




**Impianto agrivoltaico di produzione di energia elettrica
da fonte solare fotovoltaica e relative opere connesse
della potenza di 24.980,76 kWp, denominato
“PORTOMAGGIORE”**

**Regione Emilia-Romagna
Comune di Portomaggiore (FE), Località Pomona**

**PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**




09/2024	00	Prima emissione	Dallari P. L.	Francavilla G. Marabeti L. D'Amico G.	Boni Castagnetti F.
Data	Rev.	Descrizione Emissione	Preparato	Verificato	Approvato
Logo Committente e Denominazione Commerciale 			ID Documento Committente CoD084_FV_00030_BCR		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale  deve-loop S.r.l. unipersonale			ID Documento Appaltatore FV_IR_03.Portomaggiore_PD.ELA.30		

	ID Documento Committente CoD084_FV_00030_BCR	Pagina 2 / 41
		Numero Revisione
		00

Sommario

1	Premessa.....	3
1.1	Metodologia.....	5
2	Inquadramento geografico dell'area	6
3	Descrizione del progetto	7
4	Normativa.....	12
4.1	Piano Stralcio per l'Assetto Idrologico (PAI)	13
4.2	Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA).....	18
4.3	Piano Urbanistico Generale (PUG)	23
5	Inquadramento Geologico, Idrogeologico e Idrografico.....	24
6	Compatibilità Idraulica	28
7	Studio Idrologico.....	29
7.1	Analisi Geomorfologica del bacino.....	31
7.2	Stima del tempo di corrivazione.....	32
7.3	Trasformazioni delle superfici in termini di impermeabilizzazione	33
7.4	Analisi Idrologica	34
7.5	stima delle portate di deflusso	35
7.6	Stima dei Volumi Minimi di Invaso.....	36
8	Conclusioni	40

	ID Documento Committente	Pagina 3 / 41
	CoD084_FV_00030_BCR	Numero Revisione
		00

1 Premessa

Il presente documento riporta lo Studio **Idrologico e Idraulico** a corredo del Progetto Definitivo inerente alla realizzazione di un impianto “agrivoltaico” denominato "**Portomaggiore**". L'impianto è progettato per produrre energia elettrica in collegamento alla rete di distribuzione. La **potenza di picco** dell'impianto prevista è pari a **24.980,76 kWp**, il collegamento alla rete verrà realizzato tramite un cavidotto AT 36 kV, connesso ad una nuova Stazione Elettrica RTN 380/132/36 kV.

L'impianto fotovoltaico verrà realizzato a terra, nel Comune di **Portomaggiore** in provincia di Ferrara, in un terreno avente l'area netta d'intervento di circa **34,7 ettari**. Il cavidotto, di lunghezza totale di 2,8 km circa, correrà in parte su strada pubblica e in parte su strada privata, nel territorio del Comune di Portomaggiore (FE), collegando l'impianto ad una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV.

L'area dell'impianto in oggetto è situata nel Comune di Portomaggiore in provincia di Ferrara, censita in catasto terreni al Foglio 151 p.lle 14, 25, 26, 27, 28, 34, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 75, 85, 90, 96, 101, 104, 108, 110, e individuato alle coordinate 44°40'26.67"N - 11°50'50.89"E.

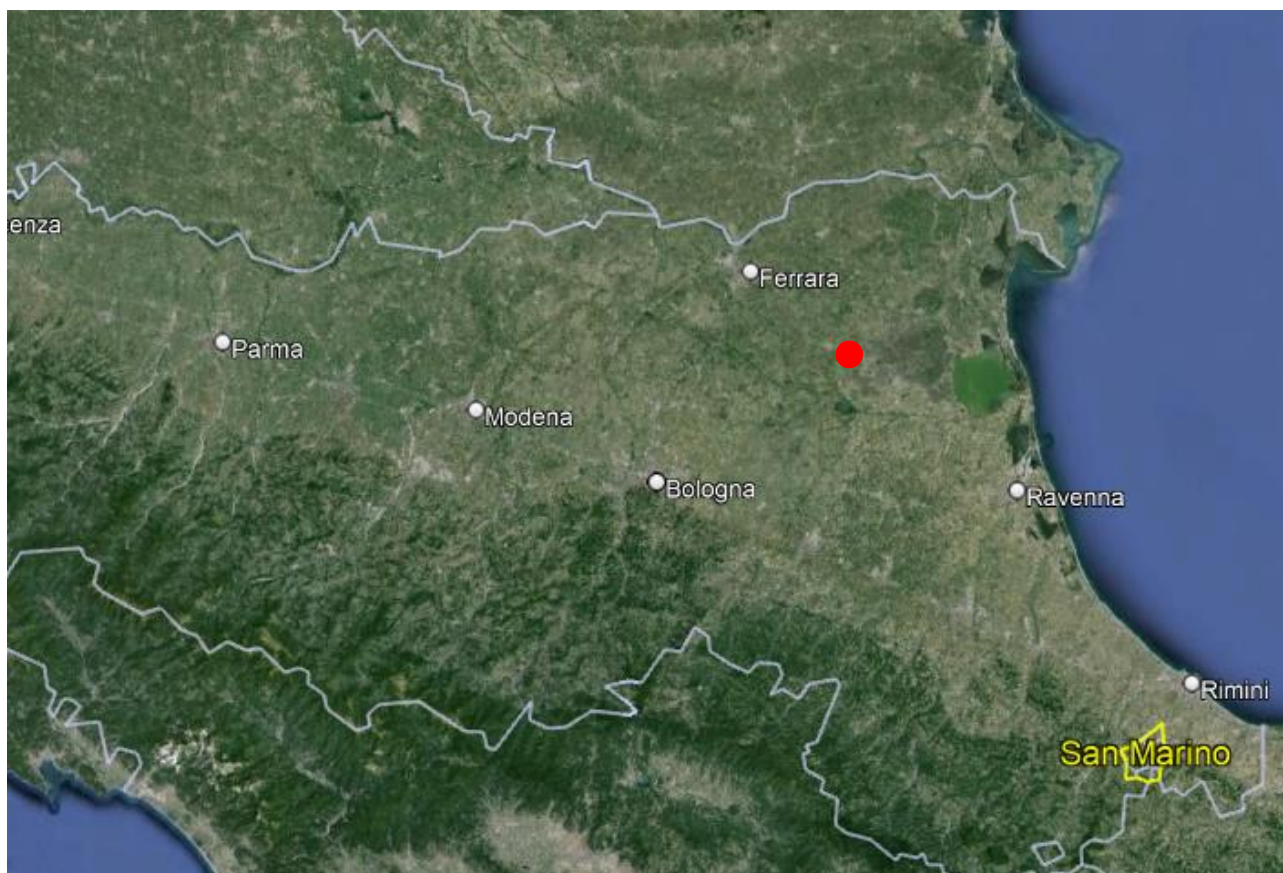



Figura 1: Inquadramento dell'area di intervento

	ID Documento Committente	Pagina 4 / 41
	CoD084_FV_00030_BCR	Numero Revisione
		00

La relazione riporta in particolare lo Studio Idrologico Idraulico delle aree scolanti interessate dalle opere del progetto agrivoltaico e della stazione elettrica, analizzando il possibile impatto del progetto da un punto di vista **idrologico** (valutazione variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista **idraulico** (valutazione variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricettore finale).

Scopo di tale elaborato è dimostrare l'ammissibilità degli interventi in progetto in relazione all'assetto idraulico dell'area, verificando le possibili interazioni e interferenze nonché prospettando soluzioni atte a garantire il corretto regime idraulico.


In tal senso, il presente elaborato, oltre a fornire una descrizione delle caratteristiche attuali dei luoghi interessati dal progetto, valuta le modifiche introdotte dall'intervento progettuale previsto, ne verifica l'ammissibilità e propone delle misure compensative secondo il **principio dell'invarianza idraulica**, allo scopo cioè di smaltire le acque meteoriche ricadenti nell'area di futuro intervento senza alterare il regime idraulico del territorio entro cui questa si inserisce.

Lo studio è stato condotto avvalendosi delle informazioni provenienti dalla bibliografia e dalla cartografia geologica esistenti e si compone di due fasi principali:

- Studio Idrologico-Idraulico mirato e definire i livelli di sicurezza idraulica;
- Calcolo dei Volumi di Compensazione degli effetti indotti dalla trasformazione, secondo il principio della invarianza idraulica del territorio.



Figura 2: Inquadramento del progetto

	ID Documento Committente CoD084_FV_00030_BCR	Pagina 5 / 41
		Numero Revisione
		00

1.1 Metodologia

Lo studio idraulico prevede l'analisi della normativa vigente, dal punto di vista della pericolosità idraulica, e della situazione morfologica attuale del sito.

A tal fine, sono stati consultati gli studi idraulici di supporto ai Piani di settore (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico **P.A.I.** della Regione Emilia-Romagna – 2022; Piano di gestione del Rischio di Alluvioni **P.G.R.A.**, Emilia-Romagna – 2024).

Da tali consultazioni sono stati estrapolati i dati sul valore di **battente idraulico** relativo all'evento di piena con tempo di ritorno di **50 anni**. Sulla base di tale battente sono poi state calcolate le quote di sicurezza idraulica per le opere in progetto e, conseguentemente, i volumi di compensazione. Ai fini del rispetto delle condizioni di “**invarianza idraulica del territorio**”, sono state determinate le portate di massima piena provenienti dall'area in esame nella situazione attuale e dopo gli interventi di urbanizzazione, con lo scopo di calcolare l'incremento di portata di massima che si verifica a seguito dell'installazione dei pannelli fotovoltaici.

Il dimensionamento del volume di laminazione si basa su dati derivanti dall'elaborazione statistica di dati pluviometrici, al fine di determinare la curva di possibilità climatica con tempo di ritorno prefissato.

Stabilita la pioggia di progetto, è stata determinata la portata di piena attraverso l'uso del Metodo Razionale, che considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore della portata di massima piena con le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino,
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T di quello dell'intensità di pioggia,
- il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione;
- l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del tempo di corrivazione t_c . Il tempo di corrivazione è definito in via teorica come il tempo che impiega la precipitazione che cade nella parte più distante del bacino a raggiungere la sezione terminale; una definizione forse migliore è che esso rappresenta l'intervallo di tempo dall'inizio della precipitazione oltre al quale tutto il bacino contribuisce al deflusso nella sezione terminale.

2 Inquadramento geografico dell'area

L'area oggetto dell'iniziativa agrivoltaica, è localizzata a Sud-Est rispetto al centro abitato del comune di Portomaggiore ad una distanza di circa 3 km dallo stesso.

In prossimità dell'area di impianto, si evidenzia la presenza di viabilità esistente ed in particolare in direzione Nord-Est rispetto all'area di progetto, si segnala la presenza della Strada Provinciale S.P. via Rangona: tale aspetto risulta favorevole in quanto l'area di intervento risulta di facile raggiungimento.

Il terreno interessato dall'area di impianto è censito al catasto terreni del comune di Portomaggiore al Foglio 151 p.lle 14, 25, 26, 27, 28, 34, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 75, 85, 90, 96, 101, 104, 110

Di seguito si riporta un estratto dell'inquadramento catastale relativo all'area oggetto.




Figura 3: Inquadramento catastale dell'area agrivoltaica

Nel dettaglio, la superficie netta sulla quale verranno installati i pannelli fotovoltaici (area perimetrata in verde in figura 3), ha un'estensione netta di circa 347.916 mq (circa **34,7 ha**) ed è compresa alle quote topografiche variabili da -1 a -2 m s.l.m.

Per quanto riguarda la stazione elettrica RTN è situata a Sud dall'area di impianto ad una distanza di circa 2 km dallo stesso.

In prossimità dell'area di impianto, si evidenzia la presenza di viabilità esistente ed in particolare in direzione Est rispetto all'area, si segnala la presenza della Strada via Portoni Bandissolo.

	ID Documento Committente	Pagina 7 / 41
	CoD084_FV_00030_BCR	Numero Revisione
		00

3 Descrizione del progetto

L'impianto sarà realizzato con moduli ubicati a terra: i pannelli fotovoltaici saranno installati su opportune strutture di sostegno, di tipo tracker monoassiale infisse nel terreno.

L'impianto è progettato per produrre energia elettrica in collegamento alla rete di distribuzione. La **potenza di picco** dell'impianto prevista è pari a **24.980,76 kWp**, il collegamento alla rete verrà realizzato tramite un cavidotto AT 36 kV, connesso ad una nuova Stazione Elettrica RTN 380/132/36 kV.

Non si prevede la realizzazione di particolari volumetrie, fatte salve quelle associate alle cabine di trasformazione, raccolta e servizi ausiliari, indispensabili per la realizzazione e il funzionamento degli impianti fotovoltaici.

Si prevede l'installazione di un totale di **36.204 moduli** suddivisi in **6 sottocampi**, afferenti ad ogni trasformatore.

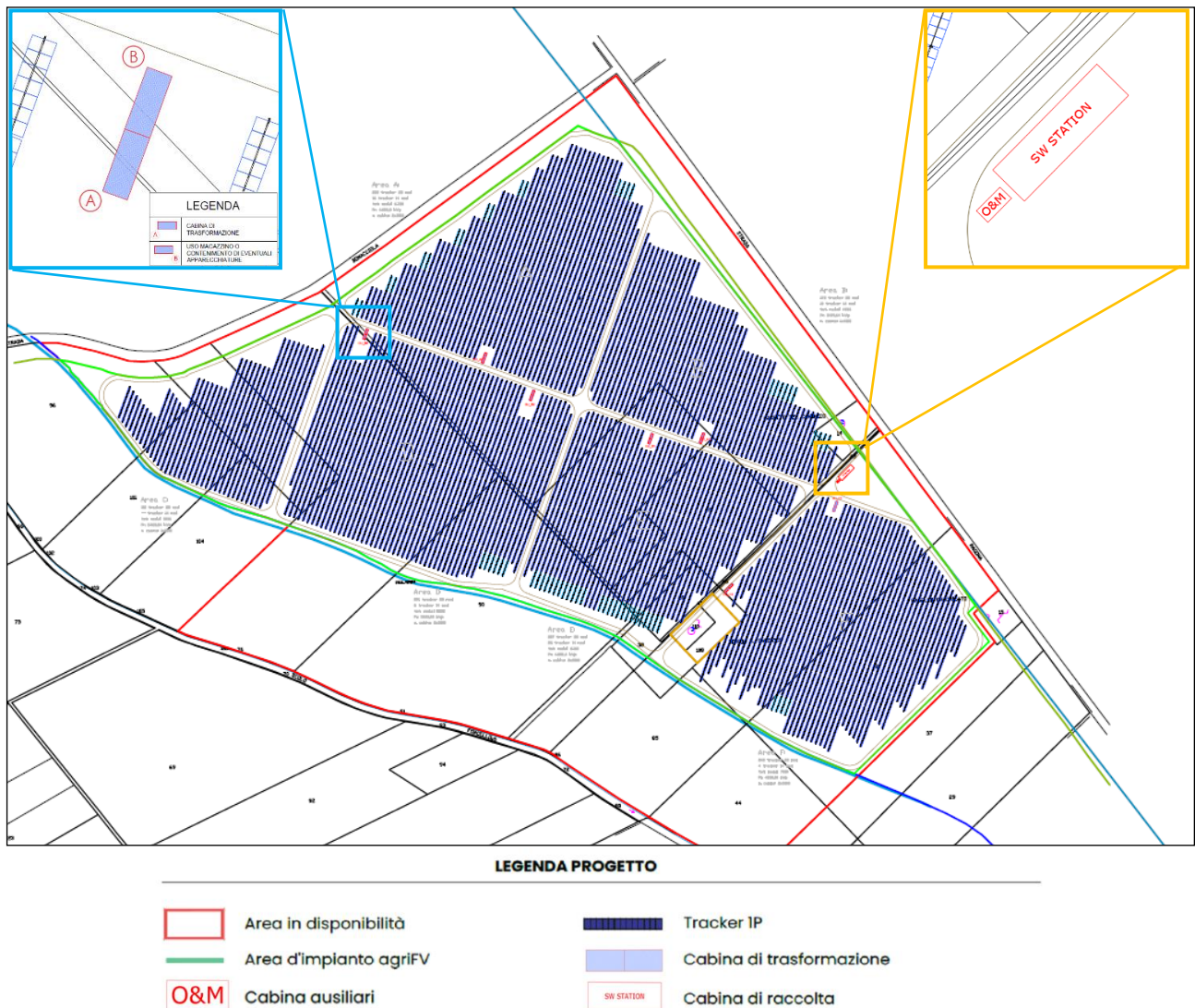



Figura 4: Layout di progetto area agrivoltaica

	ID Documento Committente	Pagina 8 / 41
	CoD084_FV_00030_BCR	Numero Revisione
		00

Le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici sono costituite da elementi verticali fissi (pilastri) ed elementi orizzontali mobili (travi) in acciaio.

La rotazione degli elementi orizzontali è azionata da appositi motori installati agli estremi delle vele fotovoltaiche ed è regolata sulla base del movimento apparente del sole nella sfera celeste.

Nella Figura 5 si riporta il prospetto della struttura tracker con indicazione delle dimensioni.

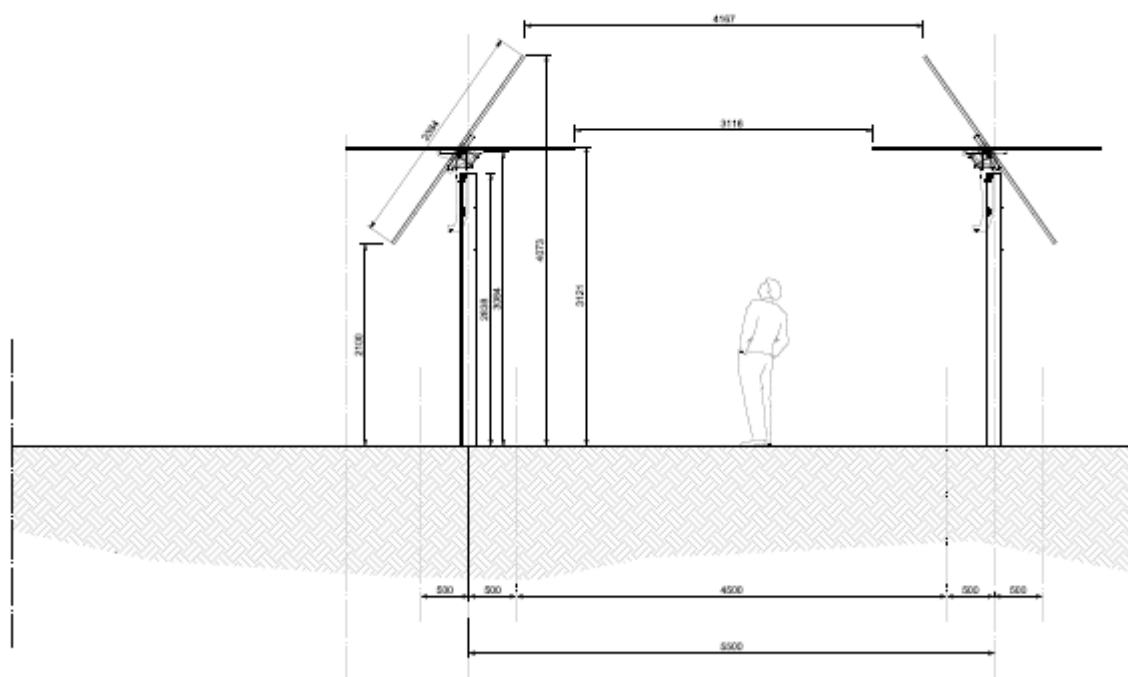


Figura 5: Vista in prospettiva dei tracker installati

Si prevede la realizzazione di n. **7 cabine di trasformazione**. Le stazioni saranno collocate in corrispondenza dei sottocampi in maniera da ottimizzare i collegamenti e l'accessibilità delle stesse. Le cabine di trasformazione saranno suddivise in due sezioni: una parte destinata alla trasformazione dell'energia e l'altra utilizzata come magazzino o per il contenimento di eventuali apparecchiature.

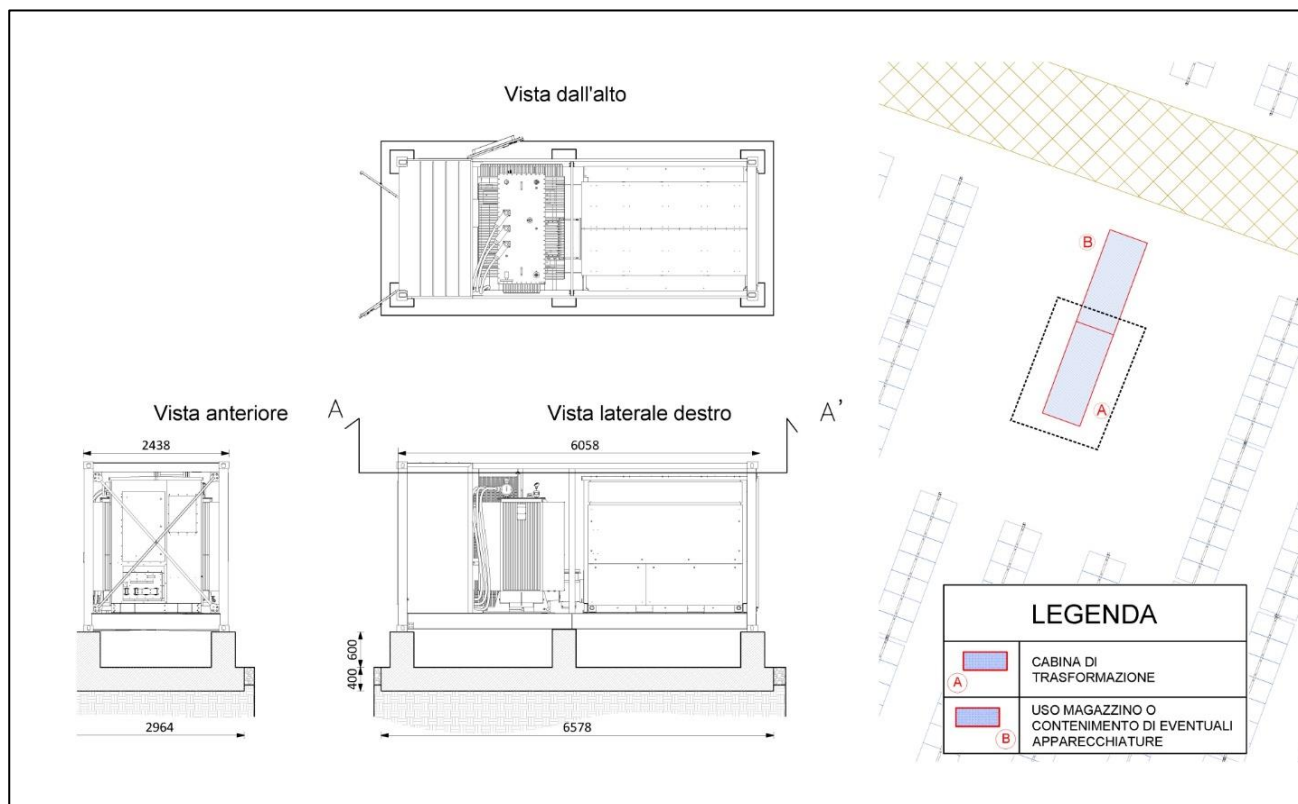


Figura 6: Particolari costruttivi della cabina di trasformazione

Si prevede la realizzazione di **una cabina di raccolta** con dimensioni 20m x 6m x 2,58m (Figura 7). Per la struttura di fondazione si prevede la realizzazione di un basamento di appoggio a vasca in cemento armato.

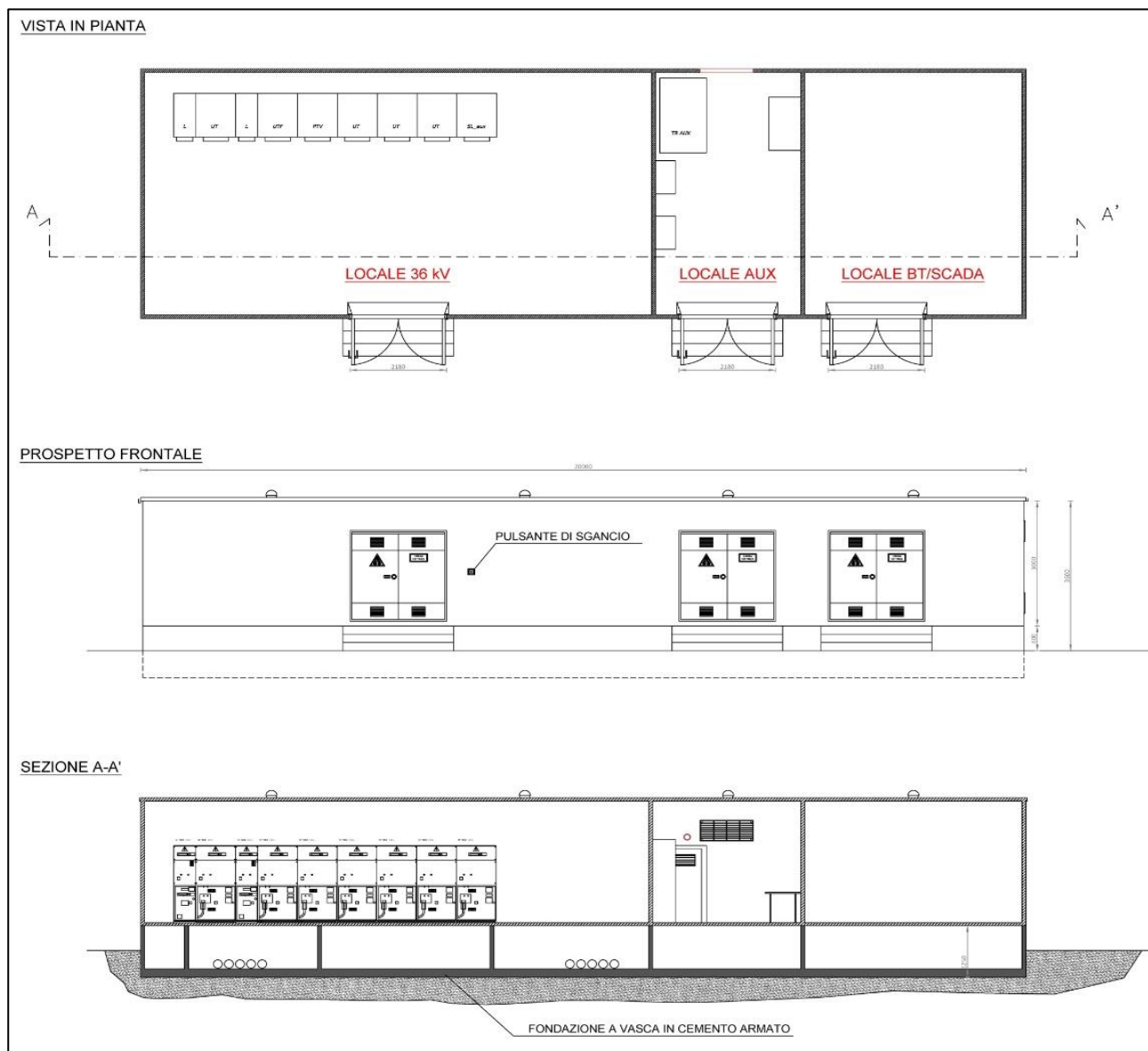


Figura 7: Pianta, sezione e prospetto - Cabina di raccolta

Per l'alloggiamento dei quadri di controllo dell'impianto e dei **servizi ausiliari** si prevede la realizzazione di **una cabina** delle dimensioni 4,50m x 2,2m x 2,58m, in elementi componibili prefabbricati in calcestruzzo armato vibrato o di tipo monoblocco, realizzati mediante calcestruzzo additivato con fluidificanti – impermeabilizzanti.

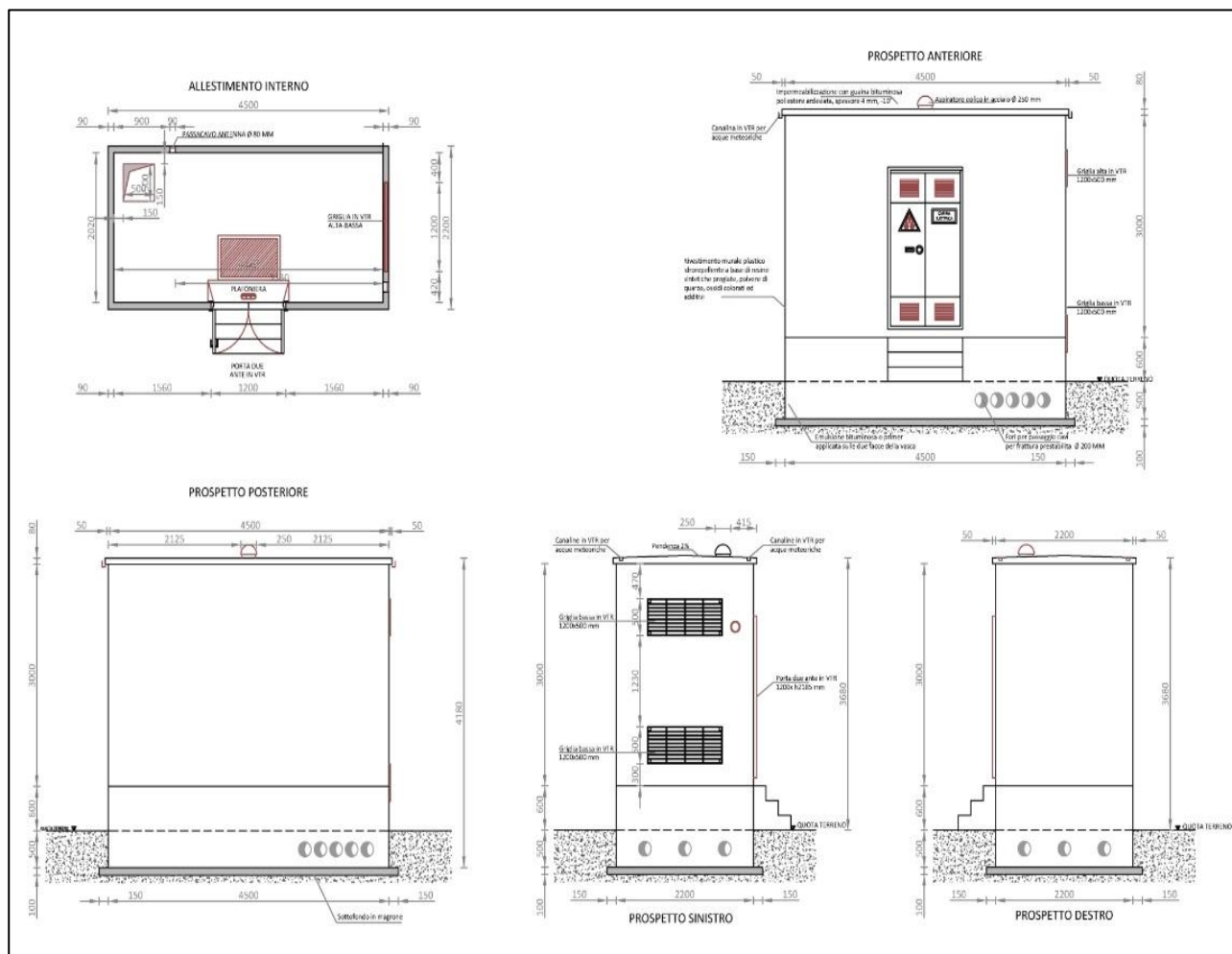



Figura 8: Pianta e prospetto - Cabina servizi ausiliari

	ID Documento Committente CoD084_FV_00030_BCR	Pagina 12 / 41
		Numero Revisione
		00

4 Normativa

Il presente studio è redatto in ottemperanza alle più recenti disposizioni in tema di rischio idraulico ed in particolare:

- R.D. 25/07/1904, n. 523 - “Testo unico delle disposizioni di alle opere idrauliche delle diverse categorie”;
- L.R. 15/05/1986, n. 27 – “Disciplina degli scarichi delle pubbliche fognature e degli scarichi degli insediamenti civili che non recapitano nelle pubbliche fognature e modifiche alla L.R. 18/06/1977, n. 39 e s.m.i.”.
- L. 18/05/1989, n. 183 “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”;
- Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del fiume Po;
- D.lgs. 03/04/ 2006, n. 152 - “Norme in materia ambientale” e s.m.i.;
- D.lgs. 16/01/2008, n. 4 - “Codice dell’Ambiente” (modificazioni ed integrazioni al D.lgs. 152/2006, entrato in vigore il 13/02/2008);
- D.M. 16/06/2008, n. 131 – “Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici”;
- Delibera G.R. 06/08/2014. N. 231 “Direttiva 2007/60/CE. Linee di indirizzo strategico per l’elaborazione del Piano di gestione del rischio alluvioni e programma delle attività conoscitive”;
- Piano di gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.), Regione Emilia-Romagna – 2024;

Con le disposizioni del Testo Unico in materia ambientale (Decreto legislativo n. 152/2006), l’intero territorio italiano è stato ripartito complessivamente in 7 distretti idrografici, in ognuno dei quali è istituita l’Autorità di Bacino distrettuale, definita giuridicamente come ente pubblico non economico e responsabile della redazione del Piano di Gestione (art. 117).

Secondo la nuova Direttiva 2000/60/CE, l'area di intervento ricade nel "**Distretto Padano**". Pertanto, la gestione delle risorse idriche e la pianificazione per quest'area sono di competenza **dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po**, che opera all'interno del Distretto Idrografico Padano.



Figura 9: Suddivisione del territorio italiano in distretti

4.1 Piano Stralcio per l'Assetto Idrologico (PAI)

Il Piano Stralcio per l' Assetto Idrogeologico, di seguito denominato P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio dell'Emilia-Romagna.

L'ambito territoriale di riferimento del P.A.I. è il Distretto Idrografico Padano, di competenza delle Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po suddiviso in diversi bacini idrografici e aree territoriali intermedie, oltre alle aree costiere.

Sulla base del PAI, l'alveo fluviale e la parte di territorio limitrofo costituente nel complesso la regione fluviale, sono oggetto di una suddivisione in fasce fluviali, la cui delimitazione è eseguita in funzione dei principali elementi dell'alveo che ne determinano la connotazione fisica: caratteristiche geomorfologiche, dinamica evolutiva, opere idrauliche, caratteristiche naturali e ambientali. Nello specifico, le fasce fluviali definite dal PAI sono le seguenti:

- **Fascia di deflusso della piena (Fascia A)**, costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- **Fascia di esondazione (Fascia B)**, esterna alla precedente (Fascia A), costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento.

Con l'accumulo temporaneo in tale fascia di parte del volume di piena, si attua la laminazione dell'onda di piena con riduzione delle portate di colmo. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata.

- **Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C)**, costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

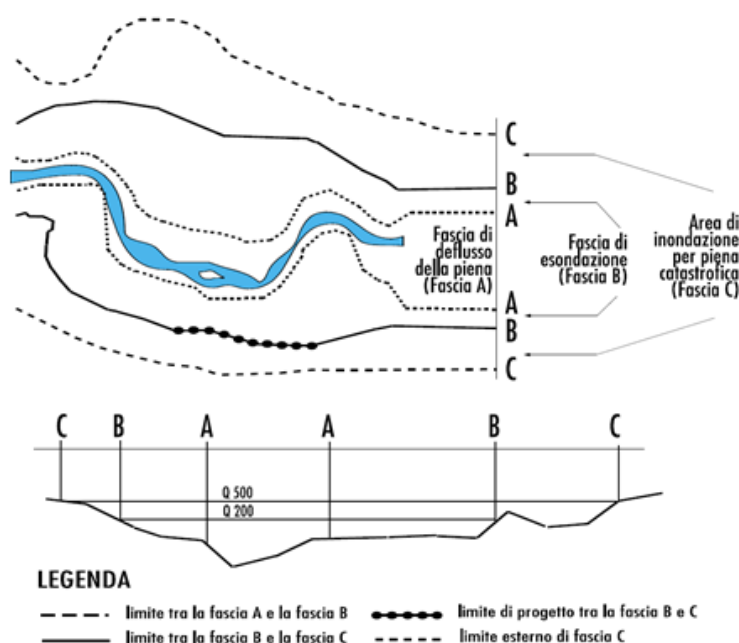


Figura 10: Delimitazione schematica delle fasce fluviali

L'area di intervento ricade nella pertinenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po (figura 11) e nel dettaglio ricade nel Bacino del **Burana-Volano-Canal Bianco** (figura 12)

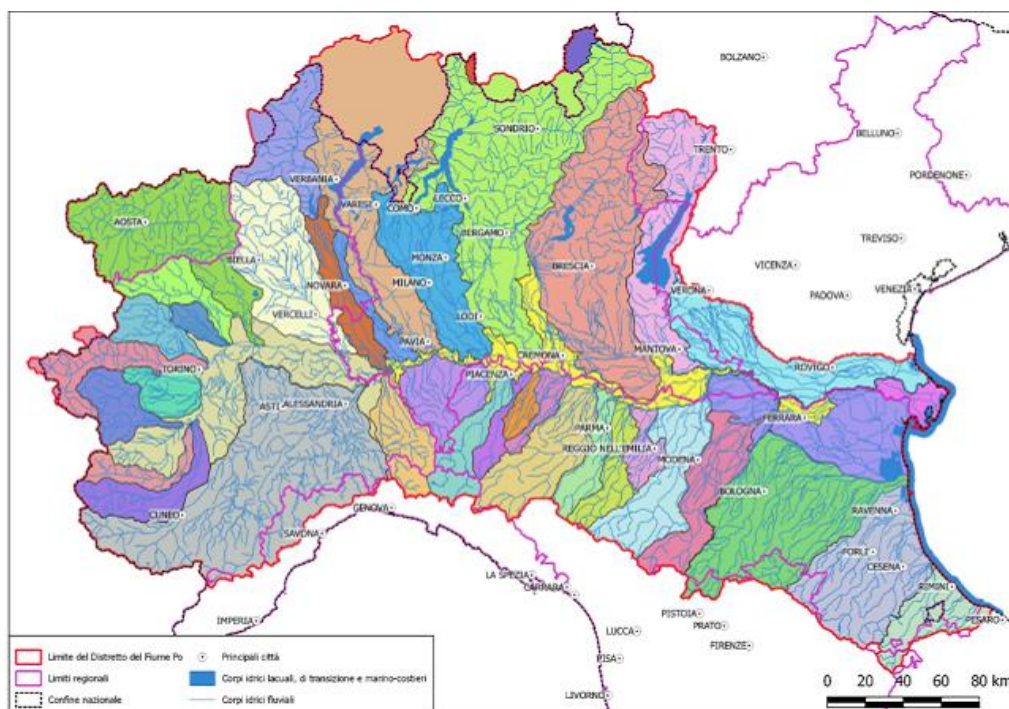


Figura 11: Distretto del Bacino del Fiume Po - cerchio in rosso: area di intervento

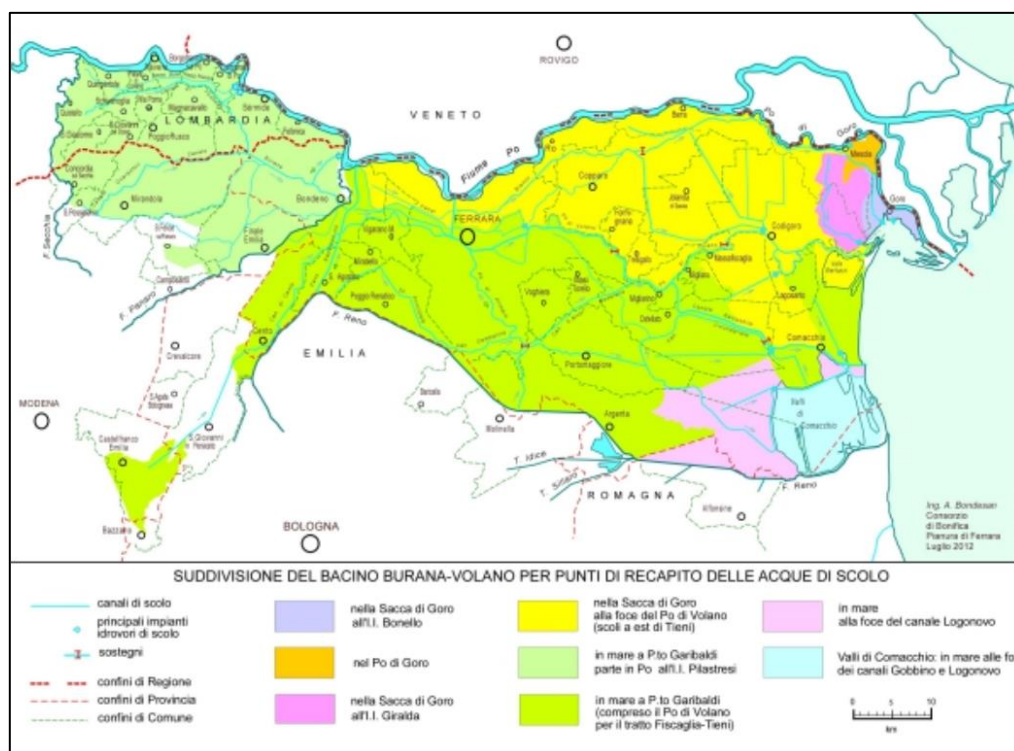



Figura 12: Suddivisione del bacino Burana-Volano per punti di recapito delle acque di scolo

	ID Documento Committente	Pagina 16 / 41
	CoD084_FV_00030_BCR	Numero Revisione
		00

Il Bacino interregionale Burana-Volano-Canal Bianco, confluito nell'Autorità di Bacino del Fiume Po, si estende nel territorio delle regioni Emilia-Romagna e Lombardia (province di Ferrara, Modena, Mantova e Bologna). Questo bacino è sommariamente delimitato dal corso del fiume Po a nord e dal Reno a sud, estendendosi tra l'area di Modena a ovest e il Mare Adriatico a est.

Attraverso il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po, si mira a garantire al territorio del bacino un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e geologico. Gli obiettivi principali includono il ripristino degli equilibri idraulici, geologici e ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, nonché la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, stabilizzazione e consolidamento dei terreni.

Dalla consultazione del P.A.I. dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, si evidenzia che l'area di impianto ricadono in aree di pericolosità moderata (P1) sia per il fiume Po che per il fiume Reno (Figura 13: fiume Po; figura 14: fiume Reno).



Figura 13: Carta Della Pericolosità Idraulica per Inondazione (da Autorità di Bacino del Fiume Po - Progetto di Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico- Fiume Po)

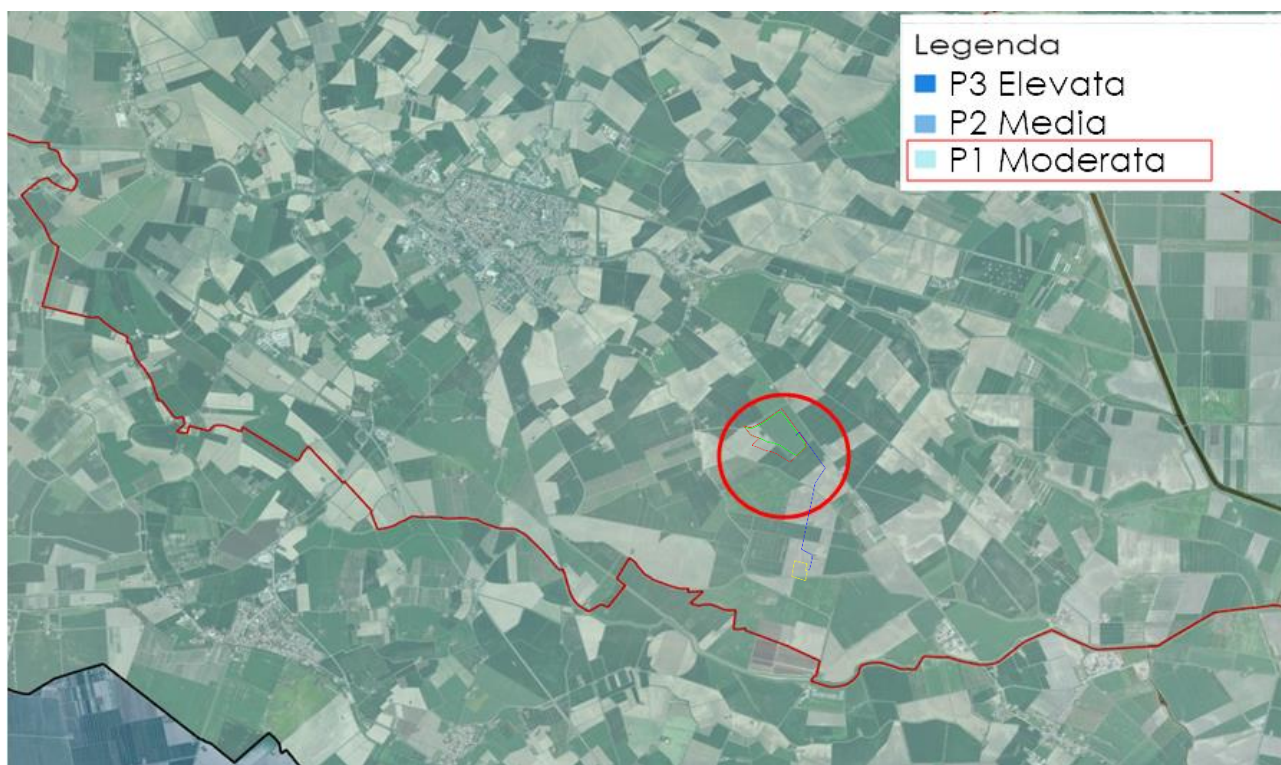



Figura 14: Carta Della Pericolosità Idraulica per Inondazione (da Autorità di Bacino del Fiume Po - Progetto di Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico- Fiume Reno)

Si evidenzia che l'area di intervento ricade nella perimetrazione di "Area a pericolosità moderata – P1" disciplinata ai sensi dell'art.14 delle NTA del Piano di Bacino di cui si riporta un estratto di seguito:

Art. 14 "Azioni ed interventi ammissibili nelle aree classificate a pericolosità moderata -P1"

"1. Nelle aree classificate a pericolosità moderata - P1 spetta agli strumenti urbanistici ed ai piani di settore prevedere e disciplinare l'uso del territorio, le nuove costruzioni, i mutamenti di destinazione d'uso, la realizzazione di nuovi impianti, gli interventi sul patrimonio edilizio esistente, in relazione al grado di pericolosità individuato e nel rispetto dei criteri generali del presente piano".

Non vi sono dunque delle vere e proprie prescrizioni relativamente alla realizzazione di interventi nelle perimetrazioni di pericolosità idraulica P1, ma si demanda alle autorità comunali la disciplina delle stesse.

	ID Documento Committente CoD084_FV_00030_BCR	Pagina 18 / 41
		Numero Revisione
		00

4.2 Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)

Le norme comunitarie prevedono l'obbligo di predisporre per ogni distretto, a partire dal **quadro della pericolosità e del rischio di alluvioni** definito con l'attività di mappatura, uno o più Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (art. 7 D. Lgs. 49/2010 e art. 7 Dir. 2007/60/CE), contenenti le misure necessarie per raggiungere l'obiettivo di ridurre le conseguenze negative dei fenomeni alluvionali nei confronti della salute umana, del territorio, dei beni, dell'ambiente, del patrimonio culturale e delle attività economiche e sociali. A tal proposito, l'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE identifica tre scenari su cui valutare la pericolosità idraulica:

- Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (tempo di ritorno > 500 anni) (L-P1);
- Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (media probabilità di alluvione) (M-P2);
- Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni (elevata probabilità di alluvione) (H-P3).

Il territorio del Bacino Burana-Volano presenta un elevato rischio idraulico dovuto a:

- Allagamenti da fiumi: In particolare dal Po e dal Reno.
- Allagamenti da canali.

Attraverso la consultazione del Geo Portale del distretto Po è possibile inquadrare l'area di intervento rispetto alla perimetrazione del PGRA per quanto riguarda i **reticoli principali**, ovvero il Po (figura 15) e il Reno (figura 16).



Figura 15: Mappa delle aree allagabili complessive predisposte nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (2024-03-12) per il Distretto idrografico del fiume Po (UoM-ITN008) e scenari di scarsa probabilità L (Pericolosità P1), Media probabilità M (Pericolosità P2), Elevata probabilità H (Pericolosità P3). L'area in esame è classificata: **Aree allagabili L, a bassa probabilità – RETICOLO PRINCIPALE FIUME PO**



Figura 16: Mappa delle aree allagabili complessive predisposte nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (2024-03-12) per il Distretto idrografico del fiume Po (UoM-ITN021) e scenari di scarsa probabilità L (Pericolosità P1), Media probabilità M (Pericolosità P2), Elevata probabilità H (Pericolosità P3). L'area in esame è classificata: Aree allagabili L, a bassa probabilità –
RETICOLO PRINCIPALE FIUME RENO

Per quanto riguarda i **reticoli secondari di pianura**, che corrispondono ai canali, il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) offre una rappresentazione grafica dettagliata. Questa rappresentazione permette di visualizzare le aree a rischio e le misure previste per la gestione e la mitigazione del rischio idraulico legato ai canali secondari.



Figura 17: Mapa delle aree allagabili complessive predisposte nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (2024-03-12) per l'Unità di Gestione del bacino Po (UoM-ITN008) e scenari di scarsa probabilità L (Pericolosità P1), Media probabilità M (Pericolosità P2), Elevata probabilità H (Pericolosità P3). L'area in esame è classificata: **Aree allagabili H, a Elevata probabilità – RETICOLO SECONDARIO PIANURA**



Figura 18: Mappe di pericolosità (Aree Allagabili, Tiranti, Velocità) nelle Aree a Potenziale Rischio Significativo (APSFR) oggetto di Reporting alla Commissione Europea 2020 nel Distretto Po e scenari di scarsa probabilità L (Pericolosità P1), Media probabilità M (Pericolosità P2), Elevata probabilità H (Pericolosità P3). L'area in esame è classificata: **Aree allagabili L, a bassa probabilità**

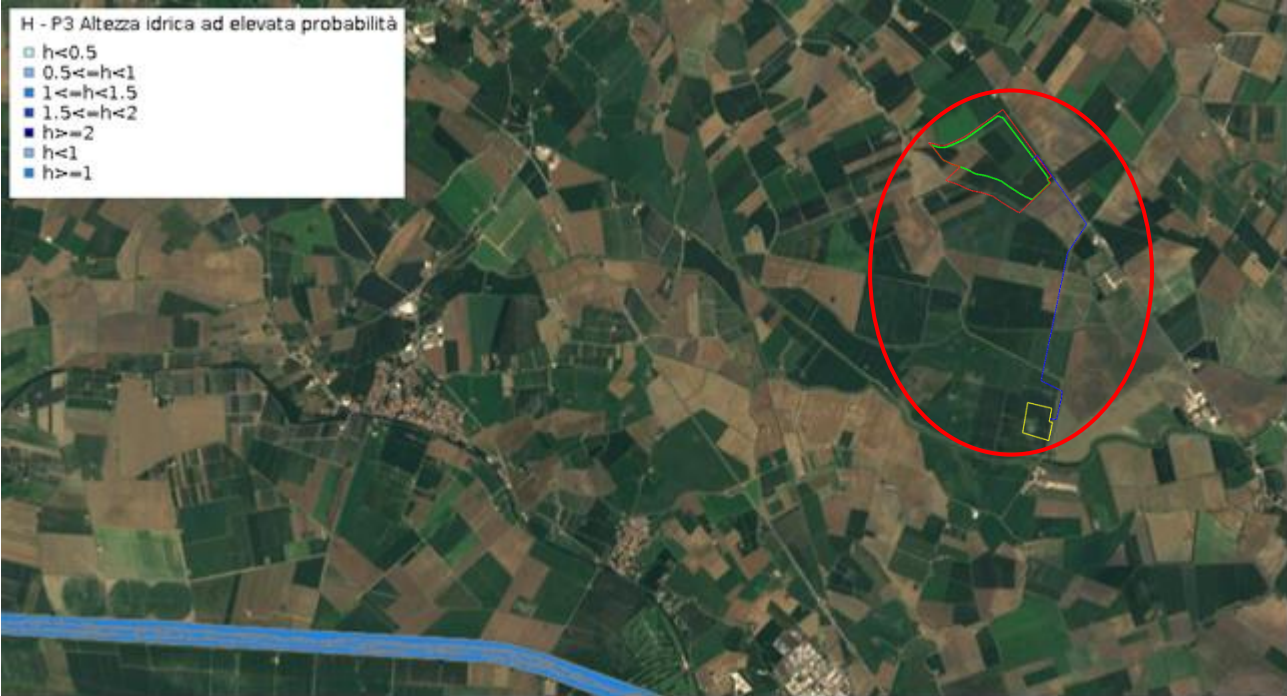


Figura 19: Mappe delle Altezze Idriche nelle Aree a Potenziale Rischio Significativo (APSFR), per lo scenario di Elevata probabilità H (Pericolosità P3)



Figura 20: Mappe delle Altezze Idriche nelle Aree a Potenziale Rischio Significativo (APSFR), per lo scenario di Media probabilità M (Pericolosità P2)

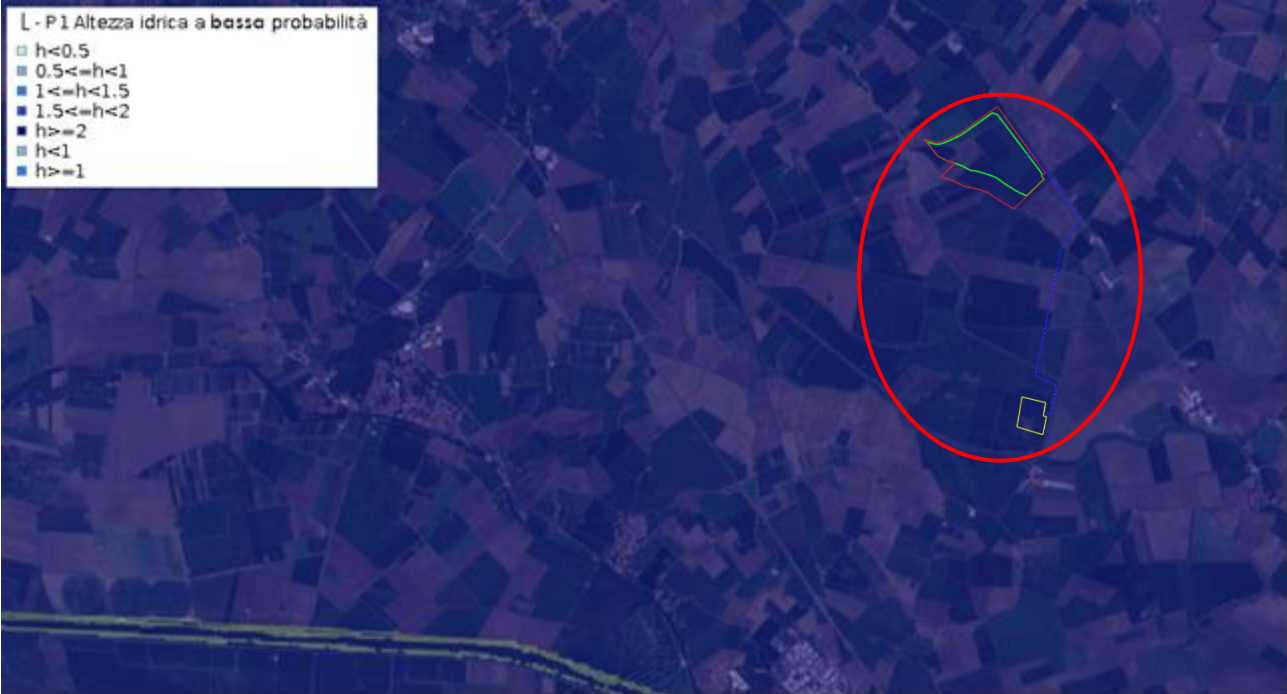


Figura 21: Mappe delle Altezze Idriche nelle Aree a Potenziale Rischio Significativo (APSFR), per lo scenario di Bassa probabilità L (Pericolosità P1): $h \geq 2$ m

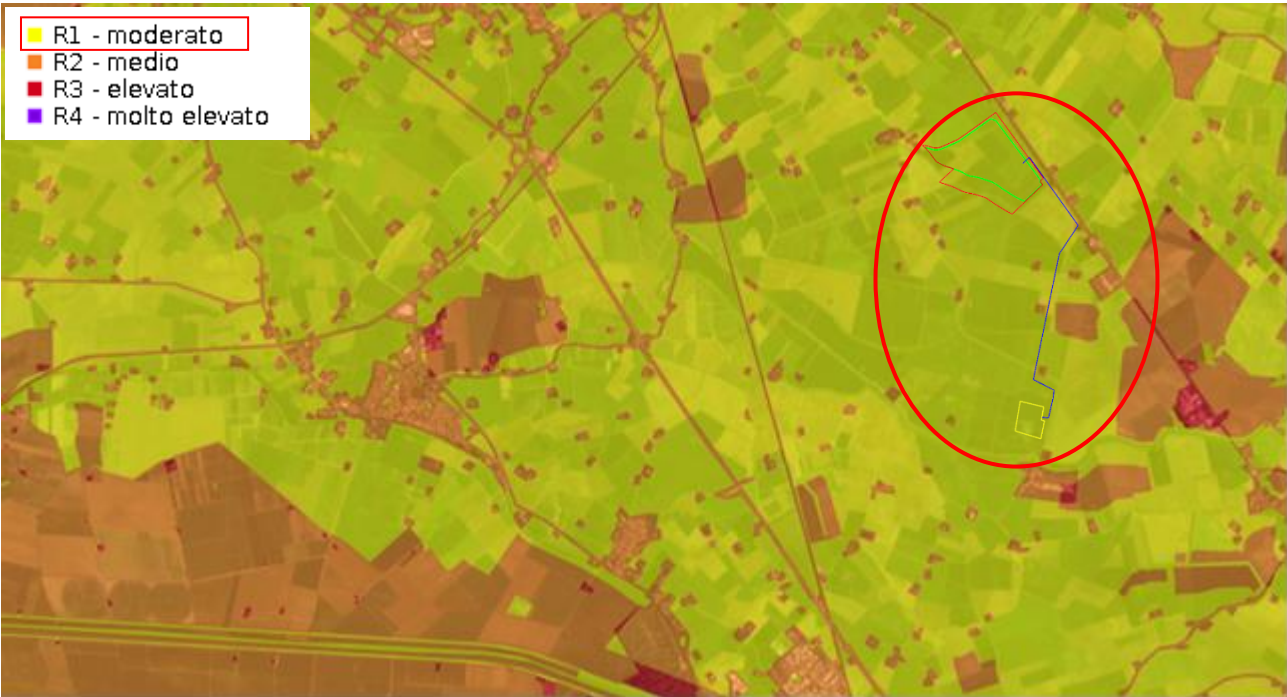



Figura 22: Mappe del Rischio Alluvione. L'area in esame è classificata: **R1 - Rischio Moderato**

	ID Documento Committente CoD084_FV_00030_BCR	Pagina 23 / 41
		Numero Revisione
		00

4.3 Piano Urbanistico Generale (PUG)

La cartografia del Piano Urbanistico Generale (**PUG**) del Comune di Portomaggiore, Provincia di Ferrara, individua l'area oggetto di studio nella "Carta delle Tutele e dei Vincoli Ambientali e Paesaggistici". In questa carta, si evidenzia la presenza di un vincolo paesaggistico che interessa i confini dell'area, ma che si trova al limite dei confini dove verranno installati i pannelli fotovoltaici, come illustrato in figura 23.

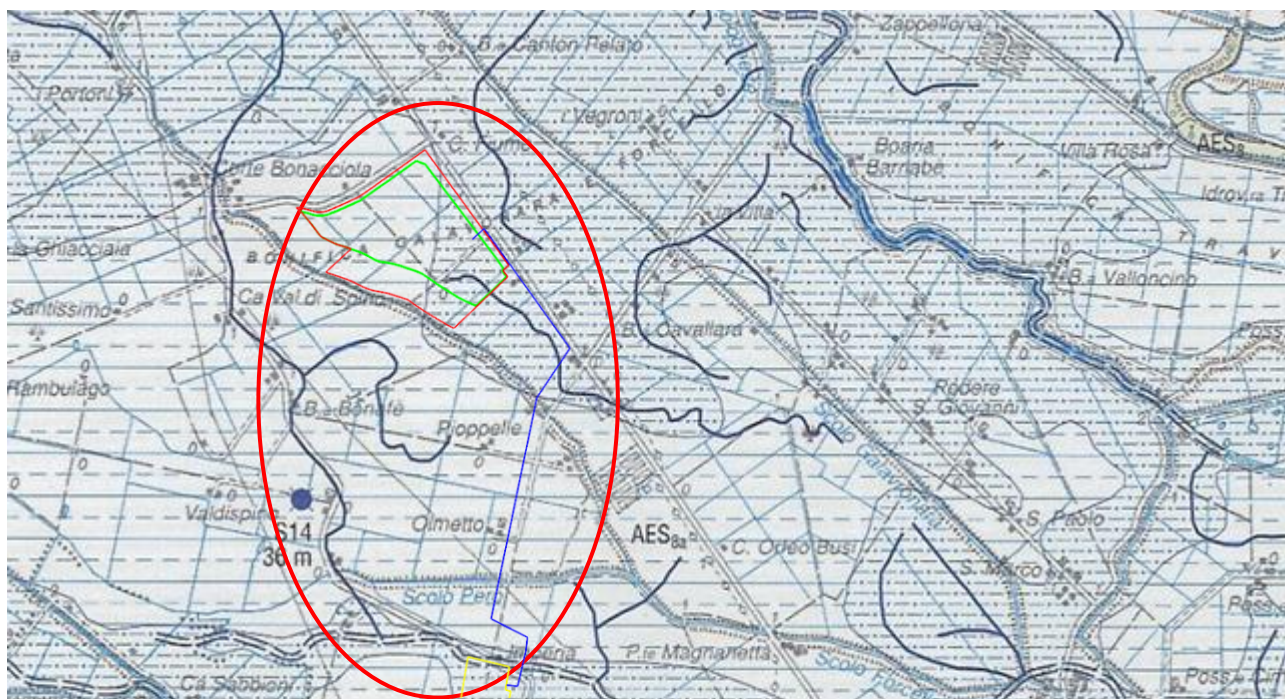


Figura 23: Carta dei vincoli ambientali e paesaggistici", tratta dal PUG della Comune di Portomaggiore

5 Inquadramento Geologico, Idrogeologico e Idrografico

Dal punto di vista geologico l'area è caratterizzata dalla presenza di sabbie e limi di origine alluvionale.

Con riferimento alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 l'area oggetto di studio è compresa nel Foglio 204 (Portomaggiore).



Alternanze di sabbie e limi di delta minore

Alternanze di sabbie da medie a molto fini, limi e argille, generalmente organizzate in sequenze di tipo *fining upward* con base sia netta ed erosiva sia graduale. Presenza di sostanza organica e, localmente, di frammenti conchigliari. Formano corpi a geometria lobata e lenticolare con spessore di circa 4-6 metri che si dipartono lateralmente e frontalmente dai canali distributori, sviluppandosi all'interno delle aree interdistributrici. Depositi di delta minore in area interdistributtrice ("bay-head delta") originatisi da canali di rotta importanti, caratterizzati da una attività non occasionale ma persistente.



Argille, limi e torbe di area interdistributtrice

Argille, argille limose e limi argillosi, con intercalazioni d'argille organiche e torbe. Frammenti conchigliari sparsi sia di molluschi continentali sia di organismi di ambiente salmastro. Strutture sedimentarie e stratificazione spesso mollusate dalla bioturbazione; altrove è preservata una fitta laminazione piano-parallela o sottili strati sabbioso-limosi gradati. Formano corpi tabulari lateralmente molto estesi, con spessori fino a 3-4 m. Depositi di area interdistributtrice da salmastra a dulcicola della piana deltizia inferiore.

Figura 24: Carta geologica d' Italia, tratta dal Foglio 204 "Portomaggiore" alla scala 1: 50.000

L'area in disponibilità ovvero l'area d'installazione del fotovoltaico, di estensione pari a 34,7 ha ($\approx 347.916 \text{ m}^2$), è compresa alle quote topografiche variabili da -1 a -2 m s.l.m.

In corrispondenza dell'area, la falda si attesta alla quota compresa tra -2,5 e -4 m s.l.m. quindi alle profondità variabili tra -1,5 e -2 m da p.c., dunque molto prossimi al piano campagna (Figura 25).

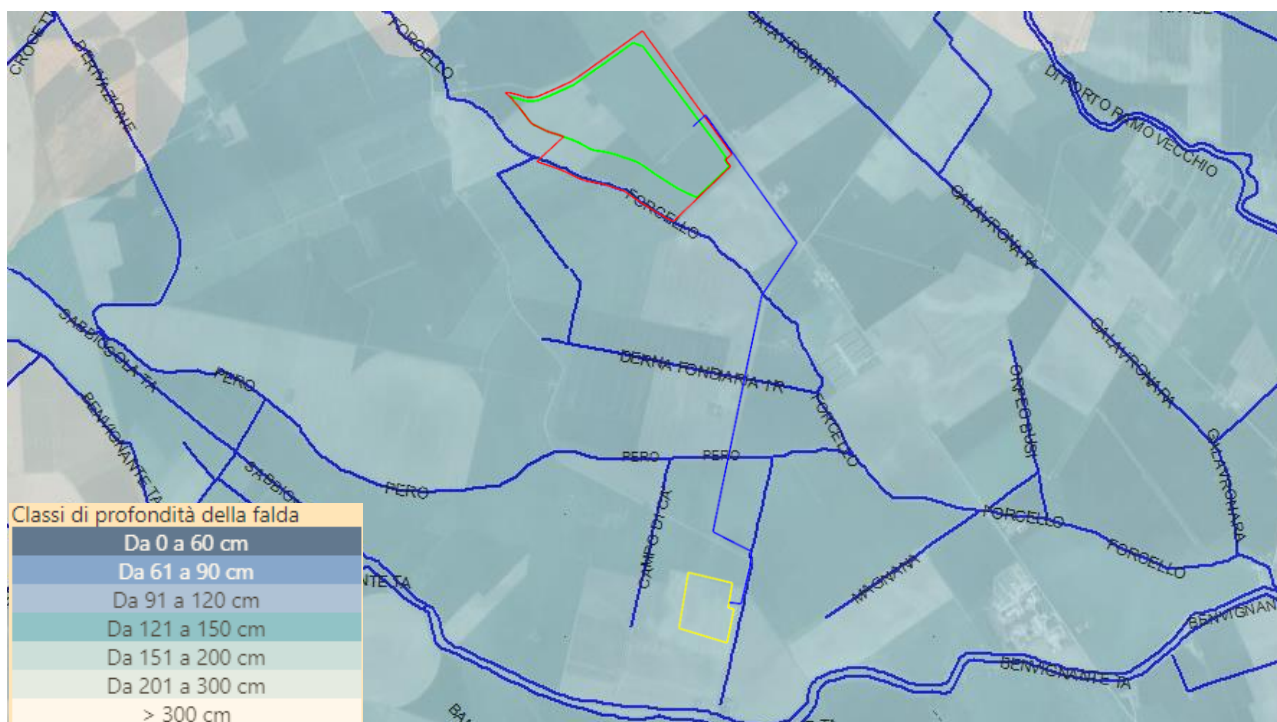



Figura 25: Falda ipodermica nei suoli della pianura dell'Emilia-Romagna di Rovigo

	ID Documento Committente	Pagina 26 / 41
	CoD084_FV_00030_BCR	Numero Revisione
		00

Il sito d'intervento ricade nel territorio della cosiddetta “Bassa Pianura Ferrarese”, delimitata a nord dal Fiume Po e a sud dal Fiume Reno. Ai fini idraulici, l'intero comprensorio del Comune di Portomaggiore è asservito ad una fitta rete di canali e scolì e a impianti di sollevamento delle acque meteoriche.



Figura 26: inquadramento idrografico dell'area

Nello specifico, l'area in esame ricade nel Bacino Burana Volano, è per la più gran parte coincidente con il territorio provinciale di Ferrara.

L'estensione totale del bacino è di 324.000 ha, tutti in pianura; di questi, oltre 130.000 ha, sono situati a quota inferiore al livello del mare (aree in azzurro blu nella figura 27); le pendenze sono generalmente minime spesso inferiori allo 0,05 per mille.

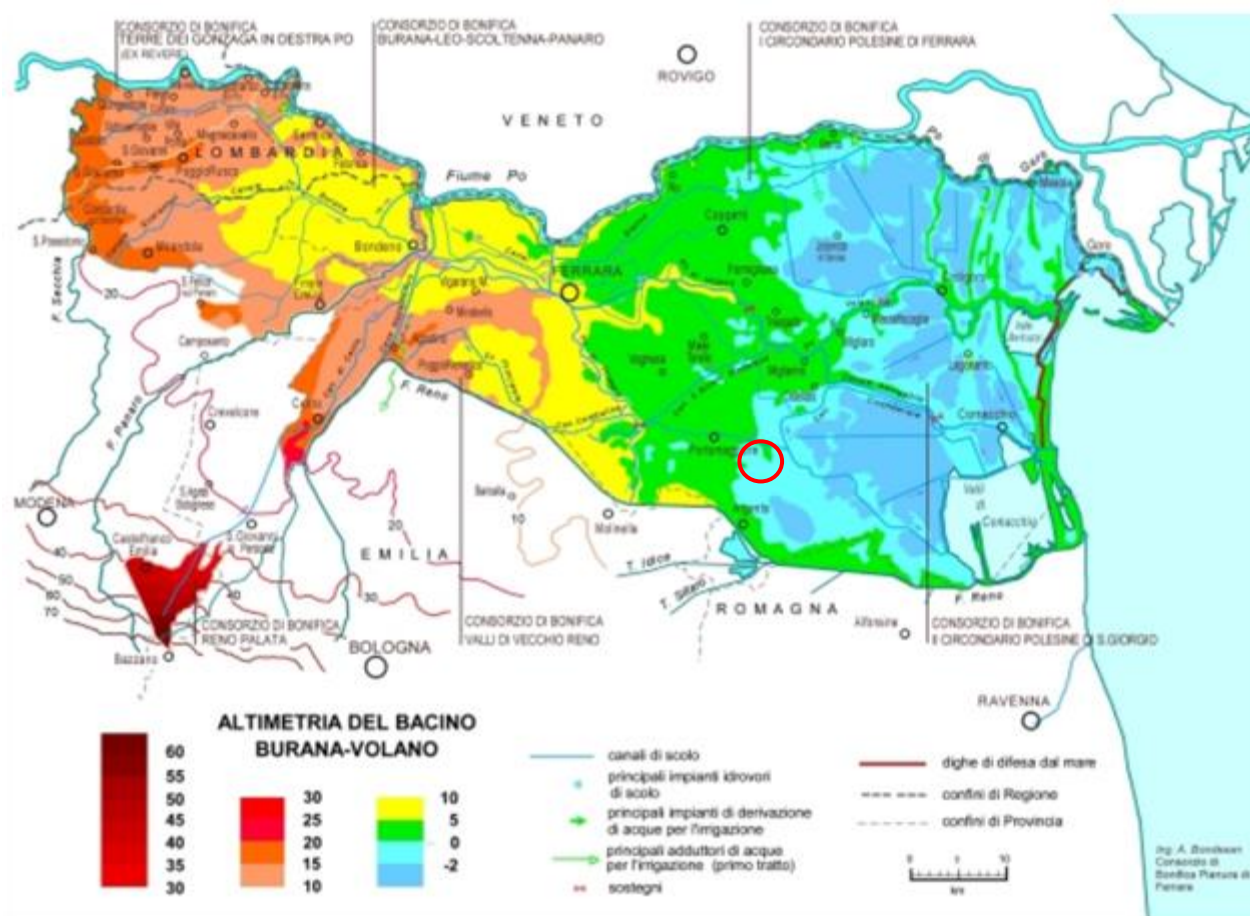



Figura 27: Altimetria del bacino Burana-Volano

A Sud, l'Area d'intervento agrivoltaico è delimitata dal **canale di scolo Forcello**.



Figura 28: canale di scolo passante per l'area agrivoltaico

	ID Documento Committente CoD084_FV_00030_BCR	Pagina 28 / 41
		Numero Revisione
		00

6 Compatibilità Idraulica

Dall'analisi della normativa vigente in materia di aree di esondazione si evidenzia che l'area interessata dalla realizzazione delle opere di progetto ricade in area a pericolosità di alluvioni P1 - Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (tempo di ritorno > 500 anni).


I grandi fiumi che interessano il territorio, quali l'Adige e il Po, risultano dotati di imponenti arginature che permettono, secondo gli studi effettuati dalle relative Autorità di Controllo (Autorità di Bacino del Fiume Po), di sopportare eventi di piena con tempi di ritorno superiori ai 100 anni.

Al contrario le reti scolanti primarie e secondarie, a servizio del territorio, risultano dimensionate per eventi con tempi di ritorno inferiori rispetto a quelli indicati precedentemente, costituendo la principale causa di allagamento di molte zone urbane e agricole.

Le maggiori criticità idrauliche nell'area in esame sono dovute al reticolo secondario di pianura (RSP), classificata come "Aree allagabili H" con elevata probabilità di allagamento. Per ridurre la vulnerabilità delle infrastrutture, è essenziale adottare misure adeguate.

In questo contesto, si rende necessario l'adozione di un franco di sicurezza, il quale verrà specificato nelle conclusioni. L'implementazione di tali misure è cruciale per ridurre la vulnerabilità delle cabine di trasformazione agli eventi di allagamento, minimizzando i potenziali danni e assicurando la continuità operativa delle infrastrutture in condizioni di criticità idraulica.

È pertanto possibile affermare che le nuove opere in progetto risultano idraulicamente **compatibili con le norme** che disciplinano gli interventi ricadenti in aree interessate da inondazioni, a condizione che venga perseguito l'aumento di volumetria degli invasi rispetto allo stato di fatto, ad esempio, mediante l'apertura di nuovi scoli e scoline o per laminazione delle piogge, trattandosi di un'area classificata a criticità idraulica per fenomeni di ristagno idrico.

	ID Documento Committente CoD084_FV_00030_BCR	Pagina 29 / 41
		Numero Revisione
		00

7 Studio Idrologico

Al fine di valutare gli effetti dell'intervento sull'area di progetto, verranno analizzate le variazioni in termini di impermeabilizzazione delle superfici e di criticità idraulica del territorio, indotte dall'intervento stesso.

A tal proposito è stato sviluppato uno studio idrologico finalizzato a:

- ricavare le caratteristiche idrologiche dell'area di studio;
- individuare le portate di progetto per i principali corsi d'acqua interferenti con il progetto.
- Individuare le portate di progetto per il dimensionamento dei manufatti di drenaggio per lo smaltimento idraulico dell'area.

Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica si è fatto riferimento ai dati pluviometrici registrati dalle stazioni pluviometriche ARPAE.

Per quanto concerne i dati delle piogge è stato necessario distinguere le registrazioni in funzione della durata di pioggia che può essere **inferiore all'ora** (scrosci) o **superiore all'ora** (piogge intense e brevi).

Per la determinazione delle curve di probabilità pluviometrica, è stata utilizzata la legge Gumbel.

Nell'ipotesi che le precipitazioni seguano la legge di invarianza di scala temporale, le CPP, espresse attraverso la legge di Gumbel, si possono scrivere nella seguente forma:

$$h = a t^n$$

in cui:

- h = altezza di pioggia (mm)
- a = parametro della curva (mm/h)
- t = tempo di pioggia (ore o minuti)
- n = esponente della curva

I parametri **a** ed **n** della curva di possibilità pluviometrica sono stati determinati analizzando i dati del **pluviometro di Benvignante**, situato a circa di 8 km dall'area di intervento e quindi ben rappresentativo delle condizioni climatiche (Figura 29).



Figura 29: Stazione pluviometrica di riferimento


Si riportano di seguito i parametri delle curve pluviometriche per durate inferiori e superiori all'ora.

Tr (anni)	T < 1h		T > 1h	
	α	n	α	n
5	37,76	0,60	39,55	0,22
10	45,27	0,61	47,99	0,22
20	52,48	0,63	56,08	0,22
50	61,81	0,64	66,55	0,21

Figura 30: valori dei coeff. α e n in funzione al tempo di ritorno

Noto l'input pluviometrico di pioggia, si procede nel seguito a:

1. Definizione delle caratteristiche geomorfologiche del bacino;
2. Stima del tempo di corrvazione;
3. Stima della portata idrologica associata a tempi di ritorno cinquantennali.

	ID Documento Committente	Pagina 31 / 41
	CoD084_FV_00030_BCR	Numero Revisione
		00

7.1 Analisi Geomorfologica del bacino

Di seguito si riportano i parametri morfometrici che caratterizzano il bacino idrografico nel quale ricade l'area d'intervento agrivoltaica.

Data la morfologia dell'area, è stato considerato come bacino la sola area di trasformazione.

Le principali caratteristiche geomorfologiche sono riportate di seguito:

- $A = 347.916 \text{ m}^2 = 0,347 \text{ km}^2$ area del bacino,
- $i = 0,002 \text{ m/m} = 0.2\%$ pendenza media del bacino,
- $L = 600 \text{ m} = 0,60 \text{ km}$ lunghezza dell'asta principale
- $Z_{\max} = -1 \text{ m s.l.m.}$ quota massima,
- $Z_{\min} = -2 \text{ m s.l.m.}$ quota minima,
- $Z_{\text{med}} = -1,5 \text{ m s.l.m.}$ quota media.

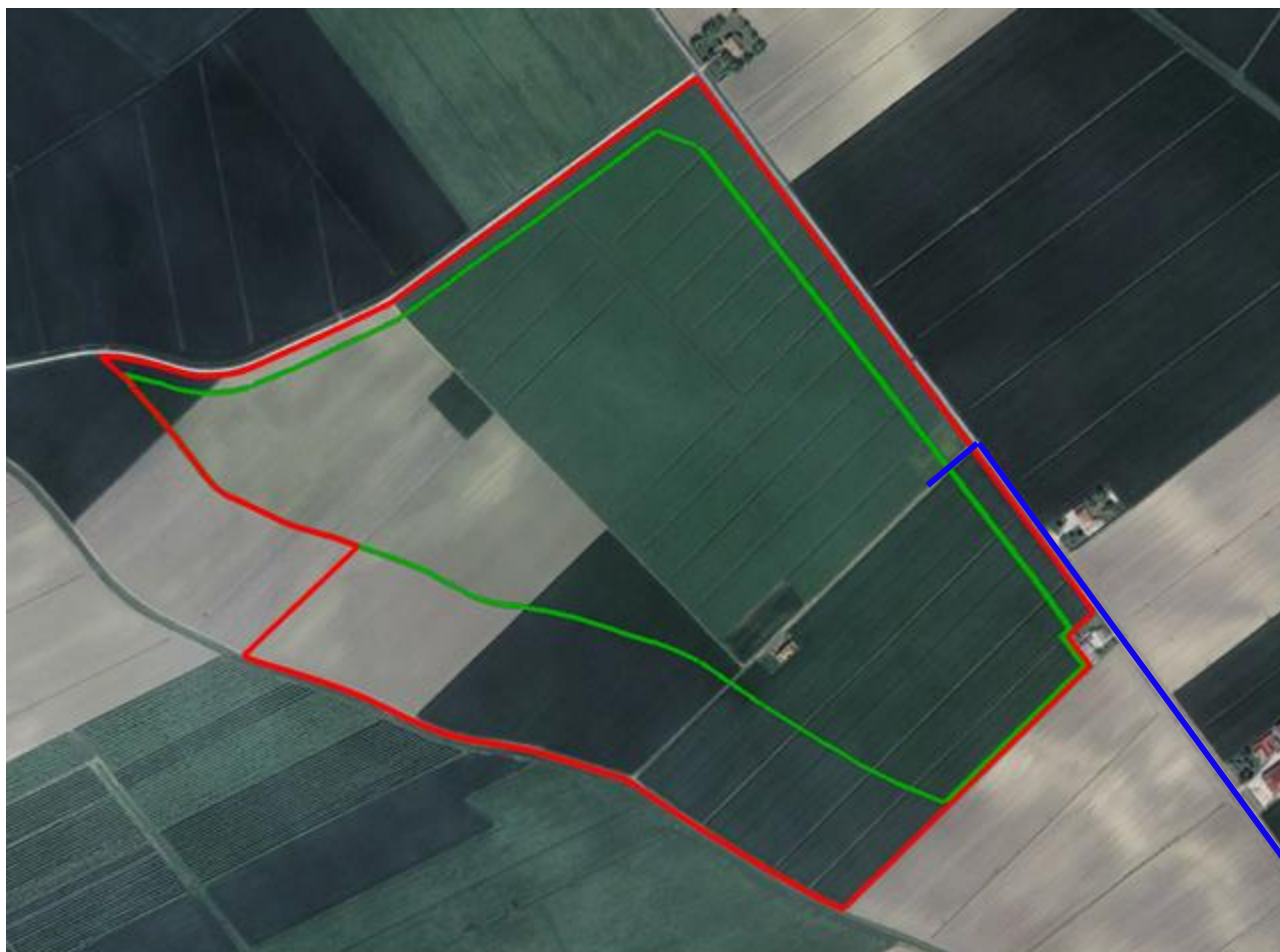



Figura 31: inquadramento dell'area agrivoltaica

	ID Documento Committente CoD084_FV_00030_BCR	Pagina 32 / 41
		Numero Revisione
		00

7.2 Stima del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione, valutato in un determinato punto di una rete di drenaggio, è il tempo che occorre alla generica goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura del bacino in esame. Esso varia in funzione delle caratteristiche topografiche, pedologiche e geologiche del bacino e degli usi del suolo attuati sullo stesso. In questo caso, il tempo di corrivazione è stato stimato in prima approssimazione sulla base di varie formule di letteratura. Sulla base delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini, si sono considerate le seguenti formule:

$T_c = \frac{0.26}{0.6} \left(\frac{L^{0.82} (1 + S02)^{0.13}}{S_w^{0.2}} \right)$	Rosso, Bocchiola, De Michele e Pecora
$T_c = 0.675 A^{0.5}$	Ferro
$T_c = 0.02221 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{I}} \right)^{0.8}$	Ferro (da dati di Kirpich-Chow-Watt-Pezzoli)
$T_c = 0.108 \cdot \left(\frac{(AL)^{0.333}}{I^{0.5}} \right)$	Pasini
$T_c = 0.3 \cdot \left(\frac{L}{I^{0.25}} \right)^{0.76}$	Temez
$T_c = 0.055 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{I}} \right)$	Pezzoli

Nelle relazioni sopra A, I, L, Sw, S02, Hm indicano rispettivamente l'area del bacino (km²), la pendenza media dell'asta principale (m/m), la lunghezza dell'asta principale (km), la pendenza media del bacino (m/m), la ritenzione massima (espressa in mm in funzione del valore del CN2) e la quota media del bacino rispetto alla sezione di chiusura (m s.l.m.).

Di seguito si riportano i valori adottati per la presente progettazione; il tempo di corrivazione scelto è quello che si ottiene con la formula di Pasini perché meglio si adatta alle caratteristiche geomorfologiche del bacino oggetto di studio.

$$T_c = 1,44 \approx 86,93 \text{ min}$$

7.3 Trasformazioni delle superfici in termini di impermeabilizzazione

Il livello di permeabilità delle superfici viene espresso attraverso il **coefficiente di deflusso ϕ** , indice del volume meteorico efficace ai fini del deflusso, i cui valori sono convenzionalmente assunti come da tabella seguente.

SUPERFICIE	ϕ
aree agricole	0,10
superfici permeabili (aree verdi e inerbite)	0,20
superfici semipermeabili (grigliati drenanti, strade in terra battuta, ecc.)	0,60
superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade e piazzali asfaltati, ecc.)	0,90

Figura 32: Coefficienti di deflusso convenzionali


Tipo di suolo	Coefficiente di deflusso (ϕ) DGR 2948/2009
Superfici occupate da edifici	0,90
Pavimentazioni asfaltate o comunque impermeabilizzate	0,90
Pavimentazioni drenanti (ghiaia, stabilizzato, betonelle con sottofondo permeabile)	0,60
Impianti fotovoltaici su terreno senza pavimentazioni ¹	0,30
Aree verdi (giardini, prati)	0,20

Figura 33: Coefficienti di deflusso convenzionali per tipologie di superficie scolante (Le pavimentazioni discontinue, i grigliati drenanti, i percorsi in terra battuta, stabilizzato o similari, sono considerate impermeabili se realizzate su sottofondo in magrone o calcestruzzo)

Nella condizione ANTE-OPERAM dell'area agrivoltaica, è stato adottato un coefficiente di deflusso pari a $\phi = 0,20$ (figura 36: superfici permeabili).

Per la valutazione del coefficiente di deflusso nella situazione POST-OPERAM dell'area agrivoltaica, sono state considerate le Linee Guida della Regione Veneto (DGR 2948/2009) (figura 33). Secondo tali linee guida, per campi fotovoltaici installati su terreno non pavimentato si utilizza un coefficiente di deflusso convenzionale di $\phi = 0,30$. Per le centraline è stato adottato un coefficiente di deflusso pari a $\phi = 0,90$, mentre per le aree di viabilità è stato considerato un coefficiente di $\phi = 0,60$.

Poiché la superficie occupata dall'impianto fotovoltaico rappresenta circa il 95% dell'area totale, si è ritenuto che il coefficiente di deflusso POST-OPERAM rappresentativo dell'intera area sia $\phi = 0,30$. Tale valore è stato scelto in quanto la superficie occupata dalle centraline e dalla viabilità è minima

	ID Documento Committente	Pagina 34 / 41
		Numero Revisione
	CoD084_FV_00030_BCR	
		00

rispetto alla totalità dell'area esaminata, rendendo il coefficiente $\varphi = 0,30$ adeguato a descrivere il comportamento idrologico complessivo dell'area.



Figura 34: Layout di progetto area agrivoltaica

7.4 Analisi Idrologica

Per la caratterizzazione idrologica dell'area, la normativa prescrive che si faccia riferimento alle curve di possibilità pluviometrica caratteristiche della zona di studio, per diverse durate di precipitazione e per eventi con un determinato tempo di ritorno TR.

I dati pluviometrici che definiscono il legame tra l'altezza di pioggia (h) e la durata di precipitazione (t) si esprimono in genere attraverso una curva di possibilità pluviometrica (CPP) monomia in forma:


$$h = a \cdot t^n$$

dove:

- h altezza di pioggia (mm)
- a, n coefficienti adimensionali
- t durata della precipitazione (ore)

Considerando per l'evento critico un tempo di ritorno **TR di 50 anni**, la curva di possibilità pluviometrica considerata in queste ipotesi risulta dunque:

$$\begin{aligned} \text{per eventi di durata} < 1 \text{ ora: } h &= 61,81 \cdot t^{0,64} \\ \text{per eventi di durata} > 1 \text{ ora: } h &= 66,55 \cdot t^{0,21} \end{aligned}$$

	ID Documento Committente	Pagina 35 / 41
	CoD084_FV_00030_BCR	Numero Revisione
		00

7.5 stima delle portate di deflusso

La valutazione del livello di incremento di criticità idraulica del territorio viene solitamente condotta in base all'analisi afflussi – deflussi prima e dopo la realizzazione delle opere in progetto.

La differenza dei deflussi antecedenti e conseguenti gli interventi rappresenta l'incremento di portata determinato dagli effetti delle modifiche previste dal progetto.

Come illustrato ai paragrafi precedenti, il tempo di corrivazione è risultato:

- $T_c = 1,44$ ore ($\approx 86,93$ minuti)

che, in corrispondenza dell'evento critico di durata > 1 ora, fornisce un'altezza di pioggia ed un'intensità di pioggia:

- $h = 71,84$ mm;
- $i = h/T_c = 49,88$ mm/ora

Il calcolo della portata defluente viene effettuato attraverso la formula:

$$Q = \frac{i \cdot A \cdot \varphi}{360} [m^3 / s]$$

con:


- i intensità di pioggia in mm/ora = 49.88
- A superficie scolante in ha = 34,7
- φ coefficiente di deflusso: $\varphi_{ANTE} = 0,20$ e $\varphi_{POST} = 0,3$

A parità di intensità, il contributo idrico dell'area allo stato attuale è pari a **961 l/s**, mentre è di **1442 l/s** in seguito agli interventi progettuali.

L'incremento dell'apporto idrico dovuto alle modifiche previste è pertanto aumentato e va ad alterare l'equilibrio idraulico di **481 l/s**.

Area	hc	ic	Tc	φ_{ANTE}	Q _{ANTE}	φ_{POST}	Q _{POST}	ΔQ
ha	mm	mm/h	ore	-	m ³ /s	-	m ³ /s	m ³ /s
34.7	71.84	49,88	1,44	0,2	0,96	0,3	1,44	0,48

Il **coefficiente udometrico** (rapporto fra la portata di deflusso e la superficie espressa in ettari) risulta: **41,5 l/s** per ettaro, nella configurazione di progetto e **27,66 l/s** per ettaro nella condizione iniziale di area a verde.

	ID Documento Committente CoD084_FV_00030_BCR	Pagina 36 / 41
		Numero Revisione
		00

7.6 Stima dei Volumi Minimi di Invaso

Per rispettare il principio dell'**invarianza idraulica**, nell'area di intervento si rendono necessarie idonee misure compensative per l'attenuazione del rischio idraulico. Tali misure, in linea generale, vengono indicate dalla normativa nella predisposizione di volumi di invaso e devono garantire che la portata di deflusso rimanga costante fra lo stato antecedente e quello successivo alla realizzazione delle opere di progetto.

Considerando le trasformazioni urbanistiche previste, per garantire l'invarianza idraulica si propone una valutazione del volume compensativo calcolato sulle effettive caratteristiche idrologiche di impermeabilizzazione e di geometria del sito oggetto di intervento.

In tal senso, calcolando per il tempo di precipitazione, il valore del volume affluito, il volume scaricato nella rete ricettrice e, per differenza tra i due, il volume che è necessario invasare, è possibile determinare il volume necessario alla laminazione dell'evento considerato, ricercando il massimo della curva dei volumi di invaso al variare del tempo di precipitazione.

Il valore così ottenuto rappresenta quindi il massimo per l'evento meteorico col periodo di ritorno valutato.

A tal fine è stata considerata solo la porzione di proprietà effettivamente interessata dagli interventi di trasformazione.

AREA NETTA (m ²)
347.916,00

ed è stata valutata, come condizione di partenza, quella di aree verdi inerbite ($\varphi = 0,20$) e come condizione finale di progetto $\varphi = 0,30$ per l'area agrivoltaica.

I volumi di accumulo sono stati stimati con il metodo delle sole piogge per la curva di possibilità pluviometrica, con riferimento ad un tempo di ritorno di 50 anni.

Il volume di pioggia entrante (affluente) nel sistema di invaso in conseguenza ad un evento pluviometrico di durata t si può esprimere tramite la seguente relazione:

$$V_E = S \cdot \varphi \cdot h(t) = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t^n$$

dove:


- S = superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso
- φ = coefficiente di deflusso medio
- h = altezza di pioggia
- a, n = coefficienti della curva pluviometrica
- t = durata della precipitazione

Il volume in uscita (effluente) dal sistema nello stesso intervallo t di tempo è:

$$V_U = Q_U \cdot t = S \cdot u \cdot t$$

dove:

- Q_U = portata imposta allo scarico
- u = coefficiente udometrico imposto allo scarico

	ID Documento Committente CoD084_FV_00030_BCR	Pagina 37 / 41
		Numero Revisione
		00

Il **volume da invasare** al tempo **t** è dato dalla differenza dei volumi in entrata e in uscita dal sistema:

$$V_{\text{INVASO}} = V_E - V_U$$

Il volume di invaso minimo da predisporre per la laminazione del nuovo carico idraulico prodotto dagli interventi in progetto è stato determinato confrontando i volumi di precipitazione raccolti nelle nuove trasformazioni con i volumi scaricati nel ricettore per differenti durate di precipitazione ed assumendo il valore che massimizza la loro differenza.

Nel caso specifico, assumendo una portata di scarico (coefficiente udometrico) costante e pari a **10 l/s** per ettaro di superficie, corrispondente ad una portata complessiva di **347 l/s** per l'area agrivoltaica, ed adottando la curva pluviometrica indicata in precedenza, dall'analisi dei dati e dei grafici risultanti dall'elaborazione si evince che il volume di minimo invaso necessario risulta:

AGRIVOLTAICO
W = 5.699,00 m³

Tale valore corrisponde nello specifico al picco della curva del volume di invaso, raggiunto per un evento meteorico critico di durata 1,21 ora, come risulta dai fogli di calcolo riportati di seguito. Come evidenziato nelle "note", il massimo della funzione $V_{\text{cassa}}(t)$ che si ottiene per il caso A è al di fuori dei campi di validità delle CPP; ciò significa che analiticamente il massimo esiste ma idrologicamente non si manifesta; allora occorre assumere il V_{cassa} fra i due calcolati analiticamente con $t=1$ ora.

DIMENSIONAMENTO DI UNA CASSA CON IL METODO DELLE SOLE PIOGGE
dati in INPUT da inserire nelle caselle bordate

LOCALITA' **Portomaggiore**

ALGORITMI utilizzati:
 $V_{entrante} = \psi \cdot S \cdot x \cdot t^n$; $V_{uscite} = u \cdot x \cdot S \cdot t$; $V_{cassa} = V_{entrante} - V_{uscite}$;
variando "t" il V_{cassa} varia: quello massimo si ha per $t = ((u \cdot x \cdot S) / (n \cdot \psi \cdot S \cdot x))^{1/(n-1)}$

coeff. uditometrico max ammissibile in scarico	10	l/ha s	u
superficie territoriale da urbanizzare	34,7	ha	S
coefficiente di deflusso medio	0,3	psi	psi

CASO A) EVENTI INFERIORI AD 1 ORA: inserire i dati della curva di possibilità pluviometrica

CPP **ARPAE** periodo di ritorno T **50** località **Portomaggiore (FE)**

a	coefficiente per il tempo	61,81
n	esponente del tempo	0,64
h	profondità media cassa	1 (questo dato serve solo per la superficie cassa)

Sviluppo dei calcoli in modo analitico al variare del tempo di durata della pioggia t, validità < un'ora:

t(ore)	A (ha)	pioggia(mm)	coeff.defl.	V (mc)	scarico(mc/s)	Vuscite	Vcassa	SUPER(mq)
0,10	34,7	14	0,3	1474,040693	0,347	124,92	1349	1349
0,20	34,7	22	0,3	2297,040594	0,347	249,84	2047	2047
0,30	34,7	29	0,3	2977,604939	0,347	374,76	2603	2603
0,40	34,7	34	0,3	3579,545338	0,347	499,68	3080	3080
0,50	34,7	40	0,3	4129,051274	0,347	624,6	3504	3504
0,60	34,7	45	0,3	4640,088601	0,347	749,52	3891	3891
0,70	34,7	49	0,3	5121,205682	0,347	874,44	4247	4247
0,80	34,7	54	0,3	5578,109878	0,347	999,36	4579	4579
0,90	34,7	58	0,3	6014,848309	0,347	1124,28	4891	4891
1,00	34,7	62	0,3	6434,421	0,347	1249,2	5185	5185

fuori curva	ore	tc
fuori curva	mm	h
fuori curva	mc	Vcassa

Durata della precipitazione critica
Altezza della precipitazione nel tempo critico
Volume cassa di progetto

CASO B) EVENTI SUPERIORI AD 1 ORA: inserire i dati della curva di possibilità pluviometrica

CPP **ARPAE** periodo di ritorno T **50** località **Portomaggiore (FE)**

a	coefficiente per il tempo	66,55
n	esponente del tempo	0,21
h	profondità media cassa	1 (questo dato serve solo per la superficie cassa)

Sviluppo dei calcoli in modo analitico al variare del tempo di durata della pioggia t, validità > un'ora:


t(ore)	A (ha)	pioggia(mm)	coeff.defl.	V (mc)	scarico(mc/s)	Vuscite	Vcassa	SUPER(mq)
1,00	34,7	67	0,3	6927,855	0,347	1249,2	5679	5679
1,25	34,7	70	0,3	7260,221858	0,347	1561,5	5699	5699
1,50	34,7	72	0,3	7543,587874	0,347	1873,8	5670	5670
1,75	34,7	75	0,3	7791,781754	0,347	2186,1	5606	5606
2,00	34,7	77	0,3	8013,368018	0,347	2498,4	5515	5515
2,25	34,7	79	0,3	8214,045763	0,347	2810,7	5403	5403
2,50	34,7	81	0,3	8397,812835	0,347	3123	5275	5275
2,75	34,7	82	0,3	8567,589601	0,347	3435,3	5132	5132
3,00	34,7	84	0,3	8725,578958	0,347	3747,6	4978	4978
3,25	34,7	85	0,3	8873,486545	0,347	4059,9	4814	4814
3,50	34,7	87	0,3	9012,661886	0,347	4372,2	4640	4640

1,21	ore	tc
69,30	mm	h
5699	mc	Vcassa

Durata della precipitazione critica
Altezza della precipitazione nel tempo critico
Volume cassa di progetto

Nota Bene: in alcuni casi il massimo della funzione $V_{cassa}(t)$ si ottiene al di fuori dei campi di validità delle CPP, ciò significa che analiticamente il massimo esiste ma idrologicamente non si manifesta; allora occorre assumere il V_{cassa} max fra i due calcolati analiticamente con $t=1$ ora

Figura 35: Metodo delle sole piogge area agrivoltaica


	ID Documento Committente CoD084_FV_00030_BCR	Pagina 39 / 41
		Numero Revisione
		00

Il volume di minimo invaso ottenuto per l'area, **W = 5.699,00 m³**, corrisponde a **164,23 m³/ha** di superficie totale.

Per rispettare il principio di invarianza idraulica, relativamente alle acque meteoriche, le norme richiedono, in ordine decrescente di priorità, di:

- **recuperarle** ai fini del riutilizzo;
- **infiltrarle** al suolo e negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche idrogeologiche locali dei terreni;
- **scaricarle in corpo idrico superficiale** naturale o artificiale con limiti di portata prestabiliti (10-20 l/s·ha di superficie scolante impermeabile);
- **scaricarle in fognatura** naturale o artificiale con limiti di portata prestabiliti (10-20 l/s·ha di superficie scolante impermeabile oppure secondo le indicazioni del gestore del recettore).

Nel caso in esame, per quanto riguarda l'area agrivoltaica, dato che l'area disponibile è maggiore rispetto all'area netta destinata alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico, si può optare per la soluzione di stoccare un volume di acqua pari a **5.699,00 m³** tramite la creazione di un invaso o, meglio, di una leggera depressione, sfruttando le aree verdi esistenti. Per un'analisi più dettagliata, si rimanda alle conclusioni del documento.

	ID Documento Committente CoD084_FV_00030_BCR	Pagina 40 / 41
		Numero Revisione
		00

8 Conclusioni

Dall'analisi della normativa vigente si evidenzia che l'area interessata dalla realizzazione delle opere di progetto ricade in area a Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi P1 (tempo di ritorno > 500 anni) per reticoli principali.

I grandi fiumi che interessano il territorio, quali il Po e il Reno, risultano infatti dotati di imponenti arginature che permettono, secondo gli studi effettuati dalle relative Autorità di Controllo (Autorità di Bacino del Fiume Po), di sopportare eventi di piena con tempi di ritorno superiori ai 100 anni.

Al contrario le reti scolanti primarie e secondarie risultano dimensionate per eventi con tempi di ritorno inferiori rispetto a quelli indicati precedentemente, costituendo la principale causa di allagamento di molte zone urbane e agricole.

Le maggiori criticità idrauliche nell'area in esame sono dovute al reticolo secondario di pianura (RSP), classificata come "Aree allagabili H" con elevata probabilità di allagamento. Per ridurre la vulnerabilità delle infrastrutture, è essenziale adottare misure adeguate.

Considerando una pioggia di durata critica di 1,21 ora per l'area agrivoltaica, il tirante idrico raggiunto sulla superficie di intervento interessata dalla trasformazione, risulta: $H = 6,9$ cm. Data la possibilità di fenomeni di allagamento nell'area, si consiglia di impostare eventuali strutture (centraline, cabine, ecc.) ad una quota di **+0,60 m** rispetto al piano campagna attuale.

L'implementazione di queste misure è cruciale per ridurre la vulnerabilità delle cabine di trasformazione agli eventi di allagamento, minimizzando i potenziali danni e assicurando la continuità operativa delle infrastrutture in condizioni di criticità idraulica.

Per quanto riguarda l'area agrivoltaica, le 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, l'intervento in progetto dovrà prevedere lo stoccaggio di un volume complessivo pari ad almeno **$W = 5.699 \text{ m}^3$** , questo può essere fatto mediante la realizzazione di un invaso, o meglio, di una leggera depressione, sfruttando le aree verdi esistenti (fig. 35), senza inficiare così sull'impatto paesaggistico.

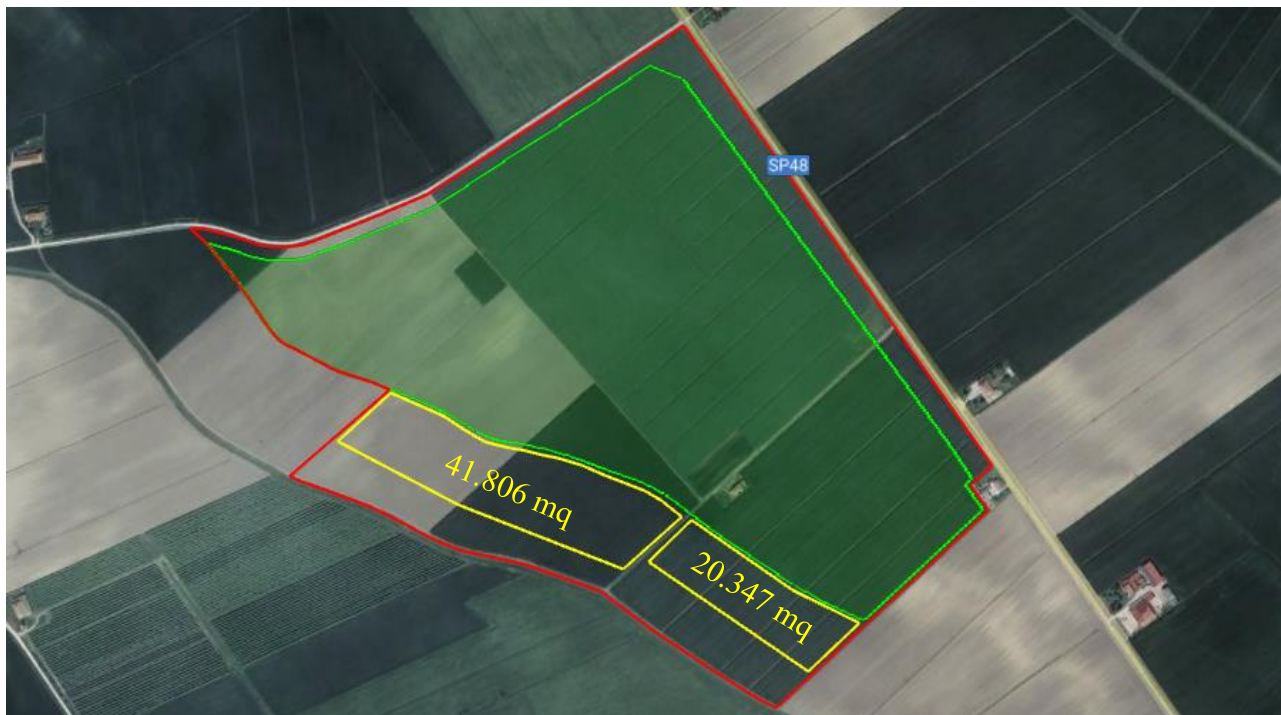


Figura 36: Ubicazione delle possibili aree sfruttabili per la laminazione delle piogge

La depressione, o "vasca", avrà un'estensione totale di $S = 62.153 \text{ m}^2$. Prevedendo una profondità, dal piano campagna, di $H = 0,10 \text{ m}$, si otterrà un volume totale di invaso di $V \approx 6.215 \text{ m}^3$, superiore al volume richiesto di 5.699 m^3 . Questa leggera depressione svolgerà la funzione di "ammortizzatore idraulico" durante piogge particolarmente intense e prolungate, trattenendo temporaneamente il volume d'acqua intercettato e riducendo il rischio di sovraccarico per i recettori finali.

Le acque meteoriche saranno raccolte e restituite con gradualità al loro ciclo naturale, principalmente attraverso l'infiltrazione nel terreno, contribuendo così ad alimentare le falde sotterranee. Poiché l'area è completamente pianeggiante, è necessario adottare misure per convogliare l'acqua verso le vasche di laminazione. Una soluzione efficace consiste nel prevedere canaline dotate di una leggera pendenza verso le vasche di laminazione. Inoltre, è opportuno predisporre una lieve inclinazione nei vari comparti che ospitano i pannelli fotovoltaici, al fine di convogliare l'acqua piovana verso le canaline progettate.

Modena, 15 Luglio 2024

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

