



BlueWorks

Relazione idrologico - idraulica

Elaborato C5008.S.R04
IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 51
MW E OPERE CONNESSE DENOMINATO "CERVIA
PV" DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERVIA
(RA)

ING. Y.ZORZI

REV 02
31/03/2026



Elaborato il 31/03/2026

*Il presente documento è proprietà di Blueworks srls
che tutelerà i propri diritti a termini di legge.*

INDICE

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | PREMESSA | 3 |
| 2. | DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PREVISTO | 4 |
| 3. | INQUADRAMENTO NORMATIVO IDRAULICO | 7 |
| 3.1. | Progetto di Variante al PAI PO 2025 | 7 |
| 4. | VALUTAZIONI SULL'INVARIANZA IDRAULICA | 15 |
| 4.1. | Modellazione idraulica bidimensionale: Geometria | 15 |
| 4.2. | Modellazione idraulica bidimensionale: Risultati nello stato di fatto | 22 |
| 4.3. | Modellazione idraulica bidimensionale: Risultati nello stato di progetto | 24 |
| 5. | MISURE DI RIDUZIONE DELLA VULNERABILITA' IDRAULICA | 28 |
| 6. | CONCLUSIONI | 29 |
| 7. | ALLEGATI | 30 |

1. PREMESSA

Nella presente relazione viene dato riscontro alla compatibilità idraulica dell'intervento di realizzazione di un "nuovo impianto fotovoltaico su areale diffuso di 86 ha in comune di Cervia".

In particolare, il nuovo impianto fotovoltaico si inserisce un'areale della pianura ravennate posto all'interno del reticolo di canali, fossi ed impluvi gestiti dal Consorzio di Bonifica della Romagna.

Nel presente elaborato, quindi, viene dapprima valutata la compatibilità dell'opera prevista con la normativa di settore (DGR. 1300/2016 s.m.i., PGRA, Variante PAI 2025, etc.). In funzione di tali normative, inoltre, vengono individuate le opere previste per il rispetto del principio di invarianza idraulica e delle misure di sicurezza idraulica finalizzate alla salvaguardia dei beni materiali e delle vite umane.

Si rimanda alla lettura dei capitoli seguenti per il dettaglio di quanto previsto e valutato.

Si rimanda invece alla relazione idraulica specifica per quanto concerne le opere di collegamento alla rete elettrica.

2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PREVISTO

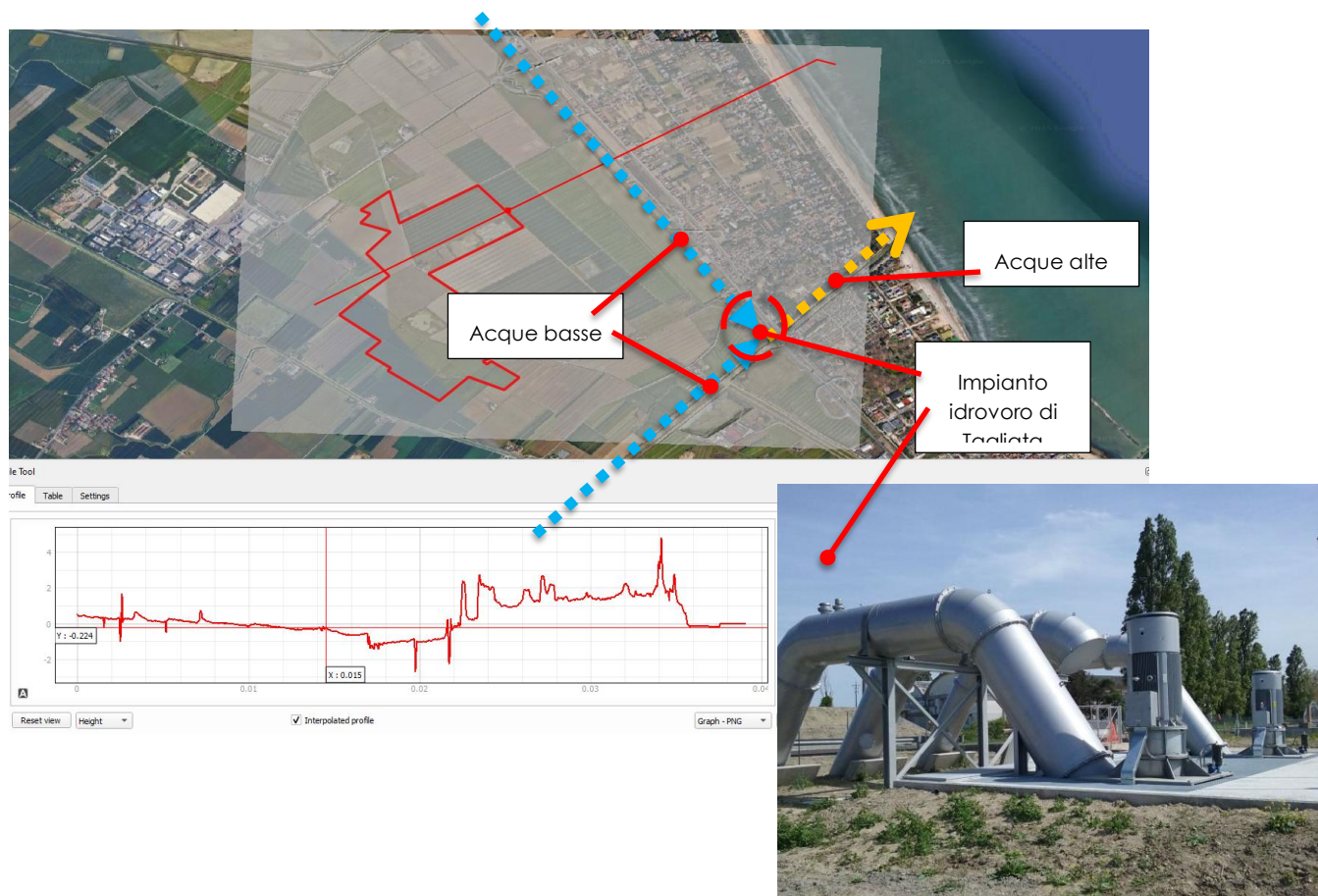
L'intervento si ripropone di realizzare un nuovo campo agri-fotovoltaico su una superficie diffusa di 86 ha. Posta nell'entroterra del Comune di Cervia ed in particolare a circa 700 metri ad Est del tessuto urbano di Cervia ed a circa 2,2 km dalla costa marittima, come visibile nel seguente estratto cartografico.



Figura 1 - Individuazione dell'areale di intervento rispetto all'abitato di Cervia ed alla costa marittima

L'intervento così proposto risulta sviluppato in fregio ad un'areale altimetricamente depresso posto sul retro duna litoraneo.

In particolare l'area è inserita all'interno del reticolo di gestione del Consorzio di Bonifica collegato, per lo scarico, all'impianto di sollevamento di Tagliata, come visibile nel seguente estratto grafico.



L'inserimento dell'areale fotovoltaico in un campo agricolo, seppur in modo limitato e dovuto principalmente all'inserimento dei percorsi di manutenzione, porta a dover risistemare i reticoli di impluvi di scolo nei corpi ricettori di maggiore entità.

Per tale motivazione si è indagato il reticolo esistente in modo da ottenere un assetto di progetto che permettesse di mantenere inalterati i ricettori terminali anche prevedendo la variazione della rete capillare ad essi connessi.

L'assetto di progetto è riportato nella specifica planimetria, di cui si riporta un estratto di seguito, dove:

- In azzurro sono indicati i fossi di scolo esistenti di maggiore grado (recapiti finali);
- In Rosso impluvi di nuova realizzazione;
- In viola fossi esistenti oggetto di risonamento;
- Le frecce azzurre indicano le direzioni di scolo dei terreni di progetto.



Figura 2 - Schema dell'assetto di progetto del reticolo idraulico di scolo nel progetto

L'assetto di progetto è stato oggetto di specifica analisi idraulica come indicato nei capitoli seguenti.

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO IDRAULICO

La normativa in ambito idraulico vigente per le aree di intervento è stata oggetto di recenti modifiche in funzione dell'entrata in vigore del Progetto di Variante al PAI Po che ha esteso la validità del PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Po anche ai bacini del Reno, ai bacini Romagnoli e Conca Marecchia.

La norma richiamata, allo stato attuale ancora nell'iter di osservazioni al pubblico, ha determinato problematiche applicative sino ad una norma di coordinamento con il PGRA vigente che dovrà essere emessa dalla Regione Emilia Romagna.

Per tale motivazione, oltre la variante nominata, essendo più recente, comporta già l'applicazione del PGRA (Direttiva Alluvioni 1300/2016) ed il Piano Stralcio Preliminare degli interventi sulle situazioni di dissesto idrogeologico, di cui, quindi, se ne omette la trattazione.

3.1. Progetto di Variante al PAI PO 2025

Con Deliberazione n. 13 del 18 dicembre 2025, la Conferenza Istituzionale permanente dell'Autorità di Bacino del Po ha adottato il progetto di Variante al PAI Po finalizzato ad estendere il PAI medesimo ai territori dei bacini idrografici del Reno, Romagnoli, Conca Marecchia e Fissero, Tartaro, Canalbianco. Progetto di Variante, per i bacini del Reno, Romagnoli e Conca Marecchia.

Per quanto riguarda le perimetrazioni delle aree di dissesto, i dataset vettoriali forniti nell'ambito del Progetto di variante al PAI 2025, come visibile dall'estratto cartografico seguente, non mostrano perimetri di dissesto nelle immediate vicinanze dell'areale di intervento, come visibile nel seguente estratto grafico da software GIS.

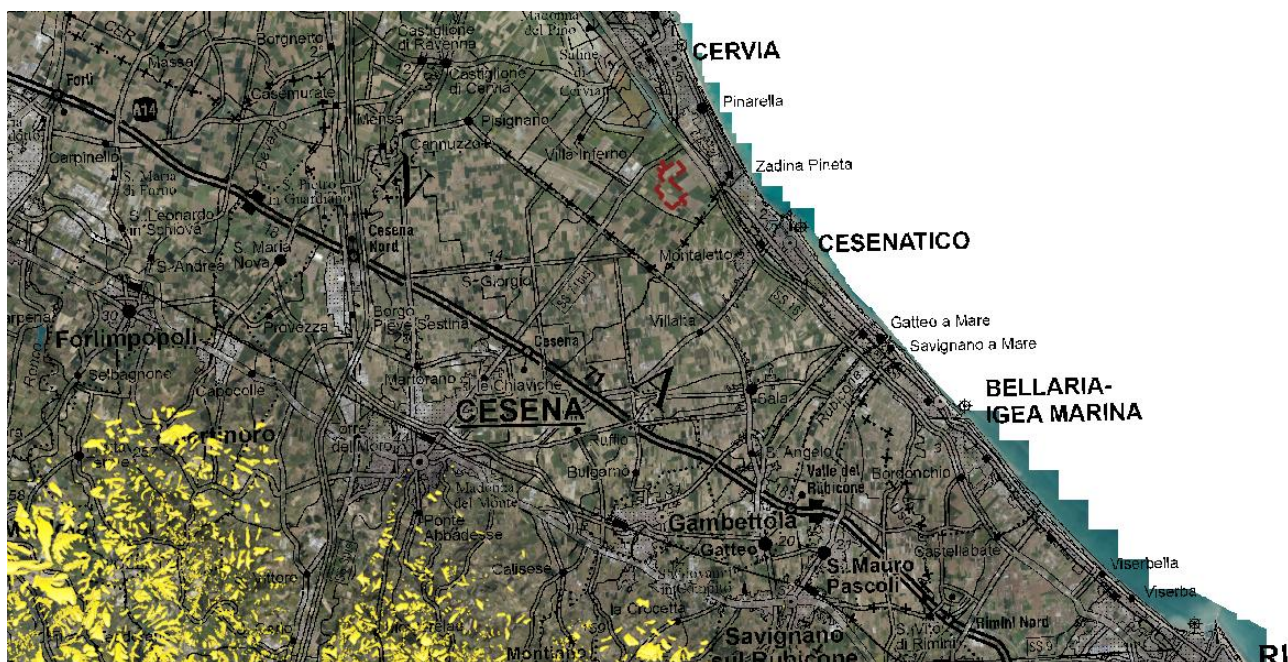


Figura 3 - Area di intervento rispetto alle aree perimetrate in dissesto nell'ambito del Progetto di Variante del PAI PO 2025

Nell'immagine riportata viene indicata l'area di intervento con il puntatore rosso e le aree di dissesto in giallo. Quest'ultime sono site negli ambiti collinari e non interessano le aree di pianura in cui si inserisce l'intervento in progetto, pertanto, non si applicano limitazioni dovute al dissesto geologico.

Nella variante al PAI vengono inoltre delimitate le nuove fasce fluviali secondo la metodologia del PAI Po 2025 e definite le linee di assetto, sulla scorta di recenti aggiornamenti dei quadri conoscitivi relativi alle condizioni di pericolosità e di rischio idraulico, avviati anche in conseguenza degli eventi alluvionali del maggio 2023 e settembre e ottobre 2024 e viene ridefinito l'ambito dei versanti aggiornando la classificazione e le perimetrazioni precedenti secondo un nuovo approccio metodologico tenendo conto delle nuove potenzialità di monitoraggio satellitare.

Rispetto alle nuove perimetrazioni delle fasce fluviali introdotte dalla variante al PAI del 2025, l'areale di intervento è rappresentato nel riquadro 3 delle tavole per il torrente Savio, di cui, di seguito, se ne riporta un estratto grafico.

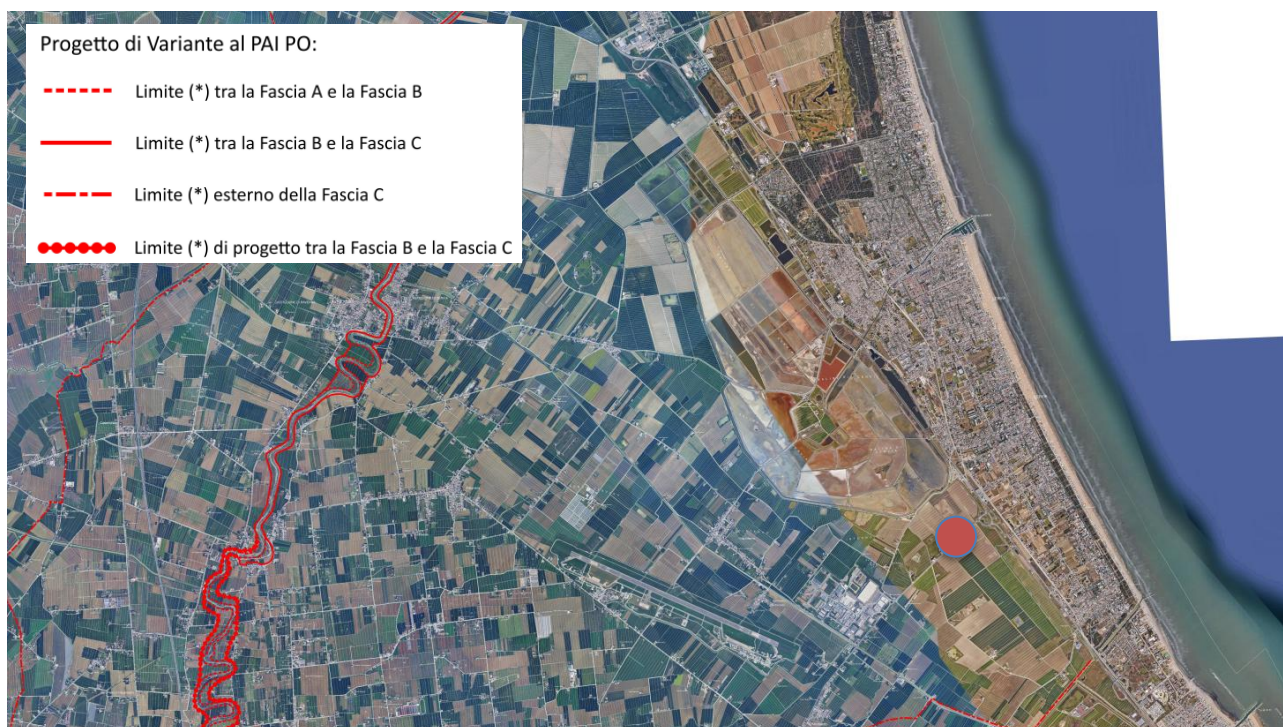


Figura 4 - Estratto del riquadro 03 per il Fiume Savio (pallino rosso: posizione impianto fotovoltaico)

Come visibile dall'estratto riportato, l'areale di intervento è posto all'interno della fascia "C - area di inondazione per piena catastrofica" per la presenza del Fiume Savio.

Si riporta inoltre la valutazione delle perimetrazioni mediante i dataset vettoriali forniti dall'Autorità di Bacino del Fiume Po e suddivisi sulla base dei gradi di pericolosità idraulica del PGRA.



Figura 5 - Estratto grafico da GIS con sovrapposizione delle perimetrazioni del Progetto di Variante al PAI PO 2025

Secondo quanto esposto sopra, infatti, rispetto al Reticolo Principale del PGRA (RP), l'area di intervento ricadrebbe nelle aree a pericolosità "H".

Tuttavia, si evince che la perimetrazione indicata è relativa alla condizione di "defence failure" ovvero alla possibile rottura o sormonto arginale e non per comportamento "usuale" del corpo idrico stesso.

La presenza della delimitazione nell'area "H", secondo il PGRA, comporterebbe limitazioni notevoli alla possibilità edificatoria, tuttavia, la relazione del Progetto di Variante PAI PO 2025 afferma, a pagina 15, che:

"3.3.1 Reticolo Idrografico

Rete idrografica principale (art. 6 comma 1 lett. A delle NA del PAI Po – Fasce Fluviali

Per i corsi d'acqua più significativi del reticolo principale dei bacini idrografici del Reno, Romagnoli e Conca Marecchia, sono delimitate nel presente progetto di variante le fasce fluviali A, B, C e limite B di progetto secondo il metodo del PAI Po (allegato 3 al Titolo II delle Norme di attuazione del PAI Po). I corsi d'acqua e i relativi tratti oggetto di fasce fluviali sono elencati nella Relazione Tecnica delle fasce fluviali. Ai territori ricompresi nelle fasce A, B e C e per il limite B di progetto si applicano le limitazioni e prescrizioni di cui al Titolo II delle Norme di Attuazione del PAI Po, nonché le correlate direttive tecniche e regolamenti.

[...omississ...]"

Successivamente, tale paragrafo elenca le direttive dell'Autorità di Bacino da considerare nelle aree del reticolo principale (RP) senza richiamare l'applicazione della DGR 1300/2016, ma solo l'applicazione in funzione delle fasce fluviali precedentemente richiamate.

Dal punto di vista normativo, inoltre, il Progetto della Variante al PAI viene recepito dal Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po n°4 del 2026 con la pubblicazione delle cartografie per tre mesi dalla pubblicazione in modo da recepire eventuali osservazioni.

Tale decreto, nell'articolo 7 demanda alle Regioni l'applicazione delle limitazioni dovuti alle perimetrazioni nelle fasce H-M ed L rispetto ai Reticoli individuate (RP, RSP, RSCM).

L'articolo 8, in particolare, recita che:

"1. Con riferimento ai corsi d'acqua del Reticolo principale arginati con continuità, le Regioni sono tenute a garantire l'applicazione degli indirizzi normativi di cui al precedente art.7 nelle aree allagabili M-P2 e H-P3, derivanti da scenari di rottura e tracimazione arginale, che ricadono al di fuori delle delimitazioni di Fascia B di cui all'Elaborato 8 del PAI Po.

2. Per le aree M-P2 e H-P3 di cui al comma precedente non possono trovare applicazione le limitazioni e le prescrizioni stabilite dal titolo II delle Norme di Attuazione del PAI Po e del PAI Delta per le fasce B ed A, in quanto non adeguate né tecnicamente applicabili, come in premessa richiamato.

3. Con riferimento agli altri corsi d'acqua del reticolo principale, laddove è necessario aggiornare o delimitare ex novo le fasce fluviali (in relazione alle nuove Mappe) o attuarne l'assetto di progetto, le Regioni sono tenute a garantire altresì l'applicazione degli indirizzi normativi di cui al precedente art.7 nelle aree allagabili M-P2 e H-P3, che ricadono al di fuori o non sono ricomprese nella fascia B.

4. Per le aree M-P2 e H-P3 di cui al comma precedente, le Regioni valuteranno nei loro dispositivi, in relazione alla specificità dei singoli corsi d'acqua, l'applicazione della coerenza rispetto alle limitazioni e alle prescrizioni previste per le fasce fluviali B e A, nelle more dell'aggiornamento delle stesse."

Anche lo stesso decreto, quindi, conferma la non applicabilità delle limitazioni negli ambiti M-P2 ed H-P3 del PAI all'area in oggetto, confermando quindi che per le nuove fasce fluviali si applicano le sole limitazioni della fascia C del PAI Po e non quanto indicato nella DGR 1300/2016 o nel PGRA.

Per maggiore chiarezza, infine, si è osservata anche la relazione di monografia del Fiume Savio Borello, richiamando l'illustrazione dei risultati delle aree allagate in caso di sormonto arginale in corrispondenza dell'abitato di Cervia (pagina 63 della monografia) che si riporta per maggiore chiarezza.

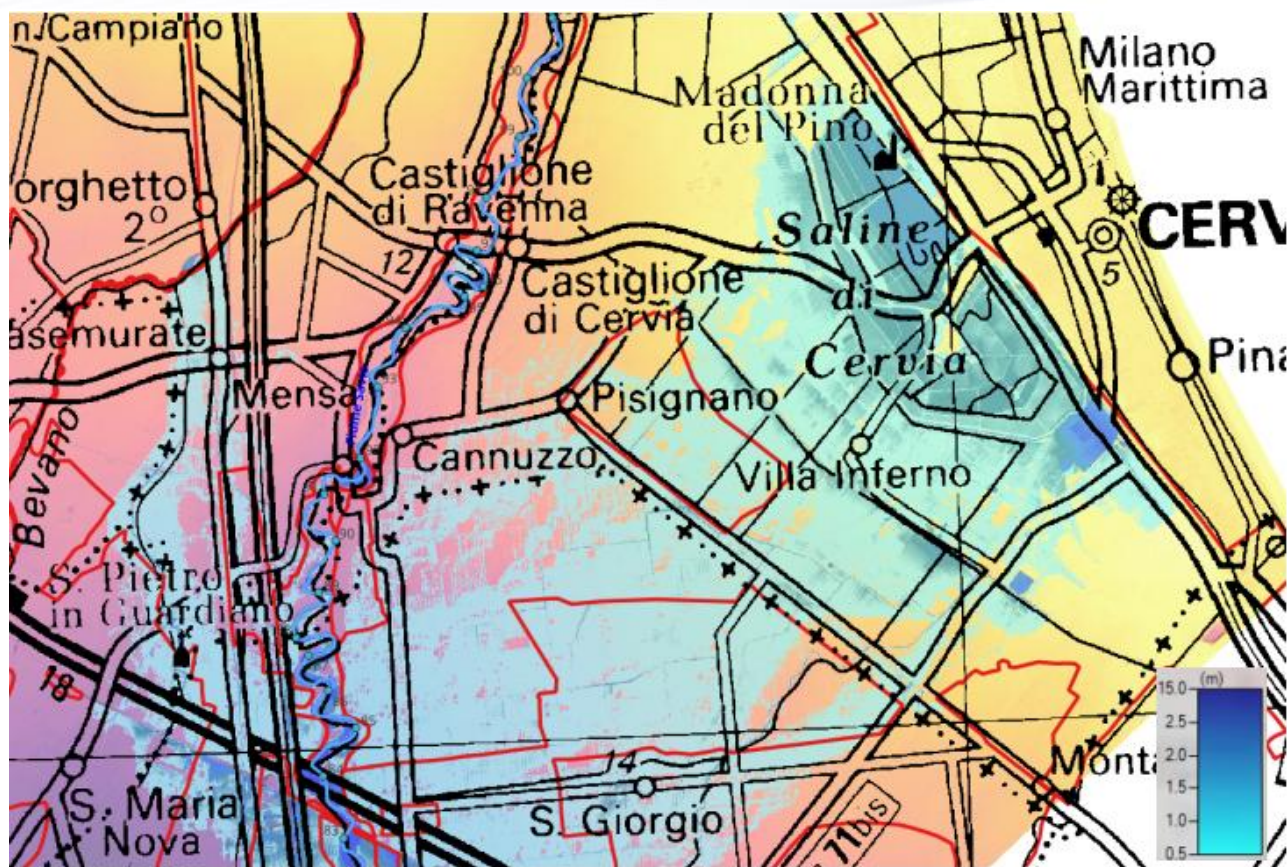


Figura 6 - Estratto delle modellazioni del fiume Savio (monografia)



Figura 7 - Immagine di confronto con riferimento alla medesima cartografia del DBTR



Confrontando i risultati della modellazione nello scenario di "defence failure" proposta dal PAI con il medesimo riferimento cartografico e l'indicazione dell'area di progetto, si osserva immediatamente che l'areale di intervento è comunque al di fuori delle aree raggiunte dagli allagamenti in caso di esondazione/rottura arginale essendo ad Est della viabilità indicata.

I tiranti idrici che possono raggiungere l'impianto sono inferiori a 0,5 metri e per le opere in progetto, quindi, non si hanno interferenze o problematiche che incrementino la vulnerabilità idraulica.

Rispetto al Progetto di Variante PAI 2025, ed al reticolo principale (RP), si applica il PAI in merito alla fascia C di esondazione che prevede l'applicazione dell'articolo 31, ovvero:

"Art. 31. Area di inondazione per piena catastofica (Fascia C)

1. 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 o delle Province, di Programmi di previsione e prevenzione, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del presente Piano.

2. I Programmi di previsione e prevenzione e i Piani di emergenza per la difesa delle popolazioni e del loro territorio, investono anche i territori individuati come Fascia A e Fascia B.

3. In relazione all'art. 13 della L. 24 febbraio 1992, n. 225, è affidato alle Province, sulla base delle competenze ad esse attribuite dagli artt. 14 e 15 della L. 8 giugno 1990, n. 142, di assicurare lo svolgimento dei compiti relativi alla rilevazione, alla raccolta e alla elaborazione dei dati interessanti la protezione civile, nonché alla realizzazione dei Programmi di previsione e prevenzione sopra menzionati. Gli organi tecnici dell'Autorità di bacino e delle Regioni si pongono come struttura di servizio nell'ambito delle proprie competenze, a favore delle Province interessate per le finalità ora menzionate. Le Regioni e le Province, nell'ambito delle rispettive competenze, curano ogni opportuno raccordo con i Comuni interessati per territorio per la stesura dei piani comunali di protezione civile, con riferimento all'art. 15 della L. 24 febbraio 1992, n. 225.

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

5. Nei territori della Fascia C, delimitati con segno grafico indicato come "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C" nelle tavole grafiche, per i quali non siano in vigore misure di salvaguardia ai sensi dell'art. 17, comma 6, della L. 183/1989, i Comuni competenti, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici, entro il termine fissato dal suddetto art. 17, comma 6, ed anche sulla base degli indirizzi emanati dalle Regioni ai sensi del medesimo art. 17, comma 6, sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse ad applicare anche parzialmente, fino alla avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle presenti Norme relative alla Fascia B, nel rispetto di quanto previsto dall'art. 1, comma 1, let. b), del D.L. n. 279/2000 convertito, con modificazioni, in L. 365/2000."

Pertanto, per la fascia C il PAI demanda alle amministrazioni provinciali e locali sulla fattibilità degli interventi, pertanto non si evincono vincoli ostativi se non quelli già valutati negli altri elaborati di progetto in merito ai regolamenti provinciali e comunali.

Considerando invece il Reticolo Secondario di Pianura, il Progetto di Variante del PAI campisce le aree di intervento nella classe di pericolosità idraulica di livello H (P3) ed M (P2).

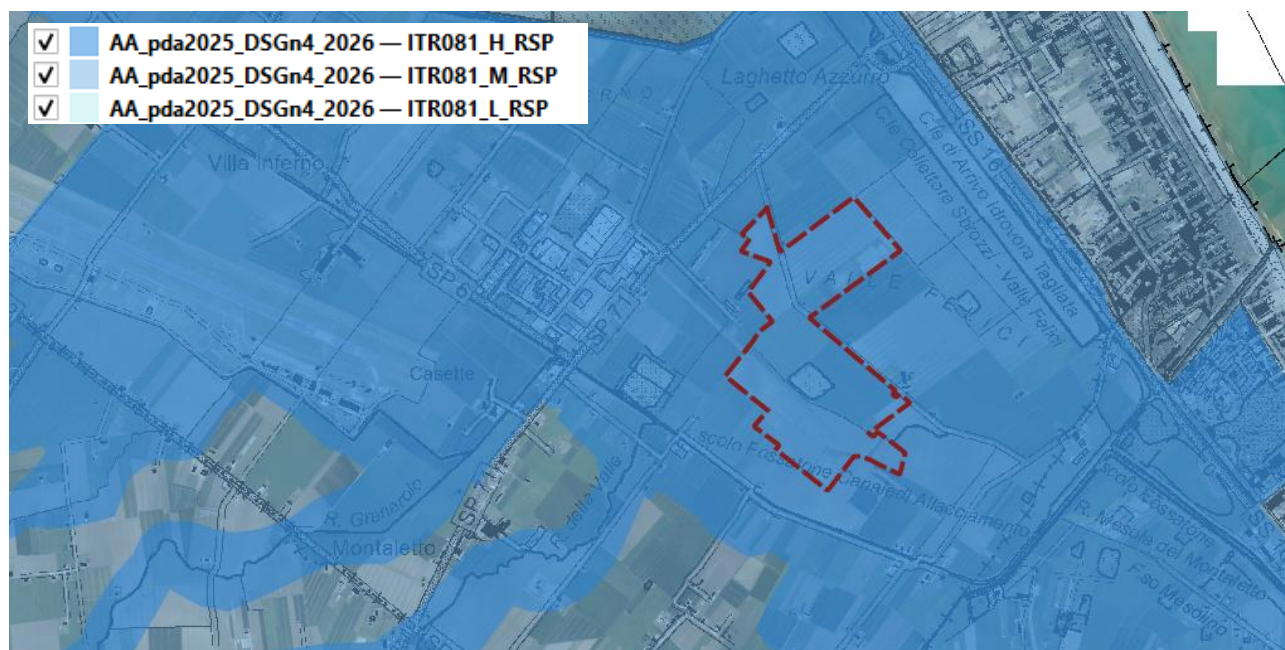


Figura 8 - Estratto delle perimetrazioni della pericolosità per rischio di alluvioni da Progetto di Variante PAI PO 2025
Ricadendo in tali aree, il PAI Po prevede quindi l'applicazione della DGR 1300/2016 che, per tali ambiti prevede:

“5.2 Disposizioni specificheIn 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, finalizzate a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio.

Le successive indicazioni operative vanno considerate per il rilascio dei titoli edilizi relativi ai seguenti interventi edilizi definiti ai sensi delle vigenti leggi:

- a) ristrutturazione edilizia;
- b) interventi di nuova costruzione;
- c) mutamento di destinazione d'uso con opere.



Nelle aree urbanizzabili/urbanizzate e da riqualificare soggette a POC/PUA ubicate nelle aree P3 e P2, nell'ambito della procedura di VALSAT di cui alla L.R. 20/2000 e s.m.i., la documentazione tecnica di supporto ai Piani operativi/attuativi deve comprendere uno studio idraulico adeguato a definire i limiti e gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione locali.

Nell'ambito dei procedimenti inerenti richiesta/rilascio di permesso di costruire e/o segnalazione certificata di inizio attività, si riportano di seguito, a titolo di esempio e senza pretesa di esaustività, alcuni dei possibili accorgimenti che devono essere utilizzati per la mitigazione del rischio e che devono essere assunti in sede di progettazione al fine di garantire la compatibilità degli interventi con le condizioni di pericolosità di cui al quadro conoscitivo specifico di riferimento, demandando alle Amministrazioni Comunali la verifica del rispetto delle presenti indicazioni in sede di rilascio del titolo edilizio.

a. Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture:

a.1. la quota minima del primo piano utile degli edifici deve essere all'altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto ed adeguata al livello di pericolosità ed esposizione;

a.2. é da evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione, quali ad esempio:

- le pareti perimetrali e il solaio di base siano realizzati a tenuta d'acqua;
- vengano previste scale/rampe interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani;
- gli impianti elettrici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto anche in caso di allagamento;
- le aperture siano a tenuta stagna e/o provviste di protezioni idonee;
- le rampe di accesso siano provviste di particolari accorgimenti tecnico-costruttivi (dossi, sistemi di paratie, etc);
- siano previsti sistemi di sollevamento delle acque da ubicarsi in condizioni di sicurezza idraulica. Si precisa che in tali locali sono consentiti unicamente usi accessori alla funzione principale.

a.3. favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti. La documentazione tecnica di supporto alla procedura abilitativa deve comprendere una valutazione che consenta di definire gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità idrauliche rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione."

Dall'analisi del PGRA e della Direttiva Alluvioni, per effetto delle perimetrazioni rispetto al Reticolo Secondario di Pianura, il progetto dell'opera deve prevedere:

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, finalizzate a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio.

Nella presente relazione, pertanto, si darà riscontro, nel seguito, a quanto previsto dal PGRA e dalla DGR 1300/2016 in merito alla riduzione del rischio idraulico ed all'invarianza idraulica.

4. VALUTAZIONI SULL'INVARIANZA IDRAULICA

Nel presente caso, ovvero per la realizzazione di un impianto agrivoltaico, si individuano due elementi nell'areale oggetto di valutazione idraulica:

- Impianto agrivoltaico (pannelli fotovoltaici);
- Stazione elettrica.

Nel presente capitolo viene indicato quanto si prevede per l'impianto agrivoltaico, rimandando alla relazione posta in allegato la valutazione dell'applicazione del principio di invarianza idraulica per la stazione elettrica. Essa infatti è stata già oggetto di opportuno dimensionamento per l'approvazione da parte del Gestore della Rete Elettrica, pertanto, in allegato si riporta l'estratto della soluzione individuata per la gestione e l'assetto delle reti di drenaggio della Stazione Elettrica.

Per l'impianto fotovoltaico, appare evidente che l'incremento di superficie impermeabile dell'areale di intervento risulta limitato in quanto i singoli pannelli non prevedono un sistema specifico di raccolta delle acque ma scaricano, per deflusso superficiale, sui terreni sottostanti e conseguentemente non modificano in modo sostanziale il deflusso libero sulle superfici permeabili dei campi agricoli.

Nel presente caso, inoltre, non esiste un regolamento specifico emesso dal Consorzio di Bonifica Gestore della rete nell'area (Consorzio di Bonifica della Romagna) che regoli le modalità per considerare o definire l'applicazione delle misure di invarianza idraulica nell'ambito del comprensorio e degli impianti fotovoltaici.

Per tale motivazione, al fine di valutare le opere necessarie al rispetto del principio di invarianza idraulica si è ricorsi all'impiego di modellazioni bidimensionali specifiche confrontando lo stato di fatto e lo stato di progetto previsto ed individuando che le portate massime nei corpi idrici ricettori non siano incrementate dalle modifiche introdotte dall'impianto fotovoltaico.

4.1. Modellazione idraulica bidimensionale: Geometria

Per condurre tali verifiche, quindi, si è ricorsi all'utilizzo di un modello idraulico bidimensionale è stato generato utilizzando il software Infoworks ICM, che rappresenta lo stato dell'arte della modellazione integrata 1D/2D; le caratteristiche peculiari del software sono consultabili in maniera compiuta accedendo alle references della software house al link

<https://www.innovyze.com/en-us/products/infoworks-icm> .

La geometria del modello è stata materializzata sulla base del DTM fornito dalla Regione Emilia Romagna realizzato in funzione dei rilievi LIDAR 2024/2025.

L'areale di studio considerato comprende l'intero areale del reticolo di bonifica nell'intorno, come visibile nella seguente immagine estratta da software GIS.



Figura 9 - Vista del modello digitale del terreno nell'areale di intervento

Il modello ricavato dal database regionale è stato successivamente corretto, ricorrendo agli elementi di modellazione del software, in modo da rappresentare correttamente lo stato di fatto, la presenza di tombamenti e opere idrauliche non visibili nel rilievo LIDAR.

La rappresentazione ottenuta ha permesso quindi di generare un dominio di calcolo di estensione pari a circa 381 ettari costituendo una mesh di calcolo formata da 1.191.000 elementi ottenuti mediante una magliatura adattiva rispetto all'andamento altimetrico del terreno con celle di dimensione variabile tra 1.5 m² e 5.0 m².

Di seguito si riporta una vista del modello impiegato per la simulazione dello stato di fatto.



Figura 10 - Vista del modello nell'ambiente software di modellazione bidimensionale idraulica

Modellazione idraulica bidimensionale: Piogge di progetto

Al fine di definire il comportamento dell'area in corrispondenza delle piogge intense, sono stati stimati gli ietogrammi di riferimento.

Lo ietogramma di pioggia di progetto è stato stimato della tipologia "Chicago" ricorrendo all'applicazione delle curve di possibilità pluviometrica del comprensorio di bonifica della Romagna, riportati nelle pubblicazioni del Consorzio stesso e visibili nelle seguenti tabelle.

per $T_p \geq 1h$

| TR (anni) | a | | | | n | | | |
|--------------|--------|--------|-------|---------|--------|--------|-------|---------|
| | Rimini | Cesena | Forlì | Ravenna | Rimini | Cesena | Forlì | Ravenna |
| 10 | 40.86 | 35 | 35 | 35 | 0.28 | 0.33 | 0.33 | 0.33 |
| 30 | 51.09 | 51 | 48 | 51 | 0.27 | 0.29 | 0.30 | 0.28 |
| 50 | 55.76 | 58 | 54 | 58 | 0.27 | 0.29 | 0.28 | 0.30 |
| 200 | 76.63 | 74 | 72 | 74 | 0.26 | 0.29 | 0.28 | 0.30 |

per $T_p < 1h$

| TR (anni) | a | | | | n | | | |
|--------------|--------|--------|-------|---------|--------|--------|-------|---------|
| | Rimini | Cesena | Forlì | Ravenna | Rimini | Cesena | Forlì | Ravenna |
| 10 | 43.23 | 37 | 37 | 37 | 0.67 | 0.48 | 0.48 | 0.48 |
| 30 | 54.64 | 47 | 47 | 47 | 0.73 | 0.48 | 0.48 | 0.48 |
| 50 | 59.86 | 53 | 53 | 53 | 0.75 | 0.48 | 0.48 | 0.48 |
| 200 | 73.95 | 68 | 68 | 68 | 0.79 | 0.48 | 0.48 | 0.48 |

Nel caso del Comune di Cervia si adottano quindi le curve pluviometriche indicate per l'areale di Ravenna.

In funzione delle curve di possibilità pluviometrica precedentemente riportate, sono quindi stati elaborati gli ietogrammi di riferimento, di tipo Chicago, per i valori del tempo di ritorno di 30, 50 e 200 anni.

Lo ietogramma Chicago è caratterizzato da un picco di intensità massima i_{max} e da un'intensità media uguale a quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica; se tale curva è espressa con la consueta formula monomia a due parametri, l'intensità $i(t)$ e l'altezza di pioggia $h(t)$ dello ietogramma sono date dalle equazioni:

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{t_r - t}{k} \right)^{n-1} \quad h(t) = k \cdot a \cdot \left[\left(\frac{t_r}{k} \right)^n - \left(\frac{t_r - t}{k} \right)^n \right] \quad \text{per } t \leq t_r$$

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{t - t_r}{1 - k} \right)^{n-1} \quad h(t) = a \cdot \left[k \cdot \left(\frac{t_r}{k} \right)^n + (1 - k) \cdot \left(\frac{t - t_r}{1 - k} \right)^n \right] \quad \text{per } t \geq t_r$$

dove $t_r = k \cdot \theta$ è l'istante di tempo in cui si verifica il picco.

Nello studio in esame, dato che le piogge di maggiore intensità si registrano per durate inferiori all'ora, si è considerato di massimizzare l'evento di pioggia considerando una durata complessiva $\theta = 60,00 \text{ minuti}$ e la posizione del picco pari alla metà della durata complessiva dell'evento, da cui: $k = 0,5$

Si è assunto inoltre un intervallo di discretizzazione pari a 1,5 minuti, per cui l'intensità massima si avrà per un tempo di 30 minuti circa.

Di seguito si riportano quindi i tre ietogrammi determinati sulla base dell'analisi condotta, indicando comunque, che per l'opera in oggetto il tempo di ritorno da considerare è pari ad almeno 30 anni, ietogramma quindi adottato nelle modellazioni effettuate.

| IETOGRAMMA CHICAGO TR 30 (D<1 ora) | | | |
|--|----|-------|------|
| Tempo di ritorno | TR | 30 | anni |
| Parametro C.P.P. | a | 47 | mm |
| Parametro C.P.P. | n | 0,48 | - |
| Tempo critico di progetto | Tc | 1,00 | ore |
| Posizione del picco | k | 0,5 | - |
| Intervallo di calcolo | Dt | 0,025 | ore |
| Tempo di picco | tr | 0,500 | ore |
| $i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{t_r - t}{k}\right)^{n-1} \quad h(t) = k \cdot a \cdot \left[\left(\frac{t_r}{k}\right)^n - \left(\frac{t_r - t}{k}\right)^n\right] \quad \text{per } t \leq t_r$ | | | |
| $i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{t - t_r}{1-k}\right)^{n-1} \quad h(t) = a \cdot \left[k \cdot \left(\frac{t_r}{k}\right)^n + (1-k) \cdot \left(\frac{t - t_r}{1-k}\right)^n\right] \quad \text{per } t \geq t_r$ | | | |

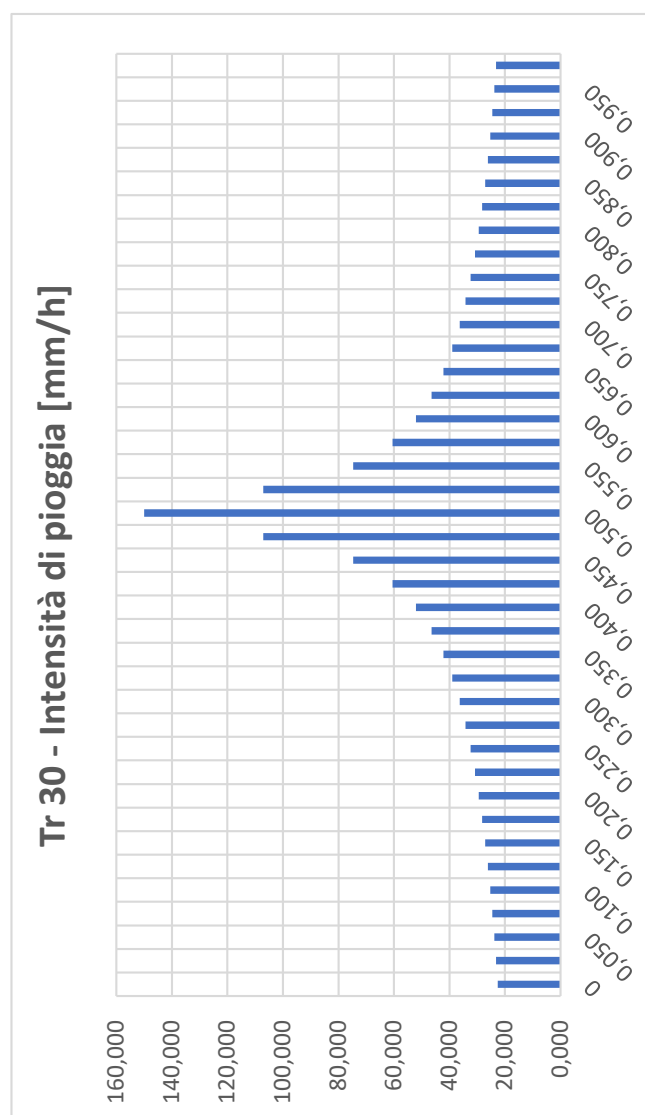


Figura 11 - Ietogramma di pioggia di progetto per TR 30 anni

| IETOGRAMMA CHICAGO TR 50 (D<1 ora) | | | |
|--|----|-------|------|
| Tempo di ritorno | TR | 50 | anni |
| Parametro C.P.P. | a | 53 | mm |
| Parametro C.P.P. | n | 0,48 | - |
| Tempo critico di progetto | Tc | 1,00 | ore |
| Posizione del picco | k | 0,5 | - |
| Intervallo di calcolo | Dt | 0,025 | ore |
| Tempo di picco | tr | 0,500 | ore |
| $i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{t_r - t}{k}\right)^{n-1} \quad h(t) = k \cdot a \cdot \left[\left(\frac{t_r}{k}\right)^n - \left(\frac{t_r - t}{k}\right)^n\right] \quad \text{per } t \leq t_r$ | | | |
| $i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{t - t_r}{1-k}\right)^{n-1} \quad h(t) = a \cdot \left[k \cdot \left(\frac{t_r}{k}\right)^n + (1-k) \cdot \left(\frac{t - t_r}{1-k}\right)^n\right] \quad \text{per } t \geq t_r$ | | | |

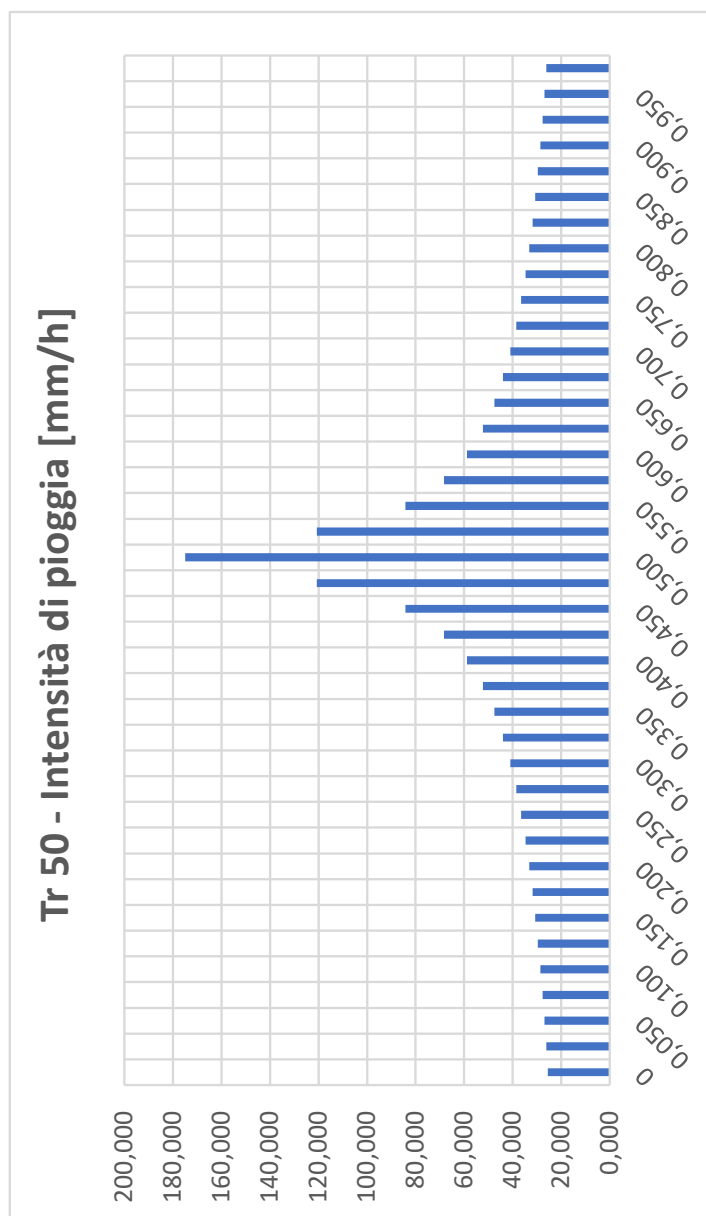


Figura 12 - Ietogramma di pioggia di progetto per TR 50 anni

| IETOGRAMMA CHICAGO TR 200 (D<1 ora) | | | |
|--|----|-------|------|
| Tempo di ritorno | TR | 200 | anni |
| Parametro C.P.P. | a | 68 | mm |
| Parametro C.P.P. | n | 0,48 | - |
| Tempo critico di progetto | Tc | 1,00 | ore |
| Posizione del picco | k | 0,5 | - |
| Intervallo di calcolo | Dt | 0,025 | ore |
| Tempo di picco | tr | 0,500 | ore |
| $i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{t_r - t}{k}\right)^{n-1} \quad h(t) = k \cdot a \cdot \left[\left(\frac{t_r}{k}\right)^n - \left(\frac{t_r - t}{k}\right)^n\right] \quad \text{per } t \leq t_r$ | | | |
| $i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{t - t_r}{1 - k}\right)^{n-1} \quad h(t) = a \cdot \left[k \cdot \left(\frac{t_r}{k}\right)^n + (1 - k) \cdot \left(\frac{t - t_r}{1 - k}\right)^n\right] \quad \text{per } t \geq t_r$ | | | |

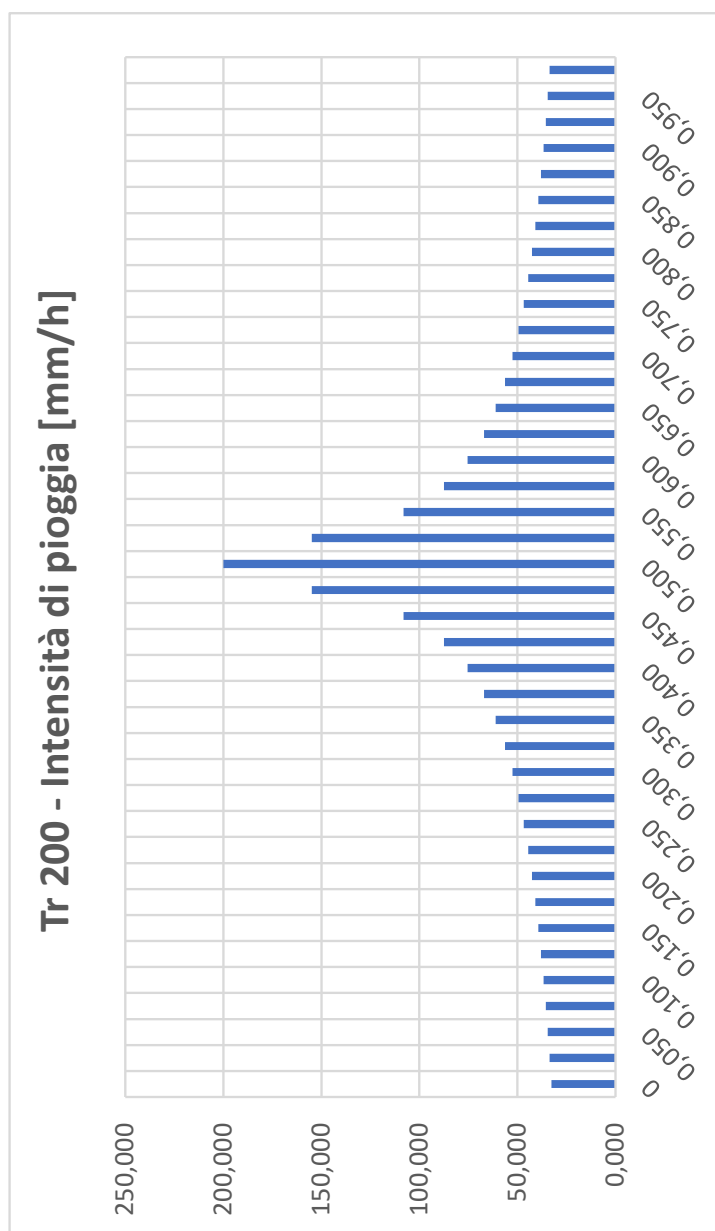


Figura 13 - Ietogramma di pioggia di progetto per TR 200 anni

4.2. Modellazione idraulica bidimensionale: Risultati nello stato di fatto

Nello stato di fatto, considerando la destinazione strettamente agricola dell'area, è stato attribuito un coefficiente cautelativo di permeabilità dell'area di intervento pari mediamente all'80%.

Simulando l'evento di pioggia si ottiene una simulazione delle dinamiche di pioggia e dei possibili deflussi superficiali nell'area di intervento.

Di seguito si osservano i tiranti idrici ottenuti nella modellazione, rimandando alla planimetria in allegato per un dettaglio dei risultati.



Figura 14 - Vista dei risultati della simulazione per TR50 nello stato di fatto

Dalla simulazione effettuata, quindi, si è stimato l'andamento dei tiranti idrici transitanti nei corpi idrici ricettori principali (nei punti contrassegnati nella planimetria precedente), durante la simulazione, ottenendo i seguenti grafici:

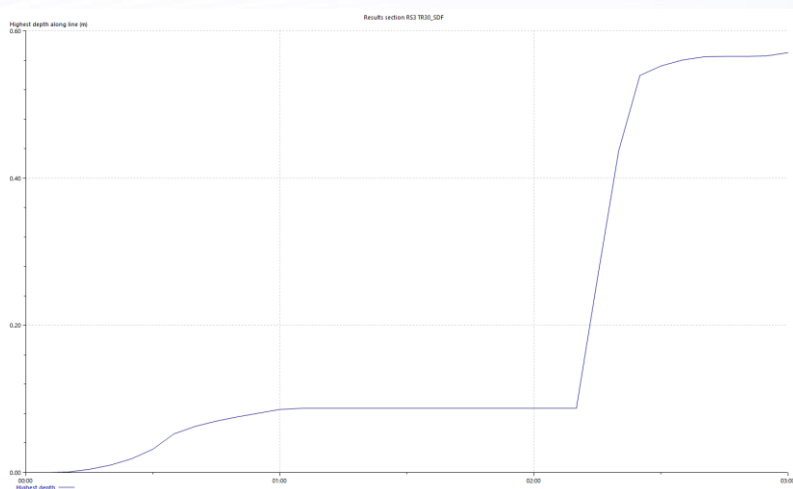


Figura 15 - Tirante idrico nel punto RS1

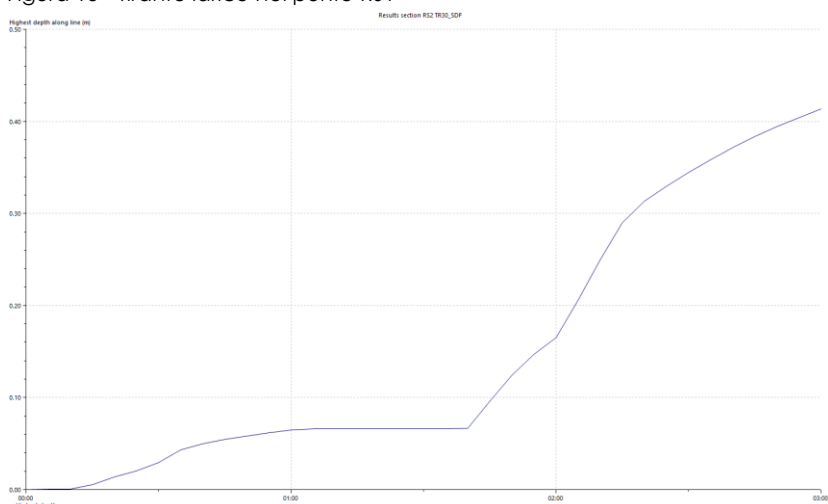


Figura 16 - Tirante idrico nel punto RS2

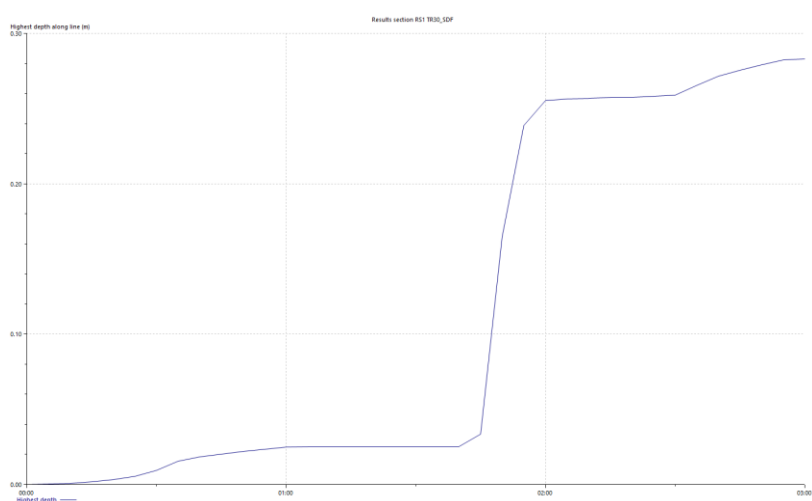


Figura 17 - Tirante idrico nel punto RS3

Nelle tre sezioni considerate si ottiene un tirante idrico massimo, conseguente l'evento con tempo di ritorno di 30 anni, pari a:

RS1: 55 cm;

RS2: 42 cm;

RS3: 28 cm.

I livelli idrici nei fossi secondari di scolo, quindi, non determinano alluvionamenti sensibili degli areali. Osservando, comunque, le aree allagate si evince che la distribuzione degli impluvi dei campi agricoli effettua una laminazione naturale delle acque di pioggia con tiranti contenuti e distribuiti omogeneamente nell'areale.

4.3. Modellazione idraulica bidimensionale: Risultati nello stato di progetto

Nello stato di progetto si è modellata la modifica altimetrica dei campi oggetto di intervento prevedendo il mantenimento delle direzioni di scolo ma prevedendone la sopraelevazione al fine di ridurre la vulnerabilità idraulica.

Oltre a tale modifica sono state previste le seguenti modifiche al reticolo secondario esistente:

Rettifica di alcuni fossati (secondari) con aumento della sezione idrica trasversale come visibile nella seguente figura;

Realizzazione di nuovi fossi di scolo, collegati ai recettori naturali, con limitazione della portata di scarico mediante l'impiego di condotta in PVC con diametro massimo di 160 mm;

Le modifiche previste, portano ad ottenere il seguente assetto delle aree potenzialmente allagabili in caso di eventi con Tempo di Ritorno di 30 anni considerando, cautelativamente, un coefficiente di afflusso del 20% compatibile con lo scarico su suolo ed il deflusso superficiale.



Figura 18 - Vista dei risultati della simulazione per TR50 nello stato di progetto. I valori inferiori dei tiranti sono di 1 cm (azzurro chiaro).

Dall'immagine riportata si osserva che il deflusso superficiale procede nelle direzioni di progetto verso i corpi ricettori esistenti e di nuova realizzazione senza compromettere le aree poste al contorno o poste a valle.

Dalla simulazione effettuata, quindi, si è stimato l'andamento dei tiranti idrici transitanti nei corpi idrici ricettori principali (nei punti contrassegnati nella planimetria precedente), durante la simulazione, ottenendo i seguenti grafici:

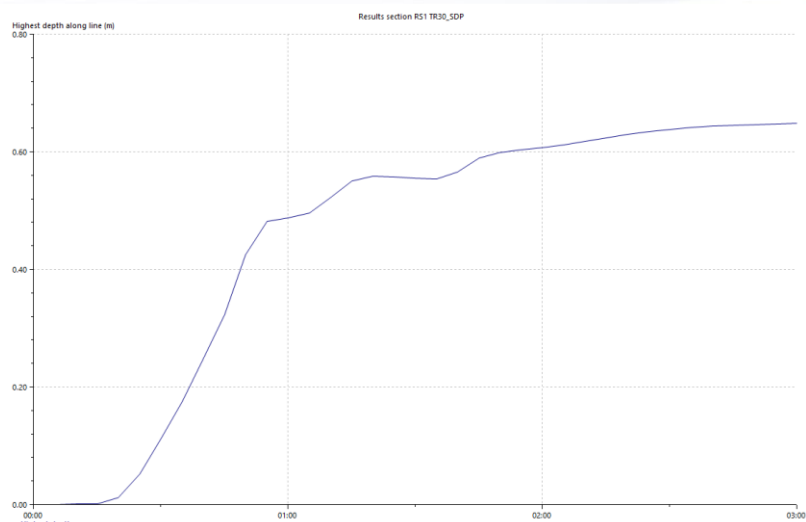


Figura 19 - Tirante idrico nel punto RS1 nello stato di progetto

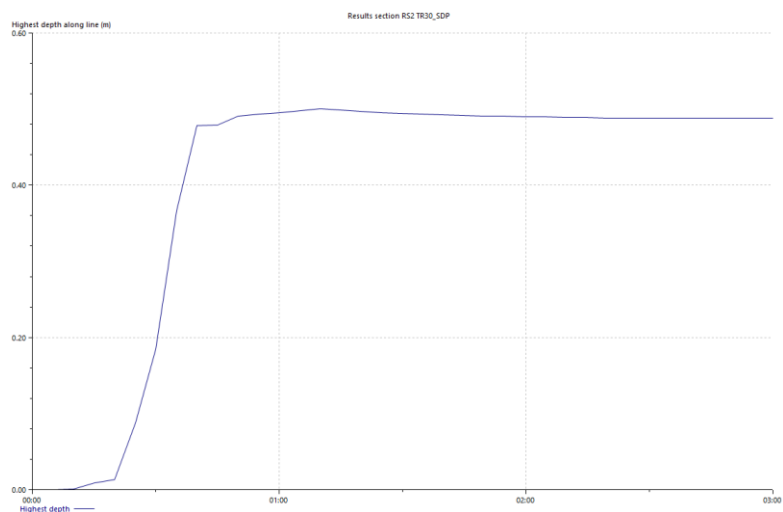


Figura 20 - Tirante idrico nel punto RS2 nello stato di progetto

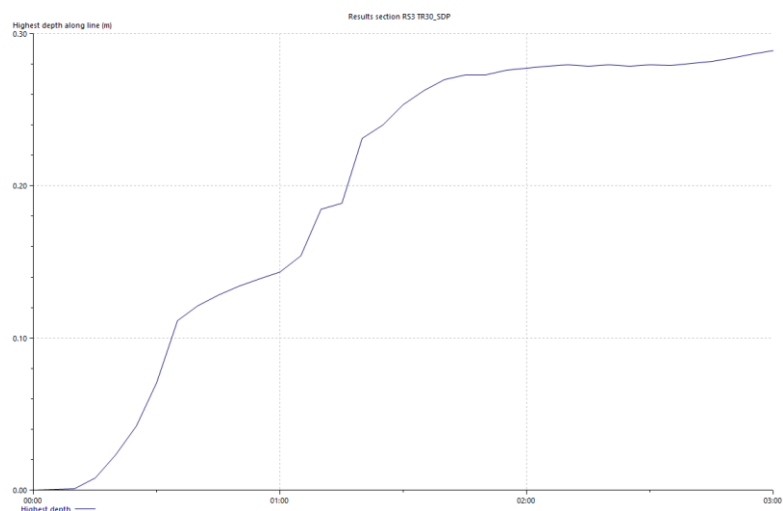


Figura 21 - Tirante idrico nel punto RS3 nello stato di progetto

Nelle tre sezioni considerate si ottiene un tirante idrico massimo, conseguente l'evento con tempo di ritorno di 30 anni, che si stabilizza attorno ai seguenti valori:

RS1: 62 cm;

RS2: 48 cm;

RS3: 28 cm.

I risultati nello stato di progetto mostrano come gli interventi previsti incidano di circa 10 cm nella sezione RS1 per effetto del sollevamento di parte della sponda destra che, tuttavia determina un accumulo locale che non incide sulle aree a valle.

Nel caso delle sezioni RS2 ed RS3 il livello è pressochè stabile senza sostanziali modifiche.

Si fa notare che l'introduzione di sistemi di laminazione integrativi rispetto allo stato attuale determini un miglioramento nelle curve di aumento dei livelli nelle tre sezioni realizzando degli andamenti più lineari e stabili e regolari.

Tale condizione, quindi, come visibile dall'intorno, non modifica l'idraulica a scala globale rendendo l'intervento compatibile.

5. MISURE DI RIDUZIONE DELLA VULNERABILITA' IDRAULICA

Come indicato in precedenza, il progetto di Variante del PAI PO 2025, nonché il PGRA e la DGR 1300/2016 prevedono l'indicazione, per le aree ricadenti nelle perimetrazioni P3-H e P2-M, delle misure di riduzione della vulnerabilità idraulica. Richiamando la norma, le misure attuate sono indicate nella seguente tabella riepilogativa.

| MISURE PER RIDURRE IL DANNEGGIAMENTO DEI BENI E DELLE STRUTTURE (PARAGRAFO 5.2, punto a. della D.G.R. 1300 del 2016) | MISURE ADOTTATE O DA ADOTTARE NEL PRESENTE CASO |
|---|---|
| <p>a.1 La quota minima del primo piano utile degli edifici deve essere all'altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto ed adeguata al livello di pericolosità ed esposizione;</p> <p>a.2 E' da evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati non dotati di sistemi di autoprotezione, quali ad esempio:</p> <ul style="list-style-type: none"> - le pareti perimetrali e il solaio di base siano realizzati a tenuta d'acqua; - vengano previste scale/rampe interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani; - gli impianti elettrici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto anche in caso di allagamento; - le aperture siano a tenuta stagna e/o provviste di protezioni idonee; | <p>SI PREVEDE LA REGOLARIZZAZIONE DEL TERRENO MANTENENDO I CORPI IDRICI RICETTORI DESTINATARI COME NELLO STATO DI FATTO (VEDI ELABORATI DI PROGETTO) ANDANDO SOLO AD ACCENTURE LE PENDENZE IN DIREZIONE DEI FOSSI DI SCOLO CON UN MASSIMO DI AUMENTO DEL LIVELLO DI 50 cm.</p> <p>NEL CASO DELLA STAZIONE ELETTRICA, COME INDICATO IN PRECEDENZA, SI RIMANDA ALLA RELAZIONE INDIVIDUATA DOVE SI OTTIENE IL FRANCO DI SICUREZZA E LE AZIONI PREVISTE PER TALI OPERE IN RIGUARDO ALLA SICUREZZA IDRAULICA. LE CABINE ELETTRICHE DI ZONA, INOLTRE, SARANNO SOLLEVATE RISPETTO ALL'ATTUALE P.C. DI CIRCA 90 cm IN MODO DA RIDURRE LA VULNERABILITA'. TALE VALORE E' RICONDOTTO ALL'ANALISI EFFETTUATE PER L'AREA DELLA STAZIONE ELETTRICA, SI RIMANDA QUINDI ALLA RELAZIONE IN ALLEGATO PER MAGGIORI DETTAGLI.</p> <p>LA DESTINAZIONE D'USO DELL'OPERA NON PREVEDE LA PRESENZA COSTANTE DI PERSONALE, INOLTRE NON SONO PREVISTI LOCALI E/O FABBRICATI E/O OPERE INTERRATE ACCESSIBILI DAL PERSONALE.</p> |

| | |
|---|---|
| <p>- le rampe di accesso siano provviste di particolari accorgimenti tecnico-costruttivi (dossi, sistemi di paratie, etc);</p> <p>- siano previsti sistemi di sollevamento delle acque da ubicarsi in condizioni di sicurezza idraulica.</p> <p>Si precisa che in tali locali sono consentiti unicamente usi accessori alla funzione principale.</p> <p>a.3 Favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.</p> | <p>NON SONO PREVISTI LAVORI CHE COMPORTINO L'ACCUMULO DI ACQUE E/O AGGRAVINO PER LE CONDIZIONI DI PERICOLOSITA'/RISCHIO PER LE AREE CIRCOSTANTI COME MOSTRATO ANCHE DALLE MODELLAZIONI BIDIMENSIONALI EFFETTUATE</p> |
|---|---|

6. CONCLUSIONI

Dalla presente relazione, quindi, si può evincere che l'intervento in progetto è compatibile con le previsioni della normativa vigente.

Nel progetto, in particolare, si è considerato il rispetto del principio di invarianza idraulica e le misure di riduzione della vulnerabilità idraulica realizzando anche un modello idraulico bidimensionale a partire dalle piogge di progetto con tempo di ritorno di 30 anni, dimostrando che l'intervento non determina modifiche sostanziali all'idraulica locale e pertanto si ritiene compatibile.

Si rimanda agli ulteriori elaborati di progetto per un maggiore dettaglio delle opere previste.

Bologna,
Marzo 2026

Ing. Yos Zorzi



7. ALLEGATI

TAVOLA 1 - MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE IDRAULICA STATO DI FATTO (Ietogramma Chicago TR30)

TAVOLA 2 - MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE IDRAULICA STATO DI PROGETTO (Ietogramma Chicago TR30)

RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA REDATTA PER LA STAZIONE ELETTRICA (vedi elaborato di progetto C5008.S.R05)

Legenda:

AREA_PANNELLI

RISULTATI

TR300_SDF

0,002 - 0,01

0,01 - 0,05

0,05 - 0,15

0,15 - 0,3

0,3 - 2

RER2023_24_RGB



Legenda:

AREA_PANNELLI

RISULTATI

TR30_SDP

0,002 - 0,01

0,01 - 0,05

0,05 - 0,15

0,15 - 0,3

0,3 - 2

RER2023_24_RGB

