

IMPIANTO FOTOVOLTAICO EG DOLOMITI SRL E OPERE CONNESSE

POTENZA IMPIANTO 38.4MWp
COMUNE DI ARGENTA (FE)

Proponente

EG DOLOMITI S.R.L.

VIA DEI PELLEGRINI 22 · 20122 MILANO (MI) · P.IVA: 11769780963 · PEC: egdolomiti@pec.it

Progettazione

META STUDIO S.R.L

Via SETTEMBRINI, 1-65123 PESCARA (PE)

P.IVA: 02164240687 · PEC: metastudiosrl@pec.it

Collaboratori

Progettazione Generale: Ing. Corrado Pluchino Progettazione Elettrica: Ing. Andrea Fronteddu

Progettazione Civile e Idraulica: Ing. Fabio Lassini

Progettazione geotecnica-strutturale: Dott. Matteo Lana

Progettazione Ambientale e Paesaggistica: Dott.ssa Eleonora Lamanna

Coordinamento progettuale

META STUDIO S.R.L

Via SETTEMBRINI, 1-65123 PESCARA (PE)

P.IVA: 02164240687 · PEC: metastudiosrl@pec.it

Titolo Elaborato

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA E IDROGEOLOGICA

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILENAME	RIFERIMENTO	DATA	SCALA
PROGETTO DEFINITIVO	DOC_REL23	-	-	10.10.2023	-

Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
02	10.10.2023	-	EB	FL	CP



COMUNE DI ARGENTA (FE)

REGIONE EMILIA ROMAGNA





RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA E IDROGEOLOGICA





1 Sommario

1. PREMESSA	5
2. DATI DI RIFERIMENTO	6
2.1 Rilievo Topografico	6
2.1.1 Modello Digitale del Terreno	6
2.1.2 Rilievo Topografico	6
2.2 Normativa e fonti di riferimento	6
3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	7
3.1 Localizzazione	7
3.2 Copertura del suolo	9
3.3 Inquadramento geomorfologico	10
3.4 Inquadramento topografico	12
3.5 Idrografia del territorio	13
3.6 Inquadramento della pericolosità e del rischio idraulico dell'area di progetto	15
3.6.1 Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI)	15
3.6.2 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)	16
3.6.2.1 <i>Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Principale di Pianura (RP)</i>	16
3.6.2.2 <i>Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Secondario di Pianura (RSP)</i>	20
3.6.3 Conclusioni	21
4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI	22
5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO 23	
5.1 Misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte	23
5.2 Misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica	24
5.2.1 Direttiva Idraulica Autorità di Bacino per Invarianza 2016/4	25
5.2.2 Procedure di calcolo dei volumi di invarianza idraulica – Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	26
5.2.3 Interventi di invarianza idraulica	27
6. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA LINEA DI CONNESSIONE	29
6.1 Identificazione dell'interferenza	29
6.2 Risoluzione delle interferenze	32
6.2.1 P01	33
6.2.1.1 Identificazione	33
6.2.1.2 Osservazioni	34
6.2.1.3 Verifica di compatibilità idraulica	35



6.2.2	P02	35
6.2.2.1	Identificazione	35
6.2.2.2	Osservazioni	36
6.2.2.3	Verifica di compatibilità idraulica.....	37
7.	CONFORMITA' DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO ALLE VIGENTI NORME IN MATERIA DI POLIZIA IDRAULICA.....	38
8.	STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO	40
8.1	Scelta del tempo di Ritorno	40
8.2	Analisi Probabilistica delle Precipitazioni intense	41
8.3	Identificazione dei bacini scolanti di progetto	50
8.4	Valutazione della Pioggia Efficace (netta)	51
8.5	Modello di trasformazione afflussi/deflussi – stima delle portate di progetto	52



1. PREMESSA

Il presente documento riporta lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto fotovoltaico e della linea di connessione 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 fotovoltaico 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 (GNDCI);
- 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 degli eventuali scarichi esistenti, che saranno mantenuti nella fase post operam. Sono state valutati infittimenti locali della rete per migliorare quello esistente.

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. In seguito a completamento dell'indagine e per verifica dei dati in possesso nella primavera 2022 è stato condotto un rilievo topografico eseguito con drone.

2.1.1 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.

2.1.2 Rilievo Topografico

Nella primavera del 2022 è stato eseguito un rilievo topografico tramite drone al fine di definire l'andamento plano-altimetrico del terreno e la presenza di interferenze nelle aree destinate alla realizzazione del nuovo impianto fotovoltaico.

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
- Annali Idrologici di Regione Emilia Romagna 1990-2021;
- 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);
- Sistemi di fognatura – Manuale di progettazione – Hoepli, CSDU;
- La sistemazione dei bacini idrografici, Vito Ferro, McGraw – Hill Editore;
- Open Channel Hydraulics, Chow – McGraw – Hill editore;
- Spate Irrigation – FAO – HR Wallinford;
- Urban Drainage Design Manual pubblicato da FHWA (Federal highway administration – US Department of transportation).
- Procedure di calcolo dei volumi di accumulo per l'applicazione del principio di invarianza idraulica – 04/12/2009, Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara

- Direttiva Idraulica Autorità di Bacino per Invarianza 2016/4

3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

3.1 Localizzazione

Il progetto dell'impianto fotovoltaico in esame è ubicato nel territorio comunale di Argenta (FE). L'area di progetto è divisa in tre siti denominati A, B e C. I siti A, B e C sono ubicati a circa 10 Km a est del centro abitato di Argenta e a circa 2.5 Km a nord est della frazione Filo di Argenta.

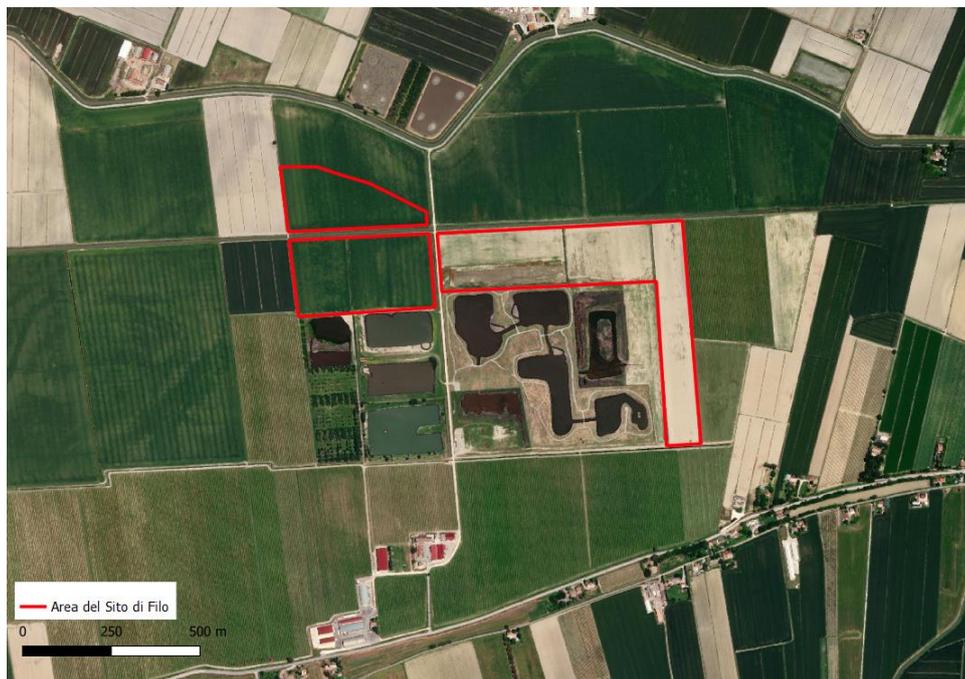


Figura 1 - Inquadramento territoriale. In rosso il perimetro del sito

Il sito risulta ubicato tra via Argine Pioppi e Via Maria Margiotti.



Figura 2 Inquadramento stradale. In rosso il perimetro del sito



Figura 3 Inquadramento territoriale area vasta, in rosso il perimetro del sito, in arancio il tracciato della linea di connessione e in blu la cabina di consegna.

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 fotovoltaico sulla base di ortofoto, sopralluogo e Carta dell'uso del Suolo Regionale.

La zona nella quale verrà insediato il parco fotovoltaico è quella tipica del Ferrarese, caratterizzata da ampie aree pianeggianti ulteriormente modellate dall'azione antropica frutto dell'attività agricola.

L'area presenta quasi esclusivamente terreni seminativi semplici irrigui e vigneti e risulta adiacente a zone umide interne ed estrattive come mostrato in Figura 4.

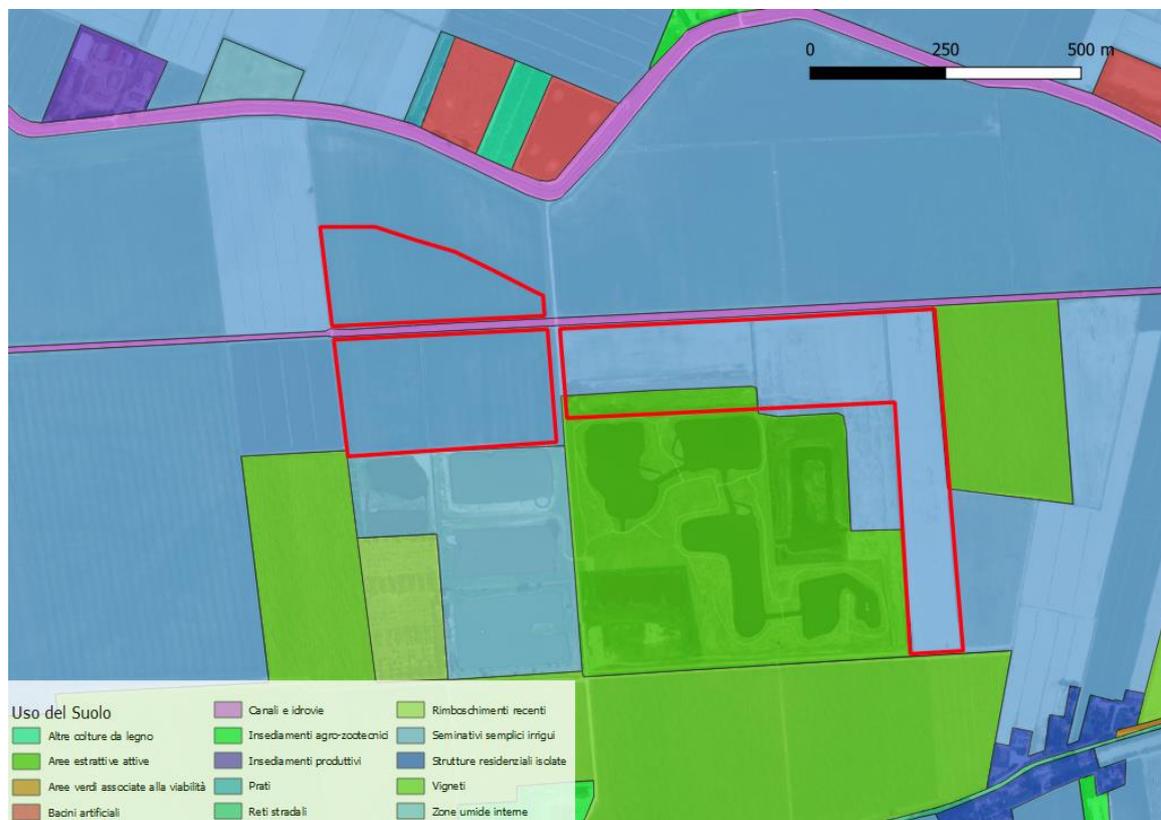


Figura 4 Stralcio carta uso del suolo. In rosso l'area di progetto.

Le aree ad oggi umide saranno oggetto di interrimento con regolarizzazione del suolo.

3.3 Inquadramento geomorfologico

Le presenti informazioni sono state estrapolate dallo studio della componente geologica del piano comunale PSC.

L'area del comune di Argenta si sviluppa su depositi limosi, argillosi e sabbiosi della Piana Deltizia del fiume Po. Tali litotipi sono ascrivibili alle deposizioni del modesto paleo corpo idrico della Fossa Marina, un antico tributario del Po di Primaro che sgrondava le acque verso le antiche valli di Bando. L'area si sviluppa infatti nelle vicinanze di tale corpo idrico e si rileva la presenza di sedimenti limosi e sabbiosi disposti a lenti. Tali lenti sono sia superficiali che sospese o più profonde e presentano normalmente spessori ridotti, riconducibili al massimo ad un paio di metri. È possibile che queste lenti siano caratterizzati da una presenza percentuale del termine fine maggiore del 20%.

Dalla consultazione della Carta regionale Ambienti deposizioni e litologie, il sito risulta essere per la maggior parte su un deposito organico/torboso e solamente le propaggini meridionali del sito B e del sito C risultano caratterizzati da una tessitura del suolo parzialmente sabbiosa.



Figura 5 Tessitura dei suoli -Fonte: Ambienti deposizioni e litologie - Regione Emilia Romagna

Il sito ricade interamente all'interno di un ambiente geomorfologico di tipo piana deltizia, pur distando meno di 2 km dall'ambiente di tipo Piana costiera fronte deltizia e piana di sabbia e appena 300 metri da un ambiente geomorfologico di tipo piana alluvionale.

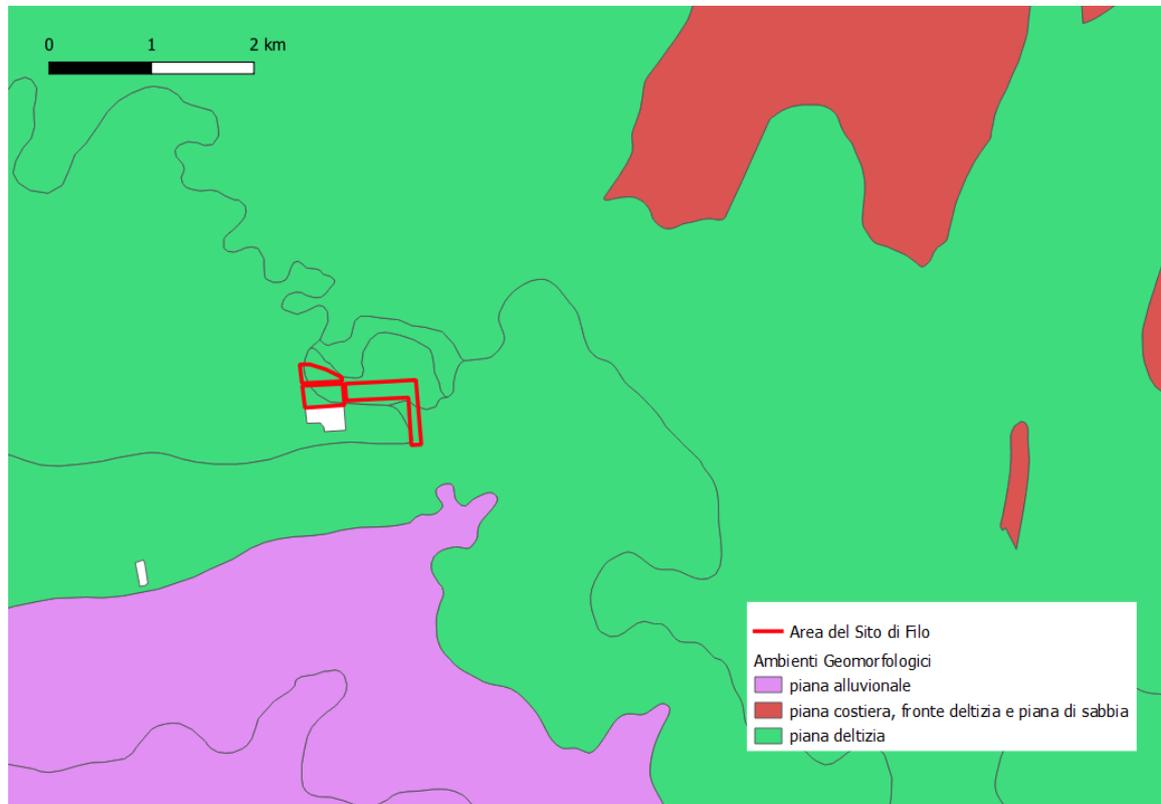


Figura 6 Ambienti Geomorfologici Fonte: Ambienti deposizioni e litologie - Regione Emilia Romagna

3.4 Inquadramento topografico

Il territorio del Comune di Argenta nella parte orientale, dove si inserisce la proposta progettuale, è collocato nel settore terminale della Pianura Padana, immediatamente ad occidente rispetto alle Valli di Comacchio.

La morfologia del territorio comunale risulta essere a prevalenza pianeggiante e nella quasi totalità risulta essere al di sotto del livello del mare di riferimento.

Il sito presenta caratteristiche in linea con il contesto comunale e la zona maggiormente depressa (posta a circa -1 m s.l.m.) risulta essere la dorsale di drenaggio esistente che corre in direzione ovest-est e separa il sito A dal sito B.

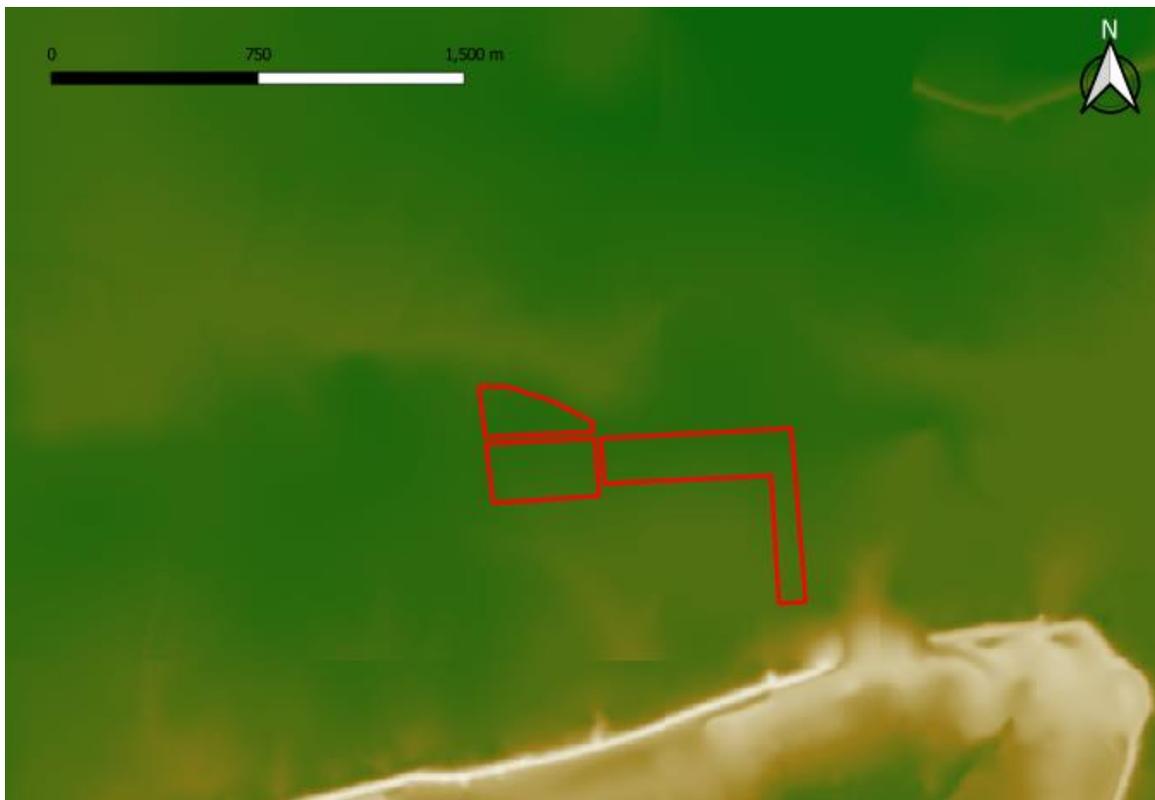


Figura 7 DTM e area di progetto evidenziato in rosso

In generale l'orografia del sito A risulta essere decrescente da nord verso sud, mentre i siti B e C risultano avere un'orografia decrescente da sud verso nord.

Le pendenze in generale risultano molto basse, rimanendo al di sotto di circa il 0.5%.

3.5 Idrografia del territorio

Il sito ricade all'interno del Comprensorio di Bonifica del Ferrarese; le acque vengono drenate prevalentemente tramite canali artificiali con direzione di scolo prevalente ovest-est.

Il canale di scolo che divide il sito A dal sito B e che costeggia il lato settentrionale del sito C risulta essere un affluente di sinistra del canale di scolo di Menate, che a sua volta confluisce sul Canale Circondariale Gramigne-Fosse.



Figura 8 Idrografia esistente, in rosso il perimetro del sito

L'intero territorio presenta una storica e fitta rete di irrigazione/bonifica fortemente antropizzata sia nei tracciati sia nella gestione.

L'analisi dell'idrografia esistente è stata condotta sulla base delle seguenti fonti:

- Pai
- PGRA
- Geoportale regionale con i canali del Consorzio di Bonifica
- Ortofoto
- Sopralluogo

Essendo il Consorzio il principale gestore e manutentore della rete sarà importante in tutte le fasi progettuali confrontarsi per acquisizioni di informazioni e pareri.

3.6 Inquadramento della pericolosità e del rischio idraulico dell'area di progetto

Il comune di Argenta appartiene al Distretto Idrografico del fiume Po, la struttura operativa di livello territoriale di riferimento è l'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po.

3.6.1 Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI)

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

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

L'intero sito, l'intera linea di connessione e la cabina di consegna rientrano all'interno della fascia C della delimitazione delle fasce fluviali dell'asta del fiume Po.

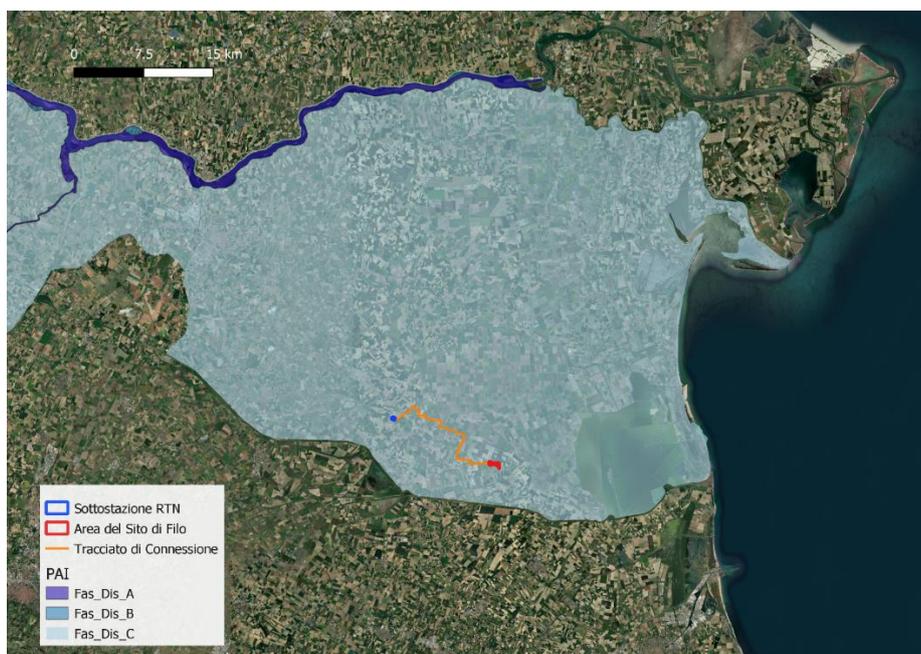


Figura 10 Stralcio del Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po – in rosso il sito di progetto.

3.6.2 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

Lo strumento vigente sul territorio è il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni – II ciclo (PGRA) approvato con delibera del 16/12/2021 dalla Conferenza operativa dell’Autorità di Bacino Distrettuale.

Successivamente il 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. 152/2006 il primo aggiornamento del PGRA con Deliberazione n. 5/2021.

Il PGRA è stato quindi pubblicato il 22 dicembre 2021, nel rispetto delle scadenze fissate dalla Direttiva 2007/60/CE.

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 di fondovalle (RP);
- reticolo secondario 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).

3.6.2.1 Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Principale di Pianura (RP)

Il sito, la linea di connessione e la cabina di consegna in progetto risultano facenti parte, in relazione all’ambito di reticolo principale di pianura, sia dell’area interessata da alluvione rara (P1) del fiume Reno sia dell’area interessata da alluvione rara (P1) del fiume Po come mostrato nella seguente immagine.

Le mappature di entrambi i fiumi nel caso di alluvione rara sono caratterizzate da un tempo di ritorno di 500 anni.

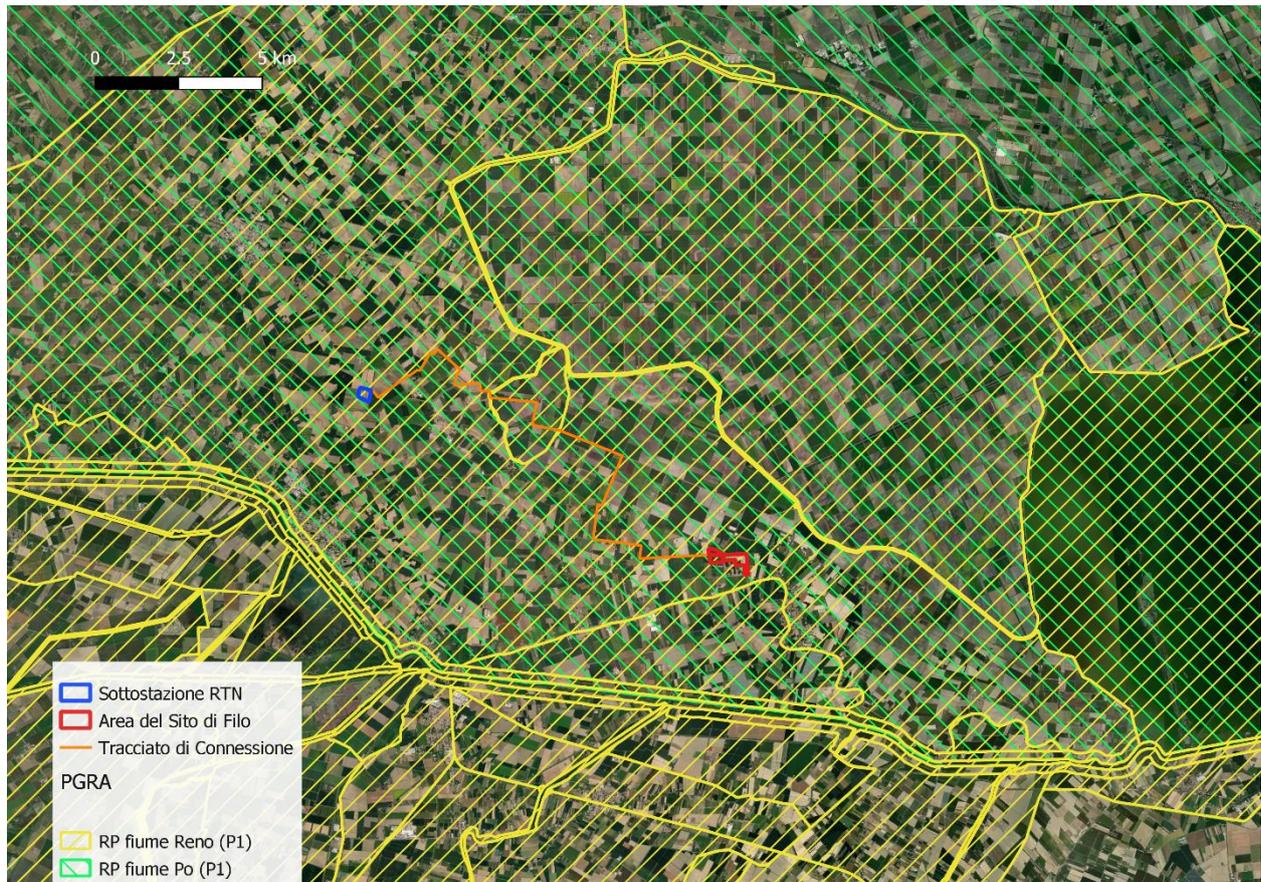


Figura 11 PGRA - Reticolo principale di Pianura e di Fondovalle (RP)

Come riportato nel DGR 1300/2016 di Regione Emilia Romagna per tale ambito nelle aree interessate da alluvioni rare (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.

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

- Nella Fascia C il Piano persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli Enti competenti ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e quindi da parte delle Regioni e delle Province, di Programmi di previsione e prevenzione, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del PAI.
- 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.
- 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 interessati per territorio per la stesura dei piani comunali di protezione civile, con riferimento all'art. 15 della L. 24 febbraio 1992, n. 225.

- Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C.
- 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.

Le mappe di pericolosità di interesse (fiume Po e fiume Reno per esondazione rara P1) sono state entrambe corredate con l'aggiornamento del 20 dicembre 2019 delle relative mappe dei tiranti mostrate di seguito.

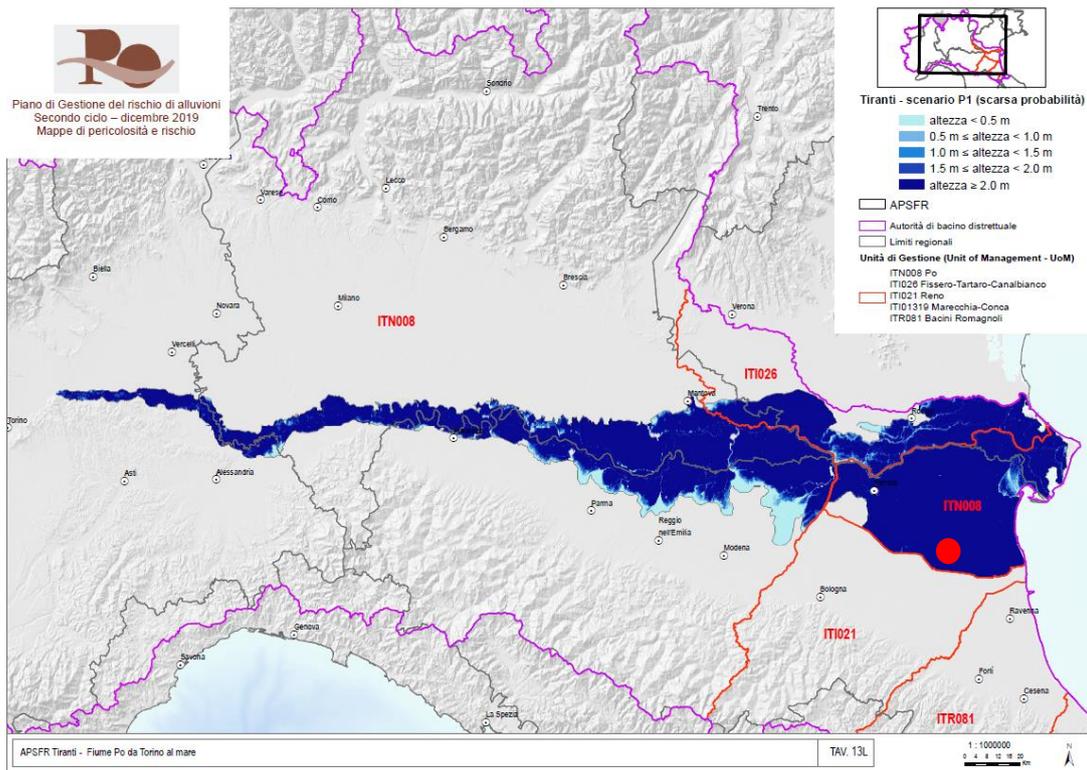


Figura 12 Tiranti attesi per lo scenario P1 per il fiume Po, in rosso l'area del sito

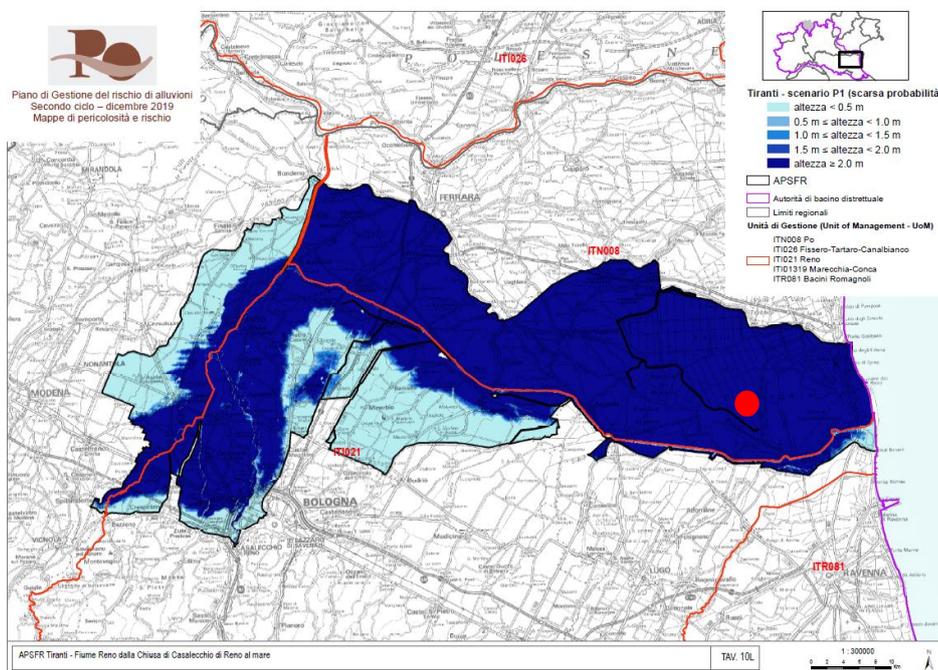


Figura 13 Tiranti attesi per lo scenario P1 per il fiume Reno, in rosso l'area del sito

Le esondazioni dovute al reticolo principale sono quindi attese con tempi di ritorno di 500 anni e con tiranti idraulici attesi superiori ai 2 metri.

3.6.2.2 Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Secondario di Pianura (RSP)

Il sito e la stazione elettrica risultano ricadere all'interno dalle aree interessate da esondazioni poco frequenti nell'ambito di reticolo secondario di pianura (RSP) del fiume Po.

Il tracciato della linea di connessione ricade nelle aree interessate da esondazioni poco frequenti nell'ambito di reticolo secondario di pianura (RSP) nella quasi totalità, con l'eccezione di una limitata porzione interessata da esondazioni frequenti.

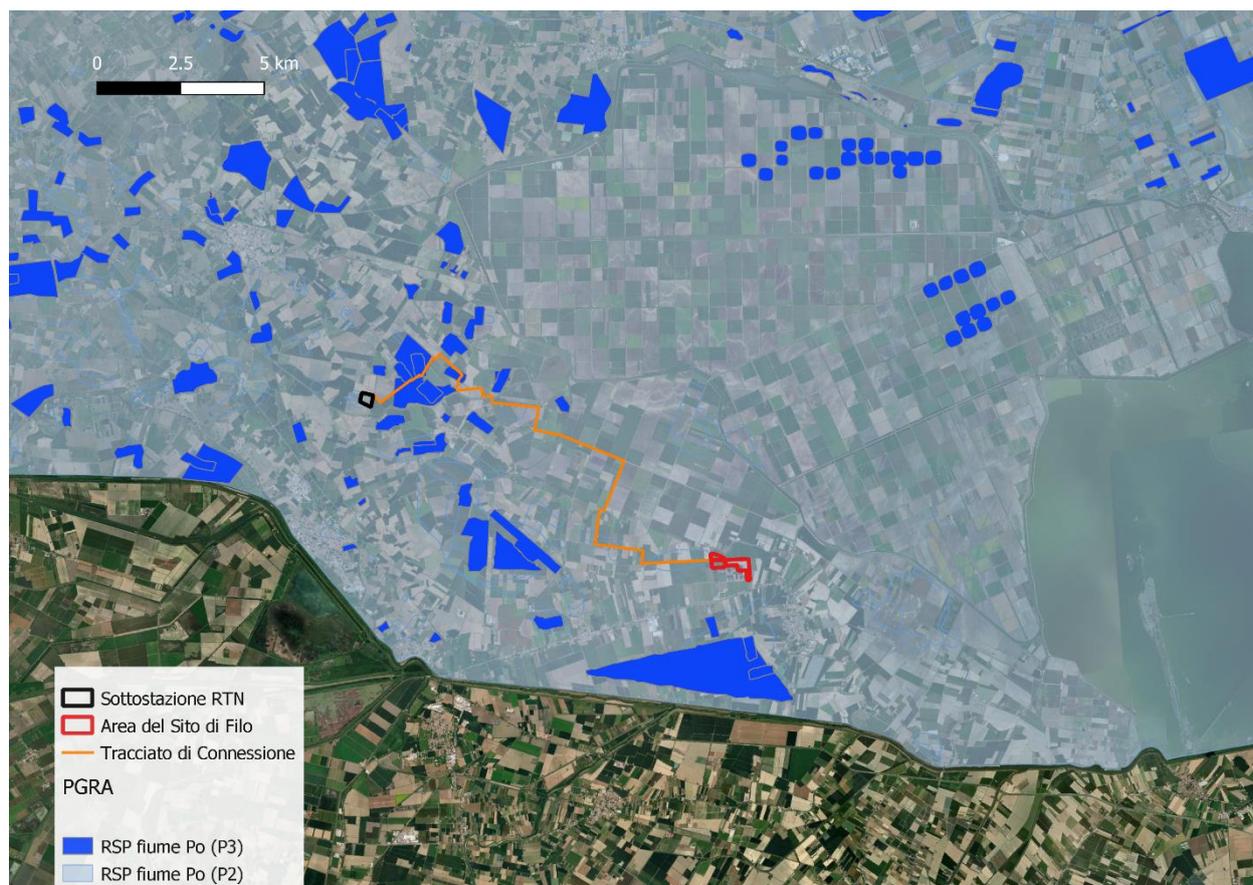


Figura 14 PGRA - Reticolo Secondario di Pianura

Ai sensi del DGR 1300/2016 di Regione Emilia Romagna, il Reticolo secondario di pianura (RSP) è costituito dai corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio - bassa pianura padana.

La perimetrazione delle aree potenzialmente allagabili è stata effettuata con riferimento agli scenari di alluvione frequente (P3) e poco frequente (P2) previsti dalla Direttiva.

Il metodo di individuazione delle aree soggette ad alluvioni è stato di tipo prevalentemente storico - inventariale e si è basato sugli effetti di eventi avvenuti

generalmente negli ultimi 20-30 anni in quanto ritenuti maggiormente rappresentativi delle condizioni di pericolosità connesse con l'attuale assetto del reticolo di bonifica e del territorio.

Le alluvioni dovute ad esondazione del reticolo artificiale di bonifica, seppure caratterizzate da alta frequenza, presentano tiranti e velocità esigui che danno origine a condizioni di rischio medio (R2) e moderato/nullo (R1) e in casi limitati, prevalentemente situati in zone urbanizzate e insediate interessate da alluvioni frequenti, a condizioni di rischio elevato (R3). La mitigazione delle condizioni di rischio per il patrimonio edilizio esistente si fonda su azioni di protezione civile ed eventualmente di autoprotezione e di protezione passiva. Per quanto riguarda gli interventi edilizi nel seguito dettagliati si fa riferimento alle disposizioni specifiche sotto riportate. In relazione alle caratteristiche di pericolosità e rischio descritte nel paragrafo precedente, nelle aree perimetrate a pericolosità P3 e P2 dell'ambito Reticolo Secondario di Pianura, laddove negli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica non siano già vigenti norme equivalenti, si deve garantire l'applicazione:

- Di misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte, anche ai fini della tutela della vita umana;
- Di 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.

Per il reticolo secondario di pianura l'autorità di bacino non fornisce le mappe del tirante atteso e non fornisce delle specifiche in merito al tempo di ritorno assunto.

3.6.3 Conclusioni

Il nuovo impianto fotovoltaico, risulta classificato come area a pericolosità idraulica:

- perimetrazione della fascia C del PAI;
- rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Principale di Pianura (RP) con scenario di esondazione rara (P1). Il PGRA sia per il fiume Po sia per il fiume Reno prevede degli allagamenti con tempo di ritorno di 500 anni e tiranti di 2 metri;
- rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Secondario di Pianura (RSP) con scenario di esondazione poco frequente (P2), per i quali il PGRA non ha mappato i tiranti attesi.



4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI

Il Progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico complessivamente di capacità nominale pari a 38,40 MWp, sito nel territorio comunale di Argenta (FE), Regione Emilia Romagna, diviso in otto sotto campi, realizzati con 55.652 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino, con una potenza di picco di 690 Wp, montati su strutture fisse in configurazione monofilare con quattro moduli in orizzontale con tilt di 22° e distanza tra filari di 6,7 m, raggruppati in inverter centralizzati a 660V di marca FREESUN HEMK. Il design di impianto sarà tale per cui tutti gli inverter avranno la medesima taglia di potenze. Gli inverter selezionati sono del tipo centralizzato, connessi a cabine di trasformazione MT in campo con potenze da 4.200 kVA. Le varie cabine di trasformazione saranno raggruppate in dorsali MT e confluiranno nella cabina di ricezione di campo del rispettivo sito, per mezzo di linee elettriche 36 kV in cavo interrato.

In relazione a tali parchi fotovoltaici, il Proponente ha inoltre in progetto la realizzazione di opere di collegamento alla RTN (di seguito opere di connessione):

- un cavo interrato con tensione 36 kV, lungo circa 17,36 km, che collegherà il campo fotovoltaico alla stazione SE 380/132/36 kV;
- una stazione elettrica 380/132/36 kV di Terna denominata "Portomaggiore" (di seguito SE Terna o SE RTN Terna), in agro di Portomaggiore.

5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il nuovo impianto fotovoltaico, come precedentemente mostrato nel paragrafo 3.6 risulta classificato come area a pericolosità idraulica:

- perimetrazione della fascia C del PAI;
- rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Principale di Pianura (RP) con scenario di esondazione rara (P1);
- rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Secondario di Pianura (RSP) con scenario di esondazione poco frequente (P2).

La DRG 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

$$R = P E V$$

Il team di progettazione ha valutato l'implementazione delle seguenti soluzioni di prevenzione saranno implementati i seguenti accorgimenti:

- Tutte le opere ritenute sensibili all'allagamento interessanti sia ai moduli fotovoltaici sia con relative strutture di supporto e sia a cabine di campo o PowerStation dovranno essere posizionate ad almeno 20 cm più un franco di sicurezza dal piano campagna dello stato di fatto;
- Tutta la viabilità interna al sito sarà realizzata in rilevato di almeno 50 cm dal piano campagna dello stato di fatto ed il pacchetto stradale verrà inoltre previsto in materiali drenanti al fine di non incrementare l'impermeabilità dell'area.

5.2 Misure volte al rispetto del principio dell'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.

Le misure per l'invarianza idraulica sono state realizzate considerando i seguenti riferimenti normativi – tecnici:

- "Direttiva Idraulica Autorità di Bacino per Invarianza 2016/4";
- "Procedure di calcolo dei volumi di accumulo per l'applicazione del principio di invarianza idraulica" – Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara;

I volumi da devolvere alle opere di invarianza idraulica sono stati desunti dai risultati maggiormente cautelativi ottenuti seguendo le procedure illustrate dai due riferimenti sopra riportati.

Le condizioni del sito saranno mantenute sostanzialmente invariate attraverso il rispetto della rete di drenaggio esistente e degli scarichi esistenti; inoltre è prevista la modifica di uso del suolo che non avrà più un uso agricolo ma avrà una copertura a prato che aumenterà le capacità di evapotraspirazione ed infiltrazione del territorio. Le condizioni di uso, di copertura e di suolo miglioreranno se comparate con l'uso agricolo.



Figura 15 – Planimetria stato di progetto

5.2.1 Direttiva Idraulica Autorità di Bacino per Invarianza 2016/4

Il rispetto dell'invarianza idraulica in Emilia Romagna viene regolamentata dalla Direttiva Idraulica Autorità di Bacino per Invarianza 2016/4.

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

Ottenuto il valore di w , il volume necessario al rispetto dell'invarianza idraulica è dato dal prodotto di w per l'area totale che insiste sullo scarico al recettore finale.

Come indicato dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara (prot. 21563 del 05/12/22), sono da intendersi aree impermeabili e che subiscono trasformazione quelle occupate dai cabinati e dalla proiezione dei pannelli a terra.

I coefficienti di deflusso considerati sono i seguenti:

- Coefficiente di deflusso tipico di una superficie impermeabile: $\varphi = 0.9$;
- Coefficiente di deflusso tipico di una superficie agricola e con pendenze inferiori al 10%: $\varphi = 0.2$;

Le aree trasformate, in cui si prevede la realizzazione di cabinati e l'installazione di pannelli fotovoltaici, sono riassunte nella seguente tabella:

Tabella 1 - Aree trasformate

Campo	Superficie [mq]	Ante Operam			Post Operam		
		S_Imp ⁰ [mq]	S_Perm ⁰ [mq]	φ^0	S_Imp [mq]	S_Perm [mq]	φ
1	46'155	0	46'155	0.20	28'950	17'205	0.64
2	81'273	0	81'273	0.20	49'224	32'049	0.62
3	151'650	0	151'650	0.20	89'194	62'456	0.61

I volumi di invaso e le portate limite allo scarico necessari alla laminazione per il rispetto dell'invarianza idraulica (il volume unitario w [mc/ha], volume finale W [mc], portata limite allo scarico Q [l/s]) sono stati desunti dai fogli di calcolo messi a

disposizione dal Consorzio di Bonifica della Romagna (<https://www.bonificaromagna.it/index.php/documenti/modulistica>).

I risultati sono di seguito riportati:

Tabella 2 - Volumi e portate allo scarico limite – Direttiva Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli

Campo	Superficie [mq]	I	P	w [mc/ha]	W [mc]	Q [l/s]
1	46'155	0.63	0.37	438.82	2'025.36	46.16
2	81'273	0.61	0.39	417.08	3'389.37	81.27
3	151'650	0.59	0.41	399.78	6'062.66	151.65

5.2.2 Procedure di calcolo dei volumi di invarianza idraulica – Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara

Il documento "Procedure di calcolo dei volumi di accumulo per l'applicazione del principio di invarianza idraulica", Prot. N. 3877 – Deliberazione n. 61, 4/12/2009, riporta le procedure applicative di calcolo dei volumi di accumulo per l'applicazione del principio di invarianza idraulica all'interno del territorio consortile.

La procedura indica che il rispetto dell'invarianza idraulica può essere perseguito attraverso interventi di mitigazione delle portate in ingresso alla rete Consorziale nel rispetto delle seguenti prescrizioni minime, che individuano la portata massima accettabile e il volume di invaso minimo richiesto per diverse fasce di estensione delle urbanizzazioni.

- **Superfici urbanizzate da 0 a 0.5 ha:**
 - Portata massima accettabile: $Q = 15 \text{ l/s ha}$
 - Volume minimo invasabile: $W = \max (150 \text{ mc/ha urbanizzato, } 215 \text{ mc/ha impermeabilizzato})$
- **Superfici urbanizzate da 0.5 ha a 1.00 ha:**
 - Portata massima accettabile: $Q = 12 \text{ l/s ha}$
 - Volume minimo invasabile: $W = \max (200 \text{ mc/ha urbanizzato, } 285 \text{ mc/ha impermeabilizzato})$
- **Superfici urbanizzate oltre 1.00 ha:**
 - Portata massima accettabile: $Q = 8 \text{ l/s ha}$
 - Volume minimo invasabile: $W = \max (350 \text{ mc/ha urbanizzato, } 500 \text{ mc/ha impermeabilizzato})$

Le condizioni da rispettare per le misure di invarianza idraulica relative all'intervento in esame sono quelle riportate nell'ultimo punto.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa dei valori di volumi di laminazione ottenuti per i 3 settori dell'impianto fotovoltaico:

Tabella 3 - Volumi e portate allo scarico limite – Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara

Campo	S_Imp [mq]	w [mc/ha imp]	W [mc]	Q [l/s]
1	28'950	500.00	1'447.50	23.16
2	49'224	500.00	2'461.20	39.38
3	89'194	500.00	4'459.70	71.36

A fronte dei risultati ottenuti, si prevede la realizzazione di invasi di laminazione che garantiscano un volume minimo maggiore o uguale a quello indicato dalla Direttiva Idraulica Autorità di Bacino per Invarianza 2016/4, e una porta di scarico massima minore o uguale a quella risultante dall'adozione della procedura di calcolo indicata dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

5.2.3 Interventi di invarianza idraulica

Definiti i volumi minimi da garantire per la laminazione in ciascun settore dell'impianto fotovoltaico e le portate limite allo scarico, si riportano di seguito le scelte progettuali adottate per il rispetto dell'invarianza idraulica.

In linea generale, si propone di individuare i volumi di laminazione realizzando una depressione del terreno nell'area a monte dello scarico nel recettore finale, individuato nel corso d'acqua "scolo campo del vero", che si sviluppi in due settori rispettivamente profondi 0.30 m e 0.50 m - approfondendosi in direzione dello scarico.

Le posizioni degli invasi di laminazione e dei punti di scarico sono state individuate congruamente con la topografia del sito e i punti di scarico / scolo esistenti.

I volumi effettivi individuati in ciascun settore sono i seguenti:

Tabella 4 - Volumi di laminazione di progetto

Campo	W [mc]
1	2'265
2	3'649
3	6'173

Le luci di scarico, intese come luci circolari funzionanti a battente, con battente massimo pari a 0.50 m, sono le seguenti:

Tabella 5 - Portate allo scarico limite di progetto

Campo	DN luce [mm]	Q [l/s]	t svuotamento [h]
1	125	23.07	27.27
2	160	37.80	26.81
3	200	59.06	29.03

Si prevede di realizzare sia a monte sia a valle dello scarico una protezione in ciottolato del fondo e delle sponde dell'alveo; si prevede anche l'installazione di una valvola a clapet antireflusso nella condotta di scarico, lato canale consortile.



Figura 16 - Individuazione delle aree di laminazione

6. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA LINEA DI CONNESSIONE

6.1 Identificazione dell'interferenza

Il paragrafo 3.6 individua i possibili punti/tratti di interferenza tra le opere di progetto e aree a pericolosità idraulica. Come evidenziato nel suddetto paragrafo, la linea di connessione risulta ricadere interamente in fascia C del PAI, ricade nello scenario di esondazione rara (P1) del piano di rischio Alluvionale RP e nello scenario di esondazione poco frequente (P2), con eccezione di alcuni tratti ricadenti nello scenario di esondazione frequente (P3), del piano di rischio Alluvionale RSP del PGRA.

Inoltre, un'attenta analisi del percorso di connessione ha rilevato alcune interferenze con diversi corsi d'acqua.

Oltre alla documentazione reperibile in letteratura, è stato analizzato lo stato di fatto riscontrato in sede di sopralluogo.

Infine, oltre alle interferenze con corsi d'acqua minori e aree soggette a pericolosità di allagamento, il Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara ha indicato tutte le interferenze tra la linea di connessione e il reticolo in sua gestione; oltre a questo, il Consorzio ha indicato anche la modalità di risoluzione di queste interferenze.

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 modalità prevista per la risoluzione dell'interferenza, ove presente. Le interferenze presenti con corsi d'acqua saranno superate mediante TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata) previa approvazione dei gestori dei canali sull'utilizzo di tale tecnologia trenchless.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa delle interferenze tra le opere in progetto e i corsi d'acqua.

Tabella 6: Interferenze con il percorso di connessione

ID	Interferenza	Risoluzione
1	Parallelismo Scolo CAMPO DEL VERO	Cavo interrato a distanza minima di 4.00 m dal ciglio del canale, o dal piede esterno arginale per i canali arginati
2	Attraversamento Allacciante BECCARIA	TOC
3	Parallelismo Canale DOMINANTE GRAMIGNE (arginato)	Cavo interrato a distanza minima di 4.00 m dal ciglio del canale, o dal piede esterno arginale per i canali arginati
4	Attraversamento Canale DOMINANTE GRAMIGNE (arginato)	TOC
5	Parallelismo Canaletta 3 GRAMIGNE DESTRA (arginato)	Cavo interrato a distanza minima di 4.00 m dal ciglio del canale, o dal piede esterno arginale per i canali arginati

6	Attraversamento Canaletta 3 GRAMIGNE DESTRA (arginato)	TOC
7	Parallelismo Scolo GRAMIGNE	Cavo interrato a distanza minima di 4.00 m dal ciglio del canale, o dal piede esterno arginale per i canali arginati
8	Attraversamento Scolo LAGOTTI	TOC
9	Attraversamento Canaletta 2 GRAMIGNE DESTRA (arginato)	TOC
10	Attraversamento Scolo ROSOLO	TOC
11	Attraversamento Canaletta DI BANDO (arginato)	TOC
12	Parallelismo Scolo ANITRA	Cavo interrato a distanza minima di 4.00 m dal ciglio del canale, o dal piede esterno arginale per i canali arginati
13	Attraversamento Scolo TESTA	TOC
14	Parallelismo Scolo TESTA	Cavo interrato a distanza minima di 4.00 m dal ciglio del canale, o dal piede esterno arginale per i canali arginati
15	Parallelismo Scolo CASTELLO DELL'ARGENTA	Cavo interrato a distanza minima di 4.00 m dal ciglio del canale, o dal piede esterno arginale per i canali arginati
16	Attraversamento Scolo CASTELLO DELL'ARGENTA	TOC
17	Parallelismo Canale DOMINANTE TESTA (arginato)	Cavo interrato a distanza minima di 4.00 m dal ciglio del canale, o dal piede esterno arginale per i canali arginati
18	Attraversamento Canalette Riunite BENVIGNANTE – SABBIOSOLA (arginato)	TOC
19	Attraversamento Scolo DELLA BOTTE	TOC
20	Attraversamento Canale DOMINANTE TESTA (arginato)	TOC
21	Parallelismo Scolo GALAVRONARA	Cavo interrato a distanza minima di 4.00 m dal ciglio del canale, o dal piede esterno arginale per i canali arginati
22	Parallelismo Canale DOMINANTE TESTA (arginato)	Cavo interrato a distanza minima di 4.00 m dal ciglio del canale, o dal piede esterno arginale per i canali arginati
23	Attraversamento Scolo PALAZZINA	TOC
24	Attraversamento Scolo GALAVRONARA	TOC

La tecnologia proposta per gli attraversamenti dei corsi d'acqua in subalveo è quella della TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata), previa approvazione dei gestori dei canali sull'utilizzo di tale tecnologia trenchless.

Per i parallelismi interrati posizionati nella fascia di 10 m dal ciglio, si prevede di mantenere una distanza minima di 4.00 m dal ciglio del canale, o dal piede esterno arginale per i canali arginati.

Si riporta di seguito l'analisi della compatibilità idraulica del percorso del cavidotto che interessa due aree caratterizzate da pericolosità idraulica alta (interferenze P01 e P02).

6.2.1 P01

6.2.1.1 Identificazione

Il punto in esame identifica il tratto di connessione, lungo circa 494 m, che corre per una parte lungo la Via Argine Circondariale Valli Mezzano per poi proseguire lungo Via Cavallarola. L'interferenza in questione è collocata a circa 480 m a nord ovest dell'interferenza C07. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, su PAI e PGRA.

Tabella 7: Riepilogo interferenza P01.

ID	Interferenza	Pericolosità	Risoluzione
P01	Area allagabile	Alta	Cavo interrato

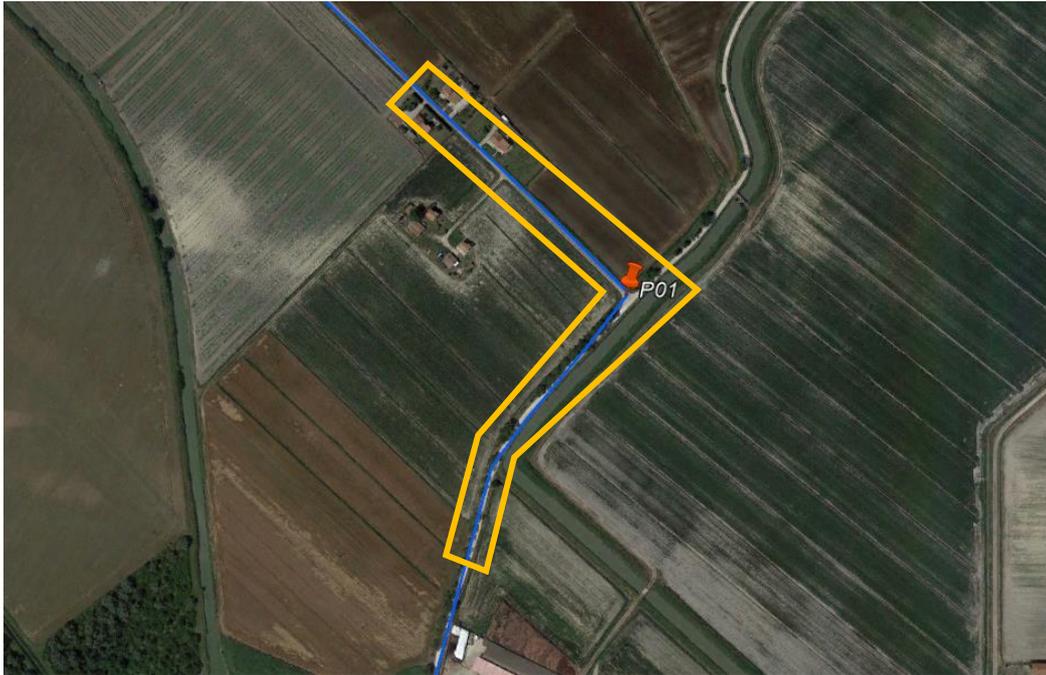


Figura 19: Ubicazione interferenza C07, in blu il percorso di connessione e in arancione il tratto in esame.

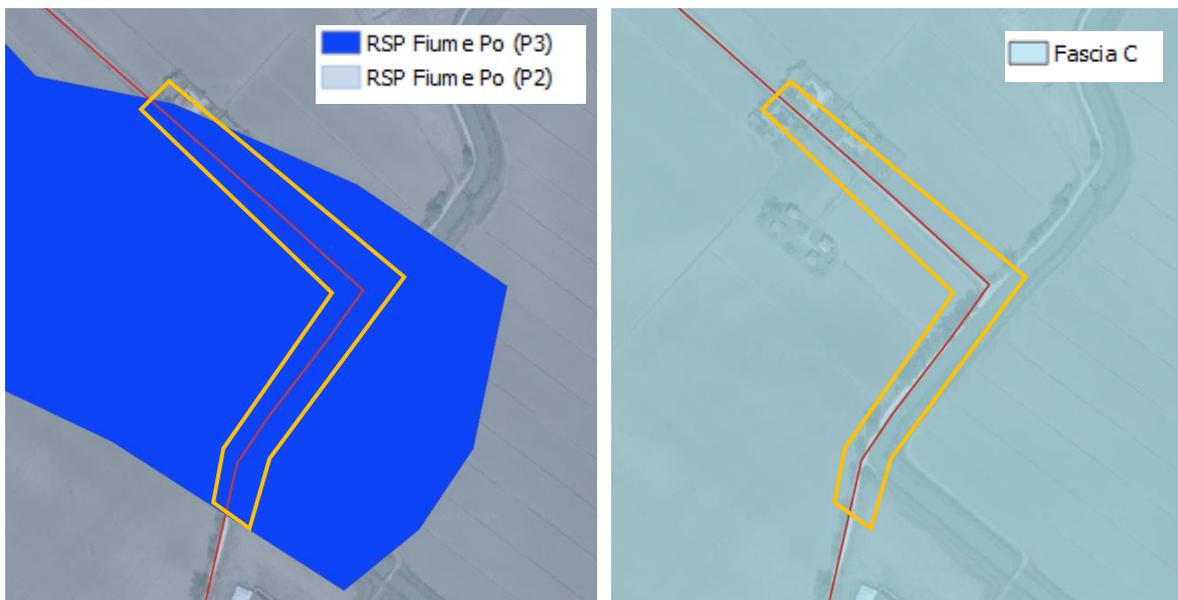


Figura 20: A sinistra stralcio del PGRA e a destra del PAI, in rosso la connessione.

6.2.1.2 Osservazioni

L'area in oggetto è adibita ad attività di tipo prevalentemente agricolo ed è classificata con pericolosità idraulica alta.

La linea di connessione percorrerà l'intera area al di sotto del manto stradale asfaltato.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

6.2.1.3 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato sotto il manto stradale, che risulta asfaltato, per l'intera estensione dell'area allagabile. Pertanto, nell'eventualità di allagamento, il cavo sarà protetto dall'erosione.

Si ritiene quindi superata l'interferenza P01 ed idraulicamente compatibile.

6.2.2 P02

6.2.2.1 Identificazione

Il punto in esame identifica il tratto di connessione, lungo circa 1,7 km, che lungo strade vicinali e attraversa la Strada Provinciale n.48 (SP48) – Via Rangona. Tale area allagabile è situata a nord della Canaletta Riunita Bevignante e sembrerebbe provocata dallo Scolo Forcello ed i canali irrigui/scolo limitrofi. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, su PAI e PGR.

Tabella 8: Riepilogo interferenza P02.

ID	Interferenza	Pericolosità	Risoluzione
P02	Area allagabile	Alta	Cavo interrato

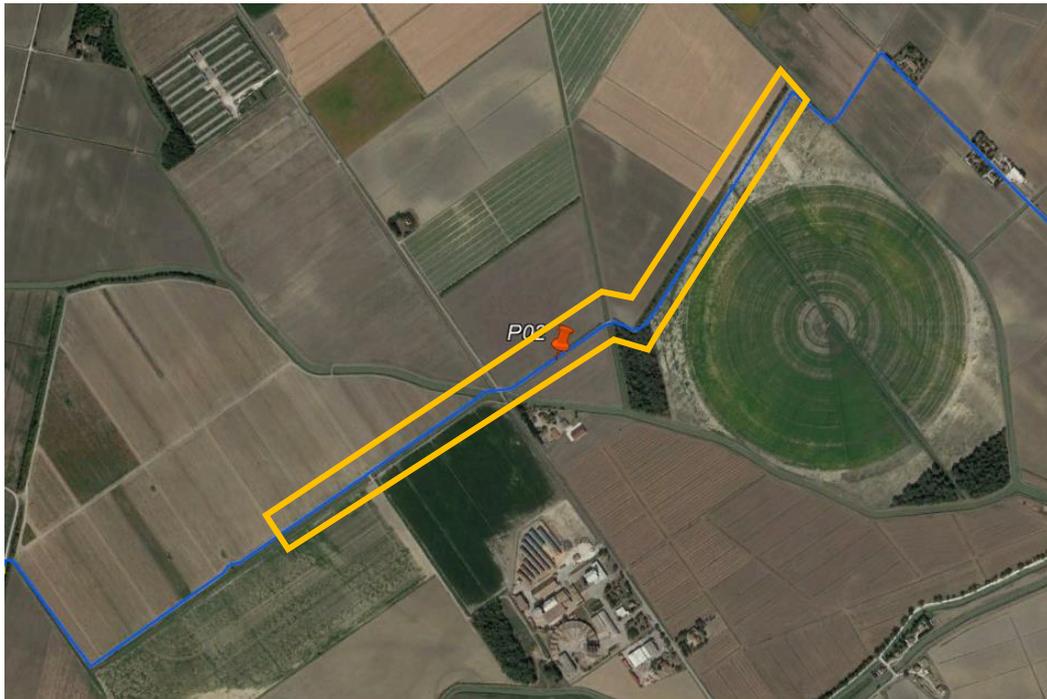


Figura 21: Ubicazione interferenza C07, in blu il percorso di connessione e in arancione il tratto in esame.

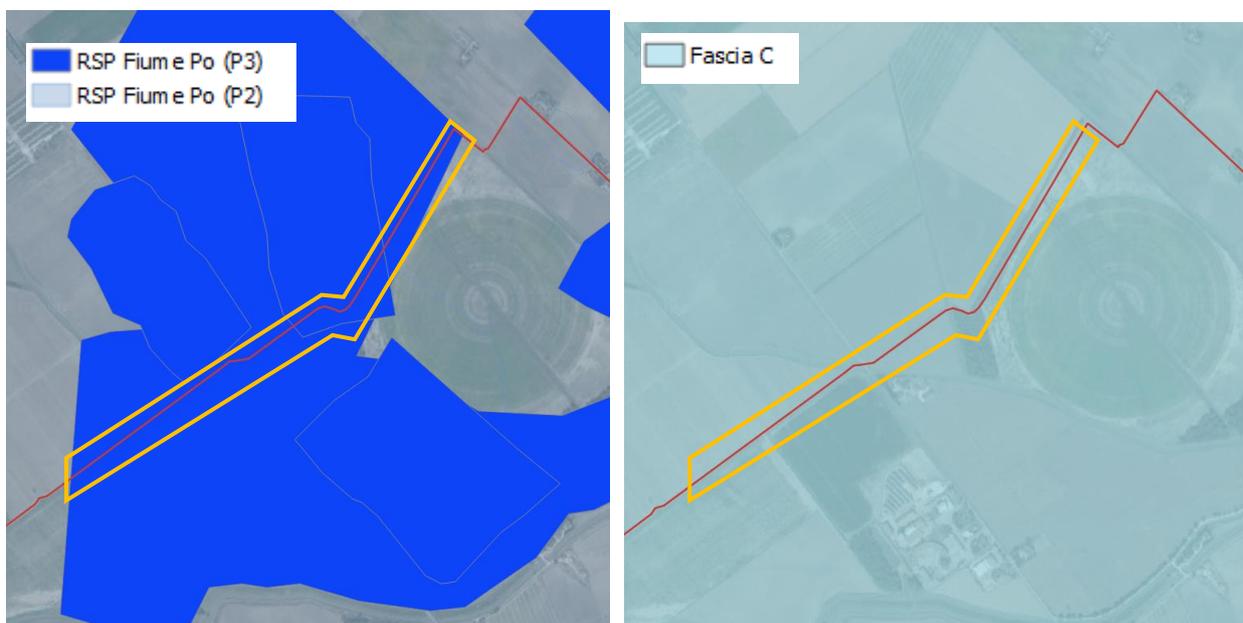


Figura 22: A sinistra stralcio del PGRA e a destra del PAI, in rosso la connessione.

6.2.2.2 Osservazioni

L'area in oggetto è adibita ad attività di tipo prevalentemente agricolo ed è classificata con pericolosità idraulica alta.

La linea di connessione percorrerà l'intera area al di sotto della strada sterrata.



Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

6.2.2.3 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato sotto il manto stradale, che non risulta asfaltato ma ben consolidato, per l'intera estensione dell'area allagabile. Pertanto, nell'eventualità di allagamento, il cavo sarà protetto dall'erosione.

Si ritiene quindi superata l'interferenza P02 ed idraulicamente compatibile.

7. CONFORMITA' DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO ALLE VIGENTI NORME IN MATERIA DI POLIZIA IDRAULICA

L'impianto fotovoltaico è previsto su tre aree distinte che confinano con linee idrauliche demaniali in gestione al Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara:

- Area 1: confina ad est con l'Allacciante Garusola (canale irriguo arginato) e a sud con lo Scolo Campo del Vero (canale promiscuo)
- Area 2: confina ad est con l'Allacciante Garusola (canale irriguo arginato) e a nord con lo Scolo Campo del Vero
- Area 3: confina ad ovest con l'Allacciante Garusola (canale irriguo arginato), a nord con lo Scolo campo del Vero e a sud con la Canaletta Garusola II Ramo (canale irriguo).



Figura 23 - Inquadramento area di progetto e reticolo di bonifica

Come indicato dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara, si prevede di realizzare

- le opere rimovibili fuori terra rispettando la distanza minima di 6.00 m dal ciglio / piede esterno arginale, mentre i fabbricati e
- le opere fisse rispettando una distanza non inferiore a 10.00 m dal ciglio / piede esterno arginale



- le opere di mitigazione ambientale, a lato dei canali, ad una distanza minima di 6.00 m, al fine di consentire il transito a lato dello stesso e l'esercizio delle attività di bonifica da parte del personale che opera sul territorio.

8. STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

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.

La portata di picco è stata calcolata al fine di avere un riferimento sui flussi gestiti ad oggi dalla rete esistente, che sarà mantenuta nello stato di progetto così come gli scarichi esistenti.

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 e 200 anni.
- Valutazione della pioggia efficace
- Calcolo delle portate idrologiche di picco per vari tempi di ritorno.

8.1 Scelta del tempo di Ritorno

L'evento di pioggia di progetto alla base dei calcoli idrologici e del dimensionamento idraulico è scelto in base al concetto del 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, definito come:

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

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

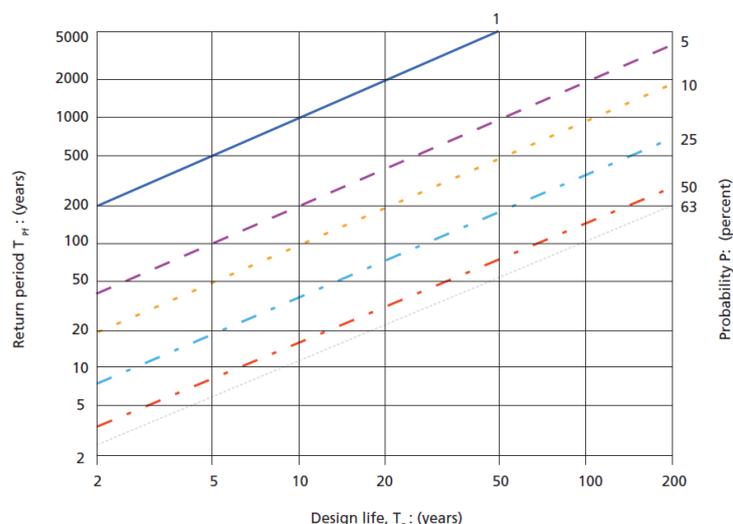


Figura 24 Probabilità che un evento con determinate Tempo di ritorno si verifichi in N anni.

Il tempo di ritorno assunto per il calcolo si è basato sulla vita utile dell'opera, pari a circa 30 anni.

8.2 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 Alfonsine.

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

Tabella 9 Valori Estratti dalla tabella III degli annali idrologici

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]
1990	32.2	49.2	52.2	53	57
1991	21.2	31.4	31.8	33	41.2
1992	17.8	22.8	24	30.4	40
1993	37.8	44.2	44.8	44.8	47.8
1994	28.6	39.2	43	43	66.6
1995	31.4	35	47.2	63.6	86.4
1996	22	53.8	68.4	72	99.4
1997	24.8	30.2	32.2	42.4	56.2
1998	23	27.6	27.6	34.8	38.4
1999	30.6	35.8	37	40.4	54.8
2000	15.6	19.4	27.6	34.2	36.2
2001	28	44.8	46.4	46.4	46.8
2002	38.6	46.8	48.2	48.2	48.2
2003	11.2	17	20.6	30.4	37.6
2004	21.6	28.4	36.2	36.8	51.8
2005	13.6	29	43.6	73.6	86.8
2006	23.2	47.4	47.6	47.6	50.4
2007	23.8	24.2	32	40.8	57
2008	17.8	26	29.6	31.8	36.2
2009	16.8	19.4	32.8	41.2	47.2
2010	34.8	36.6	36.6	37.6	42.2
2011	12.6	18.6	23.2	33.2	41.8
2012	18.8	25	32	36.8	49.6
2013	12.2	18.2	25	29.4	33.4
2014	21.4	21.4	28.6	41	50.2
2015	23.4	26.2	37.6	57.8	81.2
2016	28.4	51.8	72.6	80	80
2017	26.9	29	44.2	57.4	67.5
2018	34.7	63	63.3	63.3	63.7
2019	24.4	25.4	28.8	39.2	52.8
2020	30.8	33.4	38.6	38.6	42

a partire dai dati le LSPD 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 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).

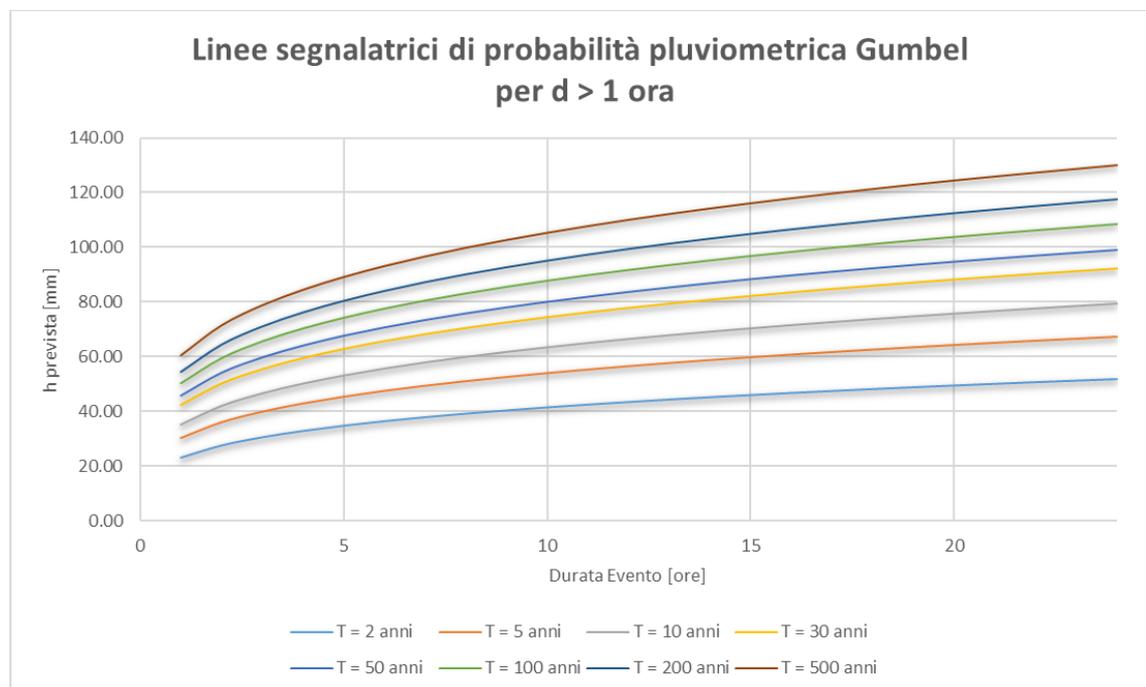


Figura 25 LSPP con metodo di interpolazione per durate sopra l'ora

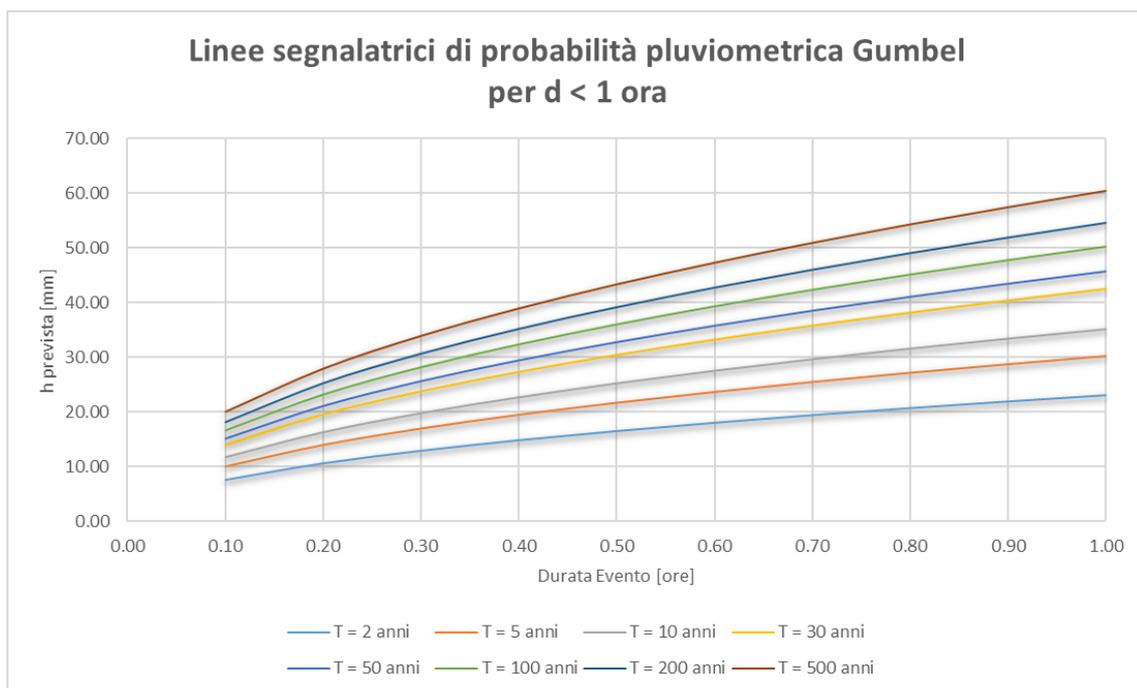


Figura 26 LSPP con metodo di interpolazione per durate sotto l'ora

Nella tabella seguente si riportano inoltre per diverse durate (0.5 - 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 10 Altezze di pioggia per diverse durate e tempi di ritorno con metodo dell'interpolazione

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
0.5	16.57	21.74	25.22	30.41	32.79	35.99	39.15	43.39
1	23.11	30.32	35.17	42.42	45.74	50.20	54.60	60.52
2	27.56	36.07	42.01	50.23	54.13	59.37	64.53	71.48
3	30.55	39.92	46.61	55.45	59.74	65.49	71.16	78.80
4	32.86	42.90	50.18	59.49	64.06	70.21	76.27	84.43
5	34.78	45.37	53.14	62.81	67.63	74.11	80.48	89.08
6	36.43	47.49	55.68	65.67	70.69	77.45	84.10	93.07
7	37.88	49.36	57.92	68.19	73.39	80.39	87.29	96.58
8	39.19	51.03	59.94	70.44	75.81	83.03	90.14	99.73
9	40.38	52.56	61.78	72.50	78.01	85.43	92.74	102.59
10	41.48	53.97	63.47	74.38	80.04	87.64	95.12	105.22
11	42.49	55.27	65.04	76.13	81.91	89.69	97.34	107.66



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
12	43.44	56.49	66.51	77.76	83.66	91.59	99.40	109.93
13	44.33	57.63	67.89	79.30	85.31	93.39	101.34	112.06
14	45.18	58.71	69.19	80.74	86.86	95.08	103.16	114.08
15	45.98	59.73	70.42	82.11	88.33	96.68	104.89	115.98
16	46.74	60.71	71.60	83.42	89.72	98.20	106.54	117.80
17	47.46	61.64	72.72	84.66	91.05	99.65	108.11	119.52
18	48.15	62.52	73.79	85.85	92.33	101.04	109.61	121.18
19	48.82	63.38	74.82	86.99	93.55	102.37	111.05	122.76
20	49.46	64.20	75.82	88.08	94.72	103.65	112.43	124.28
21	50.08	64.98	76.77	89.14	95.85	104.88	113.76	125.75
22	50.67	65.75	77.69	90.15	96.94	106.06	115.04	127.16
23	51.25	66.48	78.58	91.14	97.99	107.21	116.28	128.52
24	51.81	67.19	79.44	92.09	99.01	108.32	117.48	129.85

- 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.

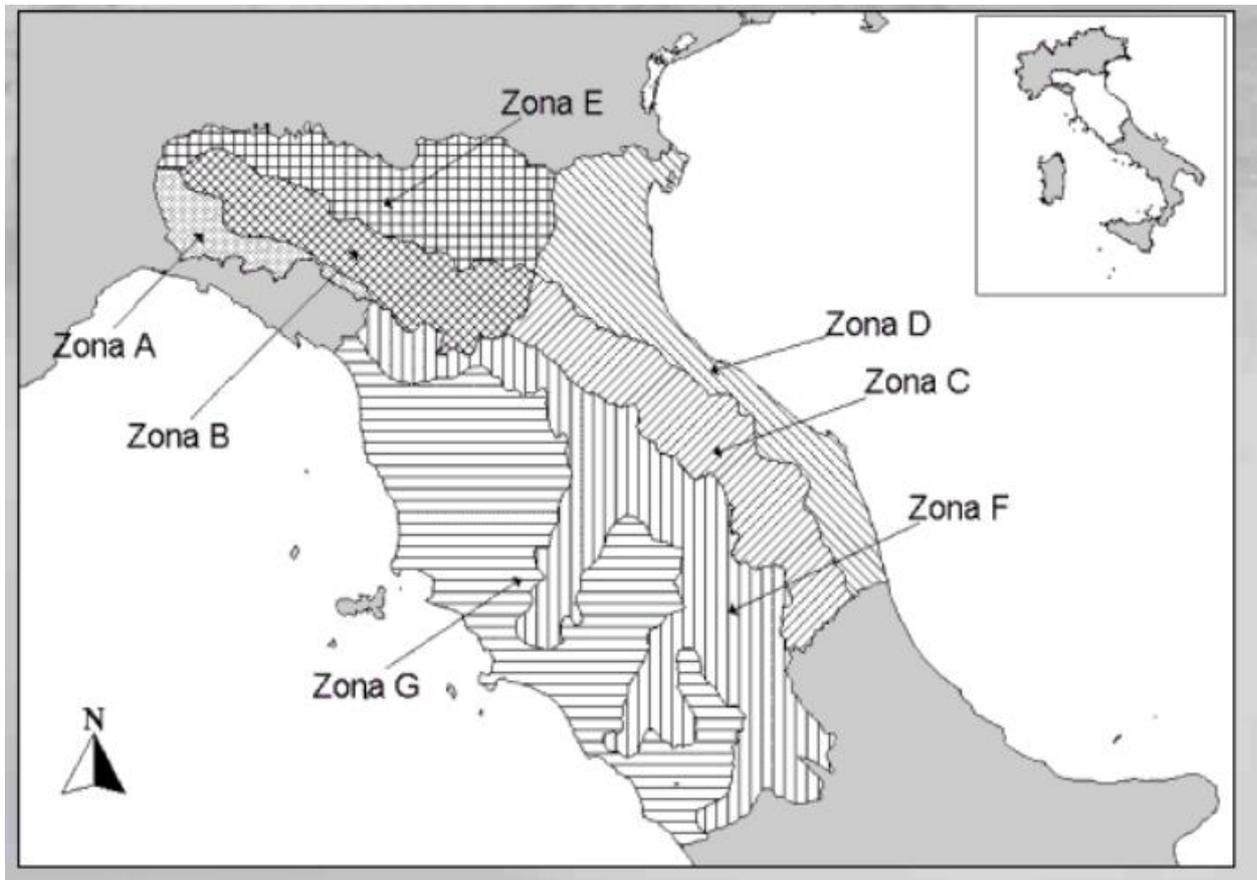


Figura 27 Zone Omogenee del metodo VAPI

Il sito risulta inserito all'interno della Sottozona omogenea D che comprende la fascia costiera della Romagna e delle Marche.

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:

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

Assumendo i seguenti parametri:

Tabella 11 Parametri TCEV zona D del VAPI

Λ	θ	Λ	η
0.361	2.363	29	4.634

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 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).

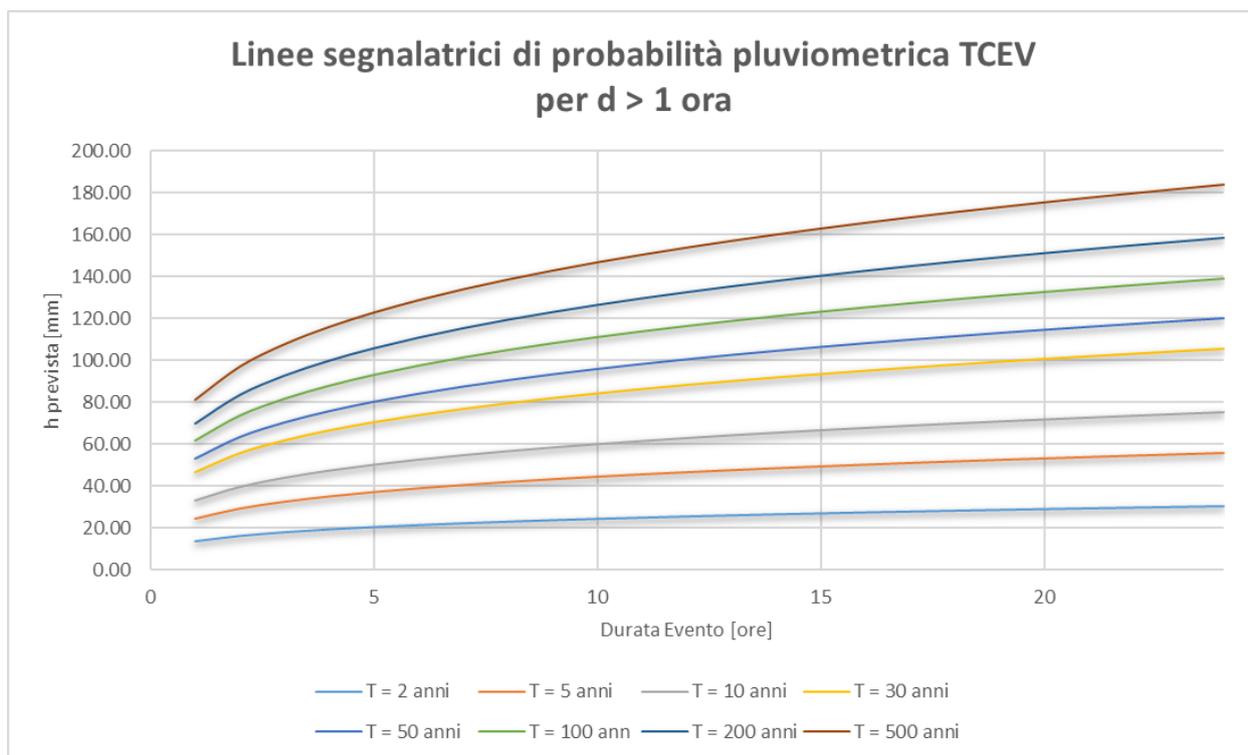


Figura 28 LSPP con metodo VAPI per durate sopra l'ora

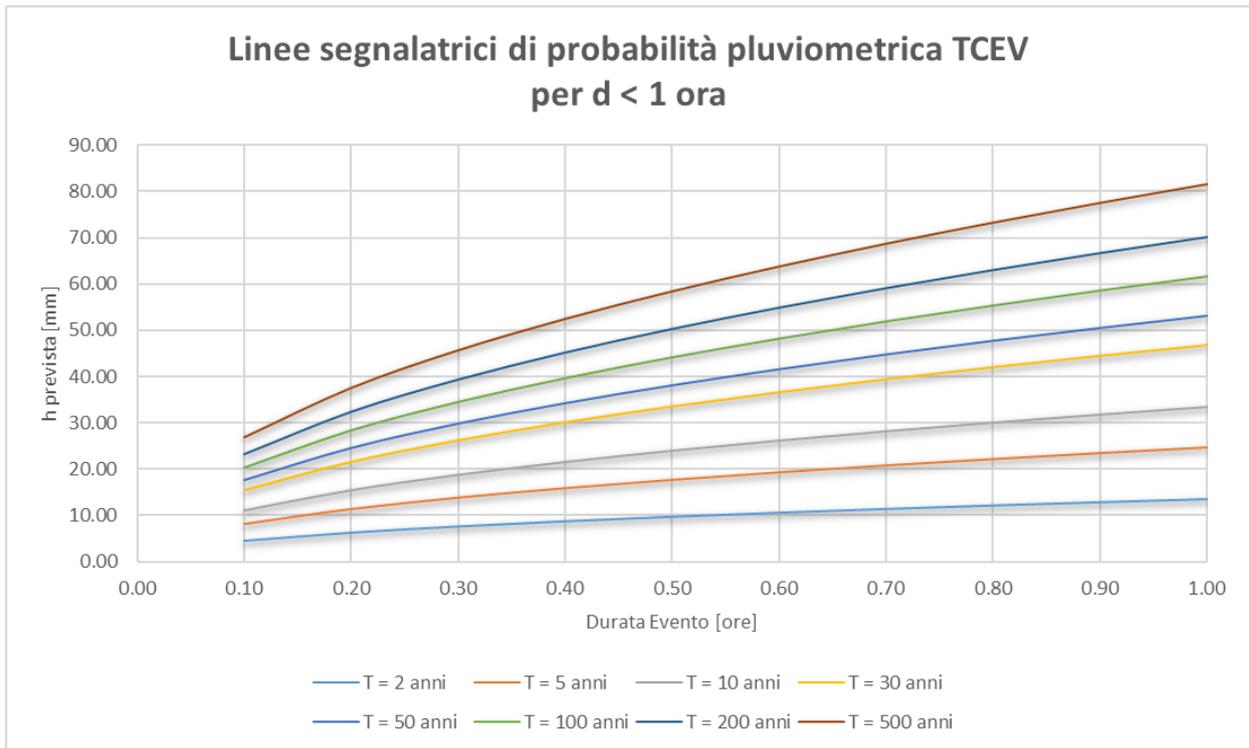


Figura 29 LSPP con metodo VAPI per durate sotto l'ora

Nella tabella seguente si riportano inoltre per diverse durate (0.5 - 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 12 Altezze di pioggia per diverse durate e tempi di ritorno con metodo VAPI

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
0.5	9.70	17.78	23.90	33.59	38.10	44.21	50.33	58.41
1	13.53	24.80	33.33	46.85	53.13	61.66	70.19	81.47
2	16.16	29.63	39.82	55.96	63.47	73.66	83.85	97.32
3	17.93	32.87	44.18	62.10	70.43	81.74	93.04	107.99
4	19.30	35.39	47.56	66.86	75.83	88.00	100.17	116.26
5	20.44	37.48	50.37	70.79	80.29	93.18	106.07	123.11
6	21.42	39.27	52.78	74.18	84.14	97.64	111.15	129.00
7	22.28	40.86	54.91	77.18	87.53	101.58	115.63	134.21
8	23.06	42.28	56.82	79.87	90.58	105.12	119.66	138.88
9	23.77	43.58	58.56	82.32	93.36	108.35	123.33	143.14



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	24.42	44.77	60.17	84.57	95.92	111.32	126.71	147.07
11	25.02	45.88	61.66	86.66	98.29	114.07	129.85	150.71
12	25.59	46.92	63.05	88.62	100.51	116.65	132.78	154.11
13	26.12	47.89	64.36	90.46	102.60	119.07	135.53	157.30
14	26.62	48.81	65.59	92.20	104.57	121.35	138.14	160.32
15	27.09	49.68	66.76	93.84	106.43	123.52	140.60	163.19
16	27.55	50.51	67.88	95.41	108.21	125.58	142.95	165.91
17	27.98	51.30	68.94	96.90	109.91	127.55	145.19	168.51
18	28.39	52.06	69.96	98.34	111.53	129.43	147.33	171.00
19	28.79	52.79	70.94	99.71	113.09	131.24	149.39	173.39
20	29.17	53.48	71.88	101.03	114.59	132.98	151.37	175.69
21	29.54	54.16	72.78	102.30	116.03	134.65	153.28	177.90
22	29.89	54.81	73.66	103.53	117.42	136.27	155.12	180.03
23	30.23	55.44	74.50	104.72	118.77	137.83	156.90	182.10
24	30.57	56.05	75.32	105.87	120.07	139.35	158.62	184.10

Poiché i valori calcolati tramite il secondo metodo risultano maggiormente cautelativi saranno utilizzati nelle elaborazioni successive.

8.3 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).

Il modello digitale del terreno utilizzato per la modellazione è stato ottenuto mediante rilievo fotogrammetrico di dettaglio. La simulazione è stata condotta mediante algoritmi TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models – Utah State University) e successivamente rielaborata in ambiente GIS.

Le opere in progetto insisteranno sui bacini scolanti identificati nella figura seguente.

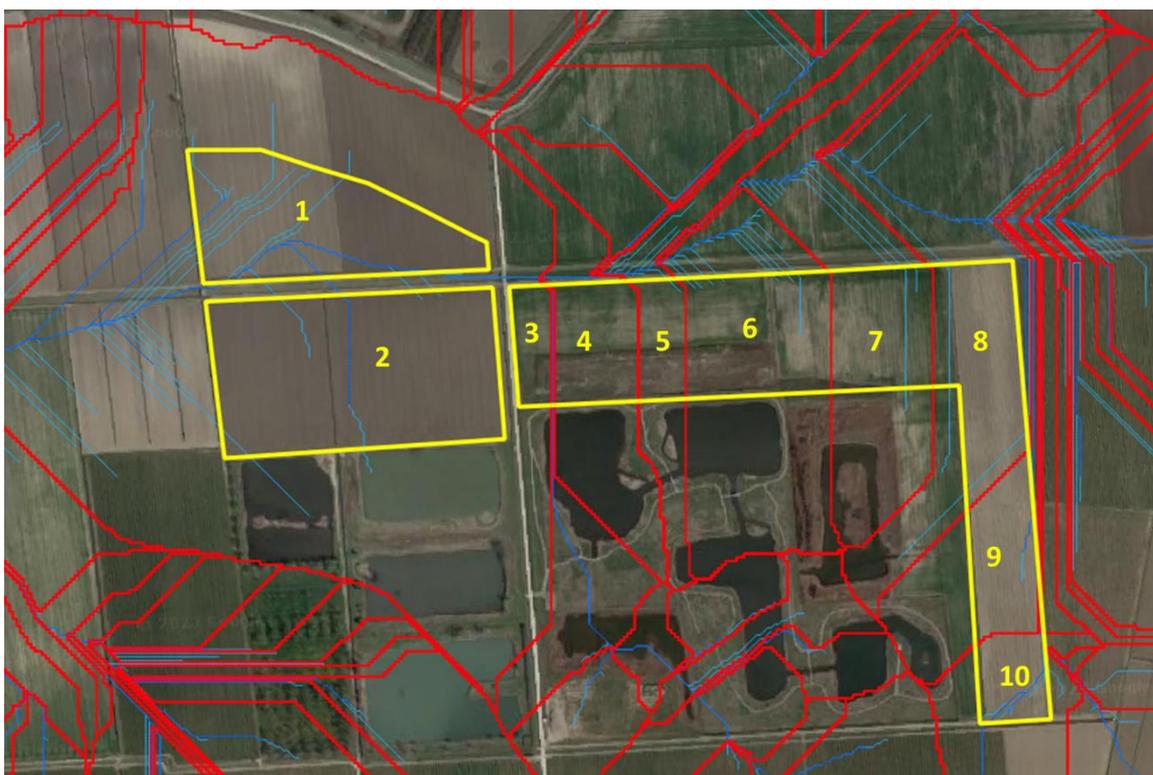


Figura 30: Delimitazione bacini scolanti e codifica (giallo), reticolo di drenaggio esterno ed interno alle sezioni di progetto (blu) e limiti bacini idrografici (rosso).

Tutti i bacini identificati risultano essere interessati dall'installazione dei pannelli. La seguente Tabella 13 riporta i bacini scolanti individuati e relative superfici, evidenziando quelli che presentano aree di alimentazione esterne all'area di progetto (Bacino 1). 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.

La rete esistente è stata poi estratta dal confronto tra rete simulata, ortofoto e rilievo.

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 dalle canalette esistenti ed eventuali canalette aggiuntive in terra a cielo aperto.

Tabella 13: Bacini scolanti distinti in base alle aree di drenaggio, interne oppure esterne all'area di progetto e rispettive superfici.

BACINI DI DRENAGGIO INTERNI		BACINI DI DRENAGGIO ESTERNI	
ID Bacino	Area [mq]	ID Bacino	Area [mq]
2	86.296	1	54.627
3	8.906		
4	11.352		
5	18.586		
6	33.457		
7	23.510		
8	40.341		
9	20.396		
10	11.580		

8.4 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 seminative di tipo semplice.

Come suggerito dalla tabella 12 di seguito riportata (Direttiva Idraulica Autorità di Bacino per Invarianza 2016/4):

		<i>Tipo di suolo</i>		
		<i>Terreno leggero</i>	<i>Terreno di medio impasto</i>	<i>Terreno compatto</i>
<i>Vegetazione e pendenza</i>				
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 31 Coefficienti di afflusso suggeriti dalla Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche

Viene assunto un valore di coefficiente di afflusso costante pari a:

$$\varphi = 0.5$$

Nel corso delle analisi geotecniche della fase Esecutiva e dei confronti con il Consorzio sarà possibile confermare o modificare il valore assunto.

8.5 Modello di trasformazione afflussi/deflussi – stima delle portate di progetto

Per calcolare le portate di scolo dei bacini imbriferi costituiti da singoli settori in cui è prevista la posa delle strutture fotovoltaiche, 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 le precipitazioni sia a intensità costante e che la curva tempi aree del bacino sia lineare, la durata critica coincide con il tempo di corrivazione del bacino e la portata critica (portata di progetto) è data dall'espressione:

$$Q_P = \varphi \frac{i(T_0, t_c) * A}{360}$$

Dove:

Q_p portata critica (netta) [m^3/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 ed avente tempo di ritorno T_0 [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. I bacini scolanti sono riportati nella figura seguente.

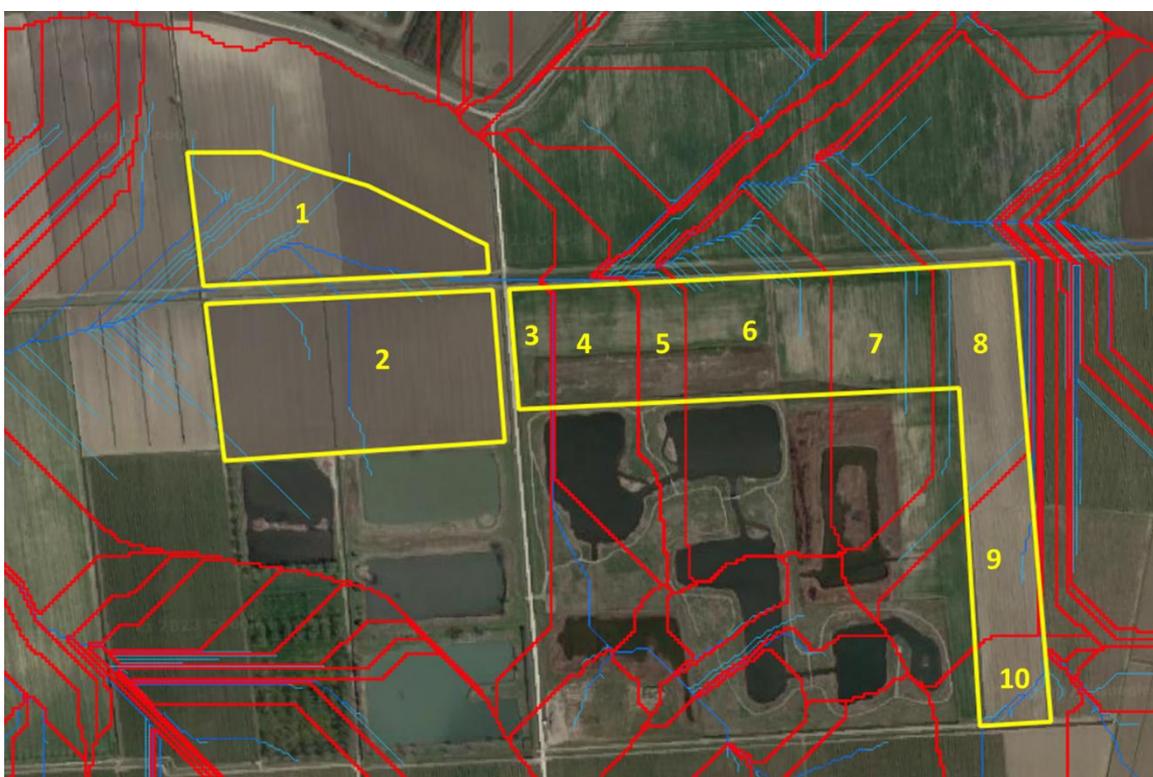


Figura 32: Delimitazione recinzione di impianto (giallo), rete di drenaggio naturale interna (blu) e spartiacque (rosso).

In Tabella 14 sono riportate le portate al colmo attualmente scolanti sulle superfici di ogni bacino individuato.

Tabella 14: Determinazione delle portate di progetto.

BACINO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Area - S [ha]	5,46	8,63	0,89	1,14	1,86	3,35	2,35	4,03	2,04	1,16



Lunghezza asta - L[m]	235	217	165.0	171	170	250	265	337	252	120
Tempo di corrivazione - tC [h]	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,32	0,32	0,32	0,30	0,27
Kt [-]	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94
Altezza oraria - h(60) [mm]	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
Altezza - h(t) [mm]	26	26	26	26	26	30	30	27	26	25
Intensità [mm/h]	89	89	90	90	90	92	92	85	88	92
Coefficiente di deflusso	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Portata al colmo [mc/s]	0,67	1,05	0,11	0,14	0,23	0,43	0,30	0,48	0,25	0,15