

# IMPIANTO FOTOVOLTAICO EG PASCOLO SRL E OPERE CONNESSE

POTENZA IMPIANTO 92.7 MWp  
COMUNE DI PORTOMAGGIORE E ARGENTA (FE)

## Proponente

### EG PASCOLO S.R.L.

VIA DEI PELLEGRINI 22 · 20122 MILANO (MI) · P.IVA: 12084640965 · PEC: egpascolo@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 Civile e Idraulica: Ing. Fabio Lassini  
Progettazione Geotecnica-Strutturale: Dott. Matteo Lana      Progettazione Elettrica: Ing. Andrea Fronteddu  
Progettazione Ambientale e Paesaggistica: Dott.ssa Eleonora Lamanna  
Progettazione Opere di Connessione: Brulli Trasmissione S.r.l.

## Coordinamento progettuale

### META STUDIO S.R.L.

Via SETTEMBRINI, 1 - 65123 PESCARA (PE)  
P.IVA: 02164240687 · PEC: metastudiosrl@pec.it

## Titolo Elaborato

### RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA E IDROGEOLOGICA

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILENAME	RIFERIMENTO	DATA	SCALA
	DOC_REL_23			02.09.22	-

## Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	02.09.2022	Relazione idraulica	EB/PSc	FL	LC



COMUNE DI PORTOMAGGIORE (FE)  
COMUNE DI ARGENTA (FE)  
REGIONE EMILIA ROMAGNA





# RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA E IDROGEOLOGICA





## Sommario

<b>1. PREMESSA</b> .....	6
<b>2. DATI DI RIFERIMENTO</b> .....	7
2.1 Rilievo Topografico .....	7
2.1.1 Modello Digitale del Terreno .....	7
2.1.2 Rilievo Topografico .....	7
2.2 Normativa e fonti di riferimento .....	7
<b>3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO</b> .....	8
3.1 Localizzazione .....	8
3.2 Copertura del suolo .....	10
3.3 Inquadramento geomorfologico .....	11
3.4 Inquadramento topografico .....	13
3.5 Idrografia del territorio .....	15
3.6 Inquadramento della pericolosità e del rischio idraulico dell'area di progetto .....	17
3.6.1 Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI) .....	17
3.6.2 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) .....	18
3.6.2.1 Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Principale di Pianura (RP) .....	19
3.6.2.2 Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Secondario di Pianura (RSP) .....	23
3.6.3 Conclusioni .....	25
<b>4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI</b> .....	26
<b>5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO</b> 27	
5.1 Misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte .....	27
5.2 Misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica .....	28
<b>6. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA LINEA DI CONNESSIONE</b> .....	30
6.1 Identificazione dell'interferenza .....	30
6.2 Metodologia di verifica profondità di sicurezza posa TOC .....	30
6.2.1 Analisi qualitativa .....	30
6.2.2 Analisi qualitativa .....	31
6.2.2.1 Erosione a lungo termine .....	32
6.2.2.2 Erosione da contrazione e da pile in corrispondenza di ponti stradali .....	33
<i>Contrazione</i> .....	33
<i>Pile e spalle</i> .....	34



6.3	Percorso di connessione .....	34
6.3.1	C01.....	35
6.3.1.1	Identificazione .....	35
6.3.1.2	Osservazioni.....	36
6.3.1.3	Analisi qualitativa stabilità .....	37
6.3.1.4	Verifica compatibilità idraulica .....	37
6.3.2	C02.....	37
6.3.2.1	Identificazione .....	37
6.3.2.2	Osservazioni.....	39
6.3.2.3	Analisi qualitativa stabilità .....	39
6.3.2.4	Verifica compatibilità idraulica .....	39
6.3.3	C03.....	39
6.3.3.1	Identificazione .....	39
7.1.1.1	Osservazioni.....	41
7.1.1.2	Analisi qualitativa stabilità .....	41
7.1.1.3	Verifica compatibilità idraulica .....	41
7.1.2	C04.....	42
7.1.2.1	Identificazione .....	42
7.1.2.2	Osservazioni.....	43
7.1.2.3	Analisi qualitativa stabilità .....	44
7.1.2.4	Verifica compatibilità idraulica .....	44
7.1.3	P01 .....	44
7.1.3.1	Identificazione.....	44
7.1.3.2	Osservazioni.....	45
7.1.3.3	Verifica di compatibilità idraulica.....	46
7.1.4	C05.....	46
7.1.4.1	Identificazione .....	46
7.1.4.2	Osservazioni.....	48
7.1.4.3	Analisi qualitativa stabilità .....	48
7.1.4.4	Verifica compatibilità idraulica .....	48
7.1.5	C06.....	49
7.1.5.1	Identificazione .....	49
7.1.5.2	Osservazioni.....	51
7.1.5.3	Analisi qualitativa stabilità .....	51



7.1.5.4	Verifica compatibilità idraulica .....	51
7.1.6	C07.....	51
7.1.6.1	Identificazione .....	51
7.1.6.2	Osservazioni .....	53
7.1.6.3	Analisi qualitativa stabilità .....	53
7.1.6.4	Verifica compatibilità idraulica .....	53
7.1.7	P02 .....	54
7.1.7.1	Identificazione .....	54
7.1.7.2	Osservazioni .....	55
7.1.7.3	Verifica di compatibilità idraulica.....	55
7.1.8	C08.....	55
7.1.8.1	Identificazione .....	55
7.1.8.2	Osservazioni .....	57
7.1.8.3	Analisi qualitativa stabilità .....	57
7.1.8.4	Verifica compatibilità idraulica .....	57
<b>8.</b>	<b>STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>58</b>
8.1	Scelta del tempo di Ritorno .....	58
8.2	Analisi Probabilistica delle Precipitazioni intense .....	59
8.3	Identificazione dei bacini scolanti di progetto .....	68
8.4	Valutazione della Pioggia Efficace (netta) .....	70
8.5	Modello di trasformazione afflussi/deflussi – stima delle portate di progetto .....	71
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>74</b>

## 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 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.

## 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;
- Direttiva – Testo Coordinato 2017 di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche
- DGR 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).



### 3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

#### 3.1 Localizzazione

Il progetto dell'impianto fotovoltaico in esame è ubicato nei territori comunali di Argenta (FE) e di Portomaggiore (FE). L'area di progetto è divisa in sette campi denominati 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

I campi 1, 2, 3, 4 e 5 sono ubicati nel comune di Portomaggiore (FE) mentre i campi 6 e 7 sono ubicati nel comune di Argenta (FE).

Il nucleo urbano più prossimo ai fields è la località Bando del comune di Argenta che si trova 250 a sud del campo 4 e circa 1800 metri a ovest del campo 6.



Figura 1 Inquadramento territoriale. In rosso il perimetro del sito

Di seguito viene mostrata la viabilità principale dell'area di progetto.



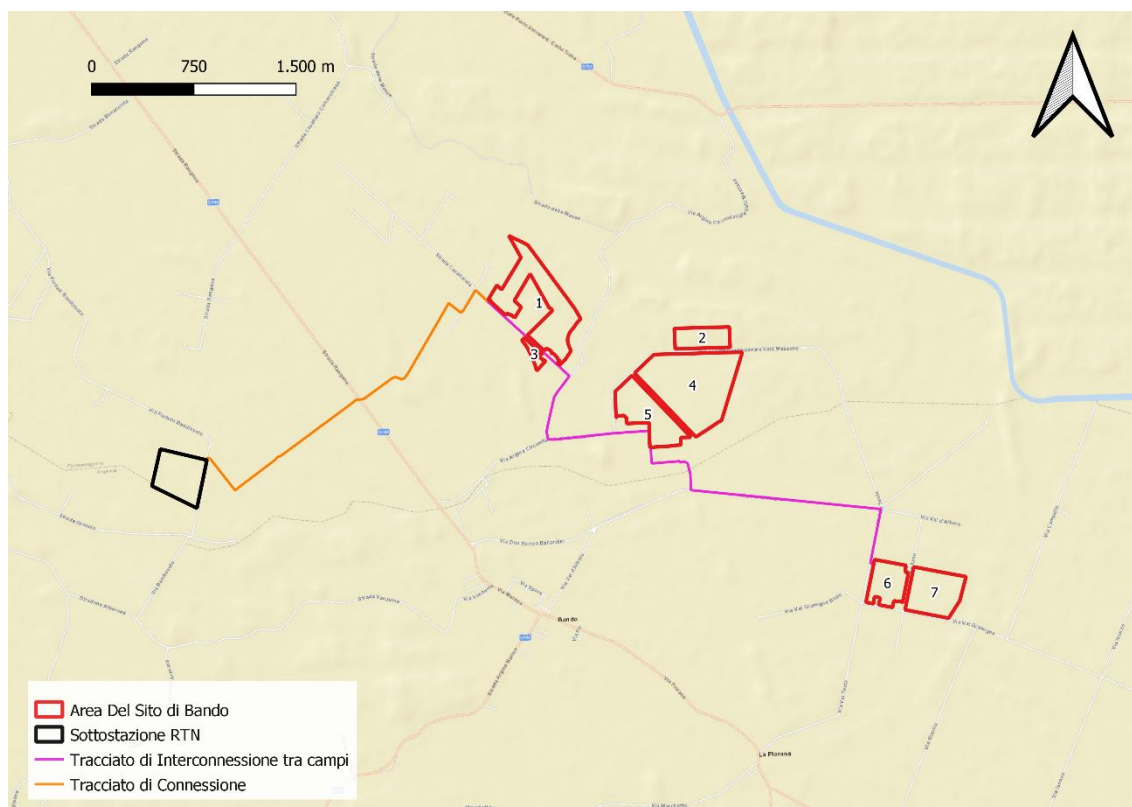


Figura 2 Inquadramento stradale. In rosso il perimetro del sito

### 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 esclusivamente terreni seminativi semplici irrigui, inoltre, come mostrato in Figura 3:

- i campi 1 e 3 risultano adiacenti ad insediamenti agro-zootecnici e strutture residenziali isolate;
- il campo 5 risulta adiacente a strutture residenziali isolate;
- i campi 6 e 7 risultano adiacenti ad insediamenti agro-zootecnici e strutture residenziali isolate;
- il campo 2 risulta adiacente a zone umide interne.



Figura 3 Stralcio carta uso del suolo. In rosso l'area di progetto.

### 3.3 Inquadramento geomorfologico

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

L'area dei comuni di Argenta e Portomaggiore 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 per alcune fasce minoritarie risulta caratterizzato da una tessitura del suolo parzialmente sabbiosa.

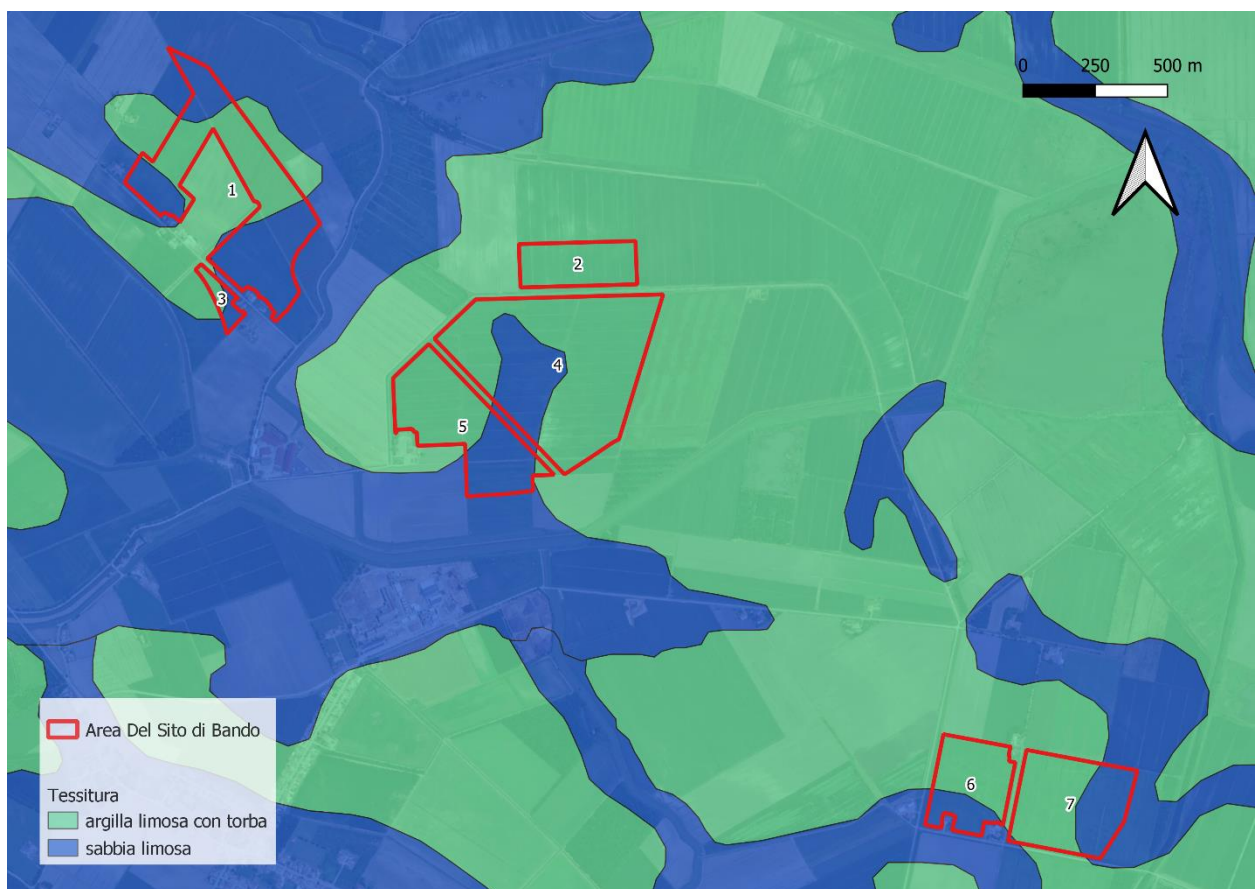


Figura 4 Tessitura dei suoli -Fonte: Ambienti deposizioni e litologie - Regione Emilia Romagna

Il sito ricade interamente all'interno di un ambiente geomorfologico di tipo piana deltizia.



Figura 5 Ambienti Geomorfologici Fonte: Ambienti deposizioni e litologie - Regione Emilia Romagna



### 3.4 Inquadramento topografico

Il territorio dei Comuni di Argenta e Portomaggiore 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, tutti i campi presentano un'altimetria media al di sotto del livello del mare di riferimento e la zona maggiormente depressa, posta a circa -1 m s.l.m., risulta essere in corrispondenza dei campi 6 e 7.

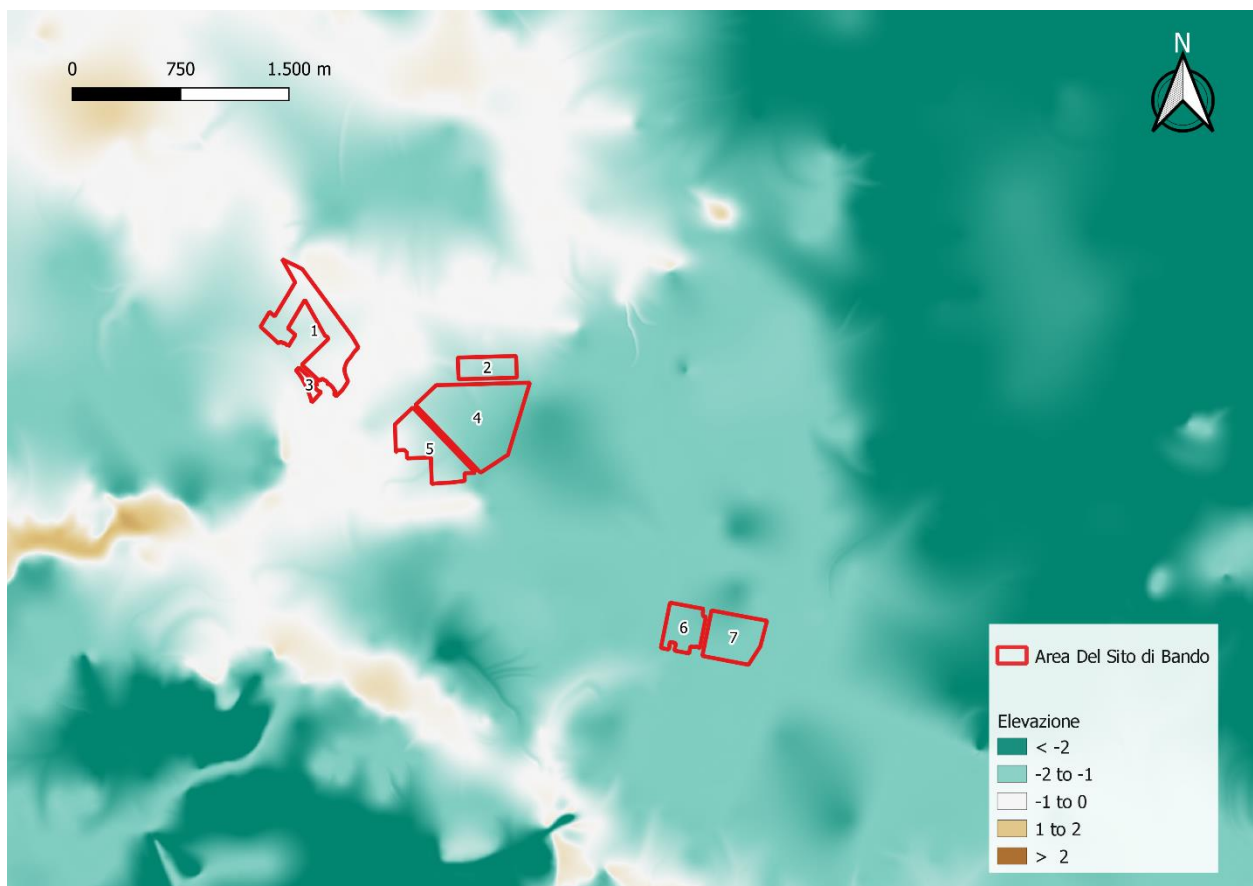


Figura 6 DTM e area di progetto evidenziato in rosso

I campi 1 e 3 si trovano in una posizione leggermente rialzata rispetto alle zone circostanti, con altimetrie decrescenti procedendo da est verso ovest.



Il campo 4 risulta al centro di una depressione e gli adiacenti campi 2 e 5 risultano entrambi in posizione sopraelevata, tutte le pendenze dell'area convergono verso la fascia centrale del campo 4.

L'altimetria del campo 6 risulta essere prevalente in direzione ovest-est, al contrario l'altimetria del campo 7 presenta un verso opposto. La zona maggiormente depressa di questo settore risulta essere l'asse viario che divide i due campi.

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.

I campi 1, 2, 3, 4 e 5 risultano nella fascia di territorio compresa tra lo scolo Bolognese e la canaletta riunita Benvignante, entrambi affluenti di destra del Canale Circondariale Bando - Valle Lepri.

I campi 6 e 7 risultano invece compresi nella fascia di territorio tra la Canaletta Riunita Benvignante e la Canaletta di Bando, anche quest'ultima affluente di destra del Canale Circondariale Bando - Valle Lepri.



Figura 7 Idrografia esistente, in rosso il perimetro del sito

L'intero territorio presenta una fitta rete di irrigazione/bonifica fortemente antropizzata.

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.

I principali elementi idrografici che intercettano il tracciato della linea di connessione sono: la Canaletta riunita Benvignante e lo scolo Forcello. Si rimanda al capitolo 6 per l'analisi di compatibilità della linea di connessione.

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

I comuni di Argenta e Portomaggiore appartengono 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.



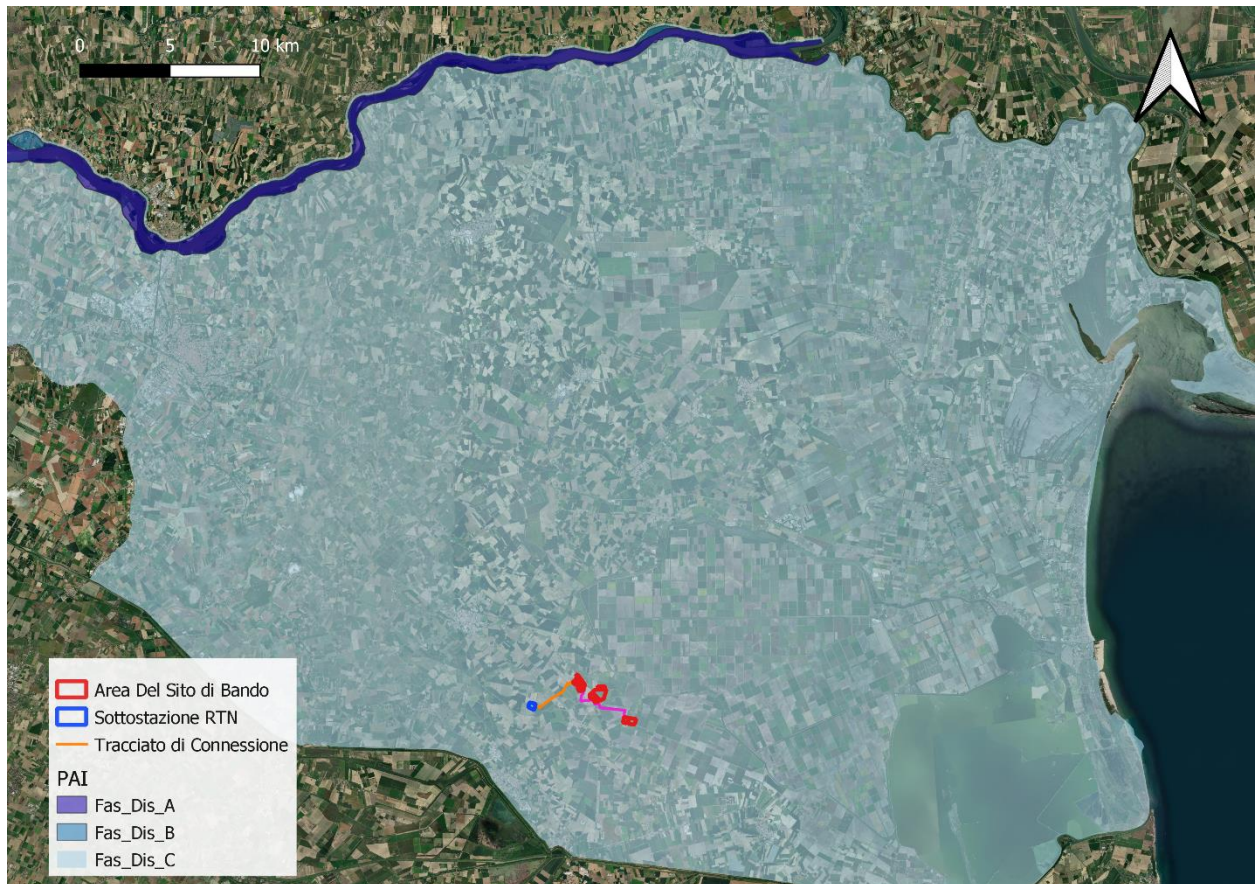


Figura 8 Stralcio del Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po – in rosso il sito di progetto.

### 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 DGR 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.

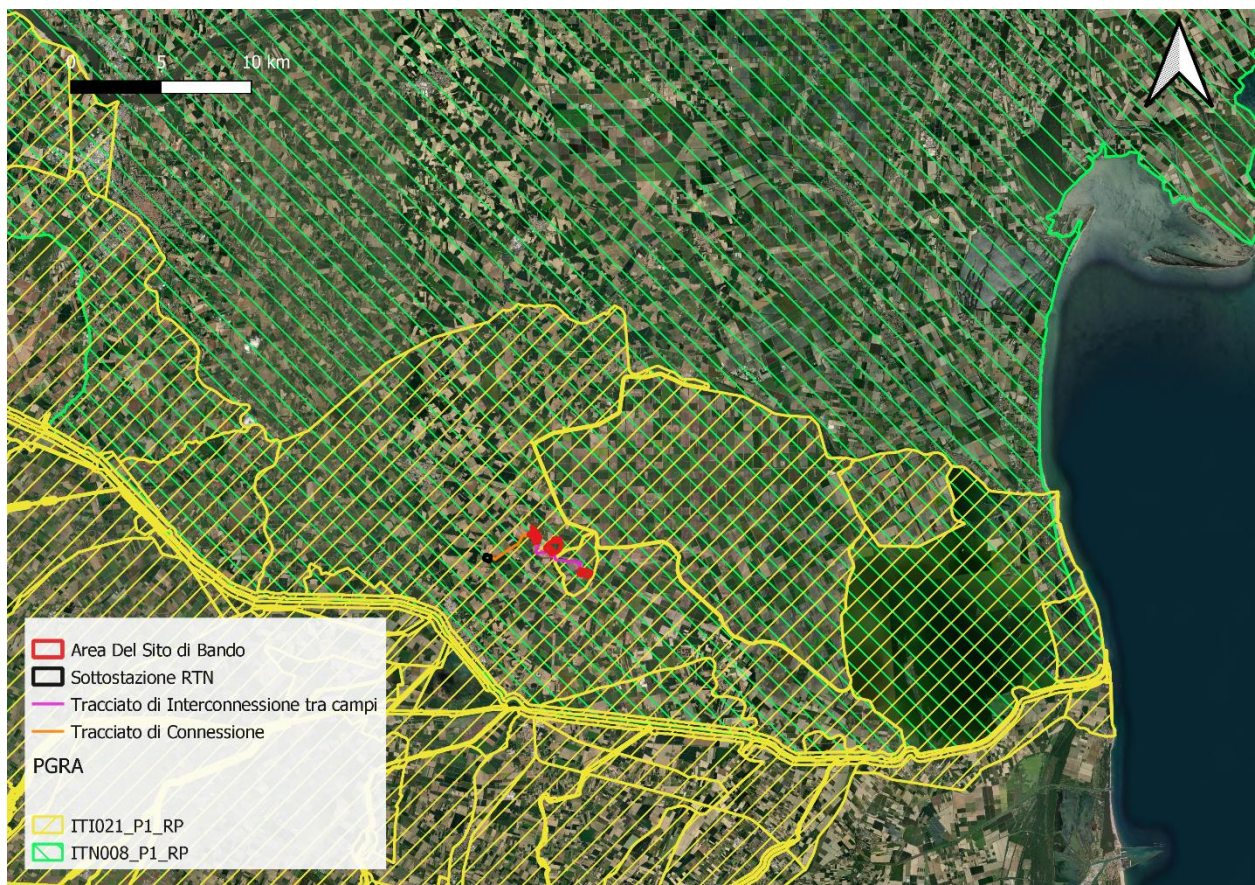


Figura 9 PGRA - Reticolo principale di Pianura e di Fondovalle (RP)

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.

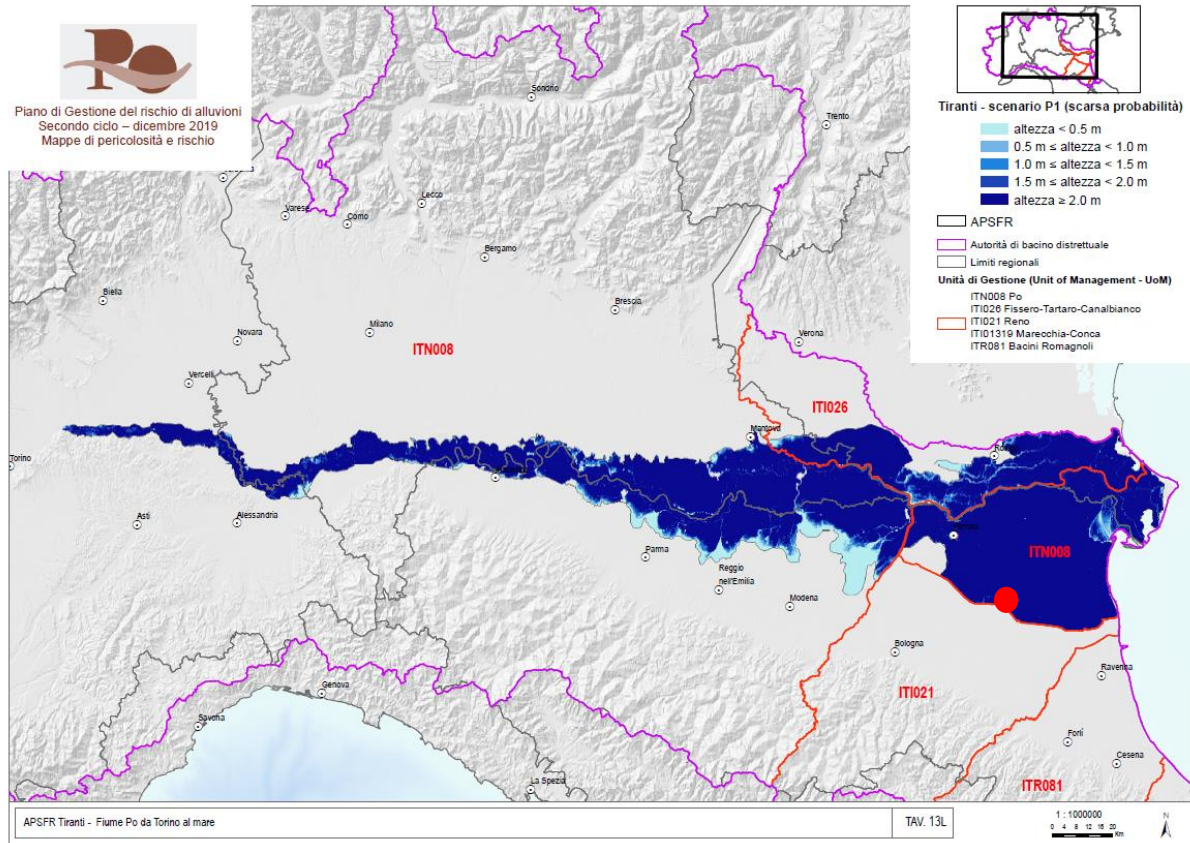


Figura 10 Tiranti attesi per lo scenario P1 per il fiume Po, in rosso l'area del sito

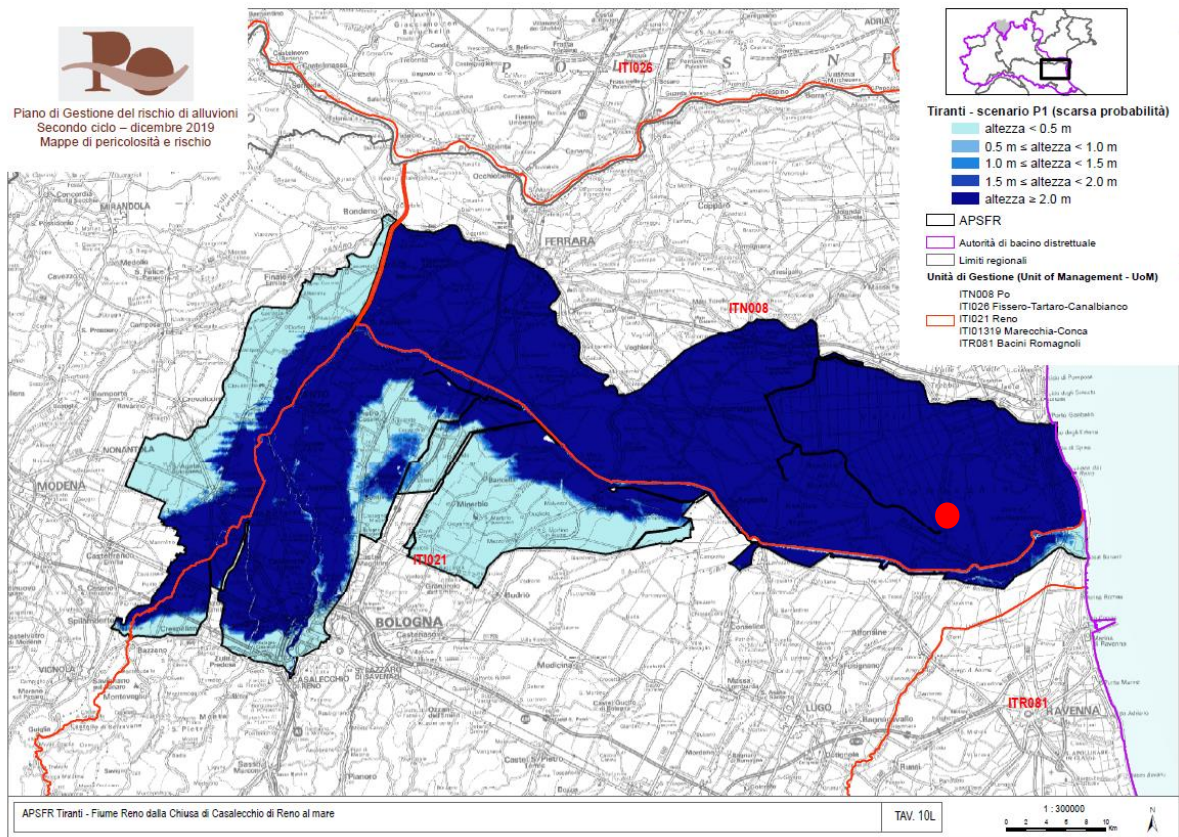


Figura 11 Tiranti attesi per lo scenario P1 per il fiume Reno, in rosso l'area del sito

**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, come riportato all'interno delle mappe sopra riportate messe a disposizione dall'AIPO.**



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

Il sito e la sottostazione risultano ricadere all'interno dalle aree interessate da esondazioni poco frequenti nell'ambito di reticolo secondario di pianura (RSP) del fiume Po, con l'eccezione di alcune limitate porzioni dei campi 1,2 e 3 afferenti all'ambito di esondazioni frequenti.

Anche 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 12 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 perimetrare 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.

Viene quindi utilizzato come riferimento relativo al tirante idraulico atteso quello fornito dall'art. 6 comma 4 della *"Direttiva Inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico"* la quale fornisce come tirante idrico di riferimento in assenza di specifici approfondimenti conoscitivi di **0.2 m nelle aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (P2) e di 0.5 m nelle aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (P3).**

Si riporta nel seguito lo stralcio del documento di riferimento:

*"Per le aree collocate a monte della via Emilia il tirante idrico di riferimento, in assenza di specifici approfondimenti conoscitivi, è fissato convenzionalmente*

*- in 0,2 m. nelle aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (P2) - in 0,5 m. nelle aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (P3).*

*In presenza di specifici approfondimenti conoscitivi di carattere morfologico/topografico il tirante idrico di riferimento sarà calcolato in base ai dati disponibili."*

In assenza di ulteriori studi e modelli i presenti tiranti sono da assumersi quali minimi di riferimento.

### 3.6.3 Conclusioni

Il nuovo impianto fotovoltaico e la linea di connessione, 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. La direttiva/Testo coordinato 2017 di Regione Emilia Romagna di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche prevede, relativamente a questo livello di pericolosità, in assenza di specifici approfondimenti conoscitivi, che il tirante idrico di riferimento sia fissato convenzionalmente a 0.2 metri;
- rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Secondario di Pianura (RSP) con scenario di esondazione frequente (P3), per i quali il PGRA non ha mappato i tiranti attesi. La direttiva/Testo coordinato 2017 di Regione Emilia Romagna di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche prevede, relativamente a questo livello di pericolosità, in assenza di specifici approfondimenti conoscitivi, che il tirante idrico di riferimento sia fissato convenzionalmente a 0.5 metri.

#### **4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI**

Il Progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico complessivamente di capacità nominale pari a 92,7 MWp, sito nel territorio comunale di Argenta (FE) e di Portomaggiore (FE), Regione Emilia Romagna, diviso in 27 sotto campi, realizzati con 157.120 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino, con una potenza di picco di 590 Wp, montati su strutture fisse in configurazione monofilare con quattro moduli in orizzontale con tilt di 22° e distanza tra filari di 8,5 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 3,1 km, che collegherà il campo fotovoltaico alla stazione SE 380/132/36 kV;
- un cavo interrato di interconnessione tra i campi con tensione 36 kV, lungo circa 4,5 km;
- una stazione elettrica 380/132/36 kV di Terna denominata "Portomaggiore" 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);
- rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Secondario di Pianura (RSP) con scenario di esondazione frequente (P3).

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 al team di progettazione la corretta valutazione degli interventi di prevenzione e/o protezione, in mancanza di studi locali e modelli idraulici, è stato assunto quale riferimento per la pericolosità quanto riportato dalla Direttiva/Testo Coordinato del 2017 di Regione Emilia Romagna recante le norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche per il cui stralcio si rimanda al paragrafo 3.6

Il team di progettazione ha valutato l'implementazione delle seguenti soluzioni di prevenzione:

- Tutte le opere ritenute sensibili all'allagamento afferenti sia ai moduli fotovoltaici sia con relative strutture di supporto e sia a cabine di campo o PowerStation dovranno essere posizionate ad almeno 50 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 più franco di sicurezza dal piano campagna dello stato di fatto ed il pacchetto stradale verrà inoltre previsto in materiali drenanti.

## 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.

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

$\varphi$  coefficiente di deflusso dopo la trasformazione

$\varphi^0$  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:  $A = 129 \text{ mq}$

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

$$W = 1.8 \text{ m}^3$$

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

Questo approccio e la medesima conclusione può essere applicata a ciascuno dei cabinati presenti all'interno del layout, la cui localizzazione viene mostrata nella mappa di seguito.



Figura 13 Individuazione dei Cabinati impermeabili

## 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; nello scenario di esondazione rara (P1) del piano di rischio Alluvionale RP; 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.

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. 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.

Il paragrafo 6.2 riporta la metodologia di analisi qualitativa e quantitativa per la definizione della minima profondità di posa.

*Tabella 1: Interferenze con il percorso di connessione.*

ID	Interferenza	Pericolosità	Risoluzione
C01	Canaletta Riunita Bevignante	Media	TOC
C02	Canale irrigazione/scolo	Media	TOC
C03	Scolo della Botte	Media	TOC
C04	Collettore Testa	Media	TOC
P01	Area allagabile	Alta	Cavo interrato
C05	Scolo Paiazzina	Media	TOC
C06	Scolo Galavronara	Media	TOC
C07	Scolo Orteo	Alta	TOC
P02	Area allagabile	Alta	Cavo interrato
C08	Scolo Forcello	Alta	TOC

### 6.2 Metodologia di verifica profondità di sicurezza posa TOC

#### 6.2.1 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 ed ha interessato tutti i punti identificati come C.

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 pascoli, allevamenti, costruzioni, infrastrutture, ecc.
2. Periodicità caratteristica: periodicità e frequenza del flusso (effimero, regolare, flash flood, ecc) e clima (umido, semiarido, arido);
3. Classificazione geomorfologica del canale;
4. Presenza e tipologia 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 di materiale;
13. Allineamento di eventuali ponti e pile rispetto al flusso.

### 6.2.2 Analisi qualitativa

L'analisi quantitativa è stata effettuata in corrispondenza di tutte le interferenze identificate con la lettera C.

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:

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

#### 6.2.2.1 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.

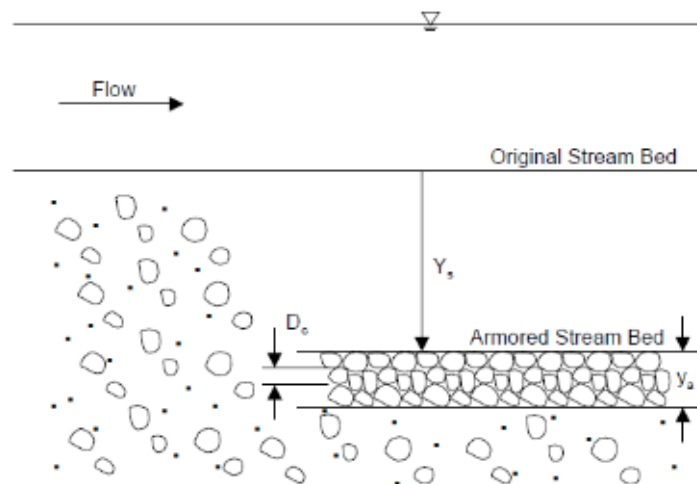


Figura 14: Dinamica erosione a lungo termine per corazzamento (fonte FHWA).

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);

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

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

#### 6.2.2.2 Erosione da contrazione 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.

La portata alla base del calcolo a favore di sicurezza è quella con tempo di ritorno 200 anni riportata dallo "Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico pugliese, con particolare riferimento alle aree del Gargano, delle coste joniche e salentine della Regione Puglia" nelle sezioni.

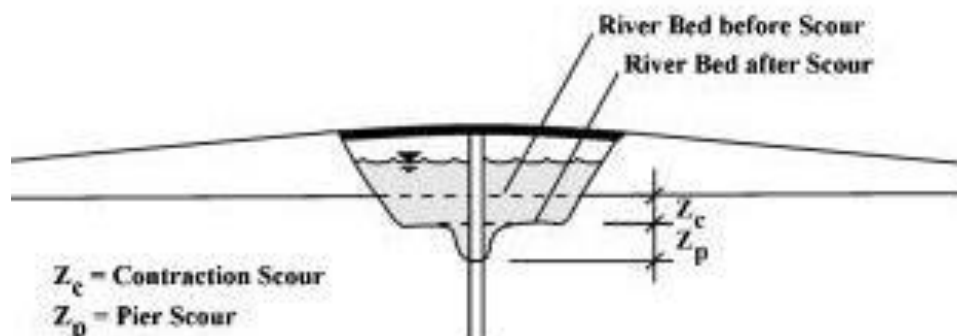


Figura 15: Erosioni assunte in corrispondenza di un ponte di attraversamento stradale (fonte FHWA).

#### 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.

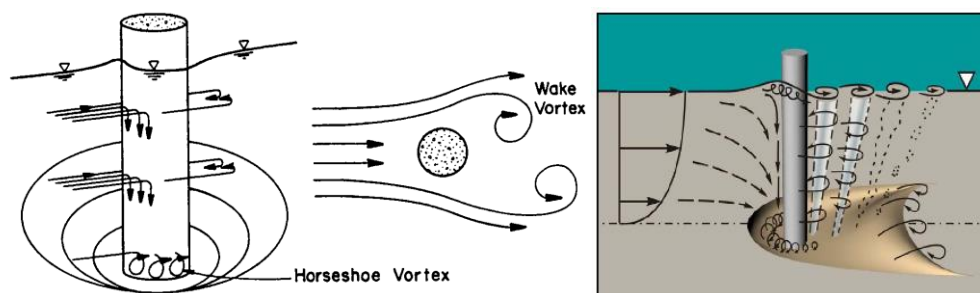


Figura 16: Dinamica di erosione in corrispondenza di pile strette (fonte FHWA).

## 6.3 Percorso di connessione

Lungo il percorso di connessione alla cabina di consegna sono state individuate 2 interferenze con fasce pericolosità idraulica alta riferite al PGRA e 7 interferenze con canali a probabile uso irriguo/scolo, di seguito lo studio di ognuna.

L'intera linea di connessione risulta interessata dalla presenza fasce di pericolosità idraulica bassa riferite a PGRA e PAI, si ritiene sufficiente, ai fini della compatibilità idraulica, la posa del cavo interrato al di sotto del manto stradale per proteggerlo dall'erosione nell'eventualità di allagamento.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2021, non si evidenziano particolari segni di erosione.

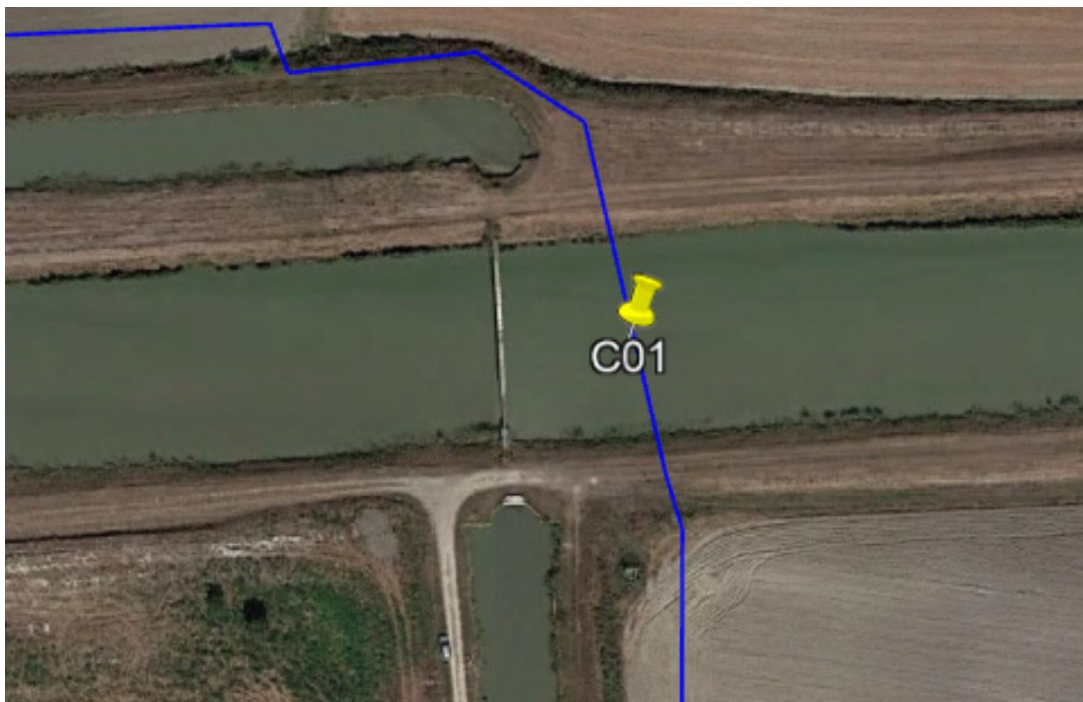
### 6.3.1 C01

#### 6.3.1.1 Identificazione

L'interferenza è situata in corrispondenza dell'attraversamento della Canaletta Riunita Benvignante, a circa 140 m a nord del sovrappasso di Via Val D'Albero sul Collettore Testa e a circa 180 metri a sud della sottoarea 4. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in blu il tracciato di connessione, e una sezione della canaletta in esame.

*Tabella 2: Riepilogo interferenza C01.*

ID	Interferenza	Pericolosità	Risoluzione
C01	Canaletta Riunita Benvignante	Media	TOC



*Figura 17: Ubicazione interferenza C01, in blu il percorso di connessione.*





Figura 18: Sezione Canaletta Riunita Bevignante.

Il punto in esame risulta ricadere nello scenario ad esondazione frequente (P2) del RSP ed in fascia C del PAI, come visibile nella Figura 19.



Figura 19: A sinistra stralcio del PGRA e a destra del PAI, in rosso la connessione.

### 6.3.1.2 Osservazioni

L'interferenza è legata alla Canaletta Riunita Bevignante. Le sezioni risultano regolari si evidenzia la presenza di arginatura dell'asta fluviale. Il letto e le sponde risultano rinverdite, con presenza d'acqua nell'alveo costante.

### 6.3.1.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 72, rientrante nella categoria "buono".

Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

### 6.3.1.4 Verifica compatibilità idraulica

La posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione TOC per l'attraversamento C01.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a 3,5 metri, più dei 3 m indicati dalle prescrizioni tecniche rilasciate dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

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

## 6.3.2 C02

### 6.3.2.1 Identificazione

L'interferenza è situata lungo una strada vicinale, in corrispondenza del sovrappasso di un canale a probabile uso irriguo/scolo. Tale interferenza è situata a circa 370 metri a est del sovrappasso di Via della Botte sul Collettore Testa, a pochi metri ad ovest del campo 4. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in blu il tracciato di connessione, e una foto di sopralluogo del canale in esame.

*Tabella 3: Riepilogo interferenza C02.*

ID	Interferenza	Pericolosità	Risoluzione
C02	Canale irrigazione/scolo	Media	TOC

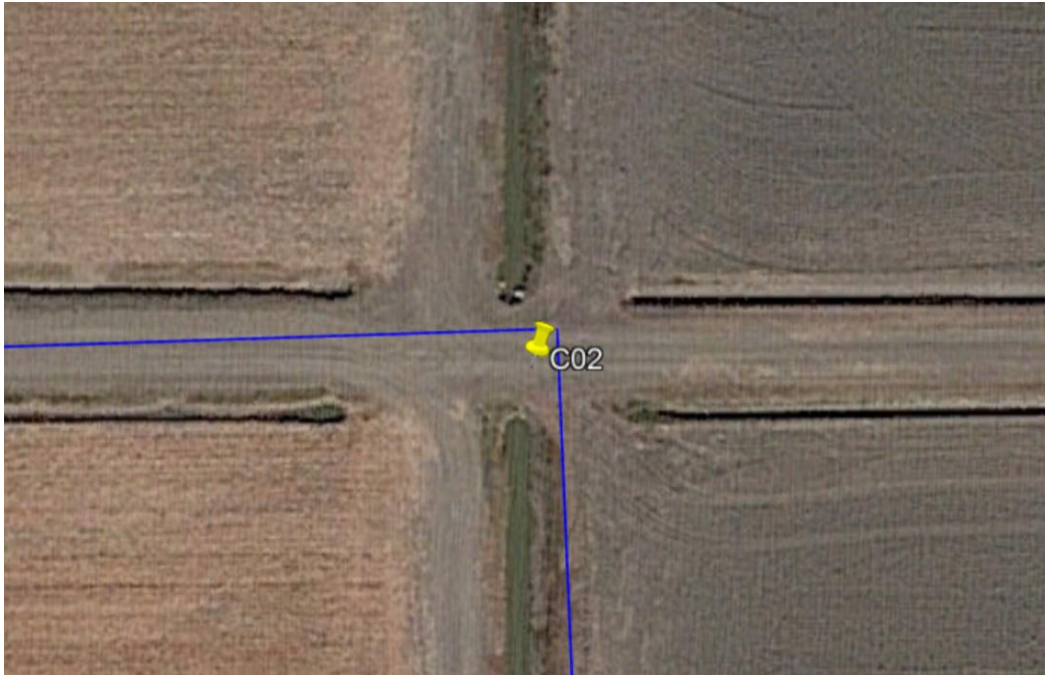


Figura 20: Ubicazione interferenza C02, in blu il percorso di connessione.



Figura 21: Canale di irrigazione/scolo in esame, vista verso Canaletta Riunita Bevignante

Il punto in esame risulta ricadere nello scenario ad esondazione frequente (P2) del RSP ed in fascia C del PAI, come visibile nella Figura 22.

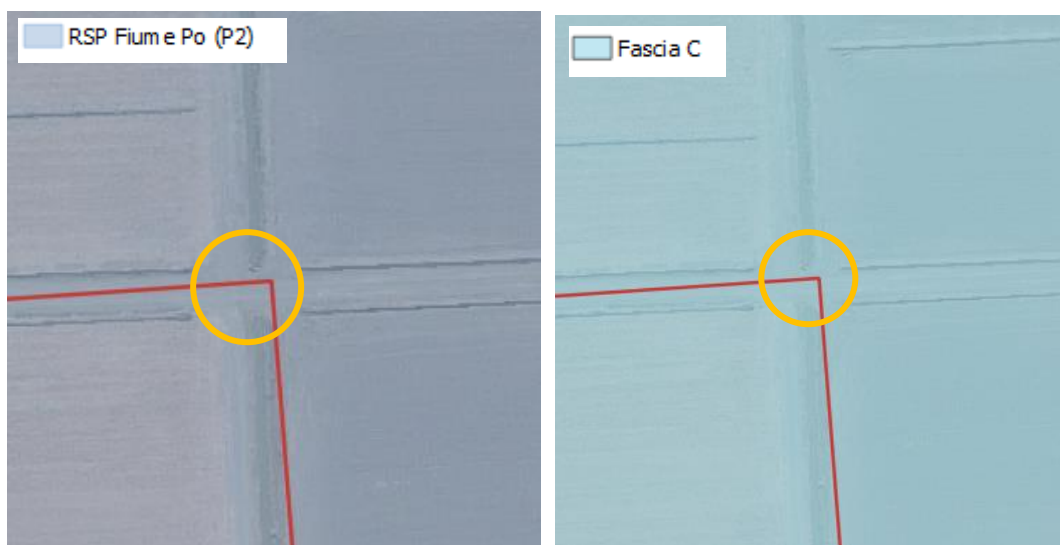


Figura 22: A sinistra stralcio del PGRA e a destra del PAI, in rosso la connessione.

### 6.3.2.2 Osservazioni

L'interferenza è legata ad un canale a probabile uso irriguo/scolo. Dall'analisi delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2021, il canale risulta stabile e rettilineo.

### 6.3.2.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 64, rientrante nella categoria "buono".

Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

### 6.3.2.4 Verifica compatibilità idraulica

La posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione TOC per l'attraversamento C02.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a 3 metri, come indicato dalle prescrizioni tecniche rilasciate dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

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

## 6.3.3 C03

### 6.3.3.1 Identificazione

7. L'interferenza è situata lungo Via della Botte, in località Possessione Cima. Tale interferenza è situata a circa 112 metri a est del sovrappasso di Via della Botte sul Collettore Testa, a pochi metri ad ovest del campo 4. Di seguito uno stralcio



dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in blu il tracciato di connessione, e una foto di sopralluogo del canale in esame.

*Tabella 4: Riepilogo interferenza C03.*

ID	Interferenza	Pericolosità	Risoluzione
C03	Scolo della Botte	Media	TOC



*Figura 23: Ubicazione interferenza C03, in blu il percorso di connessione.*



*Figura 24: Tratto in esame dello Scolo della Botte.*

Il punto in esame risulta ricadere nello scenario ad esondazione frequente (P2) del RSP ed in fascia C del PAI, come visibile nella Figura 25.



Figura 25: A sinistra stralcio del PGRA e a destra del PAI, in rosso la connessione.

#### 7.1.1.1 Osservazioni

L'interferenza è legata allo Scolo della Bote. Le sezioni risultano regolari si evidenzia la presenza di arginatura dell'asta fluviale. Il letto e le sponde risultano rinverdite, con presenza d'acqua nell'alveo costante.

#### 7.1.1.2 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 64, rientrante nella categoria "buono".

Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

#### 7.1.1.3 Verifica compatibilità idraulica

La posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione TOC per l'attraversamento C05.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a 3 metri, come indicato dalle prescrizioni tecniche rilasciate dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

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

## 7.1.2 C04

### 7.1.2.1 Identificazione

L'interferenza è situata lungo Via della Botte, in corrispondenza del sovrappasso del Collettore Testa, a circa 370 metri a est dall'incrocio di suddetta via con Via Argine Circondariale Valli Mezzano e a circa 225 metri a ovest del campo 4. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in blu il tracciato di connessione, e una foto di sopralluogo del canale in esame.

*Tabella 5: Riepilogo interferenza C04.*

ID	Interferenza	Pericolosità	Risoluzione
C04	Collettore Testa	Media	TOC



*Figura 26: Ubicazione interferenza C04, in blu il percorso di connessione.*





Figura 27: Sezione Collettore Testa, vista verso monte.

Il punto in esame risulta ricadere nello scenario ad esondazione frequente (P2) del RSP ed in fascia C del PAI, come visibile nella Figura 28.



Figura 28: A sinistra stralcio del PGRA e a destra del PAI, in rosso la connessione.

#### 7.1.2.2 Osservazioni

L'interferenza è legata al Collettore Testa. Le sezioni risultano regolari si evidenzia la presenza di arginatura dell'asta fluviale. Il letto e le sponde risultano rinverdate, con presenza d'acqua nell'alveo costante.



### 7.1.2.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 72, rientrante nella categoria "buono".

Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

### 7.1.2.4 Verifica compatibilità idraulica

La posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione TOC per l'attraversamento C03.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a 3 metri, come indicato dalle prescrizioni tecniche rilasciate dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

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

## 7.1.3 P01

### 7.1.3.1 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 C03. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, su PAI e PGRA.

*Tabella 6: Riepilogo interferenza P01.*

ID	Interferenza	Pericolosità	Risoluzione
P01	Area allagabile	Alta	Cavo interrato

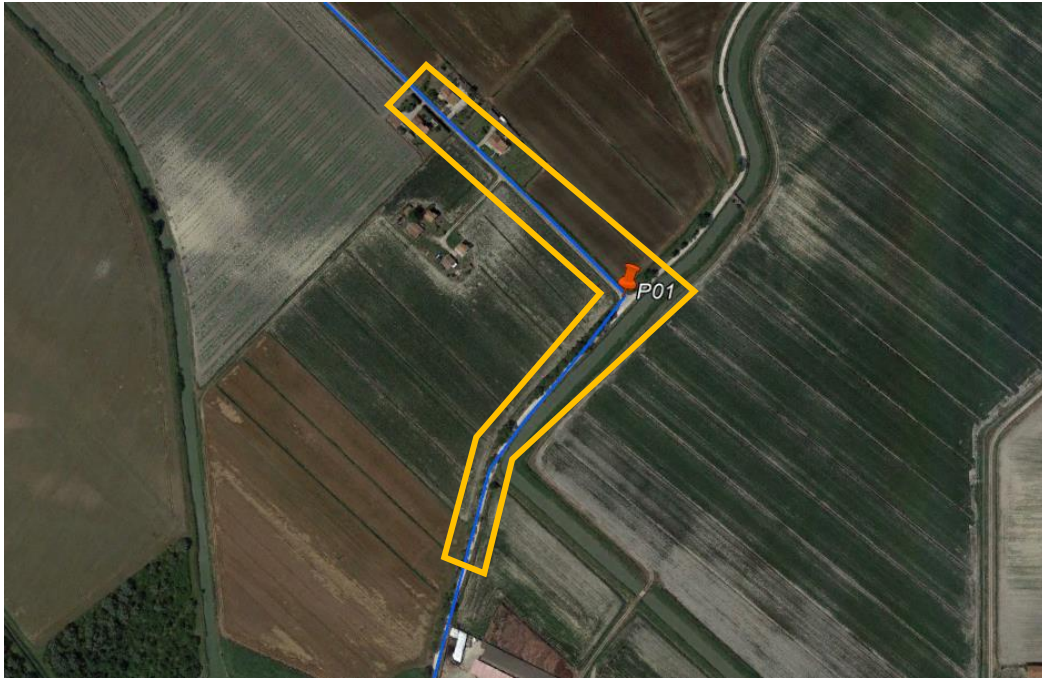


Figura 29: Ubicazione interferenza P01, in blu il percorso di connessione e in arancione il tratto in esame.

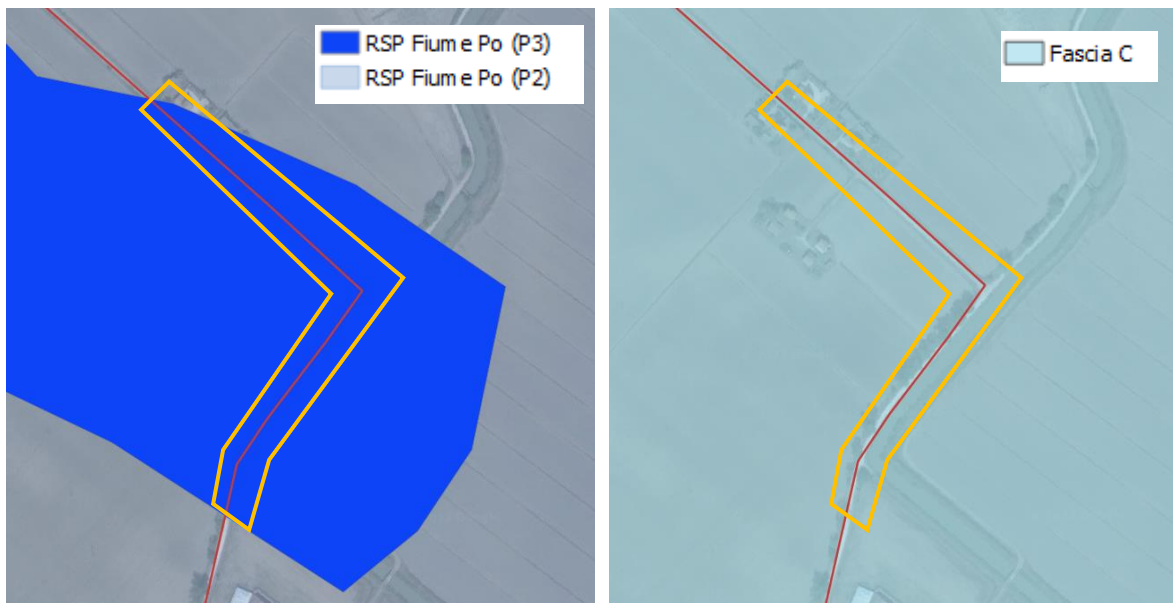


Figura 30: A sinistra stralcio del PGRA e a destra del PAI, in rosso la connessione.

### 7.1.3.2 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 2021, non si evidenziano particolari segni di erosione.

#### 7.1.3.3 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.

### 7.1.4 C05

#### 7.1.4.1 Identificazione

L'attraversamento avverrà in corrispondenza di un sovrappasso dello Scolo Paiazzina, lungo la Via Cavallaroia che separa il campo 1 dal campo 2 (località San Pietro), a circa 445 m a nord ovest del punto di interferenza identificato come P01. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in blu il tracciato di connessione, e delle foto di spralluogo del canale in esame.

*Tabella 7: Riepilogo interferenza C05.*

ID	Interferenza	Pericolosità	Risoluzione
C05	Scolo Paiazzina	Media	TOC



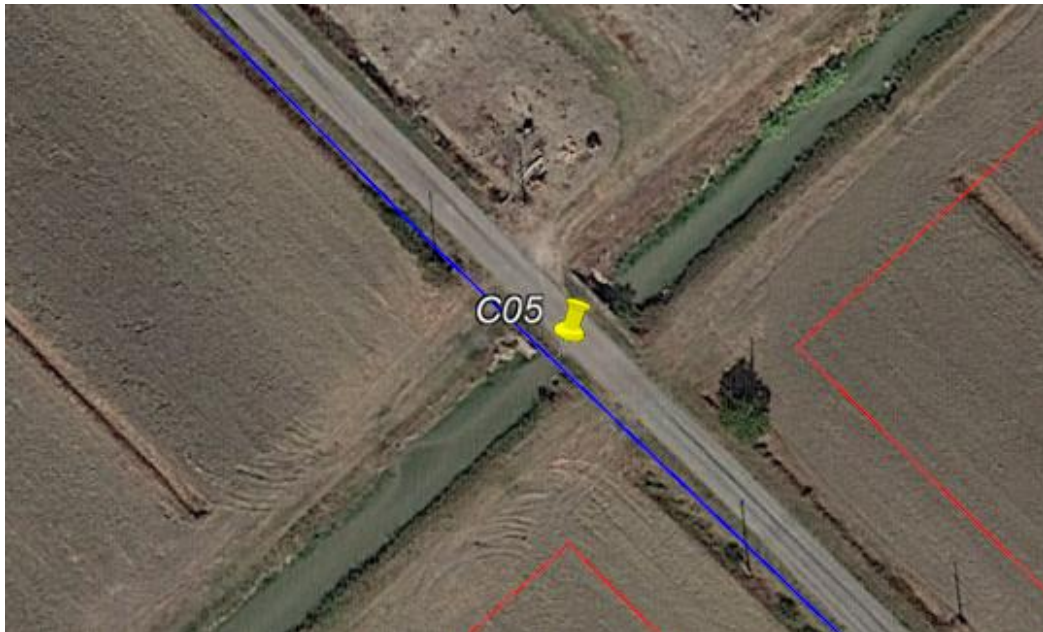


Figura 31: Ubicazione interferenza C04, in blu il percorso di connessione.



Figura 32: Sezione Scolo Paiazzina, vista verso monte e verso valle.

Il punto in esame risulta ricadere nello scenario ad esondazione frequente (P2) del RSP ed in fascia C del PAI, come visibile nella Figura 33.





Figura 33: A sinistra stralcio del PGRA e a destra del PAI, in rosso la connessione.

#### 7.1.4.2 Osservazioni

L'interferenza è legata allo Scolo Paiazina. Le sezioni risultano regolari si evidenzia la presenza di arginatura dell'asta fluviale. Il letto e le sponde risultano rinverdite, con presenza d'acqua nell'alveo costante.

#### 7.1.4.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 63, rientrante nella categoria "buono".

Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

#### 7.1.4.4 Verifica compatibilità idraulica

La posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione TOC per l'attraversamento C04.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a 3 metri, come indicato dalle prescrizioni tecniche rilasciate dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

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

## 7.1.5 C06

### 7.1.5.1 Identificazione

L'interferenza è situata al termine di una strada vicinale, in corrispondenza del sovrappasso dello Scolo Galavronara. Tale interferenza è situata a circa 490 metri a nord ovest dell'interferenza C05, a sud della Via Cavallarola e a circa 214 metri a sud ovest del campo 1. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in blu il tracciato di connessione, e una foto di sopralluogo del canale in esame.

Tabella 8: Riepilogo interferenza C06.

ID	Interferenza	Pericolosità	Risoluzione
C06	Scolo Galavronara	Media	TOC



Figura 34: Ubicazione interferenza C06, in blu il percorso di connessione.



*Figura 35: Immagine dello Scolo Galavronara.*

Il punto in esame risulta ricadere nello scenario ad esondazione frequente (P2) del RSP ed in fascia C del PAI, come visibile nella Figura 36.



*Figura 36: A sinistra stralcio del PGRA e a destra del PAI, in rosso la connessione.*

### 7.1.5.2 Osservazioni

L'interferenza è legata allo Scolo Galavronara. Le sezioni risultano regolari si evidenzia la presenza di arginatura dell'asta fluviale. Il letto e le sponde risultano rinverdite, con presenza d'acqua nell'alveo costante.

### 7.1.5.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 64, rientrante nella categoria "buono".

Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

### 7.1.5.4 Verifica compatibilità idraulica

La posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione TOC per l'attraversamento C05.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a 3 metri, come indicato dalle prescrizioni tecniche rilasciate dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

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

## 7.1.6 C07

### 7.1.6.1 Identificazione

L'interferenza è situata lungo una strada vicinale, in corrispondenza del sovrappasso dello scolo Orteo. Tale interferenza è situata a circa 30 metri a nord est della Strada Provinciale n.48 (SP48) - Via Rangona. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in blu il tracciato di connessione, e le foto di sopralluogo del canale di scolo in esame.

*Tabella 9: Riepilogo interferenza C07.*

ID	Interferenza	Pericolosità	Risoluzione
C07	Scolo Orteo	Alta	TOC



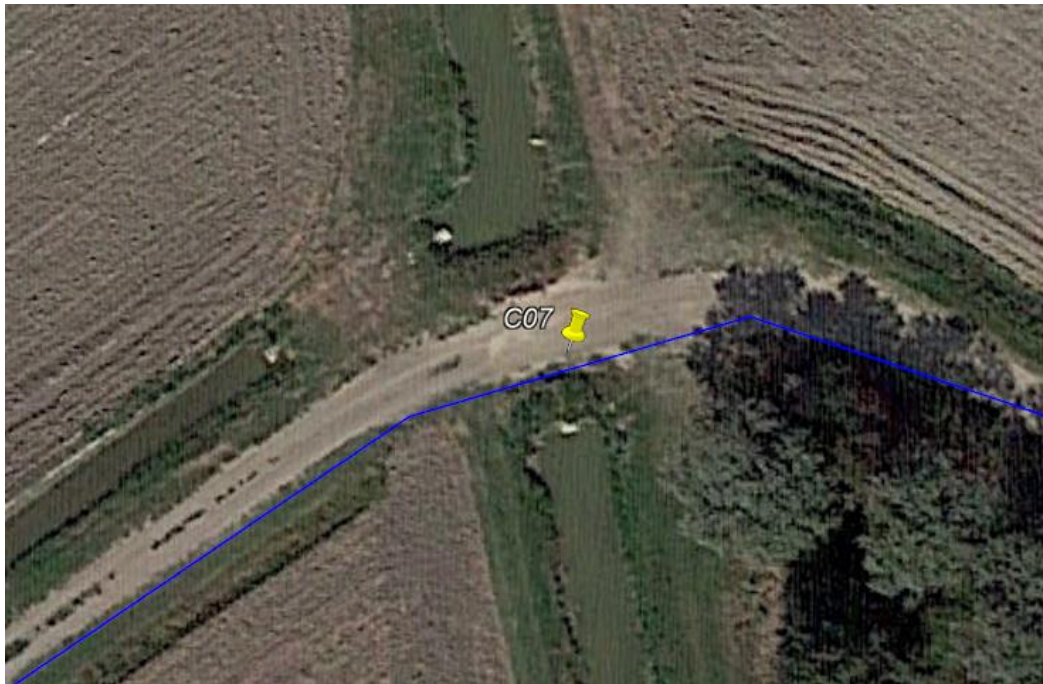


Figura 37: Ubicazione interferenza C07, in blu il percorso di connessione.



Figura 38: Foto dello Scolo Orteo.

Il punto in esame risulta ricadere nello scenario ad esondazione frequente (P2) del RSP ed in fascia C del PAI, come visibile nella Figura 39.



Figura 39: A sinistra stralcio del PGRA e a destra del PAI, in rosso la connessione.

#### 7.1.6.2 Osservazioni

L'interferenza è legata allo Scolo Orteo. Dall'analisi delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2021, il canale risulta stabile e rettilineo.

#### 7.1.6.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 64, rientrante nella categoria "buono".

Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

#### 7.1.6.4 Verifica compatibilità idraulica

La posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione TOC per l'attraversamento C06.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a 3 metri, come indicato dalle prescrizioni tecniche rilasciate dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

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

## 7.1.7 P02

### 7.1.7.1 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 PGRA.

Tabella 10: Riepilogo interferenza P02.

ID	Interferenza	Pericolosità	Risoluzione
P02	Area allagabile	Alta	Cavo interrato

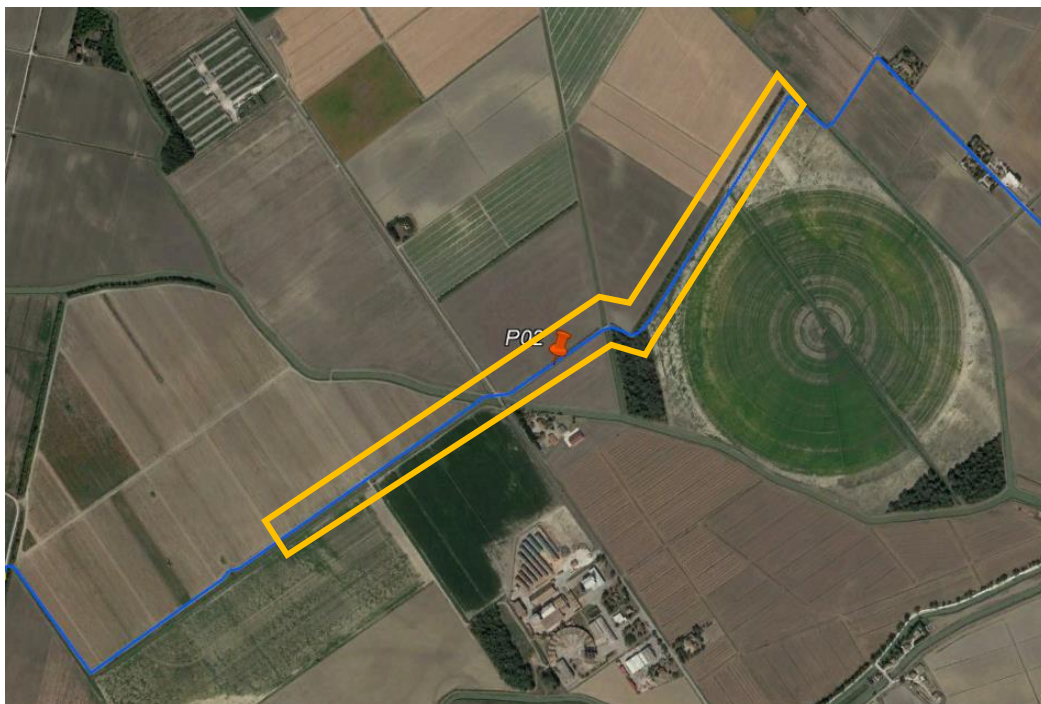


Figura 40: Ubicazione interferenza P02, in blu il percorso di connessione e in arancione il tratto in esame.



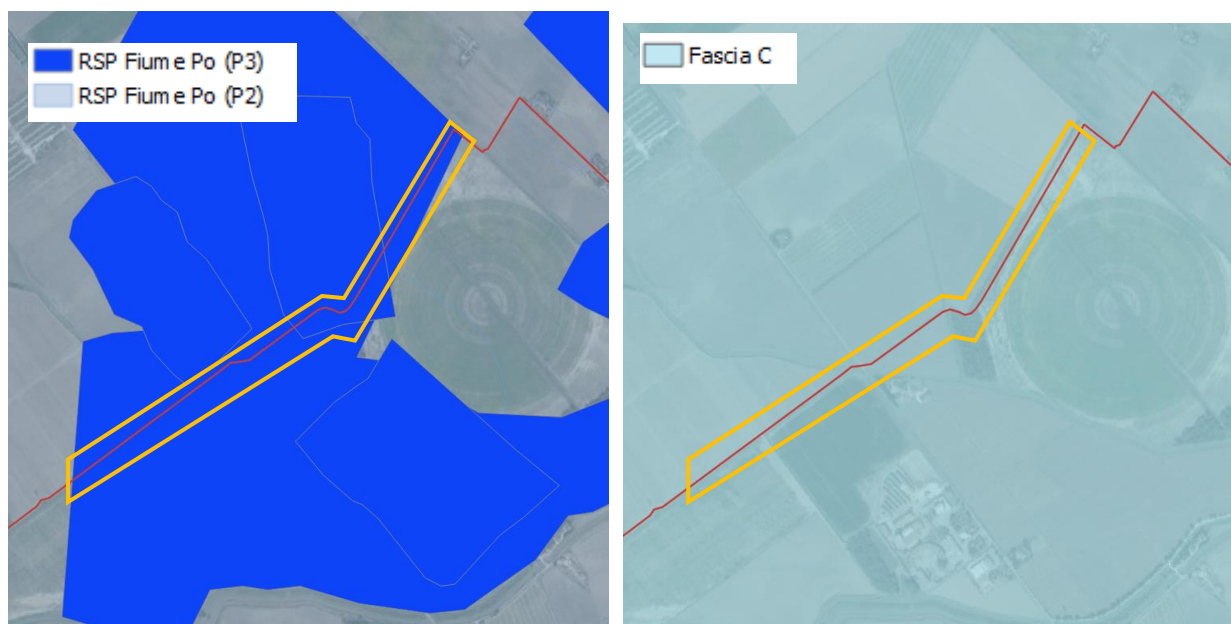


Figura 41: A sinistra stralcio del PGRA e a destra del PAI, in rosso la connessione.

### 7.1.7.2 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 2021, non si evidenziano particolari segni di erosione.

### 7.1.7.3 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.

## 7.1.8 C08

### 7.1.8.1 Identificazione

L'interferenza è situata in corrispondenza dell'attraversamento Scolo Forcella, a circa 50 m a ovest del sovrappasso della SP48 – Via Rangona sullo Scolo stesso. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in blu il tracciato di connessione, e una sezione del canale in esame.

Tabella 11: Riepilogo interferenza C08.

ID	Interferenza	Pericolosità	Risoluzione
C08	Scolo Forcello	Alta	TOC





Figura 42: Ubicazione interferenza C08, in blu il percorso di connessione.



Figura 43: Sezione Scolo Forcello, vista da valle del punto in esame.

Il punto in esame risulta ricadere nello scenario ad esondazione frequente (P2) del RSP ed in fascia C del PAI, come visibile nella Figura 44.

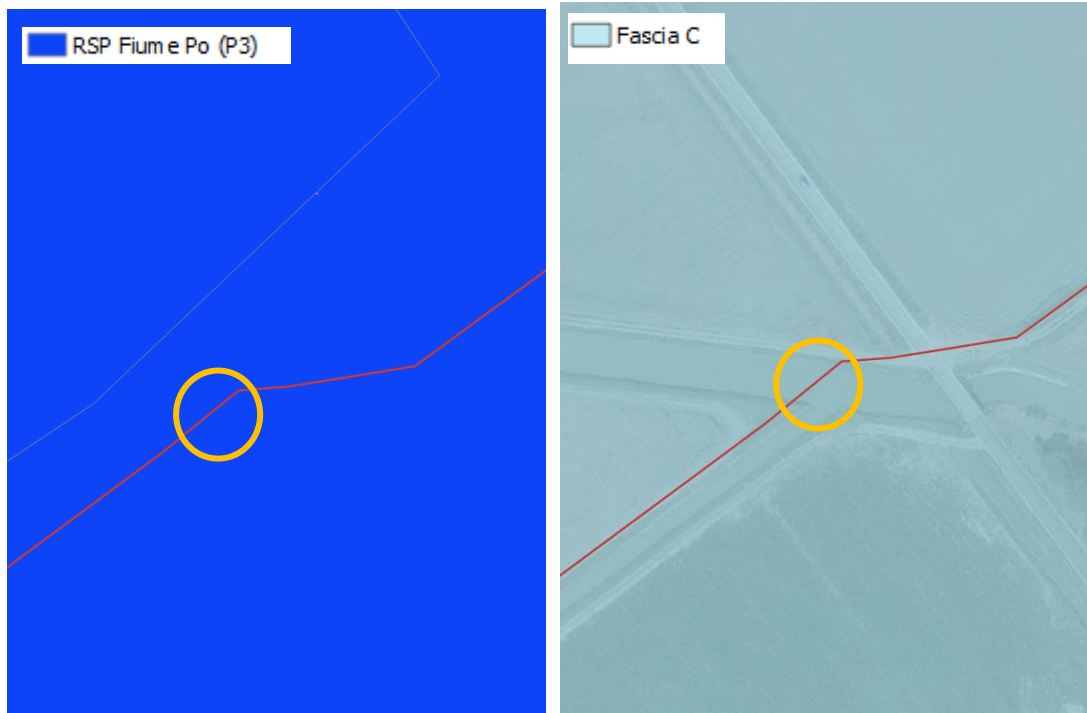


Figura 44: A sinistra stralcio del PGRA e a destra del PAI, in rosso la connessione.

#### 7.1.8.2 Osservazioni

L'interferenza è legata allo Scolo Forcello. Le sezioni risultano regolari si evidenzia la presenza di arginatura dell'asta fluviale. Il letto e le sponde risultano rinverdite, con presenza d'acqua nell'alveo costante.

#### 7.1.8.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 72, rientrante nella categoria "buono".

Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

#### 7.1.8.4 Verifica compatibilità idraulica

La posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione TOC per l'attraversamento C07.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a 3 metri, come indicato dalle prescrizioni tecniche rilasciate dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

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

## 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.

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.

### 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.

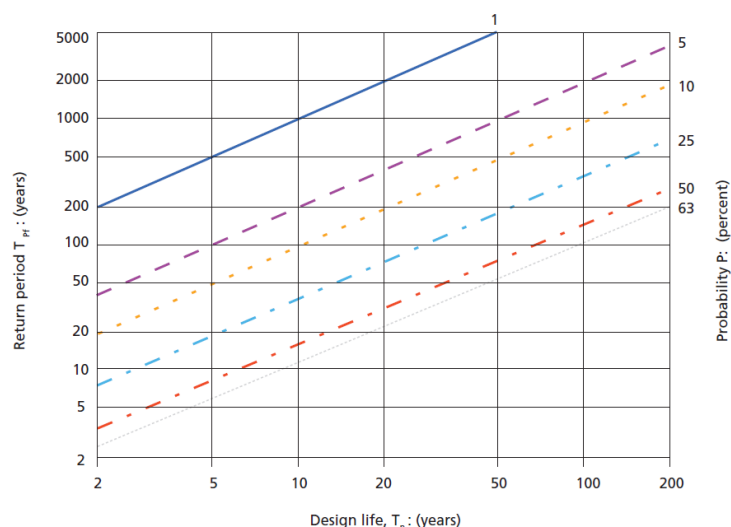


Figura 45 Probabilità che un evento con determinate Tempo di ritorno si verifichi in N anni.

Il tempo di ritorno è stato assunto pari a 30 anni, valore considerato comparabile con la vita utile dell'impianto in oggetto.

## 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 12 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
2021	24.4	25.4	28.8	39.2	52.8
2020	30.8	33.4	38.6	38.6	42

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.

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

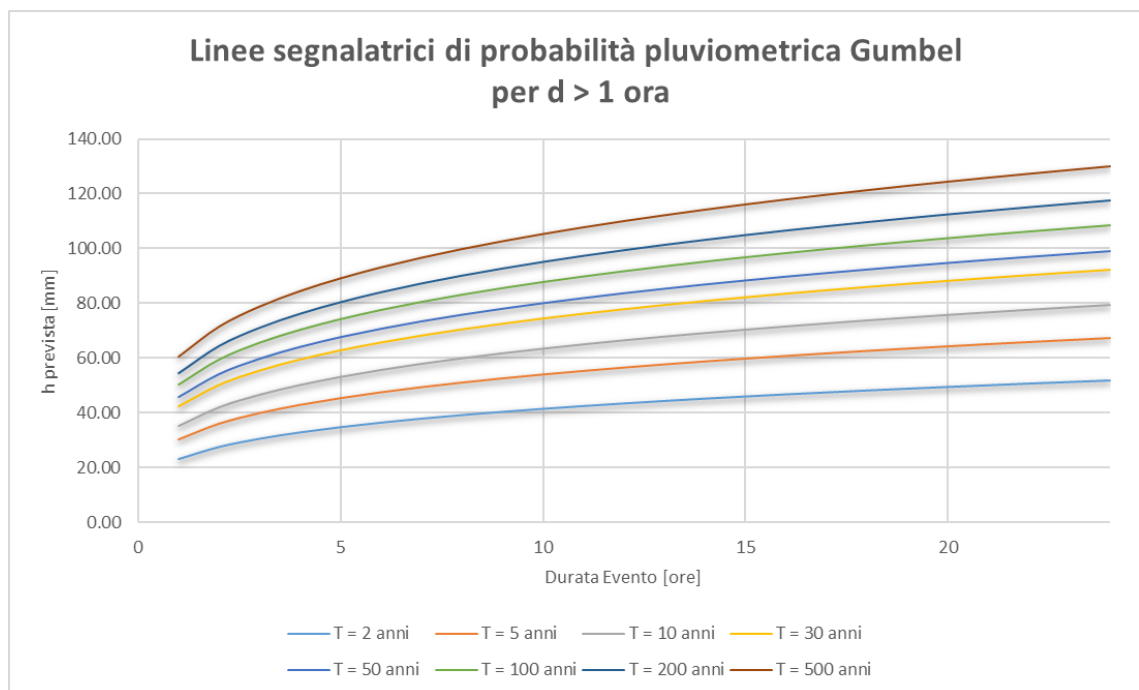
$$\alpha = \frac{\sqrt{6\sigma}}{\pi}$$

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

Dove  $\sigma$  è la varianza del campione,  $\mu$  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  $\alpha$  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).



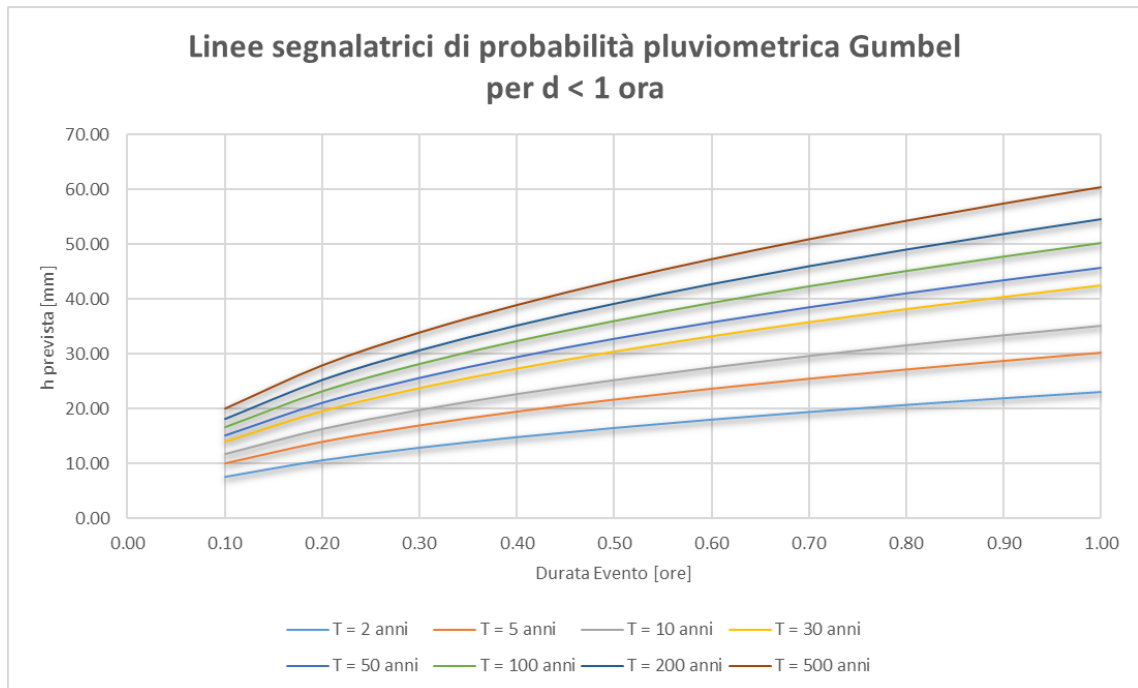


Figura 47 LSPP con metodo di interpolazione per durate sotto l'ora

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 13 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



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
11	42.49	55.27	65.04	76.13	81.91	89.69	97.34	107.66
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.

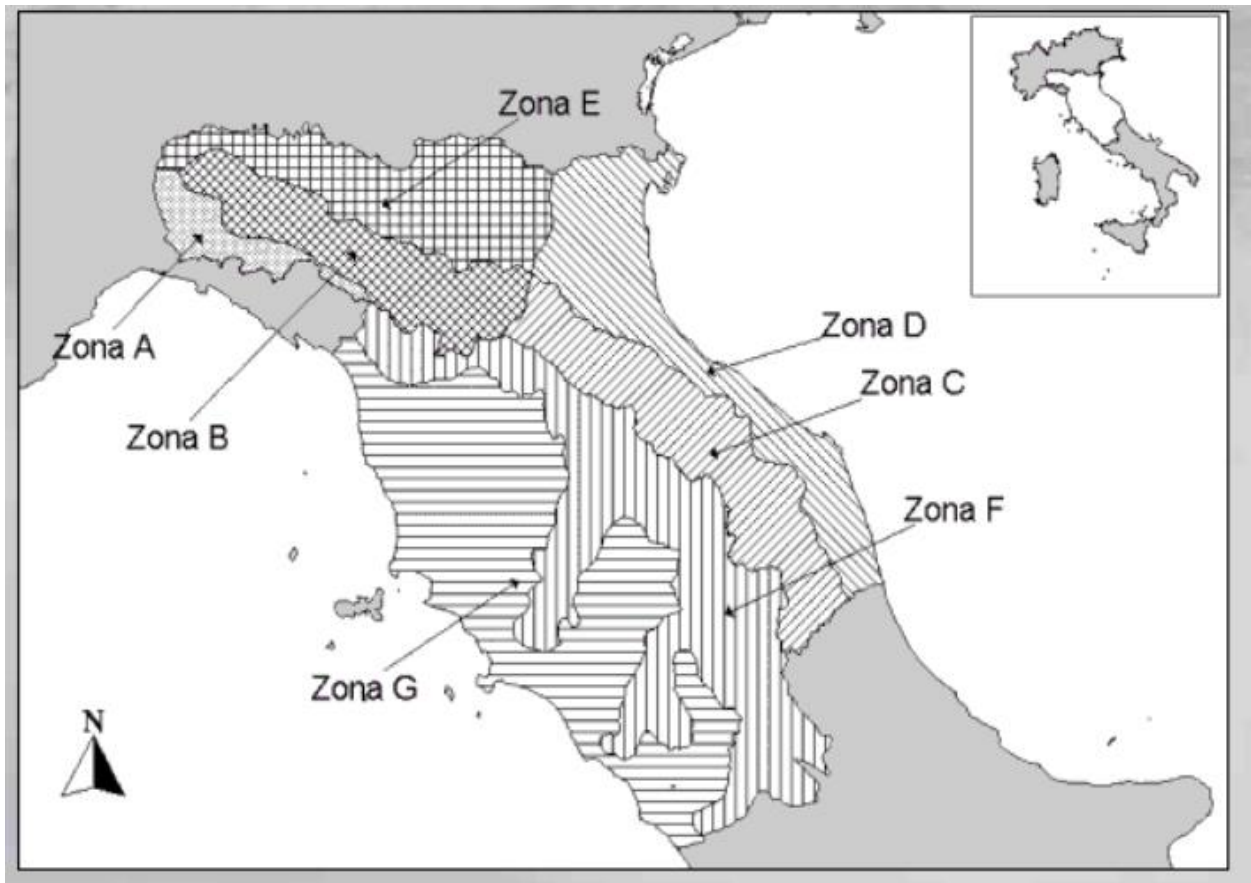


Figura 48 Zone Omogenee del metodo VAPI

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 14 Parametri TCEV zona D del VAPI

$\Lambda$	$\theta$	$\Lambda$	$\eta$
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  $\alpha$  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).

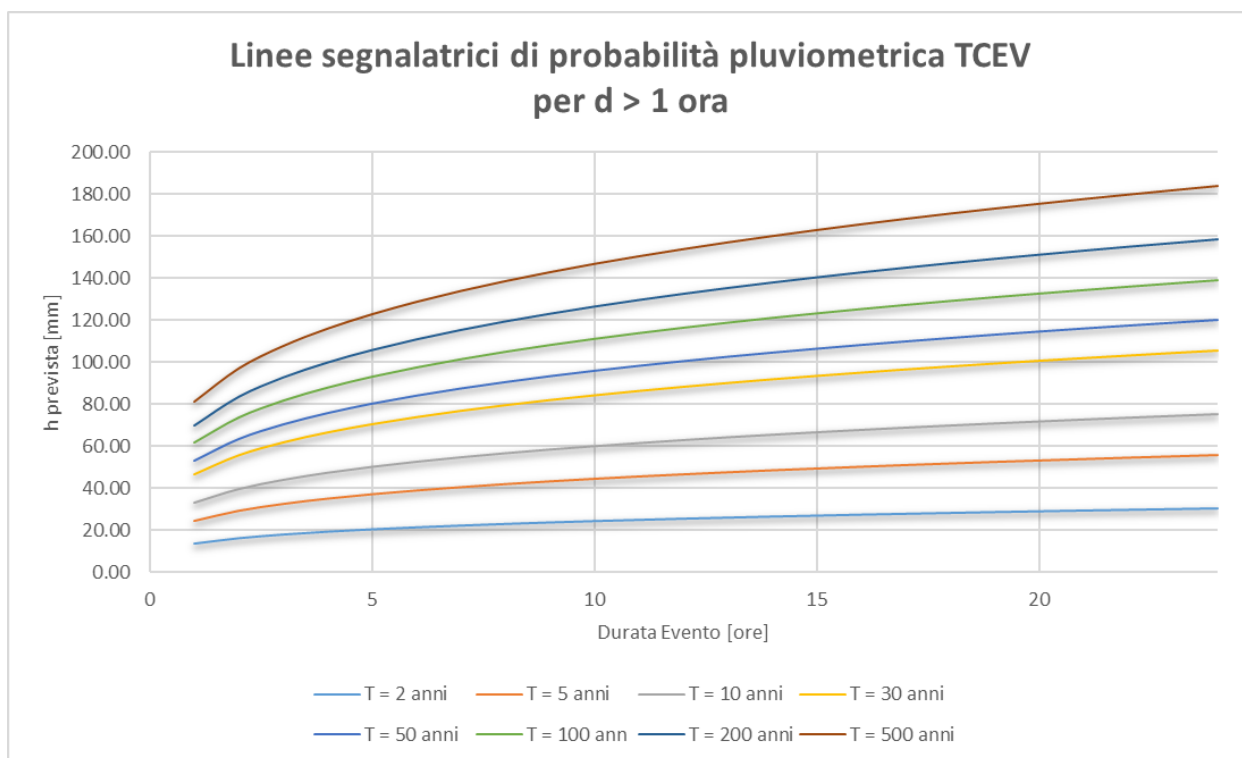


Figura 49 LSPP con metodo VAPI per durate sopra l'ora

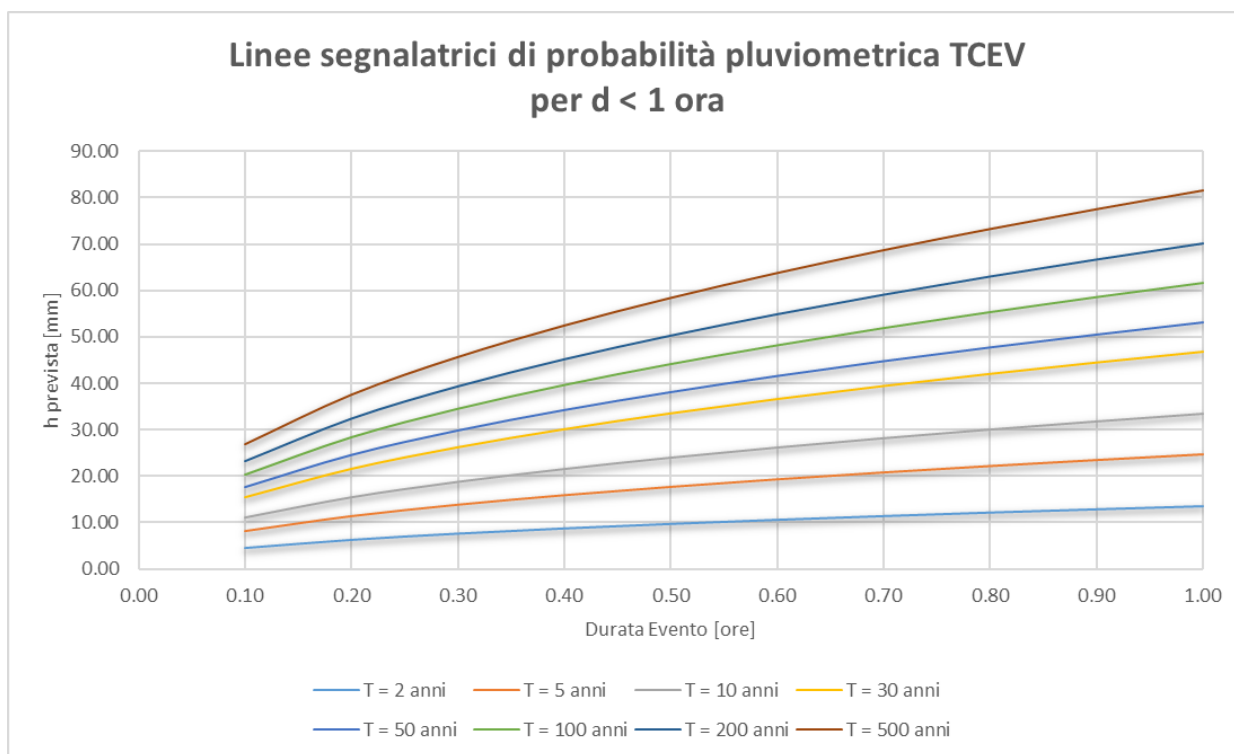


Figura 50 LSPP con metodo VAPI per durate sotto l'ora

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 15 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.

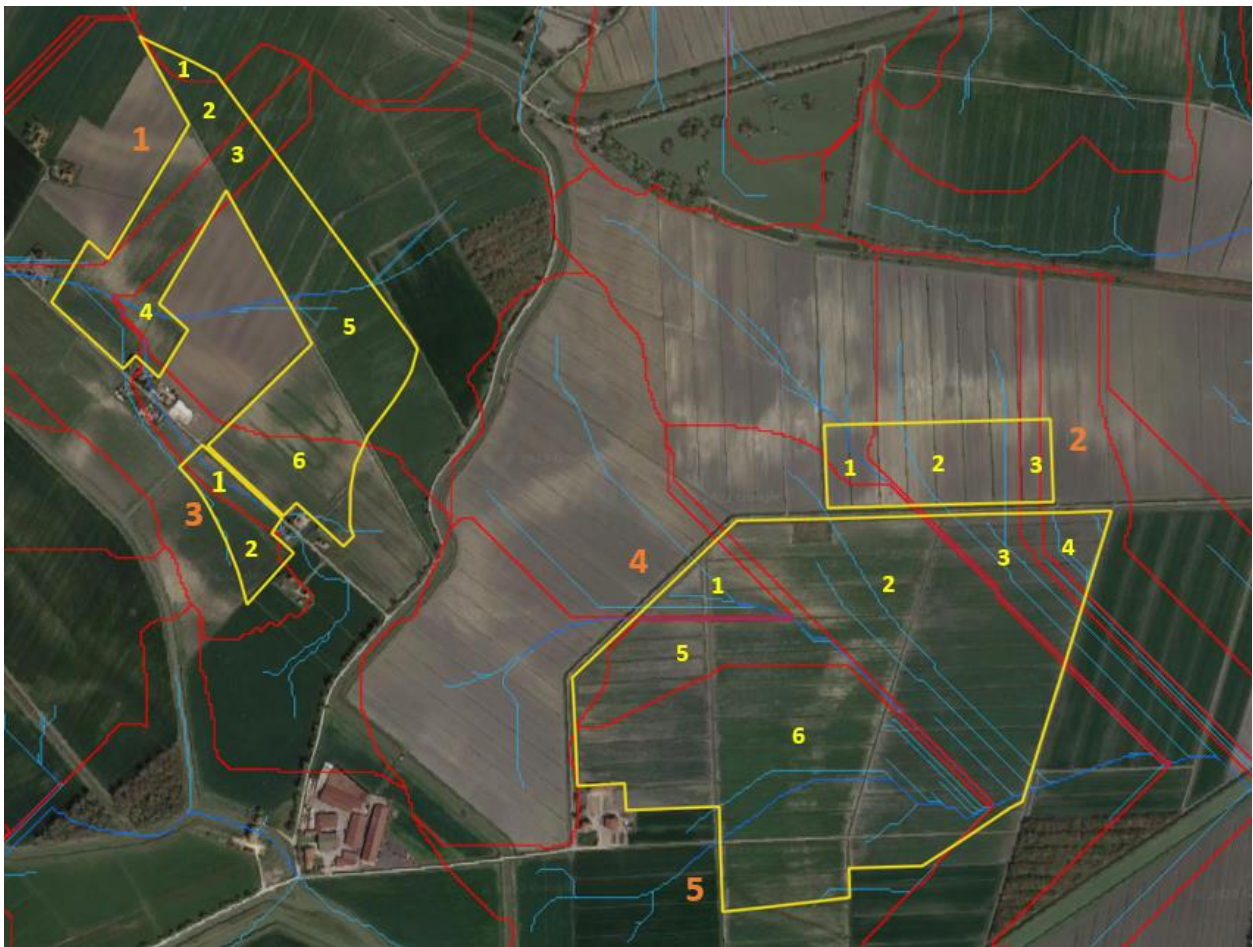




Figura 51: Delimitazione bacini scolanti e codifica (giallo), reticolo di drenaggio esterno ed interno alle sezioni di progetto (blu) e limiti bacini idrografici (rosso).

Tutti i bacini identificati risultano essere interessati dall'installazione dei pannelli. La seguente Tabella 16 riporta i bacini scolanti individuati e relative superfici, evidenziando quelli che presentano aree di alimentazione esterne all'area di progetto (Bacino 1.1, Bacino 1.5, Bacino 1.6, Bacino 2.1, Bacino 2.2 e Bacino 2.3). 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 dalle canalette esistenti ed eventuali canalette aggiuntive in terra a cielo aperto.

Tabella 16: 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]
1.2	20.580	1.1	3.714
1.3	44.816	1.5	85.479
1.4	12.844	1.6	30.180
3.1	8.359	2.1	14.875

BACINI DI DRENAGGIO INTERNI		BACINI DI DRENAGGIO ESTERNI	
3.2	13.444	2.2	35.868
4.1	24.359	2.3	8.096
4.2	147.387		
4.3	29.246		
4.4	16.341		
4.5	52.820		
4.6	195.627		
6.1	70.338		
6.2	13.122		
7.1	10.591		
7.2	21.744		
7.3	11.429		
7.4	83.426		

#### 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"  $\Phi$ .

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

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

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

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

Le aree allo stato 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 della Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche di seguito riportata:

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

Figura 52 Coefficienti di afflusso suggeriti dalla Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed 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:

$$\varphi = 0.5$$

## 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) [ $m^3/s$ ];

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

$i(T_0, t_c)$  intensità media della precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione del bacino  $t_c$  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 53: Delimitazione recinzione di impianto (giallo), rete di drenaggio naturale interna (blu) e spartiacque (rosso).

In Tabella 17 sono riportate le portate al colmo attualmente scolanti sulle superfici di ogni bacino individuato.

Tabella 17: Determinazione delle portate di progetto.

<b>BACINO</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>1.4</b>	<b>1.5</b>	<b>1.6</b>	<b>2.1</b>	<b>2.2</b>	<b>2.3</b>	<b>3.1</b>	<b>3.2</b>
<b>S [ha]</b>	0,37	2,06	4,48	1,28	8,55	3,02	1,49	3,59	0,81	0,84	1,34
<b>Lasta [m]</b>	38	136	210.0	116	161	176	145	144	146	182	182
<b>tC [h]</b>	0,26	0,28	0,29	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	0,26
<b>Kt [-]</b>	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94
<b>h(60) [mm]</b>	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
<b>h(t) [mm]</b>	24	25	26	25	26	26	25	25	25	26	24
<b>Intensità [mm/h]</b>	95	91	89	92	90	90	91	91	91	90	95
<b>Coefficiente di deflusso</b>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
<b>Portata al colmo [mc/s]</b>	0,05	0,26	0,55	0,16	1,07	0,38	0,19	0,45	0,10	0,10	0,17

<b>BACINO</b>	<b>4.1</b>	<b>4.2</b>	<b>4.3</b>	<b>4.4</b>	<b>4.5</b>	<b>4.6</b>	<b>6.1</b>	<b>6.2</b>	<b>7.1</b>	<b>7.2</b>	<b>7.3</b>	<b>7.4</b>
<b>S [ha]</b>	2,44	14,74	2,92	1,63	5,28	19,56	7,03	1,31	1,06	2,17	1,14	8,34
<b>Lasta [m]</b>	205	880	120	154	423	900	306	130	60	133	45	323
<b>tC [h]</b>	0,29	0,42	0,27	0,28	0,33	0,43	0,31	0,28	0,26	0,28	0,26	0,31
<b>Kt [-]</b>	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94
<b>h(60) [mm]</b>	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
<b>h(t) [mm]</b>	26	31	25	25	28	31	27	25	25	25	24	27
<b>Intensità [mm/h]</b>	89	73	92	91	83	73	86	92	94	91	95	86
<b>Coefficiente di deflusso</b>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
<b>Portata al colmo [mc/s]</b>	0,30	1,50	0,37	0,21	0,61	1,98	0,84	0,17	0,14	0,28	0,15	0,99

## 9. CONCLUSIONI

Lo studio di compatibilità idraulica, del progetto dell'impianto fotovoltaico e della linea di connessione, ha analizzato le interferenze con le aree a pericolosità idraulica identificate dal Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e dal Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni – II ciclo (PGRA).

Conseguentemente, per la risoluzione delle interferenze riscontrate lungo linea di connessione, è stata identificata la migliore soluzione e tecnologia per la risoluzione delle stesse, in conformità con quanto indicato dalle prescrizioni tecniche rilasciate dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

In merito all'area dell'impianto fotovoltaico sono state applicate le direttive della DGR 1300/2016 relative alle misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte e al rispetto dell'invarianza idraulica, come indicato al capitolo 5.

Nel rispetto di tali direttive, il progetto ingegneristico dell'impianto ha previsto l'applicazione dei seguenti accorgimenti per la riduzione della vulnerabilità:

- Tutte le opere ritenute sensibili all'allagamento afferenti sia ai moduli fotovoltaici sia con relative strutture di supporto e sia a cabine di campo o PowerStation dovranno essere posizionate ad almeno 50 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 più franco di sicurezza dal piano campagna dello stato di fatto ed il pacchetto stradale verrà inoltre previsto in materiali drenanti.

Per il rispetto dell'invarianza idraulica la rete idrografica del sito sarà mantenuta allo stato di fatto, con la medesima rete e i medesimi punti di scarico.

E' prevista la modifica dell'uso del suolo che non avrà più un uso agricolo ma avrà una copertura a prato.

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 **1,8 m<sup>3</sup>**. 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.

Inoltre sarà necessario redigere un piano di gestione delle emergenze in caso di allagamento dell'area di progetto dell'impianto e interfacciato con la rete di sensori di livello che saranno installati nell'impianto.

In merito allo stato post-operam, si è valutato l'impatto dell'installazione delle strutture tracker monoassiali.



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.

Al fine di poter valutare l'entità delle portate di deflusso che si generano all'interno dell'area di progetto, è stato condotto uno studio idrologico con conseguente individuazione dei bacini scolanti interni all'impianto. Tale studio è riportato in dettaglio al capitolo 8.

Il territorio risulta costituito da un'ampia rete di canali di scolo/irrigui gestiti dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

Nelle successive fasi progettuali dovrà essere intrapreso un interfacciamento con il Consorzio per l'acquisizione di informazioni e pareri in merito al grado di importanza delle reti esistenti e alle pratiche di gestione del reticolo esistente.