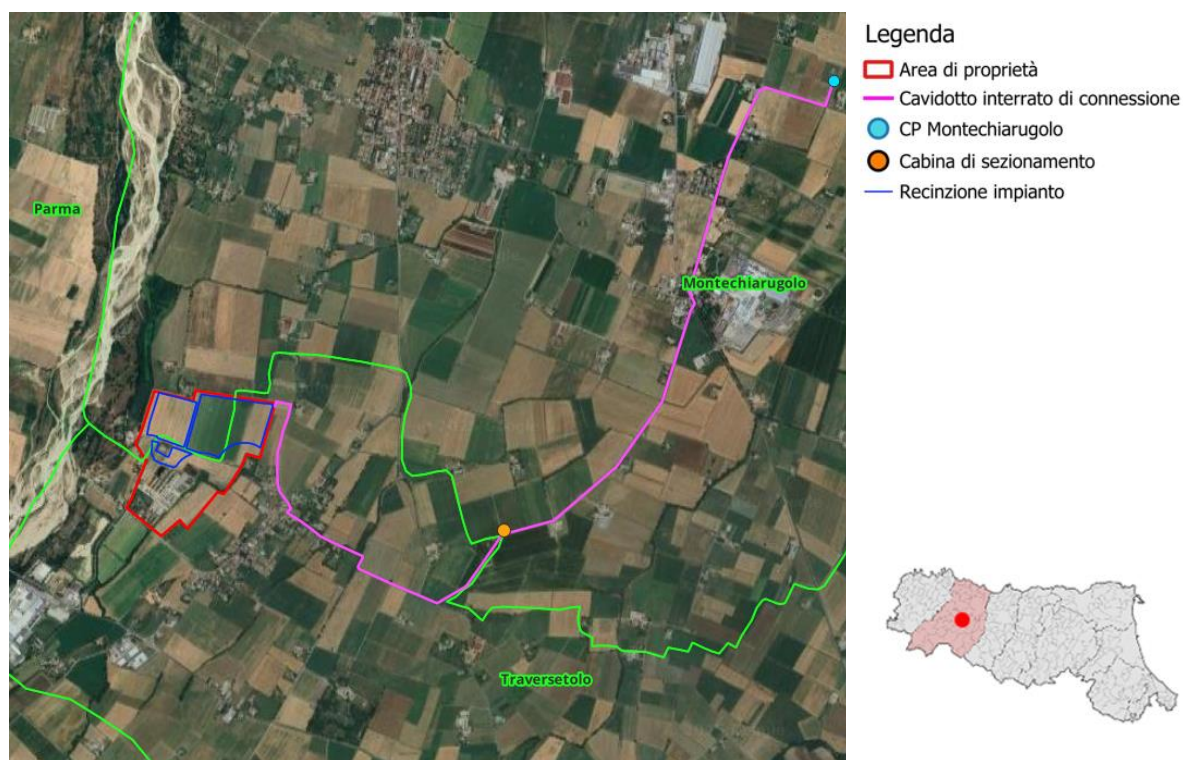


Figura 3.1: Localizzazione dell'impianto

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.

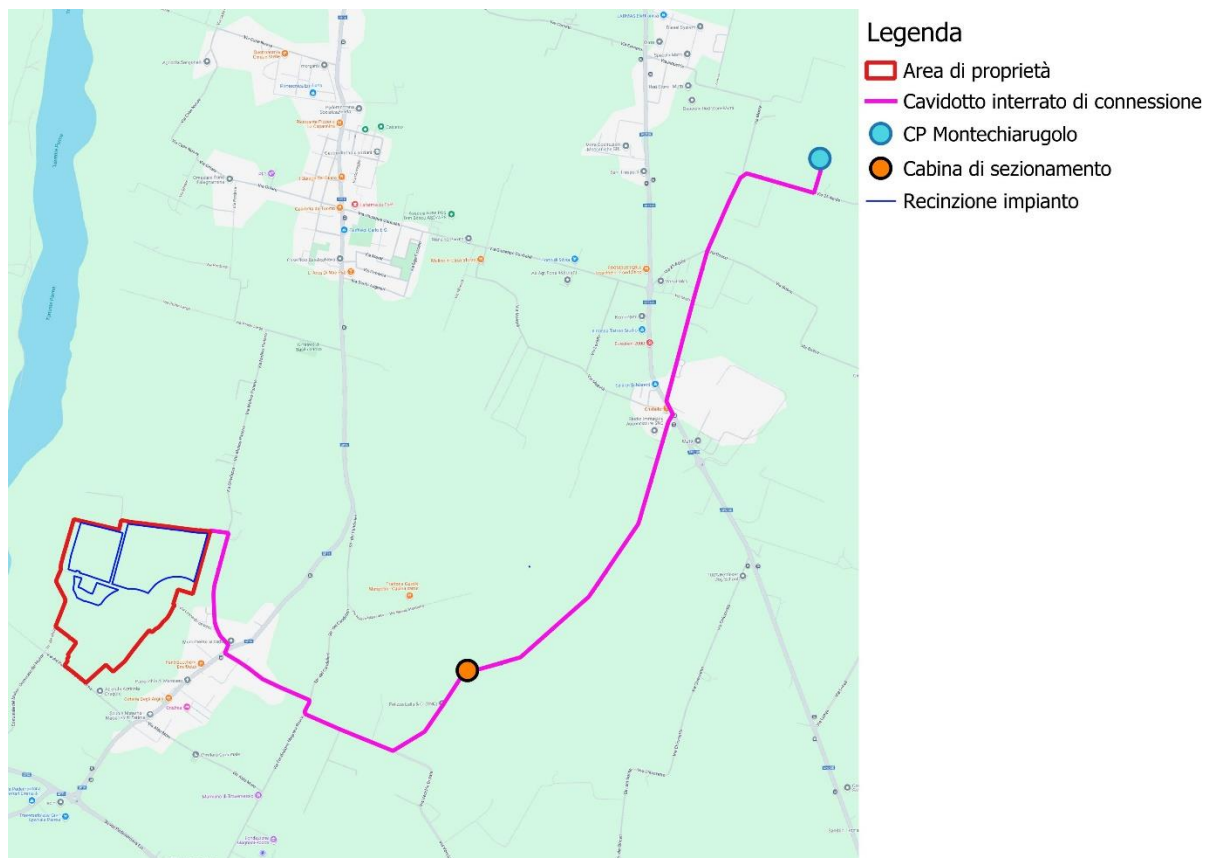


Figura 3.2: Principale viabilità della zona

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.

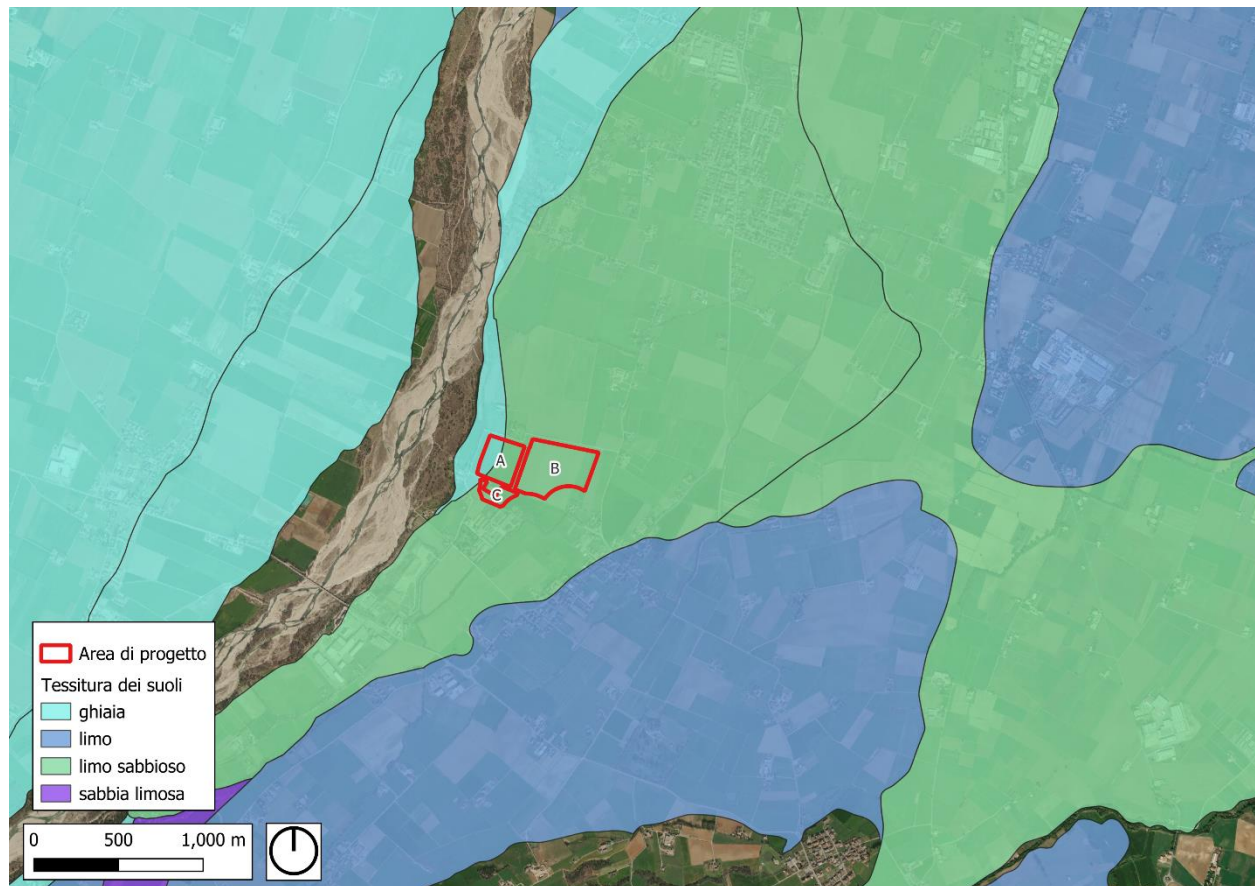


Figura 3.4: Tessitura dei suoli – fonte: Ambiente deposizioni e litologie – Regione Emilia-Romagna

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.

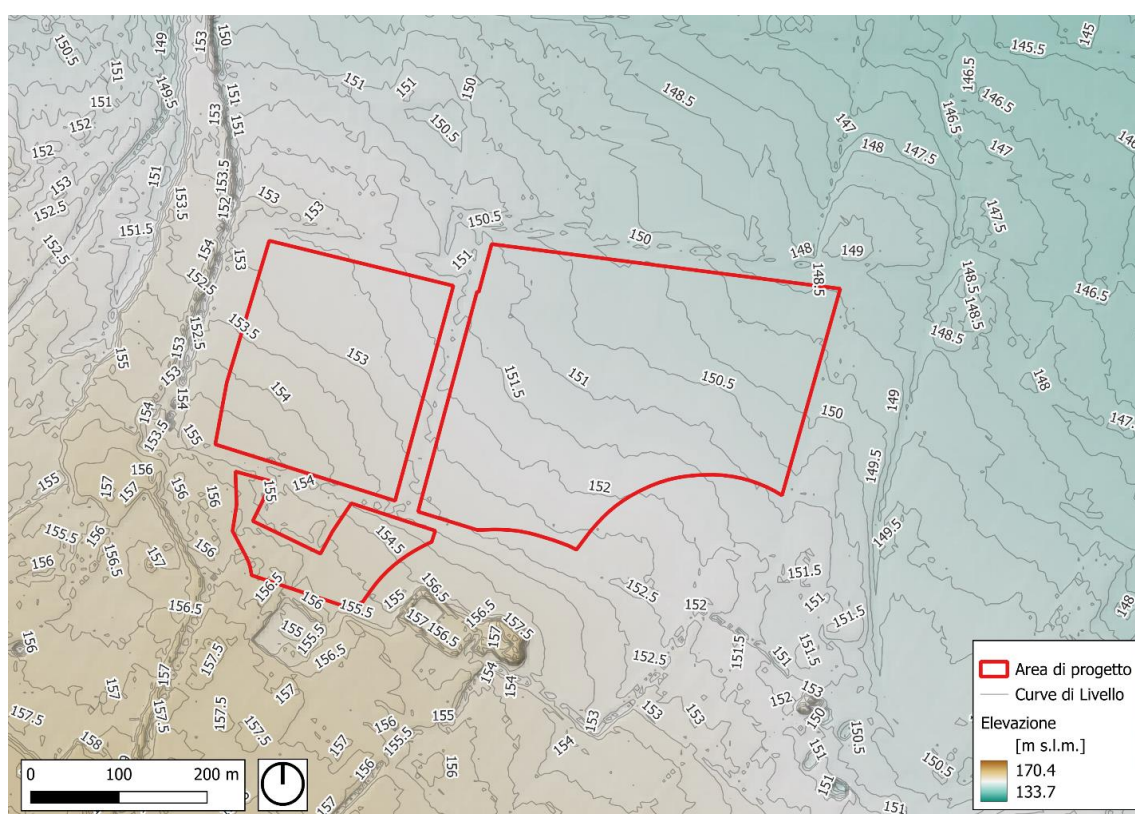


Figura 3.5: elevazione attorno all'area di progetto

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.

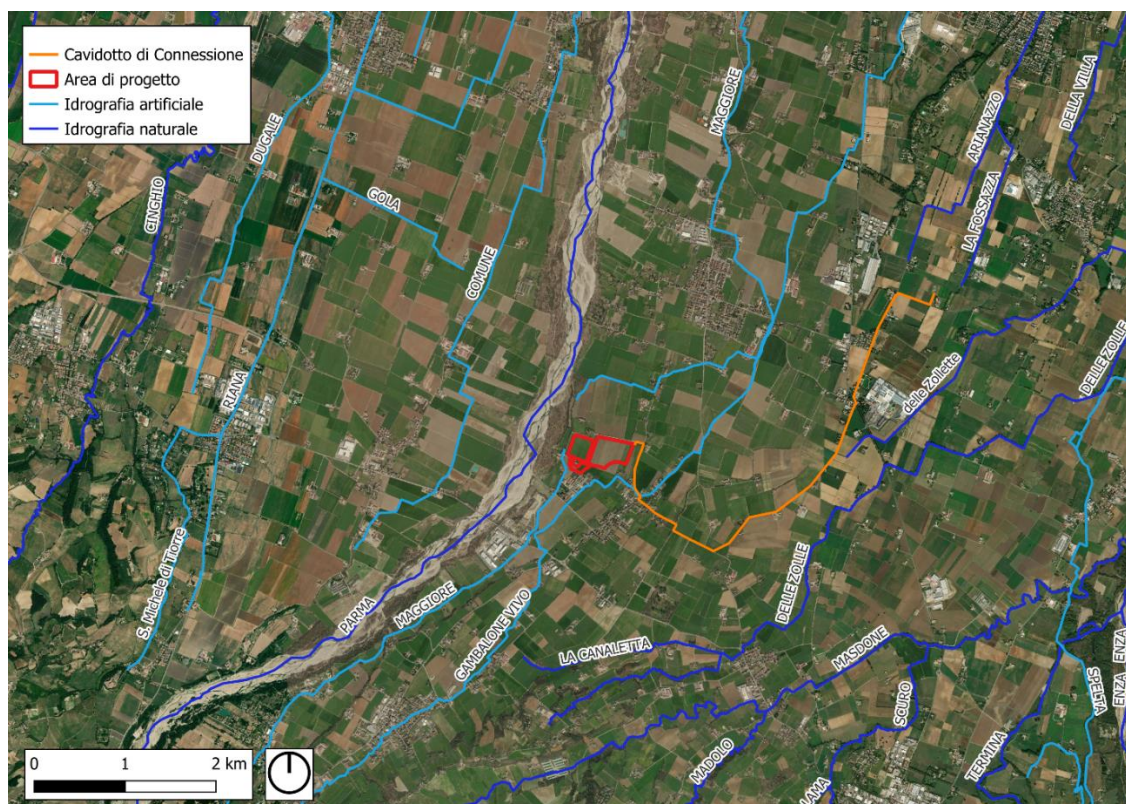


Figura 3.6: Idrografia esistente attorno all'area di progetto

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 margine 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 idrici confinato inferiormente denominato “Conoide Parma Baganza”.

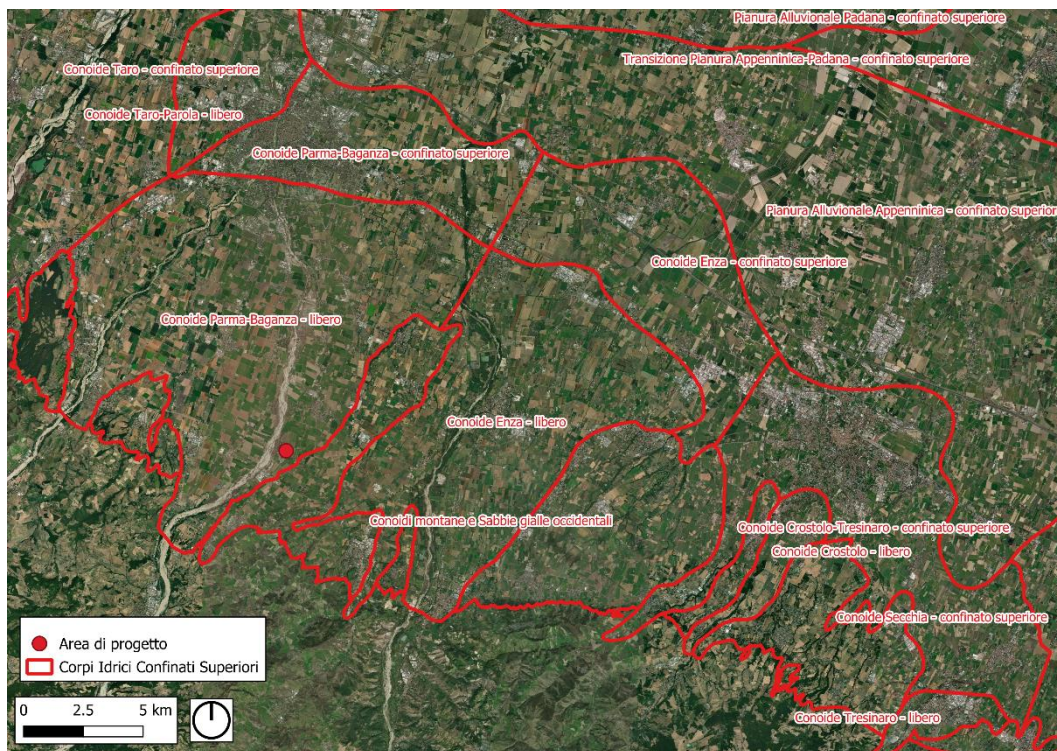


Figura 3.7: Corpi Idrici Confinati Superiori attorno all'area di progetto

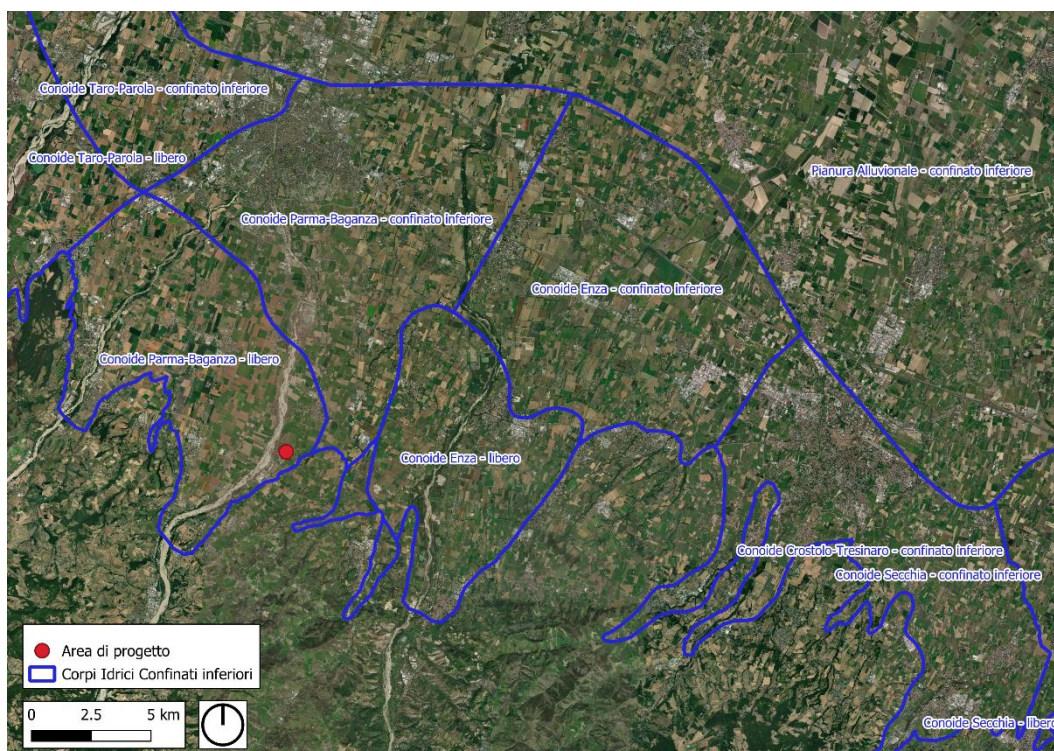


Figura 3.8: Corpi Idrici Confinati attorno all'area di progetto

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.

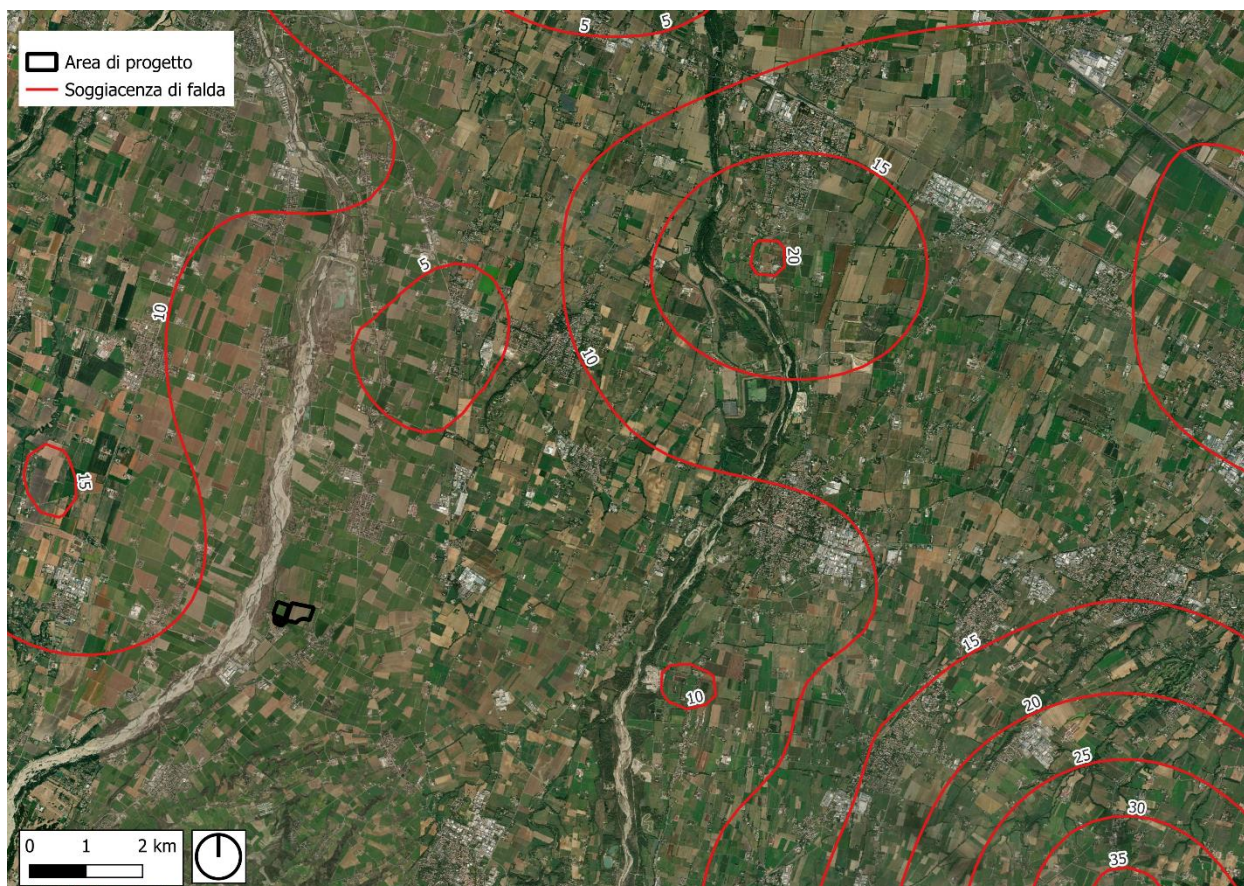


Figura 3.9: soggiacenza media di falda – Fonte: ARPAE

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.

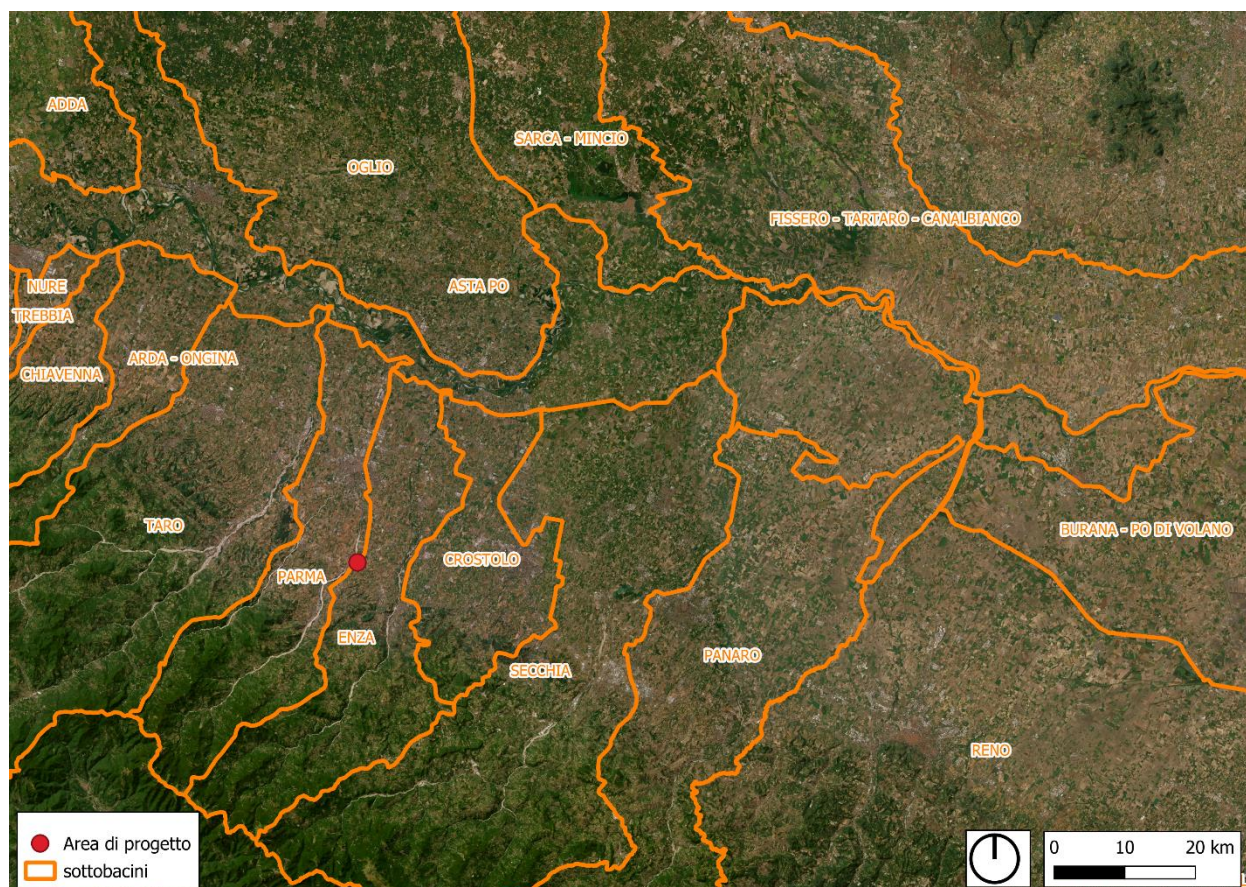


Figura 3.10: Inquadramento del sito rispetto ai sottobacini dell’Autorità di Distretto del Fiume Po

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 catastofica – 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.

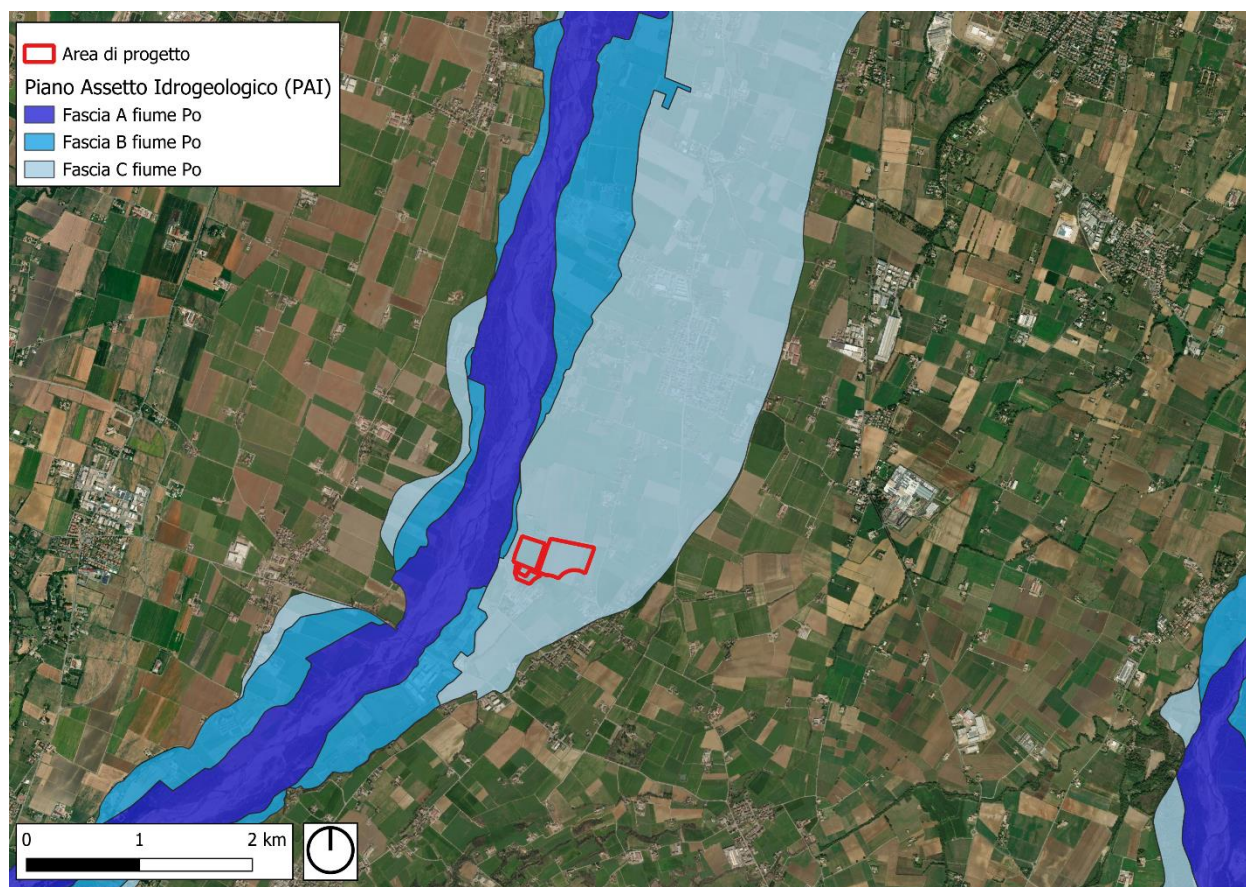


Figura 3.11: Stralcio Cartografico del Piano di Assetto Idrologico (PAI).

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 dell’aprile 2024.

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.

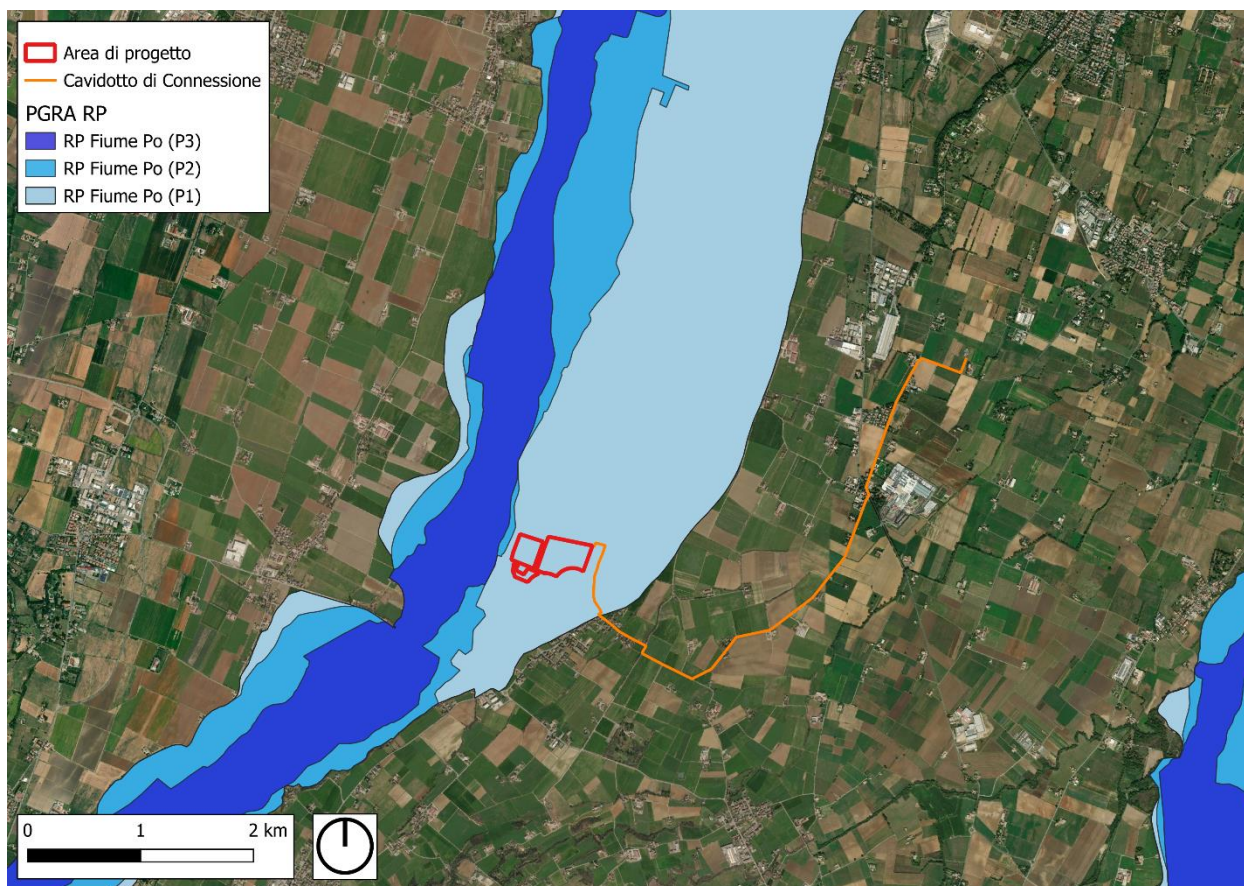


Figura 3.12: PGRA – Reticolo Principale di Pianura e Fondovalle (RP)

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.

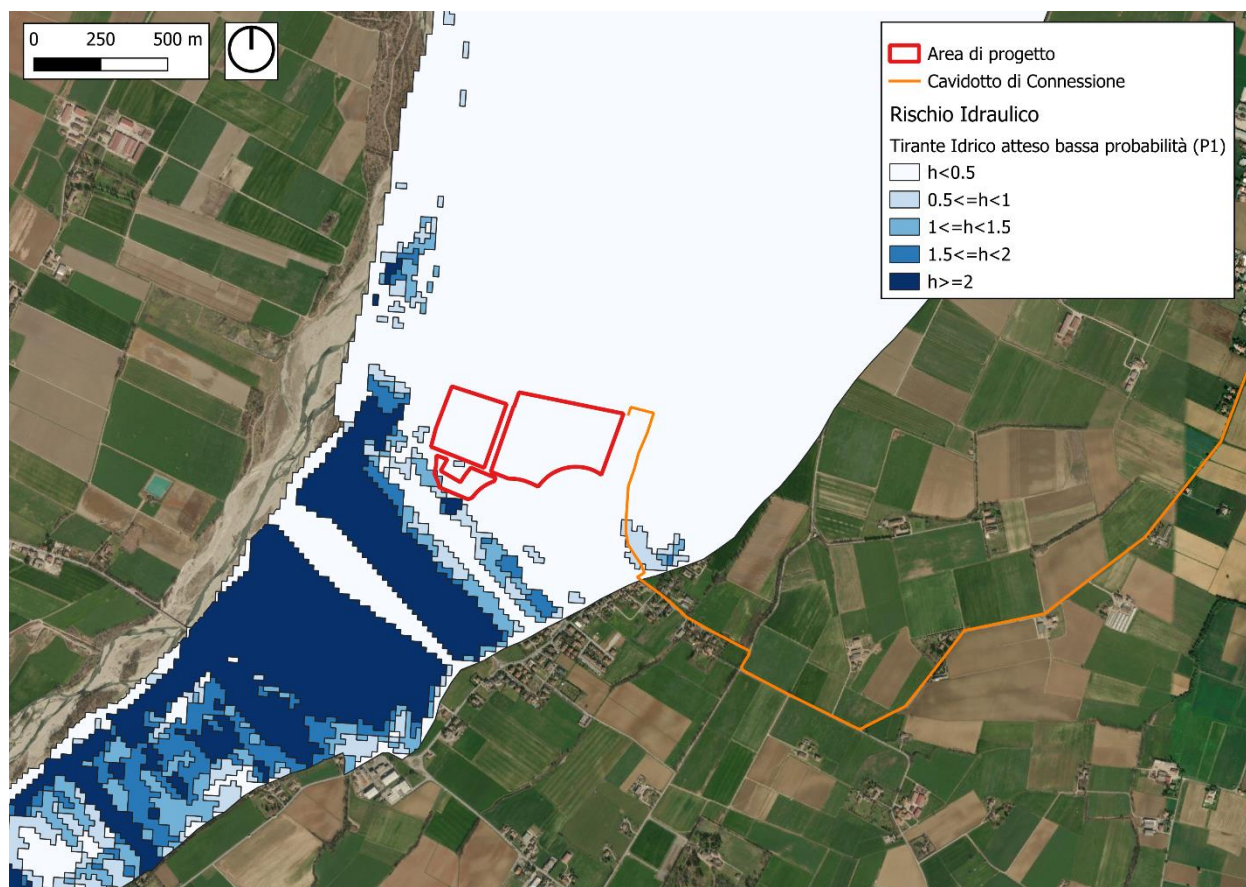


Figura 3.13: tiranti attesi per lo scenario P1 per il Torrente Parma

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 3.14: 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).

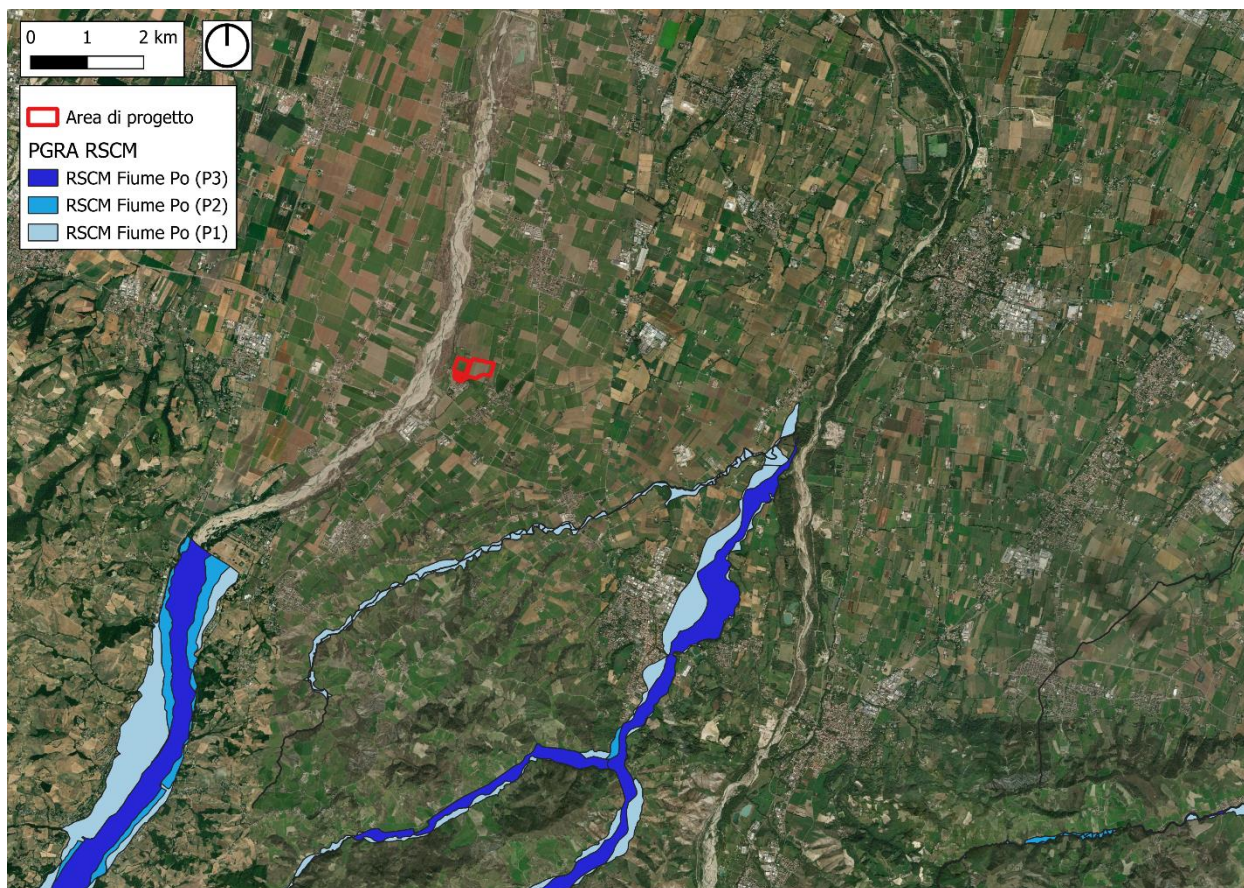


Figura 3.15: PGRA – Reticolo Secondario di Montagna e Collina (RSCM)

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 interferisce inoltre con la Fascia C definita dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI).

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.

Electrical Characteristics		STC : AM1.5 1000W/m² 25°C				NOCT : AM1.5 800W/m² 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 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.

4.1.3 Rete di drenaggio interna

Sarà 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 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.

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.

Il rispetto dell'invarianza idraulica in Emilia-Romagna viene regolamentata dalla Direttiva/Testo Coordinato del 2017 recante le norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche e idrauliche.

La misura del volume unitario minimo d'invaso da prescrivere in aree sottoposte a una quota di trasformazione I (% dell'area che viene trasformata) e in cui viene lasciata inalterata una quota P (tale che I+P=100%) ed è data dal valore convenzionale di:

$$w = w^0 \left(\frac{\varphi}{\varphi^0} \right)^{\frac{1}{1-n}} - 15 I - W^0 P$$

Dove:

w^0 volume di invaso unitario standard convenzionalmente posto pari a 50 mc/ha

φ coefficiente di deflusso dopo la trasformazione

φ^0 coefficiente di deflusso prima della trasformazione

n esponente delle curve di possibilità pluviometrica per durata inferiore ad un'ora posto pari a 0.48

Il sito sarà mantenuto così com'è con la medesima rete e i medesimi scarichi, inoltre è prevista la modifica di uso del suolo che non avrà più un uso agricolo ma avrà una copertura da prato che aumenterà le capacità di evapotraspirazione ed infiltrazione del territorio.

La porzione di territorio che subisce la trasformazione più rilevante sono le aree occupate dai Cabinati.

Il tipico cabinato inserito all'interno del layout di progetto presenta le seguenti caratteristiche:

- Coefficiente di deflusso dopo la trasformazione tipico di una superficie impermeabile: $\varphi = 0.9$;
- Coefficiente di deflusso prima della trasformazione tipico di una superficie agricola e con pendenze inferiori al 10%: $\varphi = 0.5$;
- Percentuale dell'area trasformata: $I = 100 \%$;
- Percentuale dell'area non trasformata: $P = 0 \%$;
- Superficie d'Intervento: $A = 40 \text{ mq}$

Risulta di conseguenza un volume di invaso necessario per la laminazione ed il rispetto dell'invarianza idraulica per il singolo cabinato.

$$W = 1.2 \text{ m}^3$$

Dato l'esiguo volume in questione si prevede la realizzazione di un ribassamento del piano campagna attorno al cabinato tale da garantire la laminazione.

6. 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.

6.1 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 e di uno staffaggio su ponte, 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.

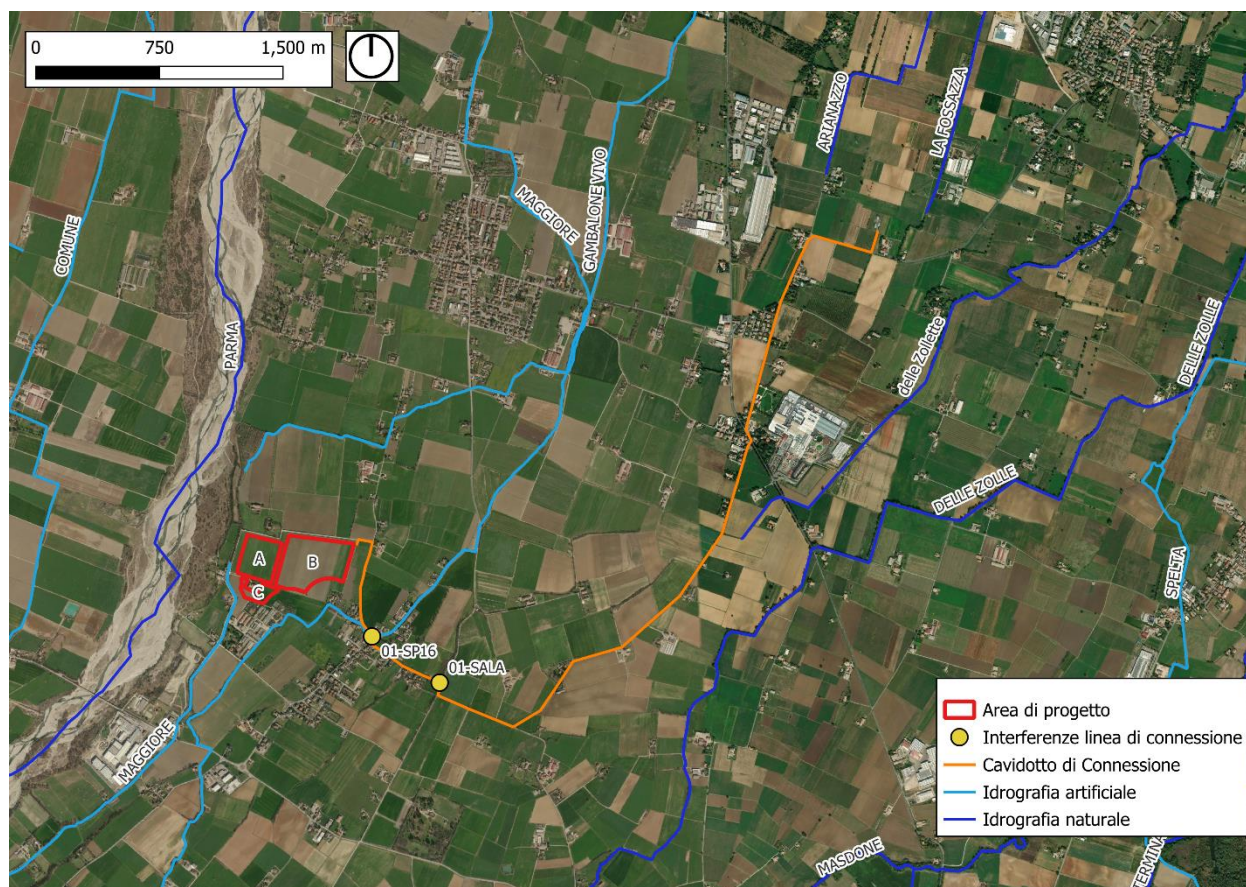


Figura 6.1: Identificazione e punti di interferenza col tracciato del cavo di connessione

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 6.3 riporta la metodologia di analisi qualitativa e quantitativa per la definizione della minima profondità di posa.

Tabella 6.1: Interferenze con il percorso di connessione.

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

Si rimanda all'elaborato di progetto 3162_5916_PA_PAUR_T17_Rev0_Censimento e risoluzione interferenze per l'elaborazione grafica del superamento delle interferenze.

6.2 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 è stata effettuata in corrispondenza delle interferenze Puntuali.

L'analisi quantitativa ha seguito 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:

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

Erosione a lungo termine

Il calcolo dell'erosione a lungo termine è stato condotto nell'ipotesi di formazione di uno strato di corazzamento "armoring". L'erosione graduale dello strato 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 è stato sommato interamente con le altre erosioni.

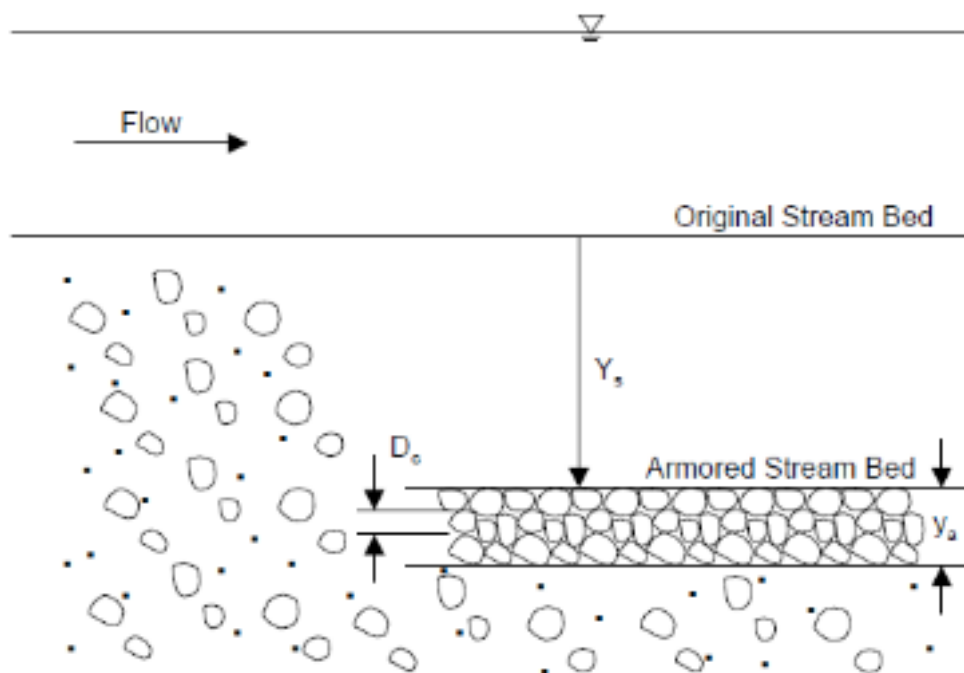


Figura 6.2: Dinamica erosione a lungo termine per corazzamento (fonte FHWA).

La portata utilizzata per il calcolo dell'erosione a lungo termine è stata 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):

- Portata ad alveo pieno (bankfull discharge);
- 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);
- Portata efficace (effective discharge), intesa come portata che trasporta più sedimenti in un intervallo temporale sufficientemente ampio.

Nel presente calcolo è stata assunta la portata con metodo b.

Erosione da contrazioni e da pile in corrispondenza di ponti stradali

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

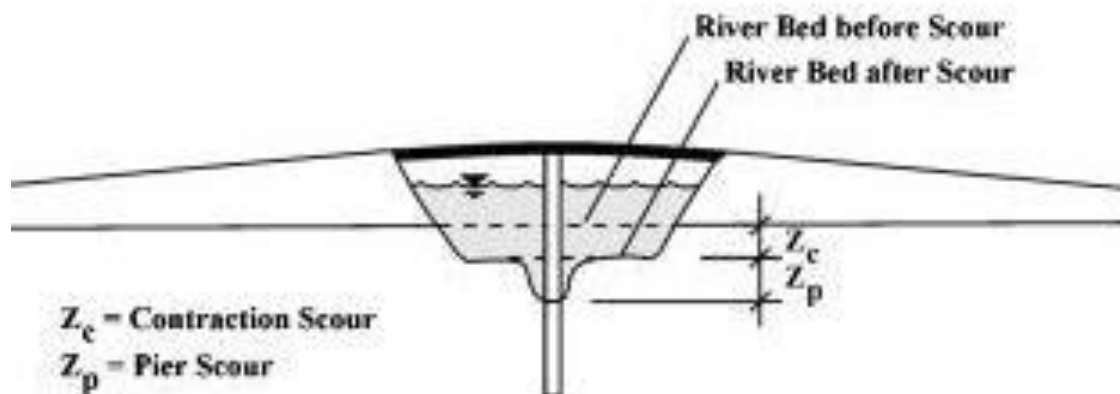


Figura 6.3: Erosioni assunte in corrispondenza di un ponte di attraversamento stradale (fonte FHWA).

Contrazione

L'erosione da 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 strato 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 da una diminuzione naturale dell'area di flusso del torrente sia da restringimenti antropici.

Assumendo la possibilità di rimozione dello strato di corazzamento in occasione di eventi di piena la formulazione adottata per il calcolo ha previsto la condizione di Live Bed cioè di 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 rappresentato dalle correnti non lineari create dall'interazione tra flusso di monte e pila.

Il vortice a ferro di cavallo creato è il risultato dell'accumulo di acqua sulla superficie a monte dell'ostruzione con prima importante escavazione e della successiva accelerazione del flusso con creazioni 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 un'erosione. Con l'aumento della profondità dell'escavazione, la forza del vortice a ferro di cavallo si riduce, riducendo così il tasso di trasporto dalla regione di base.

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

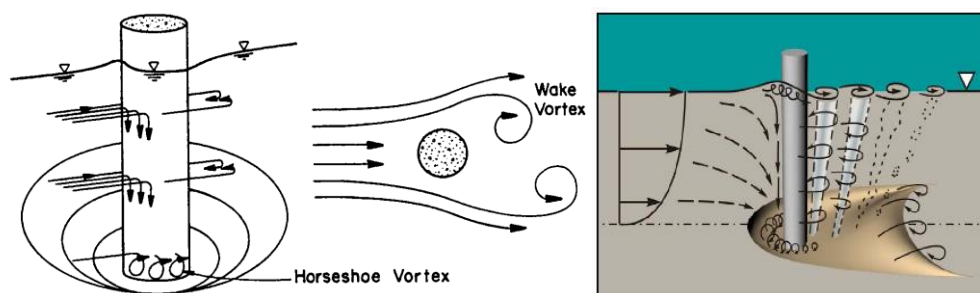


Figura 6.4: Dinamica di erosione in corrispondenza di pile strette (fonte FWHA).

6.3 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 6.2: Riepilogo interferenza 01-MOL.

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

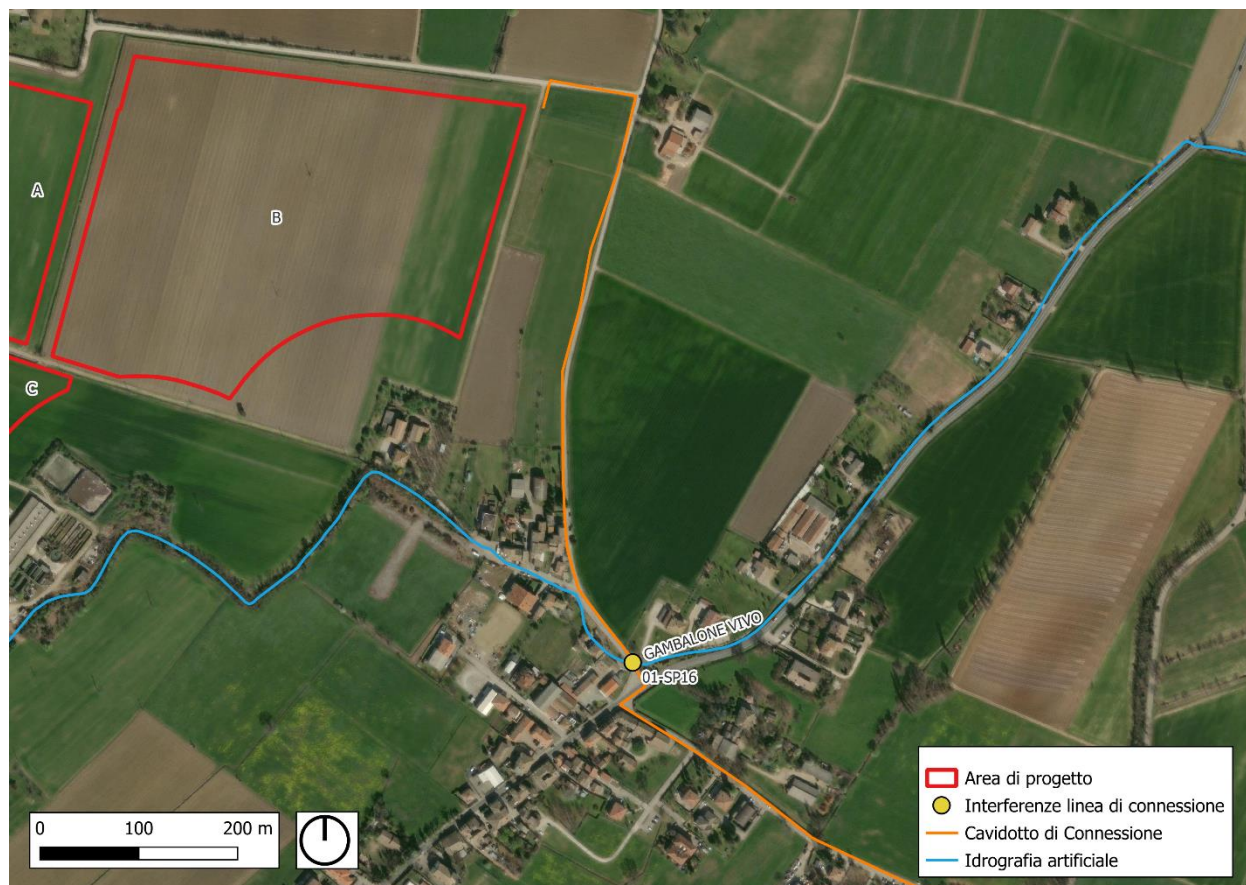


Figura 6.5: Ubicazione planimetrica interferenza 01-MOL

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 staffato al di sopra dell'alveo del fiume.

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

Tabella 6.3: Riepilogo interferenza 01-SALA.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
01-SALA	-	-	Staffaggio



Figura 6.6: Ubicazione planimetrica interferenza 01-SALA



Figura 6.7: 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 01-SALA è tramite staffaggio.

7. STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Il presente paragrafo ha lo scopo di stimare il picco di portata che sarà scaricata nel reticolo idrografico a causa delle precipitazioni di breve durata e forte intensità.

Di seguito si riportano le basi per il sistema di drenaggi superficiale dell'area d'intervento. Lo studio idrologico – idraulico è stato articolato secondo i seguenti punti:

- Scelta del tempo di ritorno;
- Identificazione delle aree scolanti e del coefficiente di deflusso ottenuto mediante una media ponderata;
- Determinazione delle Linee Segnalatrici di Possibilità pluviometrica (LSPP) per tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 30, 50, 100, 200 e 500 anni.

7.1 SCELTA 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.

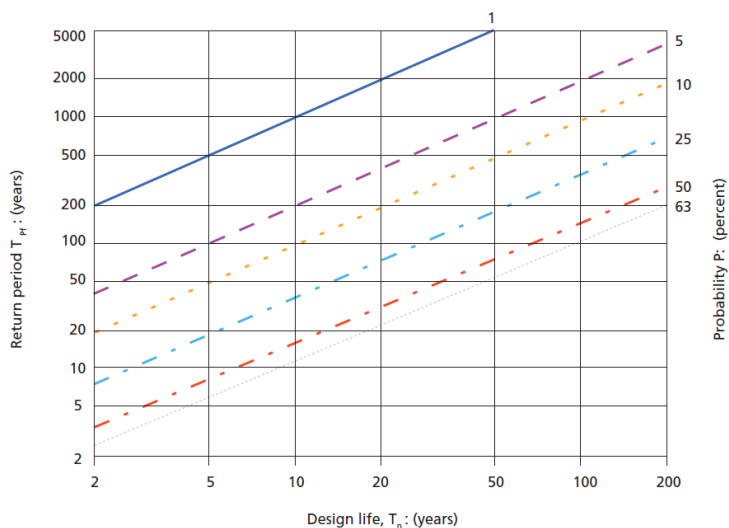


Figura 7.1: Probabilità che un evento con determinate Tempo di ritorno si verifichi in N anni.

La durata della vita utile dell'impianto agrivoltaico in oggetto è assunta pari a 30 anni.

Il tempo di ritorno per il calcolo della precipitazione di progetto è stato assunto pari a 30 anni.

7.2 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE

L'obiettivo di questa analisi è la determinazione delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) in forma esponenziale monomia relative al territorio in questione:

$$h [T] = a[T] d^n$$

Dove:

- T è il tempo di ritorno considerato espresso in anni
- d è la durata dell'evento meteorico espressa in ore
- a ed n sono due parametri caratteristici della curva

L'analisi probabilistica delle precipitazioni è stata condotta utilizzando come base di dati i valori estratti dalla tabella III della parte I degli Annali Idrologici di Regione Emilia-Romagna. Tale tabulato riporta i massimi valori relativi alle precipitazioni di forte intensità e breve durata (1, 3, 6, 12 e 24 ore).

I valori assunti sono quelli relativi alla più vicina stazione di misura pluviometrica dotata di un campione almeno trentennale di misura sita nel comune di Termina nel comune di Traversetolo, distante cinque chilometri dall'impianto in progetto.

Viene di seguito riportata una tabella riassuntiva del campione di dati:

Tabella 7.1. Dati annali Idrologici Emilia-Romagna

ANNO	H PER DURATA 1 ORA [MM]	H PER DURATA 3 ORE [MM]	H PER DURATA 6 ORE [MM]	H PER DURATA 12 ORE [MM]	H PER DURATA 24 ORE [MM]
2007	30.8	57.6	57.8	58	69.2
2008	19.2	24.2	35.6	54.4	79
2009	26.8	27.4	27.4	42.8	54
2010	16.2	22.4	31.6	44.8	57.6
2011	38.4	40.2	40.2	44.2	49.8
2012	15.6	22.4	29.8	54.8	72.2
2013	20	28.6	49.6	53.2	53.8
2014	23.2	32.2	37	46.8	66
2015	16.4	28	29.4	53.4	61.6
2016	21.4	27.4	38.2	47.6	61.6
2017	18.6	27.4	33.2	44	53.4
2018	15.8	27.4	28.2	40.4	45.2
2019	57.6	75.8	84.2	90	110.2
2020	29.2	60.8	62	65	83.2
2021	38.2	42	52.6	56.6	56.6
2022	26.6	36.8	42.8	45.8	58

A partire dai dati sopra riportati le LSPP sono state calcolate seguendo due differenti approcci:

Il primo approccio consiste nell'ipotizzare che la distribuzione statistica per eventi estremi delle massime altezze di precipitazione per ciascuna delle durate segua una distribuzione di Gumbel.

$$\frac{1}{1-T} = \exp\left(-e^{\frac{x-\beta}{\alpha}}\right)$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}\sigma}{\pi}$$

$$\beta = \mu - n_e \alpha$$

Dove σ è la varianza del campione, μ è la media campionaria e n_e è la costante di Eulero.

Non avendo dati campionari per eventi di durata inferiore all'ora è stato assunto per questa casistica il medesimo parametro α della LSPP calcolata per eventi meteorici di durata superiore all'ora ed è stato assunto come parametro n della LSPP un valore pari a 0.48 (come suggerito dalla Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche di Regione Emilia-Romagna).

Di seguito si riportano le Curve di Possibilità Pluviometrica distinte per eventi pluviali di durata superiore o inferiore ad un'ora e per diversi tempi di ritorno (2, 5, 10, 30, 50, 100 e 200 anni).

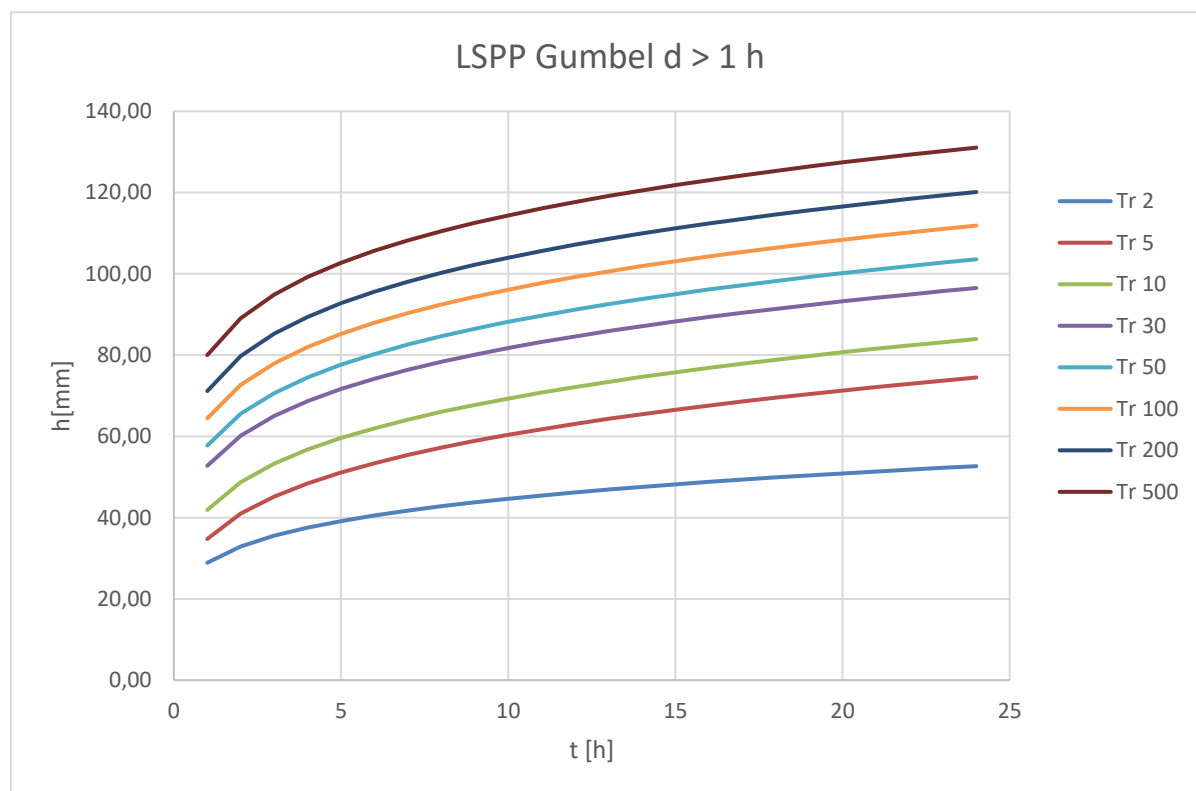


Figura 7.2: Curve di possibilità pluviometrica per eventi di durata > 1h

TAVOLA 01

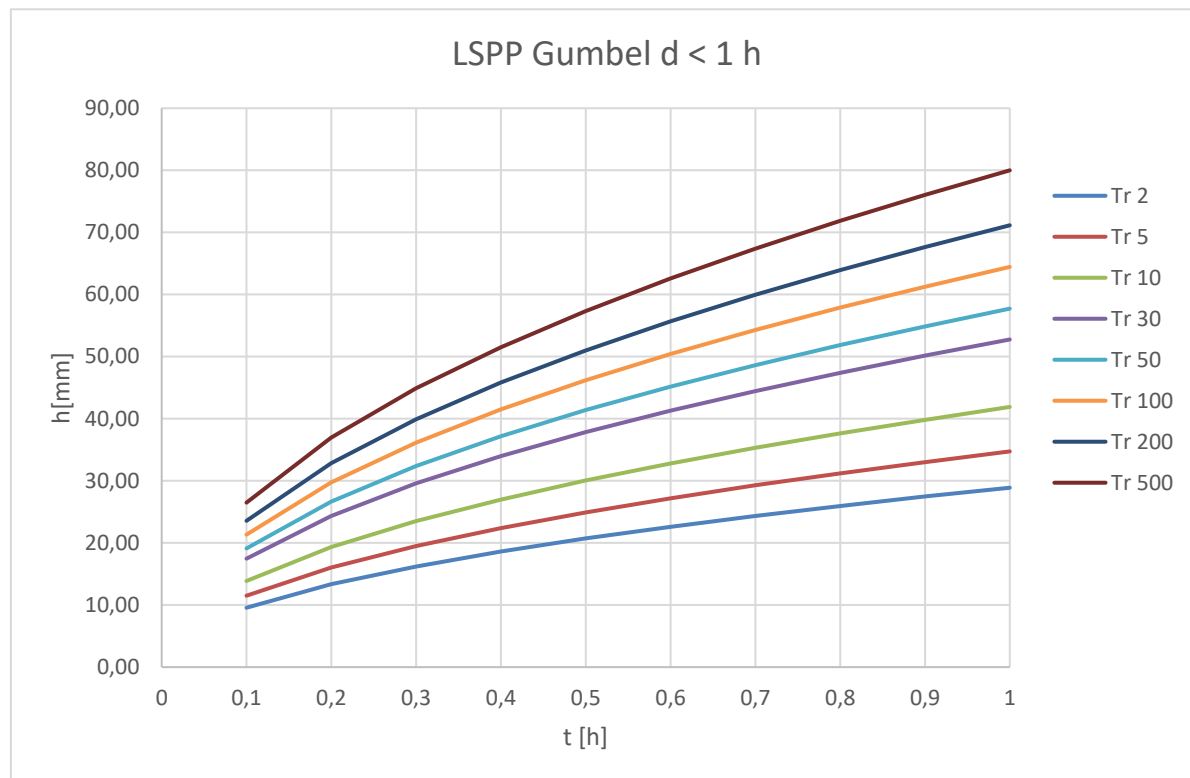


Figura 7.3: Curve di possibilità pluviometrica per eventi di durata < 1h.

Nella tabella seguente si riportano inoltre per diverse durate (1 - 24 h) e tempi di ritorno (2, 5, 10, 30, 50, 100, 200 e 500 anni) i valori di altezza di precipitazione espressi in mm.

Tabella 7.2. Valori di altezza di precipitazione [mm]

DURATE EVENTO CRITICO [H]	T 2 ANNI	T 5 ANNI	T 10 ANNI	T 30 ANNI	T 50 ANNI	T 100 ANNI	T 200 ANNI	T 500 ANNI
1	28.89	34.74	41.90	52.76	57.73	64.45	71.15	80.00
2	32.93	41.03	48.76	60.19	65.58	72.69	79.76	89.09
3	35.55	45.22	53.28	65.01	70.66	77.98	85.27	94.88
4	37.54	48.45	56.74	68.66	74.49	81.97	89.41	99.22
5	39.15	51.12	59.58	71.63	77.61	85.21	92.76	102.72
6	40.53	53.41	62.00	74.16	80.26	87.95	95.59	105.67
7	41.72	55.42	64.13	76.36	82.57	90.33	98.05	108.23
8	42.79	57.22	66.03	78.32	84.62	92.45	100.23	110.49
9	43.75	58.86	67.75	80.10	86.47	94.36	102.20	112.53

DURATE EVENTO CRITICO [H]	T 2 ANNI	T 5 ANNI	T 10 ANNI	T 30 ANNI	T 50 ANNI	T 100 ANNI	T 200 ANNI	T 500 ANNI
10	44.63	60.37	69.33	81.72	88.17	96.10	103.99	114.39
11	45.44	61.77	70.79	83.21	89.73	97.70	105.63	116.10
12	46.20	63.07	72.15	84.60	91.17	99.19	107.16	117.68
13	46.90	64.29	73.42	85.89	92.52	100.58	108.58	119.15
14	47.56	65.45	74.62	87.11	93.79	101.88	109.91	120.53
15	48.18	66.54	75.76	88.26	94.99	103.10	111.17	121.83
16	48.78	67.58	76.83	89.35	96.13	104.26	112.36	123.05
17	49.34	68.57	77.86	90.38	97.20	105.37	113.49	124.22
18	49.87	69.52	78.84	91.37	98.23	106.42	114.56	125.32
19	50.39	70.43	79.78	92.31	99.21	107.42	115.59	126.38
20	50.88	71.30	80.68	93.22	100.15	108.38	116.57	127.39
21	51.35	72.14	81.54	94.09	101.05	109.30	117.51	128.36
22	51.80	72.95	82.38	94.92	101.92	110.19	118.41	129.29
23	52.24	73.73	83.18	95.73	102.76	111.04	119.29	130.19
24	52.66	74.49	83.96	96.50	103.57	111.86	120.13	131.05

Il secondo approccio consiste nell'ipotizzare che la distribuzione statistica per eventi estremi delle massime altezze di precipitazione segua la distribuzione probabilistica proposta dal progetto VAPI. Il progetto VAPI è basato sul metodo della portata indice e consente il calcolo del fattore di crescita su scala regionale.

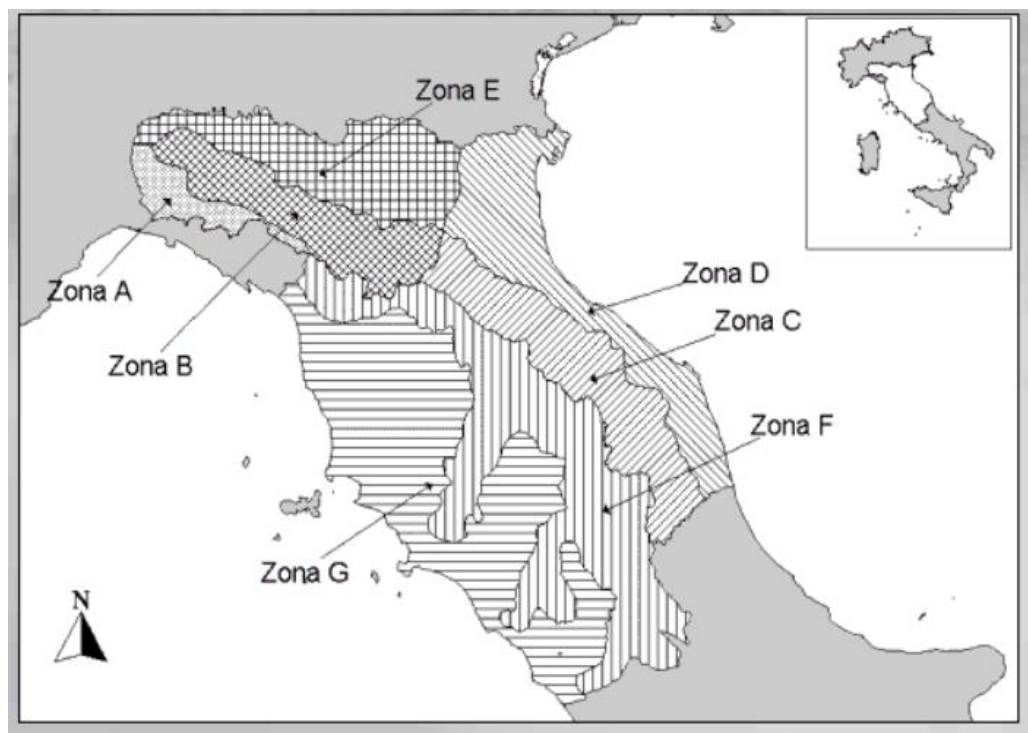


Figura 7.4: Zone Omogenee del metodo VAPI

Il sito risulta inserito all'interno della Sottozona omogenea E.

Per tale zona omogenea la distribuzione di probabilità proposta dal Gruppo Nazionale Per la Difesa dalla Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche per le precipitazioni di forte intensità e breve durata è la TCEV (Two Component Extreme Value) a quattro parametri avente formulazione del fattore di crescita espressa come:

$$K_T = \left(\frac{\theta^* \ln \Lambda^*}{\eta} + \frac{\ln \Lambda_1}{\eta} \right) + \frac{\theta^*}{\eta} \ln T$$

Assumendo i seguenti parametri:

Λ^*	θ	Λ_1	η
0.044	3.6	30.45	4.135

E riportando poi i risultati alla scala locale utilizzando la procedura proposta dalla "Sintesi del Rapporto Regionale per i compartimenti di Bologna, Pisa, Roma e Zona Emiliana del Bacino del Po".

Non avendo dati campionari per eventi di durata inferiore all'ora è stato assunto per questa casistica il medesimo parametro n della LSPP calcolata per eventi meteorici di durata superiore all'ora ed è stato assunto come parametro n della LSPP un valore pari a 0.48 (come suggerito dalla Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche di Regione Emilia-Romagna).

Di seguito si riportano le Curve di Possibilità Pluviometrica distinte per eventi pluviali di durata superiore o inferiore ad un'ora e per diversi tempi di ritorno (2, 5, 10, 30, 50, 100 e 200 anni).

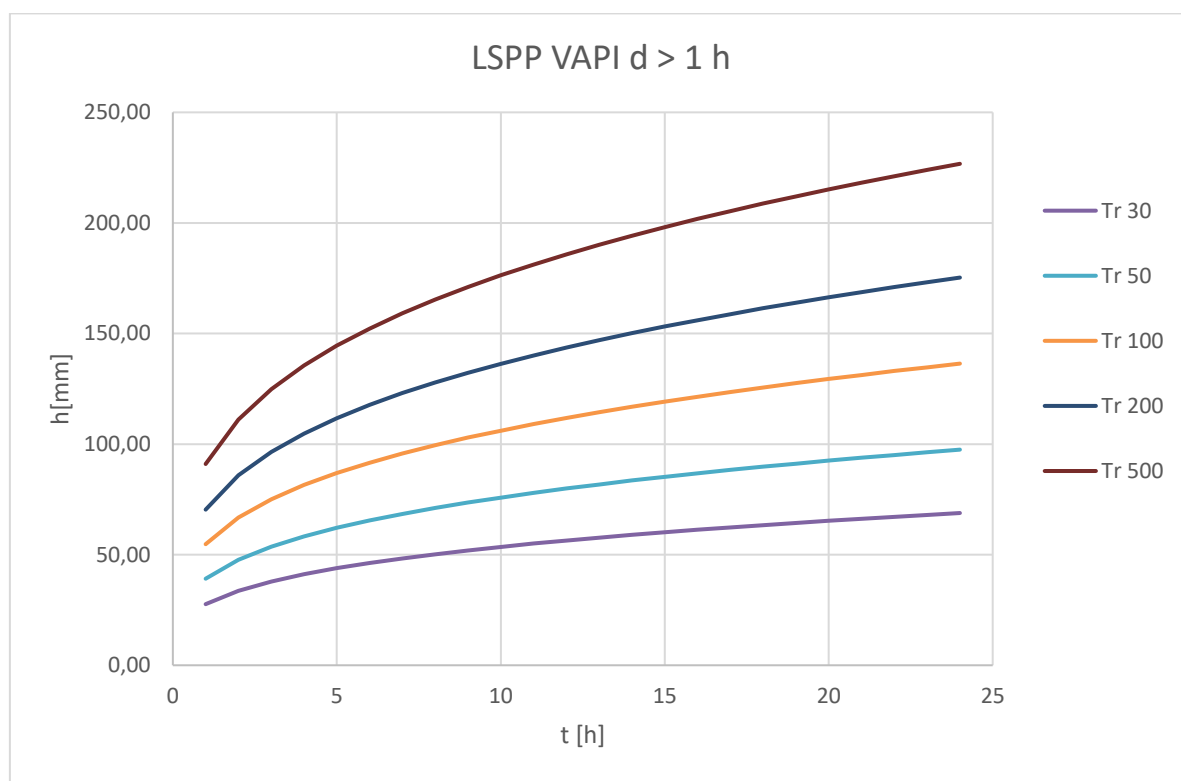


Figura 7.5: LSPP con metodo VAPI per durate sopra l'ora

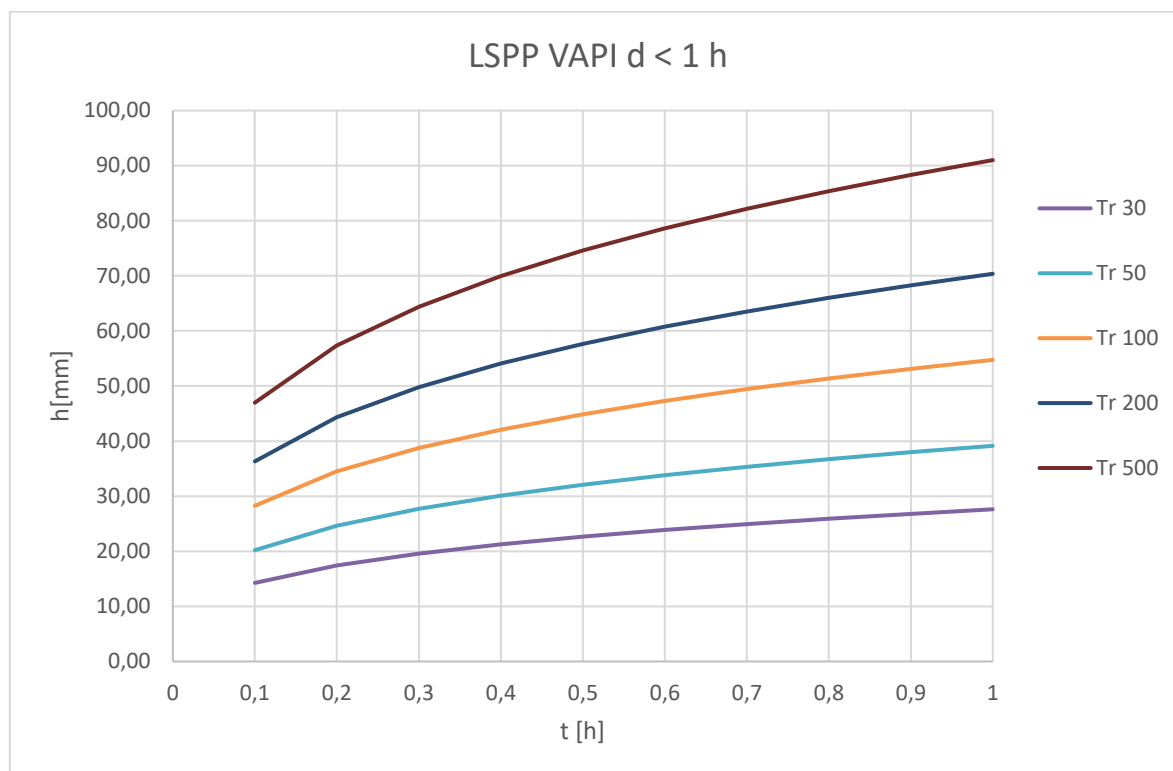


Figura 7.6: LSPP con metodo VAPI per durate sotto l'ora

Nella tabella seguente si riportano inoltre per diverse durate (1 - 24 h) e tempi di ritorno (30, 50, 100, 200 e 500 anni) i valori di altezza di precipitazione espressi in mm.

Tabella 7.3. Valori altezza di precipitazione [mm]

DURATE EVENTO CRITICO [H]	T 30 ANNI	T 50 ANNI	T 100 ANNI	T 200 ANNI	T 500 ANNI
1	27.63	39.14	54.75	70.37	91.01
2	33.72	47.76	66.81	85.87	111.06
3	37.88	53.66	75.07	96.47	124.77
4	41.14	58.28	81.53	104.78	135.52
5	43.87	62.14	86.93	111.72	144.49
6	46.23	65.48	91.60	117.73	152.26
7	48.32	68.44	95.75	123.06	159.15
8	50.21	71.12	99.49	127.87	165.38
9	51.94	73.57	102.92	132.27	171.07

DURATE EVENTO CRITICO [H]	T 30 ANNI	T 50 ANNI	T 100 ANNI	T 200 ANNI	T 500 ANNI
10	53.53	75.83	106.08	136.33	176.32
11	55.02	77.93	109.02	140.11	181.22
12	56.41	79.90	111.78	143.66	185.80
13	57.72	81.76	114.38	147.00	190.12
14	58.96	83.52	116.84	150.16	194.21
15	60.14	85.19	119.18	153.17	198.10
16	61.27	86.79	121.41	156.03	201.81
17	62.35	88.31	123.54	158.78	205.35
18	63.38	89.77	125.59	161.40	208.75
19	64.37	91.18	127.55	163.93	212.02
20	65.32	92.53	129.45	166.36	215.16
21	66.25	93.84	131.27	168.71	218.20
22	67.14	95.10	133.04	170.98	221.13
23	68.00	96.32	134.75	173.18	223.98
24	68.84	97.50	136.41	175.31	226.73

Poiché per 30 anni, tempo di ritorno in progetto, i valori calcolati tramite il primo metodo risultano maggiormente cautelativi saranno utilizzati nelle elaborazioni successive.

7.3 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO

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.

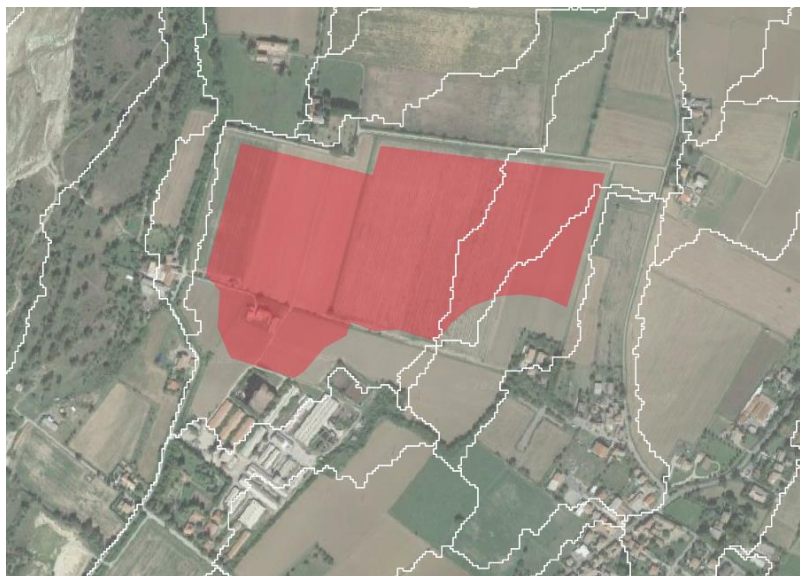


Figura 7.7: Delimitazione bacini scolanti

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

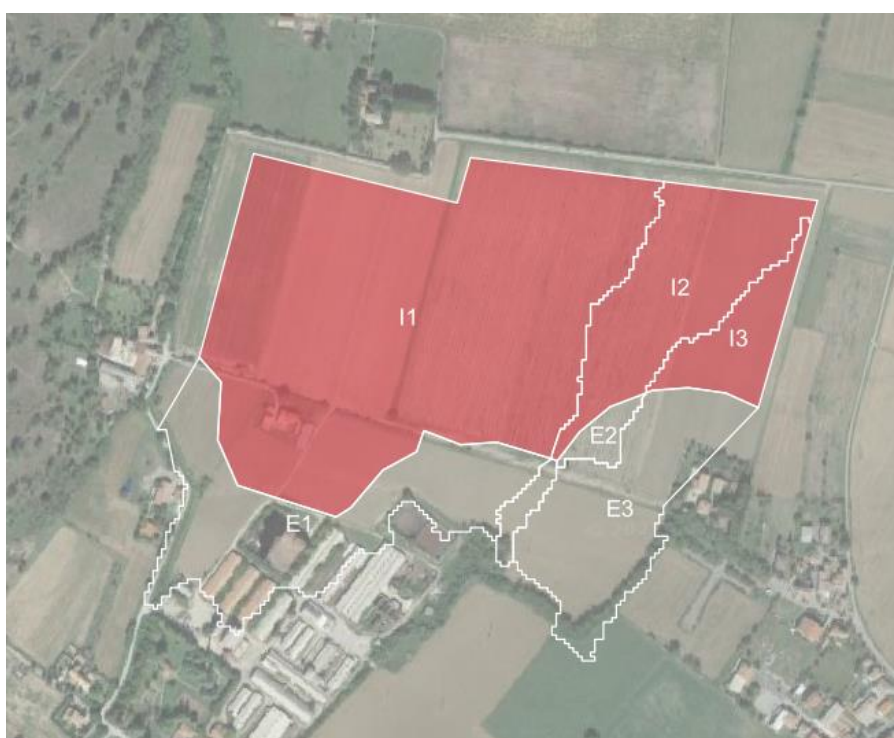


Figura 7.8: Delimitazione bacini scolanti e codifica

La Tabella 7.4 seguente riporta i bacini scolanti individuati e relative superfici, evidenziando quelli che presentano aree di alimentazione esterne all'area di progetto. Tale differenziazione viene effettuata al fine di indicare i bacini per cui il dimensionamento delle opere di scolo è stato realizzato sulla base delle aree effettive di alimentazione.

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.

Tabella 7.4: 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

7.4 VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA)

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" Φ .

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

Si considera il coefficiente di deflusso Φ , 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 Φ , ammettendosi così che i fenomeni di infiltrazione e perdita idrica siano costanti durante tutta la durata dell'evento piovoso.

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

Come suggerito dalla tabella 12 della Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche di seguito riportata:

		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 7.9: Coefficienti di afflusso suggeriti dalla Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche e idrauliche

Viene quindi cautelativamente assunto, date le condizioni di bassa pendenza del territorio considerato, ed il suo uso del suolo prevalente afferente alle Colture agrarie è stato assunto un valore di coefficiente di afflusso costante pari a:

$$\varphi = 0.5$$

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 7.10: 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 7.5: 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, valutando inoltre la capacità idraulica dei canali esistenti e in progetto. L'impermeabilità del sito, post operam, aumenta del **17%**.

7.5 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO 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:

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

Dove:

Q_P = portata critica (netta) [m³/s];

ϕ = 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.

Come mostrato in Tabella 7.6, lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso pari al 17% del coefficiente di deflusso nello scenario più critico di terreno saturo e posizione dei tracker orizzontale.

Dal confronto ante-operam/post operam emerge che l'aumento delle portate al colmo sarà compatibile con la rete di drenaggio esistente e con le portate attualmente scolanti.

Tabella 7.6: Determinazione delle portate di progetto nello scenario ante- e post- operam per i bacini interni ed esterni

BACINO	I1	I2	I3
S [ha]	15.44	3.68	1.38
Lasta [m]	380	270	115
t_c [h]	0.33	0.30	0.27
h(60) [mm]	53	53	53
h(t) [mm]	41	40	39
Intensità [mm/h]	124	133	144
Coeff. deflusso ante-operam	0.50	0.50	0.50
Coeff. deflusso post-operam	0.58	0.58	0.58
Portata al colmo ante-operam Q_{cr} [mc/s]	2.65	0.68	0.27
Portata al colmo post-operam Q_{cr} [mc/s]	3.10	0.80	0.32

BACINO	E1	E2	E3
S [ha]	5.06	0.68	3.77
L _{asta} [m]	140	130	240
t _c [h]	0.28	0.28	0.30
h(60) [mm]	53	53	53
h(t) [mm]	40	39	40
Intensità [mm/h]	141	143	135
Coeff. deflusso ante-operam	0.50	0.50	0.50
Portata al colmo ante-operam Q _{cr} [mc/s]	1.00	0.13	0.70

8. VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI

Le opere di mitigazione si inseriscono nel progetto più articolato del sistema di regimazione idraulica del sito di intervento.

In particolare, 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:

- Diminuzione del carico di acque meteoriche smaltite nei vari corsi idrici, per lo smaltimento tramite infiltrazione;
- 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:

- Fossi di scolo in terra;
- Protezione rete idrografica principale.

8.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO

Attraverso l'analisi TauDEM rielaborata in ambiente GIS (come descritto nel paragrafo 7.3) è stato indentificato un reticolo idrografico principale caratterizzato da corsi 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 e distribuire le portate, costituita da canalette di forma trapezia scavate nel terreno naturale e rinverdate.

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 per il dimensionamento dei canali e delle canalette di drenaggio dei diversi settori dell'impianto;

La capacità di convogliamento della sezione idraulica è stata 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 [m^3/s];
- A : area della sezione bagnata [m^2];
- R : raggio idraulico [m] (rapporto tra A e il corrispondente perimetro bagnato della sezione);
- i : pendenza dell'alveo [m/m];
- n : coefficiente di conduttanza idraulica di Manning.

In questo progetto vi sono due principali tipologie di canalette: canali principali, lungo il perimetro delle sotto-aree, e canali secondari, interni al layout paralleli ai tracker. 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° .

In fase progettuale 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. Questa soluzione è difficilmente applicabile nel caso in cui il canale fungesse anche da strada per i veicoli agro-meccanici.

Lungo i lati più esposti al deflusso delle acque meteoriche superficiali, si prevede l'impiego di arginelli di dimensioni ridotte in terre da riporto. L'argine, generalmente di sezione trapezia, come la canaletta controlla il flusso in ingresso, e inoltre, non essendo soggetto a rischio ostruzione da materiale detritico, offre una protezione più durevole negli anni.

All'interno delle aree catastali, tra i diversi vincoli, si incontrano i vincoli dovuti alla presenza della rete irrigua consortile. La normativa vigente impone una fascia di rispetto di 3,75 metri per le condotte di diametro fino a 275 mm rispetto all'asse delle condotte di irrigazione. All'interno di tale fascia non sono consentiti scavi e movimenti di terra. Sia fatto presente che le canalette interne secondarie di sotto-campo avranno una profondità di scavo ridotta, di circa 20 cm, aventi la funzione di indirizzare le acque verso le canalette perimetrali per il loro collettamento e scarico. Per questo motivo, si ammette la realizzazione di canalette anche entro le zone di rispetto della rete irrigua consortile, purché di profondità ridotta.

In corrispondenza delle intersezioni con la viabilità si sono previsti dei tratti interrati composti da scatolati in c.a. carrabili o da tubazioni in HDPE carrabili.

Lo scopo delle canalette e dei condotti interrati è quello di permettere il deflusso dell'intera portata di progetto, relativa a un Tempo di Ritorno di 30 anni.

L'ubicazione planimetrica delle canalizzazioni è illustrata nell'elaborato 3162_6252_PA_PAUR_T15_Rev0_Regimazione acque meteoriche.

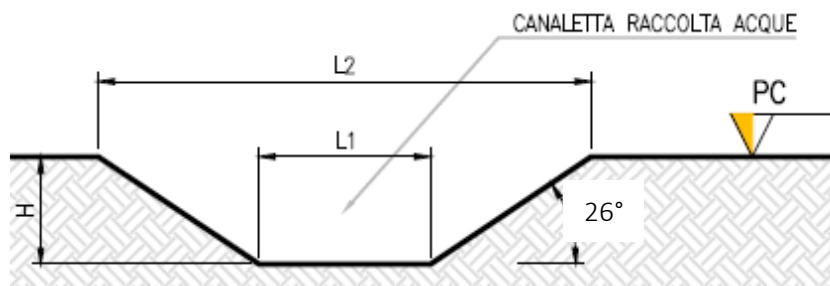


Figura 8.1: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo.

Gli scarichi della rete di drenaggio senza modifiche tra ante-operam e post-operam convergeranno ai ricettori esistenti.

Il progetto ha inoltre previsto la definizione di una via preferenziale per le acque scolanti nell'area catastale.

8.2 PUNTI DI SCARICO DEI CANALI DI DRENAGGIO

Le canalette scaricheranno all'esterno della recinzione verso la rete idrografica naturale. Allo scarico sarà presente una fondazione di tipo riprap al fine di dissipare l'energia e ridurre i problemi di erosione. Gli scarichi sono stati pensati come in funzione dei drenaggi naturali. Di seguito il posizionamento planimetrico degli scarichi.



Figura 8.2: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo.

Nella seguente tabella un riassunto sistematico della posizione degli scarichi con relative coordinate Nord, est in coordinate WGS84 Fuso 32N.

Tabella 8.1: Posizione degli scarichi dei canali di drenaggio

SCARICO	POSIZIONE	COORDINATA NORD	COORDINATA EST
SC01	Fosso esistente che corre parallelo alla Strada dei Mulini a nord del campo A	605907	4948563
SC02	Fosso esistente che corre parallelo alla Strada dei Mulini a nord del campo A	606091	4948519
SC03	Fosso esistente che corre parallelo alla Strada dei Mulini a nord del campo B	606298	4948545
SC04	Fosso esistente che corre parallelo alla Strada dei Mulini a nord del campo B	606447	4948526
SC05	Fosso esistente che corre parallelo alla Strada dei Mulini a nord del campo C	605852	4948299
SC06	Fosso esistente che corre parallelo alla Strada dei Mulini a nord del campo C	606030	4948241

9. CONCLUSIONE

Lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto agrivoltaico avanzato, della linea di connessione e della cabina di consegna 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 ricevitore 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. Nelle aree interessate dal progetto, durante la fase post-operam, nello scenario più cautelativo, si registrerebbe un incremento dei deflussi totali di circa il **17%**.

La porzione di territorio occupata dai cabinati subisce la trasformazione più rilevante in termini di uso del suolo. Al fine di rispettare l'invarianza idraulica risulta necessario un volume di laminazione; per il singolo cabinato tale volume di invaso è stato calcolato pari a **1.2 m³**. Dato l'esiguo volume in questione si prevede la realizzazione di un ribassamento del piano campagna attorno al cabinato tale da garantire la laminazione delle acque meteoriche.

Nel confronto tra la rete di drenaggio naturale dello stato di fatto e di progetto si segnala che si è prevista una rete costituita da fossi in terra non rivestiti, realizzati in corrispondenza degli impluvi naturali esistenti (3162_6252_PA_PAUR_T15_Rev0_Regimazione acque meteoriche) questi ultimi sono stati 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.