

Oro Rinnovabile S.r.l.

Impianto agrivoltaico denominato "Argenta 1" da 68.309,3 kWp, opere connesse ed infrastrutture indispensabili

Comuni di Argenta e Portomaggiore (FE)

Progetto Definitivo Impianto Agrivoltaico ed Opere Elettriche di Utenza

Allegato C.08 Relazione idrologica e idraulica



Professionista incaricato: Dott. Ing. Alessandro Pazzi (LIBRA RAVENNA Srl) – Ordine Ingegneri Prov. Forlì-Cesena n. 1754/A

Rev. 0

Settembre 2023



wood.

Indice

1	Introduzione	5
2	Normativa tecnica di riferimento	6
3	Inquadramento del sito	7
4	Idrologia del territorio di interesse	10
4.1	Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)	10
4.1.1	Reticolo idrografico principale	11
4.1.2	Reticolo idrografico secondario	12
4.2	Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI)	13
4.3	Consorzio di Bonifica	14
4.4	Dati storici	14
5	Impianto agrivoltaico di progetto	15
5.1	Inquadramento di dettaglio delle aree di progetto ai fini dello studio di invarianza idraulica	15
5.1.1	Area 1 – sottoarea 1	15
5.1.2	Area 1 – sottoarea 2	16
5.1.3	Area 1 – sottoarea 3	17
5.1.4	Area 1 – sottoarea 4	17
5.1.5	Area 2 – sottoarea 5	17
5.1.6	Area 2 – sottoarea 6	18
5.1.7	Area 3 – sottoarea 7	19
5.1.8	Area 3 – sottoarea 8	19
5.1.9	Area 3 – sottoarea 9	20
5.1.10	Area 3 – sottoarea 10	20
5.1.11	Area 3 – sottoarea 11	20
5.2	Invarianza idraulica	21
5.2.1	Intervento di trasformazione urbanistica	21
5.2.2	Volumi di invarianza idraulica	21
5.2.3	Dimensionamento delle strozzature	23
6	Cabina Utente di progetto	25
6.1	Invarianza idraulica	25
6.1.1	Intervento di trasformazione urbanistica	25
6.1.2	Calcoli dimensionali e scarico nel corpo idrico recettore	26

7	Compatibilità idraulica delle dorsali a 36 kV	29
8	Conclusioni	31

Questo documento è di proprietà di Oro Rinnovabile S.r.l. e il detentore certifica che il documento è stato ricevuto legalmente. Ogni utilizzo, riproduzione o divulgazione del documento deve essere oggetto di specifica autorizzazione da parte di Oro Rinnovabile S.r.l.

1 Introduzione

Su incarico della Società Oro Rinnovabile S.r.l., si redige la presente relazione idrologica e idraulica, relativa all'impianto agrivoltaico da 68.309,3 kWp che la Società intende realizzare nel Comune di Argenta (FE). Limitatamente alle opere connesse il progetto interesserà anche il Comune di Portomaggiore (FE).

Le opere progettuali dell'impianto agrivoltaico da realizzare si possono così sintetizzare:

1. "Impianto Agrivoltaico" ad inseguimento monoassiale ubicato nel Comune di Argenta (FE), di potenza pari a 68.309,3 kWp;
2. "Dorsali 36 kV", per il collegamento dell'impianto fotovoltaico alla cabina elettrica a 36 kV di proprietà della Società, il cui tracciato ricade nei Comuni di Argenta e Portomaggiore (FE);
3. Cabina elettrica a 36 kV (di seguito "Cabina Utente") di proprietà della Società, che sarà realizzata nel Comune di Portomaggiore (FE);
4. Collegamenti in cavo a 36 kV (di seguito "Linee 36 kV") tra la Cabina Utente e lo stallo produttore nella sezione a 36 kV della futura stazione elettrica di trasformazione 380/132/36 kV della RTN denominata "Portomaggiore", di proprietà di Terna;
5. Opere RTN (congiuntamente di seguito definiti come "Impianto di Rete"), ubicate nel Comune di Portomaggiore e costituite da:
 - Nuova Stazione RTN a 380/132/36 kV denominata "Portomaggiore", da inserire in entra - esce alla linea RTN a 380 kV "Ferrara Focomorto - Ravenna Canala" e alla linea RTN a 132 kV "Portomaggiore - Bando" (di seguito "Stazione RTN");
 - N.2 nuovi raccordi linea a 380 kV della RTN, necessari per il collegamento in entra-esce della nuova SE RTN alla linea RTN a 380 kV "Ferrara Focomorto - Ravenna Canala" della lunghezza di circa 420 m e 700 m (di seguito "Raccordi Aerei a 380 kV");
 - N.2 nuovi raccordi linea a 132 kV necessari per il collegamento in entra-esce della nuova SE RTN alla linea RTN a 132 kV "Portomaggiore - Bando", della lunghezza di circa 600 m e 820 m (di seguito "Raccordi Aerei a 132 kV").

Le opere di cui ai precedenti punti 1), 2), 3) e 4) costituiscono il Progetto Definitivo dell'Impianto Agrivoltaico e delle Opere Elettriche di Utenza ed il presente documento si configura come la Relazione idrologica e idraulica allegata al medesimo progetto.

Le opere di cui al precedente punto 5) rappresentano l'Impianto di Rete, che sarà di proprietà del gestore di rete (Terna S.p.A.) e costituiscono il Progetto Definitivo dell'Impianto di Rete

La presente relazione tecnica fornisce un inquadramento dal punto di vista idrologico del sito di interesse ed illustra i calcoli eseguiti per il dimensionamento del sistema di laminazione e di recapito ai corpi idrici recettori delle acque meteoriche scolate dai terreni in cui verranno installati sia l'impianto agrivoltaico sia la Cabina Utente di progetto, al fine di soddisfare i requisiti di invarianza idraulica richiesti dalla normativa vigente, quali Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Po ed il Regolamento per il rilascio di concessioni emanato dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

Verranno inoltre illustrate le scelte progettuali al fine della compatibilità idraulica delle Dorsali a 36 kV con il reticolo di bonifica interferente in conformità con la sopracitata legislazione in vigore.

Tali aspetti saranno subordinati al rilascio dell'autorizzazione da parte dell'Ente competente, ovvero il Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

2 Normativa tecnica di riferimento

Gli strumenti normativi e regolamenti in materia a cui si è fatto riferimento sono i seguenti:

- Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico emanato dall'Autorità di Bacino del fiume Po (PAI, 2001), adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n.18 del 26/04/2001.
- Variante alle Norme di Attuazione del PAI adottata con deliberazione del Comitato Istituzionale n.5 del 07/1/2016.
- Il Regolamento per il rilascio di concessioni, licenze e autorizzazioni, elaborato dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara ed approvato con Delibera del Consiglio di Amministrazione n. 16 del 30/11/2022.
- Deliberazione consorziale n. 61/2009 emanata dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

3 Inquadramento del sito

L'impianto in progetto verrà collocato a Sud-Est dell'abitato di Bando, in lotti ricadenti nel Comune di Argenta (FE). Le aree oggetto di intervento appartengono ad un contesto agricolo di pianura, caratterizzata da colture a seminativo semplice.

Il sito è sostanzialmente delimitato a Sud dallo scolo consorziale Canale Dominante Gramigne, ad Ovest dallo scolo consorziale Canaletta di Bando, ad Est dal canale consorziale Scolo Lungo ed infine a Nord dall'area appartenente al sito "Valli di Argenta". Si riporta in Figura 3-1 l'inquadramento aereo delle aree oggetto di intervento.

La Cabina Utente di progetto verrà installata a Nord-Ovest dell'abitato di Bando, in un lotto ricadente nel Comune di Portomaggiore (FE), in un'area caratterizzata per la quasi totalità da attività agricole. L'area di intervento per la realizzazione della Cabina Utente è delimitata ad Est dalla strada comunale Via Portoni Bandissolo ed a Nord, Ovest e Sud da campi agricoli non interessati dal progetto.



Figura 3-1: Inquadramento delle aree di progetto, con indicate in colore blu le aree in cui verrà installato il campo agrivoltaico di progetto mentre in colore rosso l'area in cui verrà installata la Cabina Utente. Sono inoltre indicati con una linea di colore rosso le dorsali a 36 kV di progetto.

La superficie complessiva dei terreni su cui si svilupperà l'impianto agrivoltaico nella disponibilità della Società è di circa 118 ha, suddivisibili in n.3 aree riportate in dettaglio in Figura 3-2. In particolare, l'Area 1 viene ulteriormente suddivisa in n.2 zone denominate 1a e 1b.

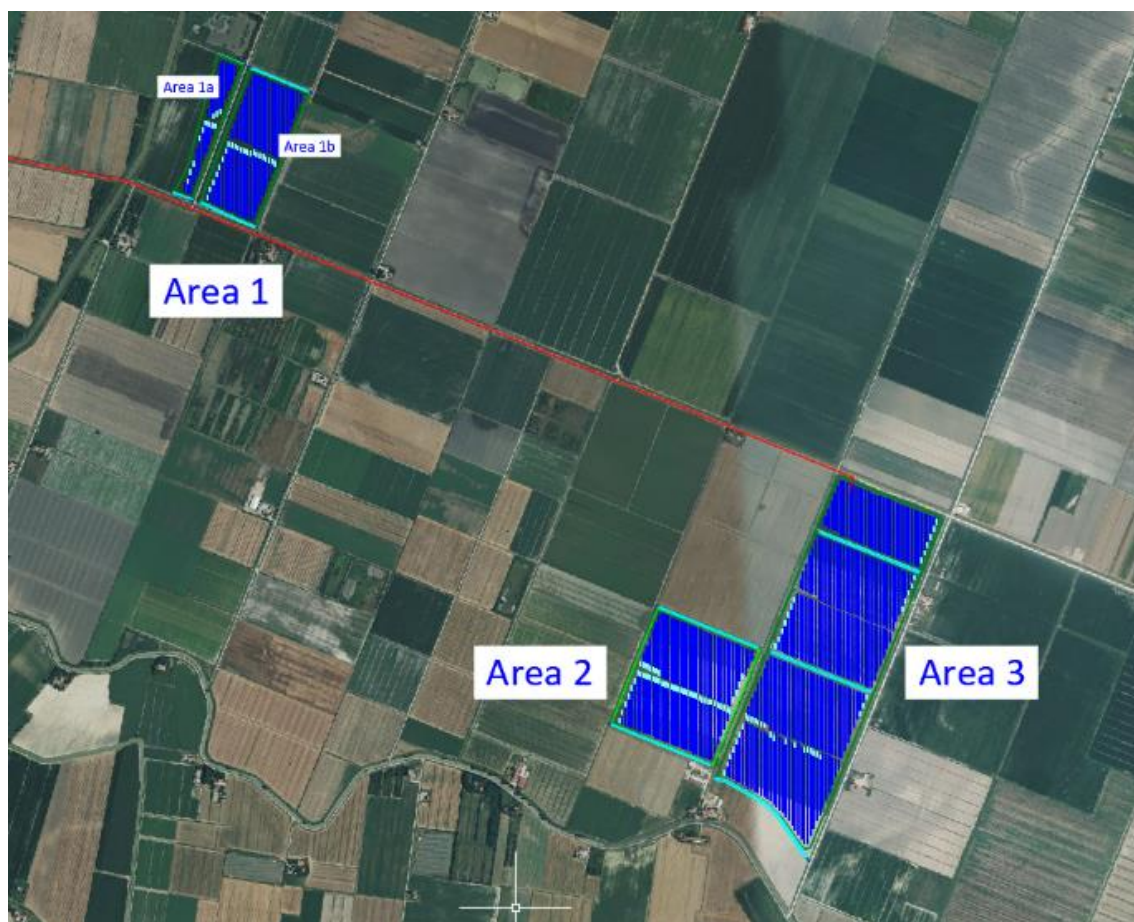


Figura 3-2: Identificazione delle tre aree di progetto.

La Cabina Utente occuperà una superficie di circa 470 m² e si affaccerà direttamente sulla strada comunale esistente, Via Portoni Bandissolo, mediante un nuovo tratto di viabilità di superficie pari a circa 210 m². La strada comunale consentirà l'accesso diretto anche alla nuova stazione RTN, la quale verrà realizzata in prossimità del lato Sud della Cabina Utente stessa.

Si riporta di seguito l'inquadramento dell'area con identificata, in colore rosso, l'ubicazione della Cabina Utente in progetto.



Figura 3-3. Inquadramento dell'area di progetto in cui verrà realizzata la nuova Cabina Utente, indicata in colore rosso. La stazione RTN "Portomaggiore" da realizzarsi è indicata in colore bianco.

Infine, le Opere RTN verranno realizzate anch'esse nel Comune di Portomaggiore. Pertanto le Dorsali 36 kV di collegamento tra l'Impianto e la Cabina Utente interesseranno sia il Comune di Argenta che il Comune di Portomaggiore e saranno posate principalmente seguendo il tracciato delle esistenti strade provinciali e comunali, ad esclusione di qualche breve tratto che ricadrà su terreni rurali di privati.

4 Idrologia del territorio di interesse

L'area oggetto di intervento è sita in un territorio che ricade all'interno del bacino imbrifero del Fiume Po, caratterizzato da una forte presenza di corpi idrici superficiali appartenenti sia al reticolo idrografico naturale sia di bonifica.

L'intervento inoltre, secondo la Direttiva 2000/60/CE, ricade nel Distretto Idrografico Padano, le cui competenze in materia di pianificazione idraulica sono demandate all'Autorità di Bacino distrettuale del fiume Po con il PGRA in vigore.

Si riporta di seguito l'inquadramento normativo dell'area oggetto di intervento nell'ambito di pianificazione idraulica del territorio.

4.1 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

La Direttiva comunitaria 2007/60/CE (cd "Direttiva Alluvioni") relativa alla valutazione e alla gestione del rischio di alluvioni è il documento che vuole creare un quadro di riferimento omogeneo a scala europea per la gestione dei fenomeni alluvionali e si pone, pertanto, l'obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture. In tale ottica, la Direttiva Alluvioni prevede l'adozione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).

Secondo quanto disposto dal Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 n. 49, recepimento nell'ordinamento italiano della Direttiva Alluvioni, il PGRA, così come i Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) ha valore di piano sovraordinato rispetto alla pianificazione territoriale e urbanistica. Alla scala di intero distretto, il PGRA agisce in sinergia con i PAI vigenti.

Il PGRA si compone di una parte cartografica, di una relazione generale, di una parte specifica relative a misure di preparazione e ritorno alla normalità ed un rapporto ambientale.

Le mappe della pericolosità del Piano di Gestione del Rischio Alluvione del Distretto Idrografico Padano, approvato dal Comitato Istituzionale integrato con Deliberazione n. 235 del 3 marzo 2016, indicano le aree geografiche potenzialmente allagabili in relazione ai seguenti tre scenari:

- Alluvioni rare di estrema intensità (P1): tempo di ritorno fino a 500 anni dall'evento (bassa probabilità);
- Alluvioni poco frequenti (P2): tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (media probabilità);
- Alluvioni frequenti (P3): tempo di ritorno fra 20 e 50 anni (elevata probabilità).

In tale ambito sono state predisposte le mappe di pericolosità delle aree potenzialmente interessate da alluvioni, individuate dal PGRA con riferimento a cinque tipologie di fenomeni:

- fenomeno delle inondazioni generate dai corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico principale (RP);
- fenomeno delle inondazioni generate dai corsi d'acqua appartenenti al reticolo secondario collinare e montano (RSCM);
- fenomeno delle inondazioni generate dai corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico secondario di pianura (RSP);
- fenomeno delle inondazioni generate dalle aree costiere lacuali (ACL);
- fenomeno delle inondazioni generate dalle aree costiere marine (ACM).

A seconda della classificazione delle diverse aree (P1, P2 o P3) all'interno del PGRA, gli enti competenti operano e opereranno in riferimento alla strategia e ai contenuti del PGRA al fine di assicurare la congruenza dei piani urbanistici e dei piani di emergenza a quanto indicato nel PGRA stesso. In tale ottica, come tempestiva attuazione delle misure individuate dal PGRA rivolte alla pianificazione di bacino, è stata redatta la Variante alle Norme Attuative del PAI relative al territorio ricadente nel bacino del Fiume Po, dettagliate nel Capitolo 4.2.

A seguire nella Figura 4-1, Figura 4-2, Figura 4-3 e Figura 4-4 si riportano gli stralci delle mappe tratte dalla Direttiva Alluvioni (Mappe PGRA - aggiornamento ottobre 2022), le quali rappresentano in maniera distinta la pericolosità idraulica di diversa entità dovuta al "reticolo principale" e al "reticolo secondario di pianura".

4.1.1 Reticolo idrografico principale

Per quanto concerne il reticolo idrografico principale, l'area di ubicazione dell'impianto agrivoltaico e della Cabina Utente, così come il tracciato delle dorsali a 36 kV risultano ricadere prevalentemente in area P1-Alluvioni rare.

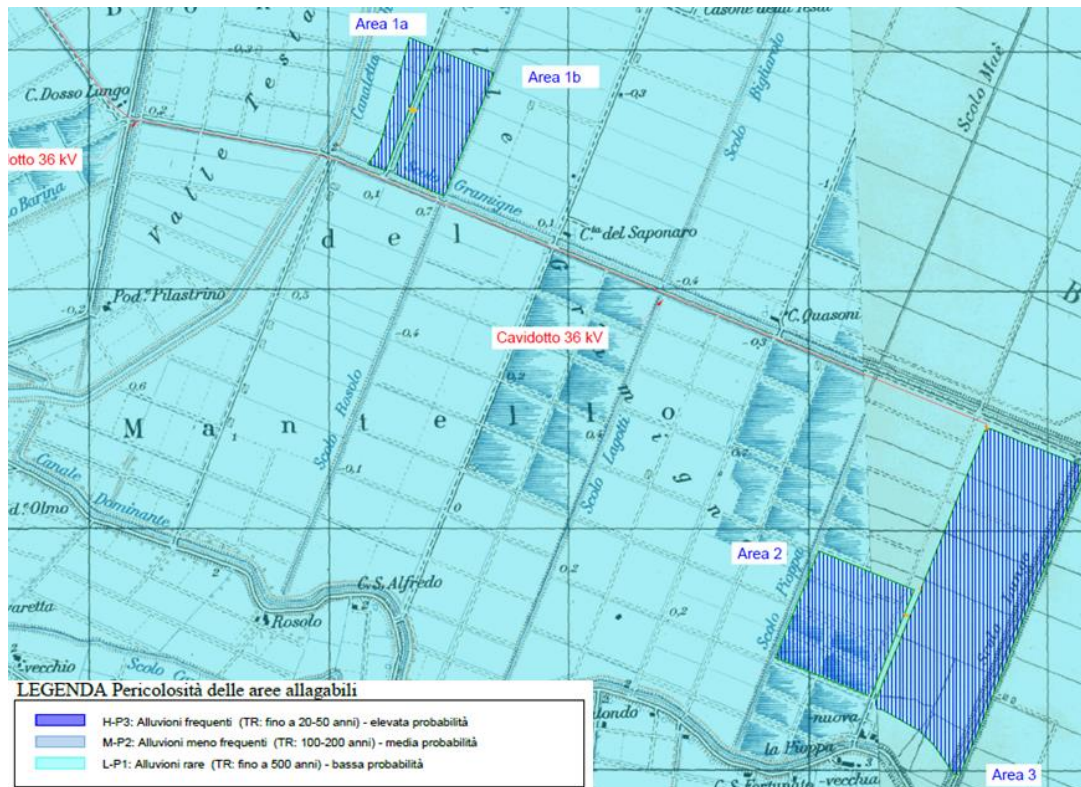


Figura 4-1: Inquadramento generale su IGM – aree PGRA derivanti dal reticolo principale

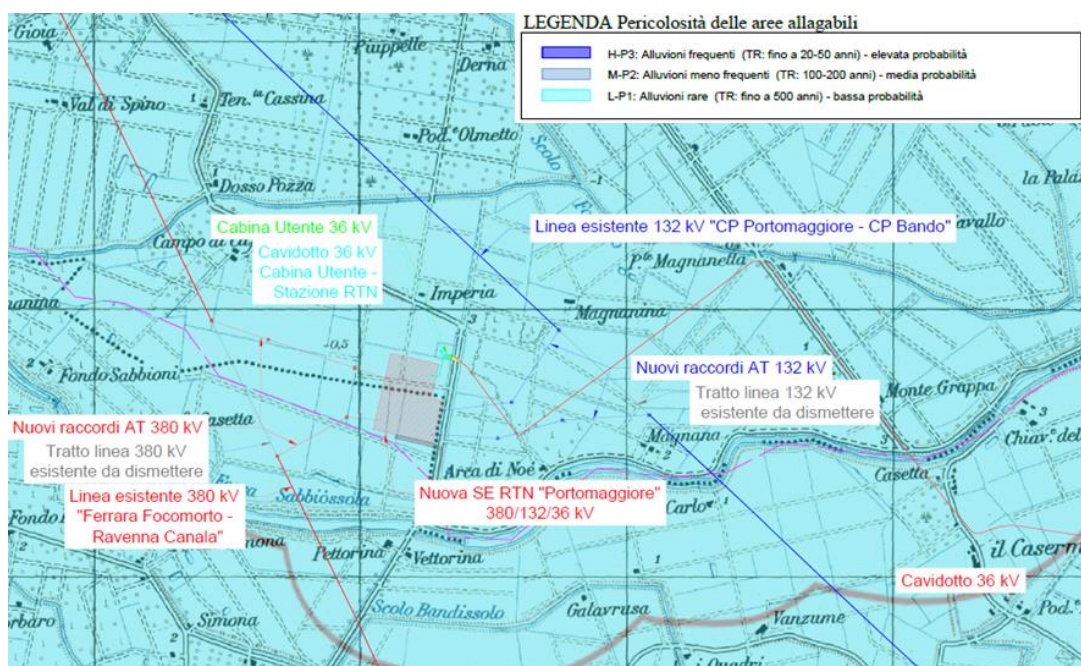


Figura 4-2: Inquadramento generale su IGM – aree PGRA derivanti dal reticolo principale

4.1.2 Reticolo idrografico secondario

Per quanto concerne il reticolo idrografico secondario di pianura l'area di progetto risulta per la quasi totalità compresa all'interno delle aree P2- alluvioni poco frequenti. L'Area 3 ed un tratto del tracciato del cavidotto sono invece comprese in area P3 – alluvioni frequenti.

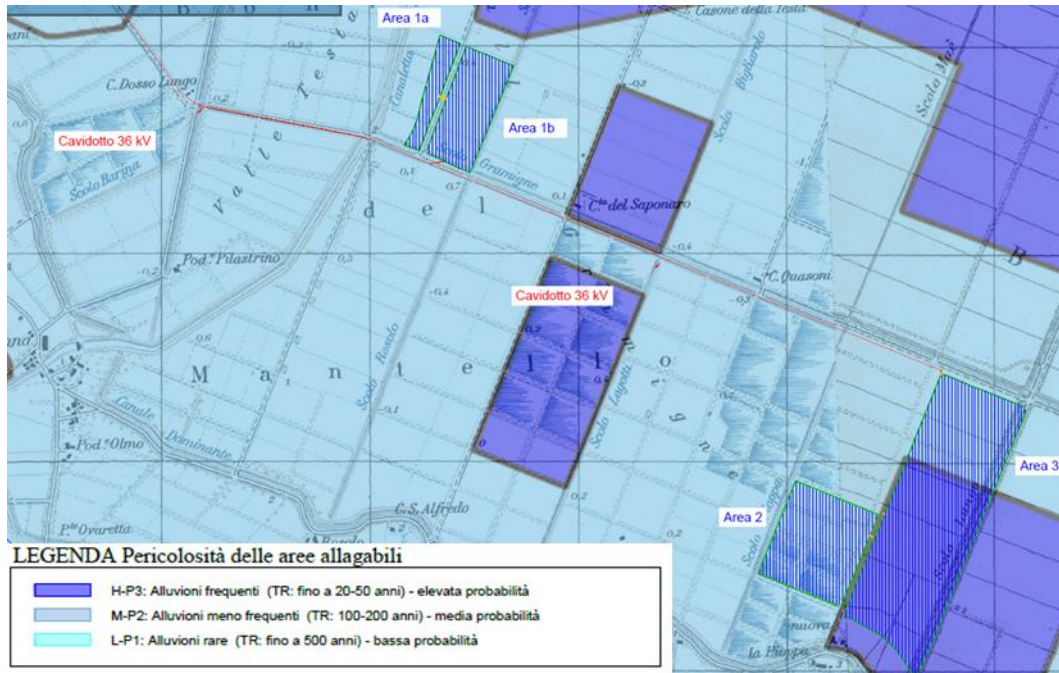


Figura 4-3: Inquadramento generale su IGM – aree PGRA derivanti dal reticolo secondario di pianura

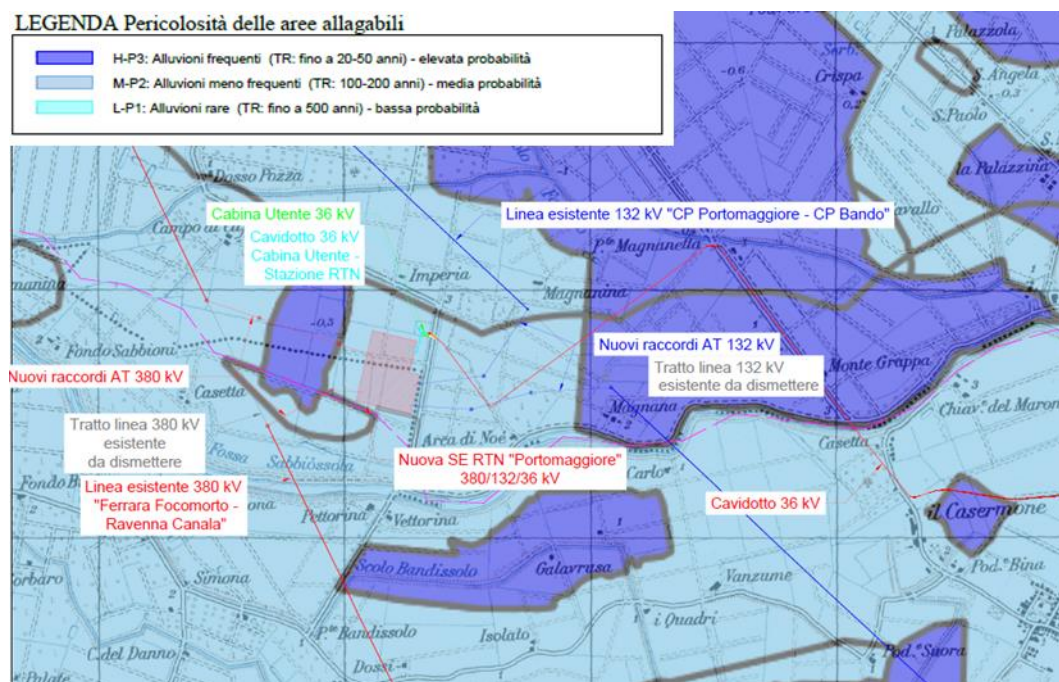


Figura 4-4: Inquadramento generale su IGM – aree PGRA derivanti dal reticolo secondario di pianura

4.2 Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) è lo stralcio del Piano di Bacino mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo nelle che aree a pericolosità e rischio legate ai processi geomorfologici. Il PAI vigente nell'area d'intervento è il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po unitamente alle Norme Attuative, emanato dall'Autorità di Bacino del fiume Po ed adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n.18 del 26/04/2001.

Inoltre, come accennato nel precedente Capitolo 4.1, il PAI agisce in sinergia al PGRA e, nell'ambito della redazione del PGRA è stata condotta una specifica attività volta ad armonizzare gli strumenti di pianificazione di bacino vigenti (PAI) con i contenuti del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni – PGRA. Ciò ha portato all'adozione della Variante alle Norme di Attuazione del PAI con deliberazione del Comitato Istituzionale n.5 del 07/01/2016.

I vincoli idraulici e i condizionamenti fisici sono costituiti dalle Fasce Fluviali definite nel Piano Stralcio delle fasce fluviali PSFF e che sono relative a:

- 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;
- Fascia di esondazione (Fascia B), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento;
- 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 (si assume come portata di progetto la massima piena storicamente registrata, se corrispondente a un TR superiore a 200 anni, o in assenza di essa, la piena con TR di 500 anni).

Facendo riferimento alla Figura 4-5 e alla Figura 4-6, in cui si riporta uno stralcio delle mappe delle fasce fluviali del PAI Po, con rappresentate le diverse fasce fluviali, si evince che l'intera area interessata dalle opere in progetto ricade interamente in fascia fluviale tipo "C".

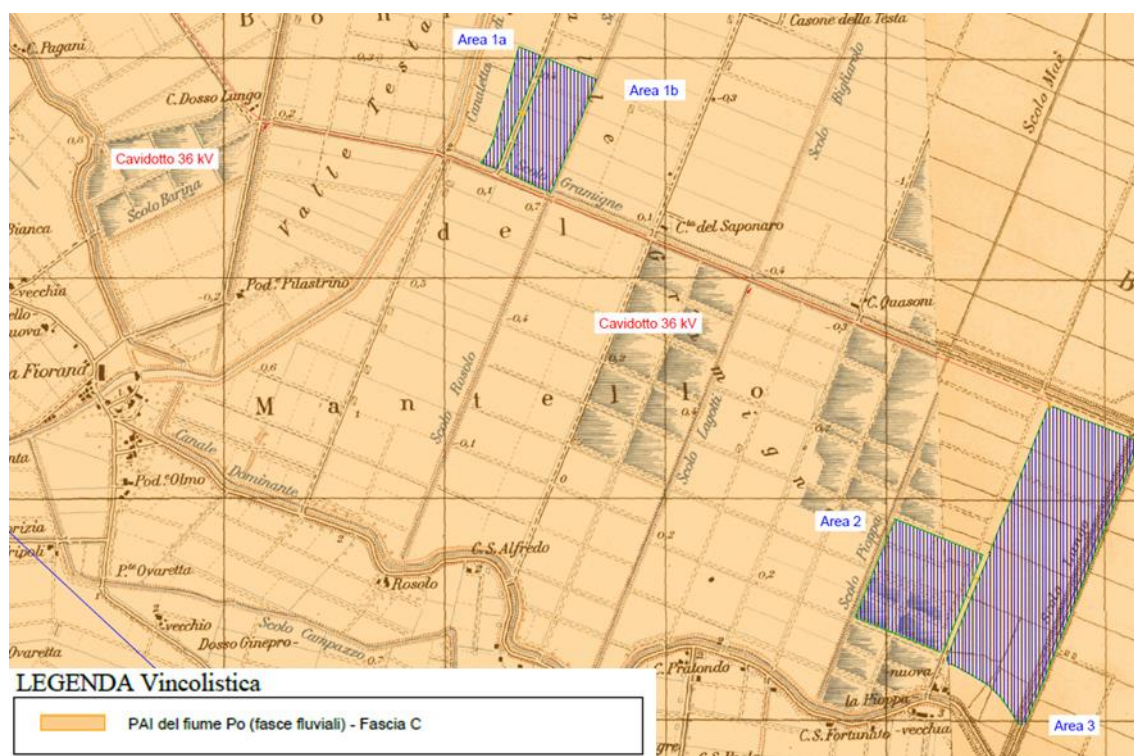


Figura 4-5: Inquadramento generale su IGM – aree PAI Po (fasce fluviali)

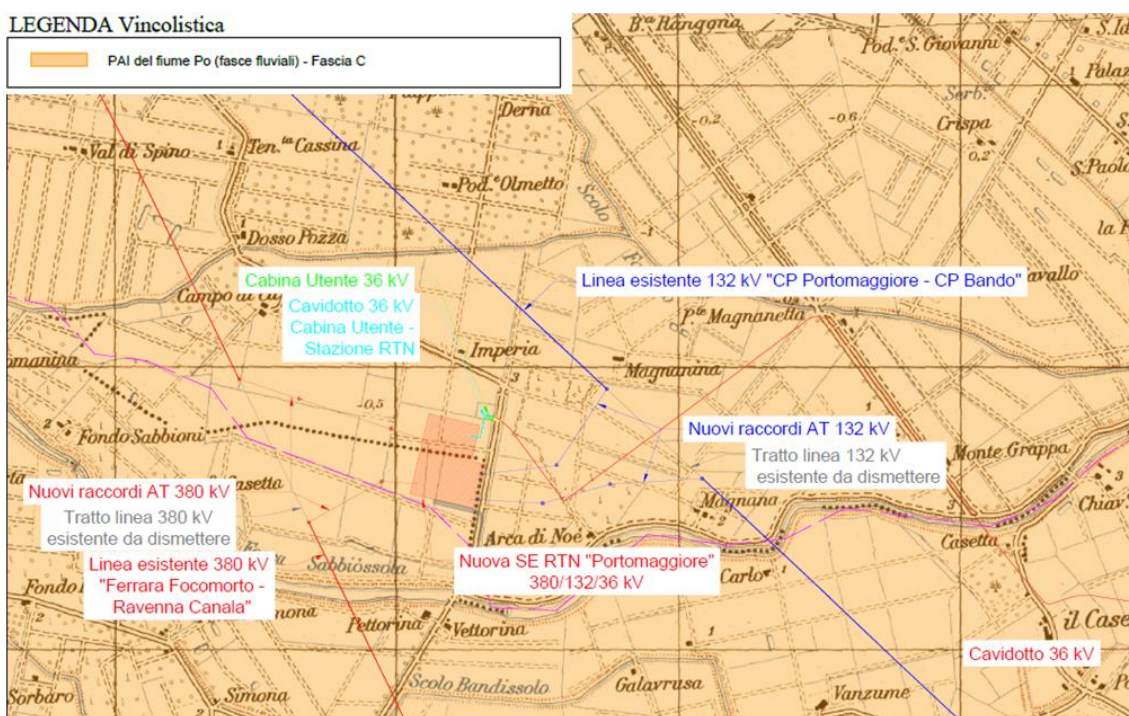


Figura 4-6: Inquadramento generale su IGM – aree PAI Po (fasce fluviali)

4.3 Consorzio di Bonifica

Le Norme di Attuazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico del Po stabiliscono con l'art. 12, comma 4 che "I Consorzi di Bonifica, ove presenti, verificano la compatibilità degli scarichi delle nuove aree urbanizzate con i propri ricettori, proponendo gli interventi e le azioni necessari agli adeguamenti finalizzati a mantenere situazioni di sicurezza".

Nel caso in esame, come accennato anche nel Capitolo 1, il sito è collocato nel territorio di competenza del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara ed è perciò disciplinato dal relativo Regolamento.

4.4 Dati storici

Come precedentemente accennato, il territorio oggetto di intervento è attraversato da un numero consistente di corsi d'acqua naturali e da una complessa ed estesa rete di canali artificiali, collettori di bonifica e corsi d'acqua minori, che si sviluppano su ampie aree morfologicamente depresse. Ciò comporta, come si evince dalle figure sopra riportate, che sia esposto a vari gradi di rischio idraulico generato da eventi con tempi di ritorno differenti ovvero più o meno rari.

Infatti, secondo dati ISPRA, l'Emilia-Romagna è tra le regioni in cui le percentuali di territorio potenzialmente allagabile, così come quelle di popolazione esposta a rischio di alluvione per i tre scenari di pericolosità/probabilità, risultano superiori rispetto ai valori calcolati alla scala nazionale.

L'evento alluvionale del maggio 2023, verificatosi in un'ampia porzione della Romagna, conferma quanto previsto dalle carte di pericolosità idraulica del Piano e si può classificare come evento di portata storica, in quanto attualmente le prime stime indicano un tempo di ritorno associato all'evento pari a circa 200 anni.

L'area oggetto di intervento, tuttavia, non è stata colpita dagli allagamenti del maggio 2023.

5 Impianto agrivoltaico di progetto

5.1 Inquadramento di dettaglio delle aree di progetto ai fini dello studio di invarianza idraulica

Come accennato nel Capitolo 4, il sito in cui verrà installato l'impianto agrivoltaico si trova sotto la giurisdizione dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po.

Nel rispetto delle disposizioni contenute nelle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (art. 12 c.4) il Consorzio di Bonifica è chiamato a verificare la compatibilità degli scarichi delle nuove aree urbanizzate con i propri ricettori.

In attuazione di ciò, la Delibera Consorziale n. 61/2009 (art.15) prescrive che l'intervento dovrà soddisfare i requisiti di invarianza idraulica previsti per la trasformazione dell'area. La creazione dei campi agrivoltaici infatti comporterà la trasformazione dell'area in esame, influenzando il regime di deflusso delle acque meteoriche.

In particolare, è necessario realizzare un volume di invaso atto alla laminazione delle acque di pioggia prima dello scarico nel recettore finale, rappresentato da diversi canali di bonifica.

Il sistema previsto per l'invarianza idraulica conterà quindi di fossati di scolo interpoderali di diversa sezione idraulica, che fungeranno da invaso raccogliendo le acque meteoriche scolate dai lotti agricoli. Tali fossi di progetto realizzeranno perciò i volumi di invaso richiesti dalla normativa vigente, riportati in dettaglio al paragrafo 5.2.2.

I volumi immagazzinati verranno poi recapitati agli scoli consorziali prossimi ai lotti di terreno. Nello specifico, in occasione di eventi di pioggia, le acque scoleranno dai moduli fotovoltaici di progetto sul terreno ed, una volta infiltrate nel sottosuolo, verranno raccolte nei tubi dreno, che le convoglieranno seguendo definite direzioni di scolo in collettori di accumulo, dai quali verranno recapitate ai fossi di progetto (invaso di laminazione) e successivamente nei vicini canali consorziali. Il volume idrico che invece non si infiltrerà nel sottosuolo verrà drenato per ruscellamento superficiale, seguendo la pendenza del terreno in direzione dei fossi di progetto (invaso di laminazione). I successivi paragrafi 5.1.1-5.1.11 riportano un inquadramento di dettaglio per le 3 Aree di progetto suddivise a loro volta in 11 sottoaree ai fini dello studio di invarianza idraulica.

5.1.1 Area 1 – sottoarea 1

L'Area 1 è delimitata a Sud dallo Scolo Gramigne, ad Ovest dalla Canaletta di Bando, ad Est dallo Scolo Campanello ed a Nord da campi agricoli non interessati dal progetto. Inoltre, come mostrato in Figura 5-1, l'Area 1 è suddivisa a sua volta in due zone (1a e 1b) separate dallo scolo consorziale Canaletta Gramigne sinistra.

La sottoarea 1 in particolare appartiene alla zona 1a.

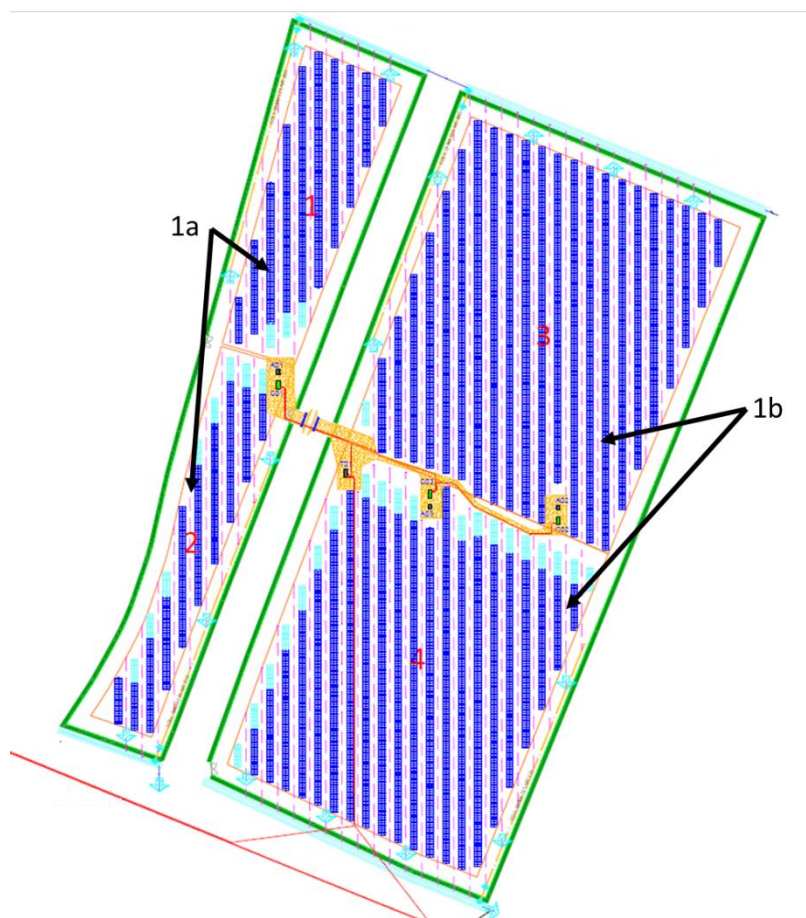


Figura 5-1. Suddivisione in sottoaree dell'Area 1

La direzione di scolo sarà da Sud a Nord verso il fosso di progetto, le cui dimensioni sono riportate al paragrafo 5.2.2. La capacità di tale invaso di laminazione è tale da assicurare il volume di invaso necessario, descritto in dettaglio al paragrafo 5.2.2, per consentire poi alle acque di defluire verso l'invaso di laminazione (fosso) servente la sottoarea 3, come descritto in seguito nel paragrafo 5.1.3. Da lì le acque meteoriche scolate verranno scaricate nel vicino scolo consorziale Campanello.

5.1.2 Area 1 – sottoarea 2

La sottoarea 2 appartiene alla zona 1a dell'Area 1.

La direzione di scolo sarà da Nord a Sud verso il fosso di progetto, le cui dimensioni sono riportate al paragrafo 5.2.2. La capacità di tale invaso di laminazione è tale da assicurare il volume di invaso necessario, descritto in dettaglio al paragrafo 5.2.2, per consentire poi alle acque di defluire a gravità verso il vicino scolo consorziale Gramigne.

Nella sottoarea 2 è prevista la realizzazione di una cabina di trasformazione (power station) e di una cabina ausiliaria. Considerata la quota media del piano campagna nell'ambito delle sottoaree 1-4, pari a circa -1,32 m s.l.m., è stata prevista una quota per cabine pari a circa +0,18 m slm. Questo implica che la quota del piano di calpestio sarà pari a circa +0,28 m slm per le cabine ausiliarie e di 0,53 m slm per le power stations. Tali quote assicurano di essere almeno 1,5 m sopra il piano di campagna medio delle sottoaree 1-4 e, nel caso specifico, sopra al livello del medio mare, in modo tale da ridurre il rischio allagamento, viste le quote altimetriche assolute negative che caratterizzano l'area di intervento e che determinano una naturale tendenza all'accumulo di acque meteoriche in caso di allagamenti.

La quota media del piano campagna è stata ricavata mediante l'analisi zonale del modello digitale del terreno dell'Area 1, elaborato e ricavato sulla base del rilievo plano-altimetrico effettuato dalla Committenza.

5.1.3 Area 1 – sottoarea 3

La sottoarea 3 è appartiene alla zona 1b dell'Area 1.

La direzione di scolo sarà da Sud a Nord verso il fosso di progetto, le cui dimensioni sono riportate al paragrafo 5.2.2. La capacità di tale invaso di laminazione è tale da assicurare il volume di invaso necessario, descritto in dettaglio al paragrafo 5.2.2, per consentire poi alle acque di defluire verso il vicino scolo consorziale Campanello. Il fosso di progetto raccoglierà anche le acque meteoriche laminate dal fosso afferente alla sottoarea 1, le quali saranno trasferite all'invaso mediante un'apposita condotta. Dal fosso di progetto a Nord della sottoarea 3, le acque così raccolte verranno recapitate per gravità al vicino scolo consorziale Campanello.

Nella sottoarea 3 è prevista la realizzazione di una cabina di trasformazione (power station) e di una cabina ausiliaria. Considerata la quota media del piano campagna nell'ambito delle sottoaree 1-4, pari a circa -1,32 m s.l.m., è stata prevista una quota per cabine pari a circa +0,18 m slm. Questo implica che la quota del piano di calpestio sarà pari a circa +0,28 m slm per le cabine ausiliarie e di +0,53 m slm per le power stations. Tali quote assicurano di essere almeno 1,5 m sopra il piano di campagna medio delle sottoaree 1-4 e, nel caso specifico, sopra al livello del medio mare, in modo tale da ridurre il rischio allagamento, viste le quote altimetriche assolute negative che caratterizzano l'area di intervento e che determinano una naturale tendenza all'accumulo di acque meteoriche in caso di allagamenti.

La quota media del piano campagna è stata ricavata mediante l'analisi zonale del modello digitale del terreno dell'area 1, elaborato e ricavato sulla base del rilievo plano-altimetrico effettuato dalla Committenza.

5.1.4 Area 1 – sottoarea 4

La sottoarea 4 appartiene alla zona 1b dell'Area 1.

La direzione di scolo sarà da Nord a Sud verso il fosso di progetto, le cui dimensioni sono riportate al paragrafo 5.2.2. La capacità di tale invaso di laminazione è tale da assicurare il volume di invaso necessario, descritto in dettaglio al paragrafo 5.2.2, per consentire poi alle acque di defluire a gravità verso il vicino scolo consorziale Campanello.

Nella sottoarea 4 è prevista la realizzazione di una cabina di trasformazione (power station), di una cabina ausiliaria e di una cabina di raccolta. Considerata la quota media del piano campagna nell'ambito delle sottoaree 1-4, pari a circa -1,32 m s.l.m., è stata prevista una quota per cabine pari a circa +0,18 m slm. Questo implica che la quota del piano di calpestio sarà pari a circa +0,28 m slm per le cabine ausiliarie e di +0,53 m slm per le power stations. Il piano di calpestio della cabina di raccolta avrà infine quota pari a +0,28 m slm.

Tali quote assicurano di essere almeno 1,5 m sopra il piano di campagna medio delle sottoaree 1-4 e, nel caso specifico, sopra al livello del medio mare, in modo tale da ridurre il rischio allagamento, viste le quote altimetriche assolute negative che caratterizzano l'area di intervento e che determinano una naturale tendenza all'accumulo di acque meteoriche in caso di allagamenti.

La quota media del piano campagna è stata ricavata mediante l'analisi zonale del modello digitale del terreno dell'Area 1, elaborato e ricavato sulla base del rilievo plano-altimetrico effettuato dalla Committenza.

5.1.5 Area 2 – sottoarea 5

L'Area 2, posta a Sud-Est dell'Area 1, e raffigurata in Figura 5-2, è delimitata a Sud da una strada carrabile bianca, ad Ovest dallo scolo consorziale Pioppa, ad Est dallo scolo consorziale Canaletta Gramigne destra ed a Nord da campi agricoli non interessati dal progetto.

Una carraia interna di progetto, di nuova realizzazione, suddivide l'Area 2 nelle sottoaree 5 e 6.

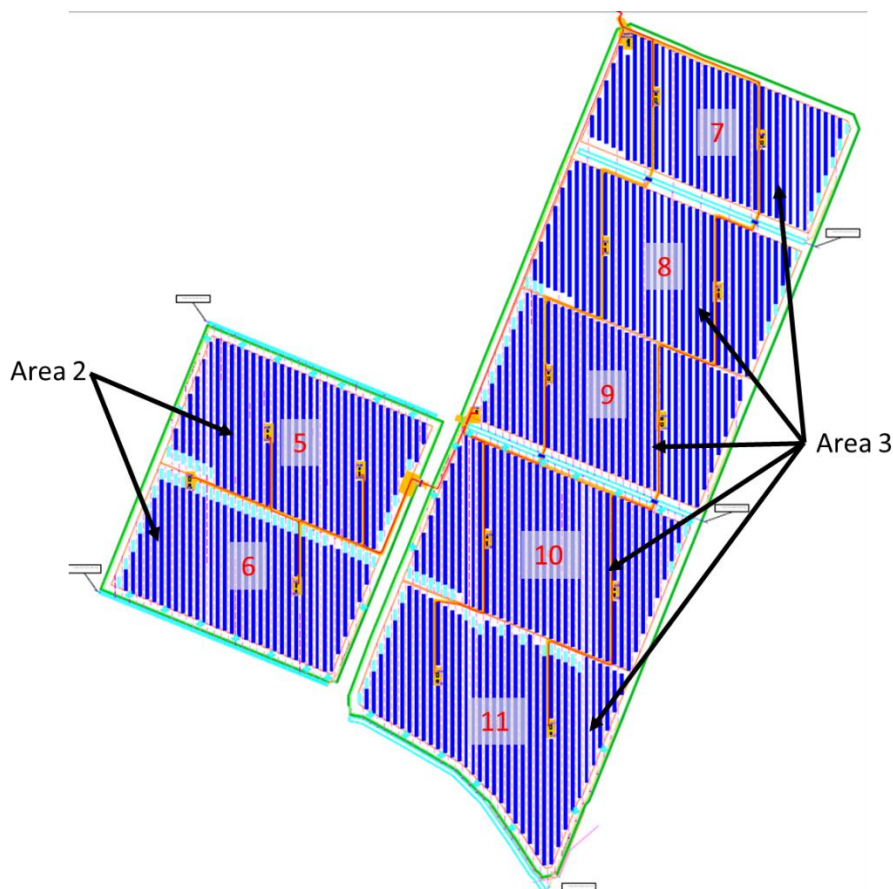


Figura 5-2. Suddivisione in sottoaree dell'Area 2 dell'Area 3

Nella sottoarea 5, la direzione di scolo sarà da Sud a Nord verso il fosso di progetto, le cui dimensioni sono riportate al paragrafo 5.2.2. La capacità di tale invaso di laminazione è tale da assicurare il volume di invaso necessario, descritto in dettaglio al paragrafo 5.2.2, per consentire poi alle acque di defluire a gravità verso il vicino scolo consorziale Pioppa.

All'interno della sottoarea 5 è prevista la realizzazione di due cabine di trasformazione (power stations) e di due cabine ausiliarie. Considerata la quota media del piano campagna nell'ambito delle sottoaree 5-6, pari a circa $-0,95$ m s.l.m., è stata prevista una quota per cabine pari a circa $+0,55$ m slm. Questo implica che la quota del piano di calpestio sarà pari a circa $+0,65$ m slm per le cabine ausiliarie e di $+0,90$ m slm per le power stations.

Tali quote assicurano di essere almeno $1,5$ m sopra il piano di campagna medio delle sottoaree 5-6 e, nel caso specifico, sopra al livello del medio mare, in modo tale da ridurre il rischio allagamento, viste le quote altimetriche assolute negative che caratterizzano l'area di intervento e che determinano una naturale tendenza all'accumulo di acque meteoriche in caso di allagamenti.

La quota media del piano campagna è stata ricavata mediante l'analisi zonale del modello digitale del terreno dell'Area 2, elaborato e ricavato sulla base del rilievo plano-altimetrico effettuato dalla Committenza.

5.1.6 Area 2 – sottoarea 6

Nella sottoarea 6, la direzione di scolo sarà da Nord a Sud verso il fosso di progetto, le cui dimensioni sono riportate al paragrafo 5.2.2. La capacità di tale invaso di laminazione è tale da assicurare il volume di invaso necessario, descritto in dettaglio al paragrafo 5.2.2, per consentire poi alle acque di defluire a gravità verso il vicino scolo consorziale Pioppa.

All'interno della sottoarea 6 è prevista la realizzazione di due cabine di trasformazione (power stations) e di due cabine ausiliarie. Considerata la quota media del piano campagna nell'ambito delle sottoaree 5-6, pari a circa $-0,95$ m s.l.m., è stata

prevista una quota per cabine pari a circa +0,55 m slm. Questo implica che la quota del piano di calpestio sarà pari a circa +0,65 m slm per le cabine ausiliarie e di +0,90 m slm per le power stations.

Tali quote assicurano di essere almeno 1,5 m sopra il piano di campagna medio delle sottoaree 5-6 e, nel caso specifico, sopra al livello del medio mare, in modo tale da ridurre il rischio allagamento, viste le quote altimetriche assolute negative che caratterizzano l'area di intervento e che determinano una naturale tendenza all'accumulo di acque meteoriche in caso di allagamenti.

La quota media del piano campagna è stata ricavata mediante l'analisi zonale del modello digitale del terreno dell'Area 2, elaborato e ricavato sulla base del rilievo plano-altimetrico effettuato dalla Committenza.

5.1.7 Area 3 – sottoarea 7

L'Area 3, posta ad Est dell'Area 2 e raffigurata in Figura 5-2, è delimitata a Sud dal Canale dominante Gramigne, ad Ovest scolo consorziale Canaletta Gramigne, ad Est dalla Strada Comunale Via Mantello ed a Nord dallo Scolo consorziale Gramigne.

Un fosso centrale esistente suddivide l'Area 3 nelle sottoaree 7 e 8 e raccoglierà le acque scolate da entrambe le sottoaree. A tal fine, verrà opportunamente riprofilato per creare il volume di invaso necessario come descritto in dettaglio al paragrafo 5.2.2.

La sottoarea 7 prevede una direzione di scolo da Nord a Sud verso il fosso di progetto per consentire poi alle acque scolate dalla sottoarea 7 ed 8 di defluire a gravità verso il vicino scolo consorziale Lungo.

Nella sottoarea 7 è prevista la realizzazione di due cabine di trasformazione (power station), di due cabine ausiliarie e di un magazzino/sala di controllo. Considerata la quota media del piano campagna nell'ambito delle sottoaree 7-8, pari a circa -1,15 m s.l.m., è stata prevista una quota per le cabine ed il magazzino pari a circa +0,35 m slm. Questo implica che la quota del piano di calpestio sarà pari a circa +0,45 m slm per le cabine ausiliarie e di 0,70 m slm per le power stations. Il piano di calpestio del magazzino/sala di controllo avrà infine quota pari a +0,65 m slm.

Tali quote assicurano di essere almeno 1,5 m sopra il piano di campagna medio delle sottoaree 7-8 e, nel caso specifico, sopra al livello del medio mare, in modo tale da ridurre il rischio allagamento, viste le quote altimetriche assolute negative che caratterizzano l'area di intervento e che determinano una naturale tendenza all'accumulo di acque meteoriche in caso di allagamenti.

La quota media del piano campagna è stata ricavata mediante l'analisi zonale del modello digitale del terreno dell'Area 3, elaborato e ricavato sulla base del rilievo plano-altimetrico effettuato dalla Committenza.

5.1.8 Area 3 – sottoarea 8

La sottoarea 8 prevede una direzione di scolo da Sud a Nord verso il fosso riprofilato di progetto, per consentire poi alle acque scolate dalla sottoarea 7 ed 8 di defluire a gravità verso il vicino scolo consorziale Lungo.

Nella sottoarea 8 è prevista la realizzazione di due cabine di trasformazione (power station) e di due cabine ausiliarie. Considerata la quota media del piano campagna nell'ambito delle sottoaree 7-8, pari a circa -1,15 m s.l.m., è stata prevista una quota per le cabine ed il magazzino pari a circa +0,35 m slm. Questo implica che la quota del piano di calpestio sarà pari a circa +0,45 m slm per le cabine ausiliarie e di +0,70 m slm per le power stations.

Tali quote assicurano di essere almeno 1,5 m sopra il piano di campagna medio delle sottoaree 7-8 e, nel caso specifico, sopra al livello del medio mare, in modo tale da ridurre il rischio allagamento, viste le quote altimetriche assolute negative che caratterizzano l'area di intervento e che determinano una naturale tendenza all'accumulo di acque meteoriche in caso di allagamenti.

La quota media del piano campagna è stata ricavata mediante l'analisi zonale del modello digitale del terreno dell'Area 3, elaborato e ricavato sulla base del rilievo plano-altimetrico effettuato dalla Committenza.

5.1.9 Area 3 – sottoarea 9

Un fosso centrale esistente suddivide ulteriormente la zona Sud dell'Area 3 nelle sottoaree 9 e 10 e raccoglierà le acque scolate da entrambe le sottoaree. A tal fine, verrà opportunamente riprofilato per creare il volume di invaso necessario come descritto in dettaglio al 5.2.2.

La sottoarea 9 prevede una direzione di scolo da Nord a Sud verso il fosso di progetto per consentire poi alle acque scolate dalla sottoarea 9 e 10 di defluire a gravità verso il vicino scolo consorziale Lungo.

Nella sottoarea 9 è prevista la realizzazione di due cabine di trasformazione (power stations) e di due cabine ausiliarie. Considerata la quota media del piano campagna nell'ambito delle sottoaree 9-10, pari a circa -0,82 m s.l.m., è stata prevista una quota per le cabine ed il magazzino pari a circa +0,68 m slm. Questo implica che la quota del piano di calpestio sarà pari a circa +0,78 m slm per le cabine ausiliarie e di +1,03 m slm per le power stations.

Tali quote assicurano di essere almeno 1,5 m sopra il piano di campagna medio delle sottoaree 9-10 e, nel caso specifico, sopra al livello del medio mare, in modo tale da ridurre il rischio allagamento, viste le quote altimetriche assolute negative che caratterizzano l'area di intervento e che determinano una naturale tendenza all'accumulo di acque meteoriche in caso di allagamenti.

La quota media del piano campagna è stata ricavata mediante l'analisi zonale del modello digitale del terreno dell'Area 3, elaborato e ricavato sulla base del rilievo plano-altimetrico effettuato dalla Committenza.

5.1.10 Area 3 – sottoarea 10

La sottoarea 10 prevede una direzione di scolo da Sud a Nord verso il fosso riprofilato di progetto per consentire poi alle acque scolate dalla sottoarea 9 e 10 di defluire a gravità verso il vicino scolo consorziale Lungo.

Nella sottoarea 10 è prevista la realizzazione di due cabine di trasformazione (power stations) e di due cabine ausiliarie. Considerata la quota media del piano campagna nell'ambito delle sottoaree 9-10, pari a circa -0,82 m s.l.m., è stata prevista una quota per le cabine ed il magazzino pari a circa +0,68 m slm. Questo implica che la quota del piano di calpestio sarà pari a circa +0,78 m slm per le cabine ausiliarie e di +1,03 m slm per le power stations.

Tali quote assicurano di essere almeno 1,5 m sopra il piano di campagna medio delle sottoaree 9-10 e, nel caso specifico, sopra al livello del medio mare, in modo tale da ridurre il rischio allagamento, viste le quote altimetriche assolute negative che caratterizzano l'area di intervento e che determinano una naturale tendenza all'accumulo di acque meteoriche in caso di allagamenti.

La quota media del piano campagna è stata ricavata mediante l'analisi zonale del modello digitale del terreno dell'Area 3, elaborato e ricavato sulla base del rilievo plano-altimetrico effettuato dalla Committenza.

5.1.11 Area 3 – sottoarea 11

La sottoarea 11 è ubicata nella zona più a Sud dell'Area 3 ed è divisa dalla confinante sottoarea 10 dalla viabilità interna di progetto. Si prevede una direzione di scolo da Nord a Sud verso il fosso di progetto per consentire poi alle acque scolate di defluire a gravità verso il vicino scolo consorziale Lungo.

Nella sottoarea 11 è prevista la realizzazione di due cabine di trasformazione (power stations) e di due cabine ausiliarie. Considerata la quota media del piano campagna nell'ambito della sottoarea 11, pari a circa -0,54 m s.l.m., è stata prevista una quota per le cabine ed il magazzino pari a circa +0,96 m slm. Questo implica che la quota del piano di calpestio sarà pari a circa +1,06 m slm per le cabine ausiliarie e di +1,31 m slm per le power stations.

Tali quote assicurano di essere almeno 1,5 m sopra il piano di campagna medio della sottoarea 11 e, nel caso specifico, sopra al livello del medio mare, in modo tale da ridurre il rischio allagamento, viste le quote altimetriche assolute negative che caratterizzano l'area di intervento e che determinano una naturale tendenza all'accumulo di acque meteoriche in caso di allagamenti.

La quota media del piano campagna è stata ricavata mediante l'analisi zonale del modello digitale del terreno dell'Area 3, elaborato e ricavato sulla base del rilievo plano-altimetrico effettuato dalla Committenza.

5.2 Invarianza idraulica

5.2.1 Intervento di trasformazione urbanistica

Come già accennato precedentemente, l'area in cui verrà installato l'impianto agrivoltaico è attualmente ad uso esclusivamente agricolo, ovvero è costituita da una superficie permeabile alle acque meteoriche. L'installazione di un nuovo campo fotovoltaico comporterà pertanto la trasformazione dell'area e determinerà quindi la necessità di creare fossi interpoderali che fungeranno da invaso di laminazione.

Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici costituiranno il principale elemento di trasformazione dell'area di interesse, in aggiunta alla presenza delle strade di accesso ai campi agrivoltaici, realizzate con materiale misto granulare (e quindi semipermeabile), ed alle cabine/edifici in progetto.

Si riportano di seguito i calcoli di dimensionamento dei volumi di invasi, eseguiti sulla base del rilievo plano-altimetrico e delle superfici previste a progetto.

5.2.2 Volumi di invarianza idraulica

Il volume minimo da reperire per un campo agrivoltaico, secondo le indicazioni fornite dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara, ai fini del soddisfacimento dei requisiti di invarianza idraulica, è pari a **500 m³/ha** di superficie impermeabilizzata. Per il calcolo della superficie territoriale interessata dall'intervento, necessaria alla determinazione del volume di invarianza idraulica, si è computato l'ingombro teorico dei moduli a terra considerando a favore di sicurezza il sistema di inseguimento nella posizione orizzontale.

Dato che i moduli fotovoltaici in progetto avranno dimensioni in pianta pari a circa 2,38 x 1,30 m, ogni modulo occuperà una superficie orizzontale proiettata a terra pari a:

$$2,384 \text{ m} \times 1,303 \text{ m} = 3,106 \text{ m}^2$$

Moltiplicando tale superficie per il numero di moduli previsti per ogni zona si ottiene la superficie corrispondente alla proiezione dei moduli sul terreno (Superficie moduli).

Nel calcolo del volume minimo da assicurare, vengono computate inoltre l'area occupata dalle cabine/edifici (Superficie Cabine) e l'area occupata dalla viabilità da realizzarsi (Superficie strade). Quest'ultima, essendo costituita in materiale stabilizzato, ovvero semipermeabile, viene pertanto considerata al 60%, come da indicazioni del Consorzio di Bonifica.

Le superfici così determinate vengono sommate, determinando la superficie trasformata per ogni area dell'impianto. Moltiplicando tale superficie per il valore richiesto relativo al volume minimo di invarianza idraulica si ottiene il relativo volume minimo da assicurare:

$$\text{Volume minimo richiesto} = 500 \text{ m}^3/\text{ha} \times [\text{Superficie moduli} + 0,6 \times (\text{Superficie strade}) + \text{Superficie cabine}]$$

I risultati per ciascuna Area sono riportati in Tabella 5-1.

Area	N° Sotto area	Superficie moduli m ²	Superficie strade m ²	Superficie cabine m ²	Volumi di invarianza idraulica richiesti da normativa m ³
1	1	5.088,20	0,00	0,00	254,41
	2	4.038,26	890,00	24,00	229,81
	3	20.433,58	1.476,00	24,00	1.067,16
	4	18.737,52	1.038,00	40,00	970,02
2	5	33.679,07	3.834,00	47,00	1.801,32
	6	31.659,94	1.620,00	47,00	1.633,95

3	7	30.044,64	3.933,00	77,50	1.624,10
	8	35.375,14	3.350,00	47,00	1.871,61
	9	35.213,61	3.804,00	63,77	1.877,99
	10	40.544,11	4.530,98	47,00	2.165,48
	11	39.897,99	2.214,00	47,00	2.063,67

Tabella 5-1: tabella riportante i volumi di invarianza richiesti dalla normativa tecnica per i lotti oggetto di intervento

Il recapito ai corpi idrici recettori dei volumi idrici avverrà per gravità, in modo analogo nelle tre Aree e delle relative sottoaree.

In particolare, le acque meteoriche infiltratesi nel terreno verranno raccolte da tubi dreno, con diametri variabili tra 65 e 80 mm, disposti in parallelo lungo tutta l'estensione delle aree. Questi convogliano le acque in parte direttamente ai fossati di laminazione ed in parte a collettori di raccolta, di diametro variabile, i quali recapiteranno le acque ai fossi in terra di progetto che fungeranno da invaso di laminazione. Da qui, tramite una tubazione denominata strozzatura, le acque verranno scaricate a gravità nel più vicino canale consorziale.

I fossi interpoderali di progetto in terra, che fungeranno da invasi di laminazione, saranno di tre diverse tipologie, tutti di sezione trapezia variabile ed altezza pari a 1,50 m. Tali invasi di laminazione saranno di nuova realizzazione per quanto riguarda le sottoaree 1-6 ed 11, mentre i fossi di progetto serventi le sottoaree 7-8 e 9-10 saranno costituiti da fossi interpoderali esistenti opportunamente riprofilati al fine di garantire un volume di invaso sufficiente a soddisfare i requisiti di invarianza idraulica.

I volumi stoccabili nei fossati si ricavano moltiplicando il valore della sezione idraulica di progetto per la lunghezza del fossato stesso. Si riportano in tabella i volumi immagazzinabili dalle varie tipologie di fossato di progetto, messi a confronto con i volumi di laminazione richiesti dalla normativa vigente per le Aree di progetto:

Area	N° Sotto area	Volumi di invarianza idraulica richiesti da normativa m ³	Tipo di fossato (invaso di laminazione)	Dimensioni sezione invaso di progetto m ²	Sezione idraulica invaso di progetto m ²	Lunghezza invaso di progetto m	Volume invarianza totale effettivo m ³
1	1	254,41	A	3,5X1,5	3,00	108,00	324,00
	2	229,81	B	3,5X1,5	3,00	81,00	243,00
	3	1.067,16	C	5x1,5	5,25	245,00	1.286,25
	4	970,02	D	5x1,5	5,25	231,00	1.212,75
2	5	1.801,32	E	5x1,5	5,25	418,00	2.194,50
	6	1.633,95	F	5x1,5	5,25	418,00	2.194,50
3	7	1.624,10	G	9x1,5	11,25	400,00	4.500,00
	8	1.871,61					
	9	1.877,99	H	9x1,5	11,25	400,00	4.500,00
	10	2.165,48					
	11	2.063,67					

Tabella 5-2: tabella di confronto tra i volumi di invarianza richiesti dall'Ente competente ed i volumi di invarianza individuati dai fossi di scolo di progetto

Dalla tabella sopra riportata si evince come tutti i fossi di progetto avranno dimensione più che sufficiente a contenere il volume idrico richiesto dall'Ente competente, in quanto il volume di invarianza totale effettivo è maggiore del volume richiesto dall'Ente competente nella totalità dei casi.

5.2.3 Dimensionamento delle strozzature

Come accennato al paragrafo 5.2.2, lo scarico delle acque meteoriche laminare avverrà in corpi idrici superficiali prossimi ad ogni Area, i cui punti di scarico sono riassunti in Tabella 5-3.

Sottoarea	Corpo idrico recettore finale	Ubicazione del punto di scarico
1	Scolo consorziale Campanello	A Est del lotto (Area 1b)
2	Scolo consorziale Gramigne	A Sud del lotto (Area 1a)
3	Scolo consorziale Campanello	A Est del lotto (Area 1b)
4	Scolo consorziale Campanello	A Sud del lotto (Area 1b)
5	Scolo consorziale Pioppa	A Ovest del lotto (Area 2)
6	Scolo consorziale Pioppa	A Ovest del lotto (Area 2)
7	Scolo consorziale Lungo (tramite fosso interpodereale esistente e da riprofilare)	A Est del lotto (Area 3)
8		
9	Scolo consorziale Lungo (tramite fosso interpodereale esistente e da riprofilare)	A Est del lotto (Area 3)
10		
11	Scolo consorziale Lungo	A Sud del lotto (Area 3)

Tabella 5-3. Indicazione dei corpi idrici recettori e dei punti di scarico delle Aree di progetto.

Si rimanda alle tavole di progetto Tav. 17 a-n "Layout impianto di drenaggio e invarianza idraulica con identificazione del punto di scarico" per la rappresentazione grafica e l'ubicazione esatta dei punti di scarico.

Il sistema di scarico nei corpi idrici recettori conterà principalmente di collettori in PVC SN8 denominati "strozzatura" con pendenza verso il corpo idrico recettore, posati sul fondo dei fossi adibiti alla laminazione. Tale sistema è in grado di limitare il deflusso delle acque verso il corpo idrico recettore. L'estremità della strozzatura verrà dotata di clapet per evitare reflussi idrici dagli scoli consorziali.

La strozzatura di progetto sarà in grado di convogliare la massima portata scaricabile (Q_{amm}) in corpo idrico superficiale, individuata tramite le indicazioni fornite dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara, che prescrive **8 l/s per ettaro di superficie** (art. 15 Regolamento Concessioni e Autorizzazioni, caso superfici urbanizzate oltre 1,00 Ha).

Nel caso in esame per il calcolo della portata ammissibile si è considerata l'area degli interi lotti agricoli all'interno della recinzione. Per il dimensionamento delle tubazioni di scarico si sono considerate:

- Una tubazione in PVC SN8 con diametri variabili da DN 110 a DN 160;
- Un battente massimo h considerato a favore di sicurezza pari alla differenza tra il livello idrico corrispondente al massimo riempimento del fossato e l'asse della tubazione di scarico;
- Coefficiente di contrazione $\mu = 0,61$.

La portata massima scolante Q_{max} è stata calcolata, ipotizzando un deflusso a bocca piena, con la seguente formula di efflusso da luce a battente:

$$Q_{max} = \mu A \sqrt{2gh} [m^3/s]$$

con:

- μ : coefficiente di contrazione [-];

- A: area della luce della tubazione [m²]
- h: dislivello tra il pelo libero ed il baricentro della sezione di efflusso (battente) [m]

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva dei risultati ottenuti.

Area	Sottoarea	Area del lotto m ²	Area del lotto (sottoaree)		Qamm		Tubazione "strozzatura"	Pendenza tubazione	Battente massimo m	Qmax m ³ /s
			m ²	ha	l/s	m ³ /s				
1	1	172.999,00	22023,516	2,202	70,37	0,07	PVC SN8 DN160	1,5‰	1,42	0,057
	3		65936,715	6,596						
	2		21212,484	2,121	16,97	0,017	PVC SN8 DN110	1,5‰	1,45	0,027
	4		63826,285	6,382	51,06	0,051	PVC SN8 DN125	1,5‰	1,44	0,035
2	5	331.036,00	104143,106	10,41	83,31	0,083	PVC SN8 DN125	1,5‰	1,44	0,035
	6		100168,894	10,02	80,14	0,080	PVC SN8 DN125	1,5‰	1,44	0,035
3	7	216.585,00	210498,793	21,05	168,40	0,168	PVC SN8 DN125	1,5‰	1,44	0,035
	8									
	9		236442,717	23,64	189,15	0,189	PVC SN8 DN125	1,5‰	1,44	0,035
	10									
	11									

Tabella 5-4. Tabella riassuntiva dei calcoli effettuati al fine del dimensionamento delle strozzature.

Come si evince dalla tabella sopra riportata, le portate massime scaricabili dalle strozzature (Qmax) poste sul fondo dei fossati serventi le sottoaree 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 risultano minori della portata ammissibile (Qamm) definita dalla normativa vigente ($Q_{max} < Q_{amm}$).

Nel caso della sottoarea 2 appartenente all'Area 1, la portata massima scaricabile (Qmax) risulta maggiore della portata ammissibile (Qamm). Il diametro della tubazione prescelto risulta essere tuttavia il diametro minimo funzionale al deflusso richiesto, al fine di evitare possibili occlusioni della sezione idraulica della condotta ad opera di detriti o vegetazione. Sulla base delle pratiche di buona ingegneria, infatti, un diametro inferiore potrebbe soddisfare le richieste normative, tuttavia la capacità del deflusso sarebbe appunto compromessa e la misura di invarianza resa così inefficace.

6 Cabina Utente di progetto

Come accennato nel Capitolo 3, la Cabina Utente di progetto verrà installata in un lotto ricadente nel Comune di Portomaggiore (FE), in un'area caratterizzata per la quasi totalità da attività agricole.

La Cabina Utente occuperà una superficie di circa 470 m² e si affaccerà direttamente sulla strada comunale esistente, denominata via Portoni Bandissolo, mediante un nuovo tratto di viabilità di superficie pari a circa 210 m². La strada comunale consentirà l'accesso diretto anche alla nuova stazione RTN.

Considerata la quota media del piano campagna nell'area di interesse, pari a circa -1,32 m s.l.m., è stata prevista una quota per la Cabina Utente pari a circa +0,18 m s.l.m. Tale quota assicura di essere almeno 1,5 m sopra il piano di campagna e, nel caso specifico, sopra al livello del medio mare, in modo tale da ridurre il rischio allagamento.

La quota media del piano campagna è stata ricavata mediante l'analisi del rilievo plano-altimetrico effettuato dalla Committenza.

6.1 Invarianza idraulica

6.1.1 Intervento di trasformazione urbanistica

L'intervento di realizzazione della Cabina Utente si configura come una trasformazione urbanistica che consiste nella:

1. realizzazione della Cabina Elettrica a 36kV (Cabina Utente) in prossimità del lato Nord della nuova Stazione RTN "Portomaggiore";
2. esecuzione di nuova viabilità di accesso in materiale stabilizzato, di collegamento alla strada comunale Via Portoni Bandissolo, dalla quale sarà inoltre consentito l'accesso alla nuova stazione RTN.

Di seguito si riporta uno stralcio planimetrico dell'area soggetta a trasformazione urbanistica:



Figura 6-1: Inquadramento planimetrico dell'area destinata a trasformazione urbanistica, con indicate in grigio le superfici della Cabina Utente, in azzurro il fosso di laminazione, in giallo la nuova viabilità di accesso collegata con via Portoni Bandissolo e con un tratteggio in rosso su area grigia la nuova stazione RTN "Portomaggiore".

Si riporta di seguito la Tabella 6-1 contenente un'indicazione delle aree permeabili, impermeabili e semipermeabili prima e dopo la trasformazione urbanistica.

In particolare, la superficie permeabile è costituita dal lotto oggetto di intervento, prima della costruzione della Cabina Utente, in quanto adibita ad uso agricolo, avente estensione pari a circa 680 m².

Le superfici impermeabili, di estensione pari a circa 270 m², sono costituite dalle aree pavimentate interne all'impianto e dalla copertura di un edificio di progetto, chiamato Edificio Utente, all'interno del quale saranno collocate una sala quadri a 36 kV e la sala quadri BT/sala controllo/quadri misure.

Infine, le aree semipermeabili sono costituite dalla superficie del piazzale interno, avente estensione pari a circa 200 m² e dal nuovo tratto di strada in progetto, di superficie pari a circa 210 m². Tali superfici verranno realizzate in materiale misto stabilizzato.

Per una visualizzazione grafica delle superfici semipermeabili ed impermeabili post-operam si rimanda alla Tav.42 "Planimetria rete fognaria e invarianza idraulica - Cabina Utente" del progetto definitivo della Cabina Utente.

Cabina Utente		
Tipologia di superfici	Ante operam (superfici esistenti)	Post operam (superfici di progetto)
Permeabile (aree a verde)	680,00 m ²	0,00 m ²
Semipermeabile (aree in misto stabilizzato)	0,00 m ²	410,00 m ²
Impermeabile (area pavimentata e copertura Edificio Utente)	0,00 m ²	270,00 m ²

Tabella 6-1: Tipologia di superfici ante operam e post operam – Cabina Utente

6.1.2 Calcoli dimensionali e scarico nel corpo idrico recettore

A seguito della realizzazione dell'urbanizzazione in esame, la caratterizzazione idraulica dell'area oggetto di trasformazione subirà una modifica sostanziale, in particolare per la parte di superficie impermeabile che verrà realizzata. Quest'ultima influenza la portata ed il tempo di deflusso delle acque bianche superficiali alla consegna tramite la rete fognaria scolante di progetto verso lo scolo consorziale a cielo aperto limitrofo esistente, denominato Scolo Bandissolo Galavronara.

Ai sensi del Regolamento per il rilascio di concessioni, licenze e autorizzazioni, elaborato dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara il progetto in esame dovrà rispettare i requisiti di invarianza idraulica previsti, come stabilito da deliberazione consorziale n. 61/2009. In particolare, la verifica è finalizzata a stabilire come la trasformazione urbanistica in esame non generi un aumento del carico idrico proveniente dai deflussi della stessa area e, conseguentemente, della portata di piena della rete esistente.

L'obiettivo pertanto è quello di raccogliere, contenere e scaricare la maggior portata provocata dall'impermeabilizzazione dei suoli in maniera graduale, senza che ne risenta l'efficienza di smaltimento del corpo idrico ricettore.

Il sistema previsto per l'invarianza idraulica si compone di un volume di invaso, che verrà realizzato tramite un fosso a cielo aperto in terra, posto sul lato Sud della Cabina Utente, che si farà carico di "ritardare" il deflusso delle acque altrimenti repentino (laminazione).

Le acque meteoriche verranno recapitate al fosso di laminazione tramite una rete fognaria, che correrà al di sotto del piazzale da realizzarsi e sarà costituita da collettori in PVC SN8 DN200 posati con pendenza pari al 2‰, intervallati da pozzetti-caditoie posti a interasse di circa 12 m. Alla rete fognaria di progetto si allacceranno tramite collettori in PVC SN8 DN125 i pluviali di cui sarà dotata la copertura dell'Edificio Utente.

Si rimanda Tav.42 "Planimetria rete fognaria e invarianza idraulica - Cabina Utente" per una visualizzazione grafica del sistema previsto per l'invarianza idraulica.

Si riportano di seguito i calcoli per il calcolo del volume di invaso, ovvero il volume idrico da laminare per le soluzioni progettuali ai fini del rispetto dei requisiti di invarianza idraulica. Si illustra inoltre il procedimento adottato per la determinazione della portata massima accettabile allo scarico.

I calcoli di seguito riportati sono stati eseguiti sulla base dell'Art. 15 del sopracitato regolamento.

Dimensionamento del volume di invaso

Il Consorzio di Bonifica richiede volumi minimi di accumulo di progetto diversi a seconda dell'estensione complessiva dei lotti destinati alla trasformazione urbanistica, denominati "superfici urbanizzate". In particolare, nel caso in esame, la superficie urbanizzata risulta essere pari all'intera area del lotto in cui verrà realizzata la Cabina Utente, avente estensione totale pari a 680 m² (0,068 ha).

Nel rispetto dell'invarianza idraulica, il Consorzio di Bonifica prescrive di adottare quale volume minimo d'accumulo di progetto il valore maggiore tra 150 m³/ha urbanizzato e 215 m³/ha impermeabilizzato, nel caso di superfici urbanizzate con estensione da 0 a 0,50 ha. Nel caso in esame, è stata considerata come superficie urbanizzata l'intera estensione del lotto in cui verrà installata la Cabina Utente di progetto, mentre come superficie impermeabilizzata è stata considerata la quota parte di lotto che sarà trasformato in superficie impermeabile (area pavimentata e copertura Edificio Utente) ed il 60% della quota parte di superficie destinata alla strada esterna e al piazzale interno, in quanto saranno costituiti da materiale semipermeabile quale misto stabilizzato.

Perciò, facendo riferimento a quanto riportato nella Tabella 5-1:

- $W_i = 150 \text{ m}^3/\text{ha} * [(210+200+270)/10000] \text{ ha} = 10,2 \text{ m}^3$
- $W_i = 215 \text{ m}^3/\text{ha} * [(0,6 * (210+200)+270)/10000] \text{ ha} = 11,1 \text{ m}^3$

Il volume minimo invasabile W_i risulta essere pari a **11,1 m³**.

Al fine di assicurare il volume di invaso richiesto, si prevede di realizzare a Sud della Cabina Utente un fosso in terra a sezione trapezia, di lunghezza pari a circa 44 m ed avente base maggiore pari a 2 m, base minore pari a 1,0 m e altezza pari a 0,5 m.

Il volume di laminazione assicurato da tale invaso sarà perciò pari a circa **33,0 m³, che risulta essere maggiore degli 11,1 m³ richiesti dalla normativa vigente.**

Dimensionamento della portata massima accettabile

Le acque meteoriche scolate dal piazzale, dalla copertura dell'Edificio Utente e dalla viabilità, verranno convogliate verso l'invaso di laminazione precedentemente dimensionato. Da qui, verranno scaricate a gravità tramite apposita strozzatura, posta sul fondo del fosso, nel corpo idrico recettore consorziale denominato Scolo Bandissolo Galavronara. L'estremità della strozzatura verrà dotata di clapet per evitare reflussi idrici dallo scolo consorziale.

Nel caso di superfici urbanizzate aventi estensione compresa tra 0 e 0,50 ha, il Consorzio di Bonifica prescrive che la portata massima accettabile allo scarico Q_i sia pari a 15 l/s ha urbanizzato.

Nel caso in esame quindi, la portata ammissibile Q_i risulta essere pari a:

$$15 \text{ l/s ha} * (680/10000) \text{ ha} = \mathbf{1,02 \text{ l/s} = 0,0012 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Per il dimensionamento della tubazione di scarico (strozzatura) si sono considerate:

- Una tubazione in PVC SN8 con diametro DN 110;
- Un battente massimo h considerato a favore di sicurezza pari alla differenza tra il livello idrico corrispondente al massimo riempimento del fossato e l'asse della tubazione di scarico;
- Coefficiente di contrazione $\mu = 0,61$.

La portata massima scolante Q_{\max} è stata calcolata, ipotizzando un deflusso a bocca piena, con la seguente formula di efflusso da luce a battente:

$$Q_{max} = \mu A \sqrt{2gh} \text{ [m}^3/\text{s]}$$

con:

- μ : coefficiente di contrazione [-];
- A: area della luce della tubazione [m²]
- h: dislivello tra il pelo libero ed il baricentro della sezione di efflusso (battente) [m]

Nel caso in esame la portata Q_{max} risulta essere pari a circa **0,015 m³/s**, valore superiore alla portata massima ammissibile $Q_i = \mathbf{0,0012 \text{ m}^3/\text{s}}$.

Analogamente a quanto esposto nel Capitolo 5.2.3, il diametro della tubazione prescelto risulta essere tuttavia il diametro minimo funzionale al deflusso richiesto, al fine di evitare possibili occlusioni della sezione idraulica della condotta ad opera di detriti o vegetazione. Sulla base delle pratiche di buona ingegneria, infatti, un diametro inferiore potrebbe soddisfare le richieste normative, tuttavia, la capacità del deflusso sarebbe appunto compromessa e la misura di invarianza resa così inefficace.

7 Compatibilità idraulica delle dorsali a 36 kV

I cavi a 36 kV dell'impianto fotovoltaico collegano i gruppi di conversione con tre Dorsali 36 kV al quadro a 36 kV ubicato nell'edificio della Cabina Utente in prossimità alla Stazione RTN.

Il tracciato delle Dorsali 36 kV si può distinguere in:

- **Interno al perimetro dell'impianto agrivoltaico:** interessa il collegamento delle power station in ciascuna delle aree costituenti il campo fotovoltaico. La posa dei cavi è esclusivamente in terreno agricolo. I tracciati interni che collegano i gruppi di conversione sono ottimizzati per minimizzare il percorso stesso e sono rappresentati nella Tav. 20a "Planimetria impianto agrivoltaico con identificazione tracciato cavi e tipico posa cavi AC - interni all'impianto".
- **Esterno al perimetro dell'impianto:** il collegamento delle aree costituenti il campo fotovoltaico avviene tramite n. 3 dorsali a 36 kV per il trasporto dell'energia prodotta al punto di consegna. I cavi sono posati lungo strade bianche o asfaltate (vicinali, provinciali) e, per un breve tratto, in terreno agricolo.

Il tracciato di progetto delle dorsali prevede attraversamenti in subalveo di diversi scoli consorziali a cielo aperto tramite tecnologia TOC, attraversamenti di scoli consorziali su manufatti esistenti e diversi tratti di parallelismo con i canali di bonifica.

Le interferenze tra le Dorsali 36 kV e le reti interrate/canali/reticolo idrografico esistenti sono identificate nelle Tav. 36a÷b "Identificazione interferenze – Dorsali di collegamento a 36 kV (base ortofoto)/(base IGM)".

La possibilità di realizzare tali attraversamenti è subordinata all'ottenimento di una specifica concessione da parte del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara. A tal fine, nel rispetto dell'Art. 4 del Regolamento del Consorzio gli attraversamenti dovranno essere realizzati in modo tale da ridurre al minimo l'interferenza dell'opera in progetto con le opere e manufatti consorziali.

Nell' specifico nel caso dei sopracitati attraversamenti in sub-alveo di canali a cielo aperto, la distanza di progetto tra la sommità dei cavidotti ed il fondo attuale del canale sarà di circa 3 m per tutta l'estensione longitudinale dell'attraversamento. È inoltre prevista la stabilizzazione delle scarpate e del fondo del canale per 5 m (2,5 m + 2,5 m rispetto l'asse della condotta) di lunghezza dello stesso.

Si riporta in Figura 7-1 uno schema esemplificativo tratto dal Regolamento del Consorzio:

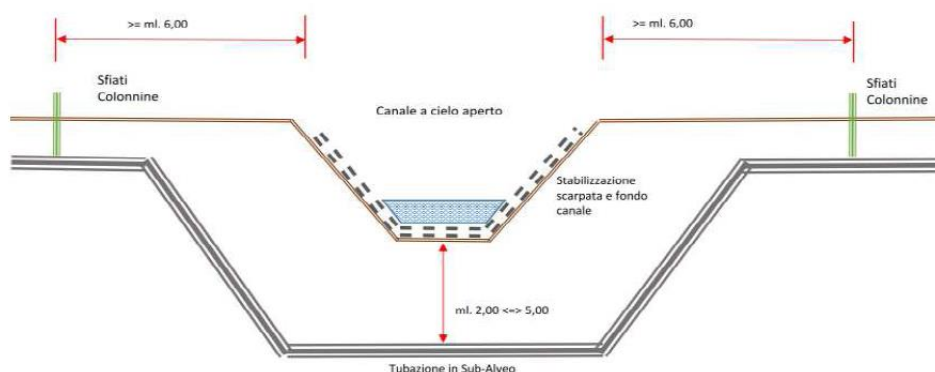


Figura 7-1. Schema attraversamenti in subalveo con cavidotti (Regolamento Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara)

Sono inoltre previsti alcuni attraversamenti di scoli consorziali mediante passaggio su di manufatti esistenti: in tal caso questi verranno realizzati in modo tale da non diminuire né interferire con la sezione idraulica del canale consorziale, mantenendo una distanza di almeno 20 cm dall'estradosso superiore della canna del manufatto.

Si riporta in Figura 7-2 uno schema esemplificativo tratto dal Regolamento del Consorzio:

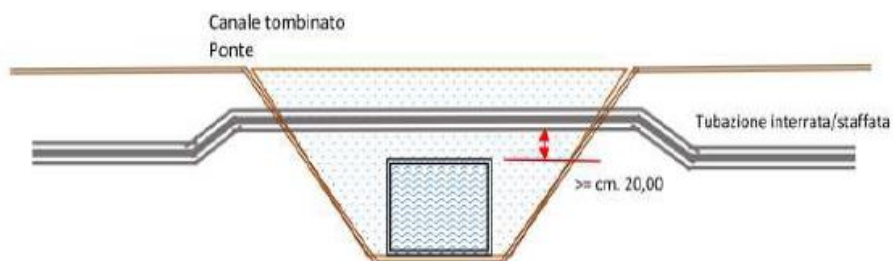


Figura 7-2. Schema attraversamenti su manufatti con cavidotti (Regolamento Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara)

Nel caso invece di parallelismi delle dorsali con scoli consorziali verrà mantenuta una distanza minima di 4 m a partire dal ciglio del canale a cielo aperto (o piede dell'argine a lato campagna a seconda del contesto) oppure dal "ciglio virtuale" del canale tombinato oggetto di interesse.

La posizioni planimetriche dei cigli verranno fornite dal Consorzio di Bonifica durante la fase di preparazione della documentazione per la richiesta di concessione.

Si riporta in Figura 7-3 uno schema esemplificativo tratto dal Regolamento del Consorzio:

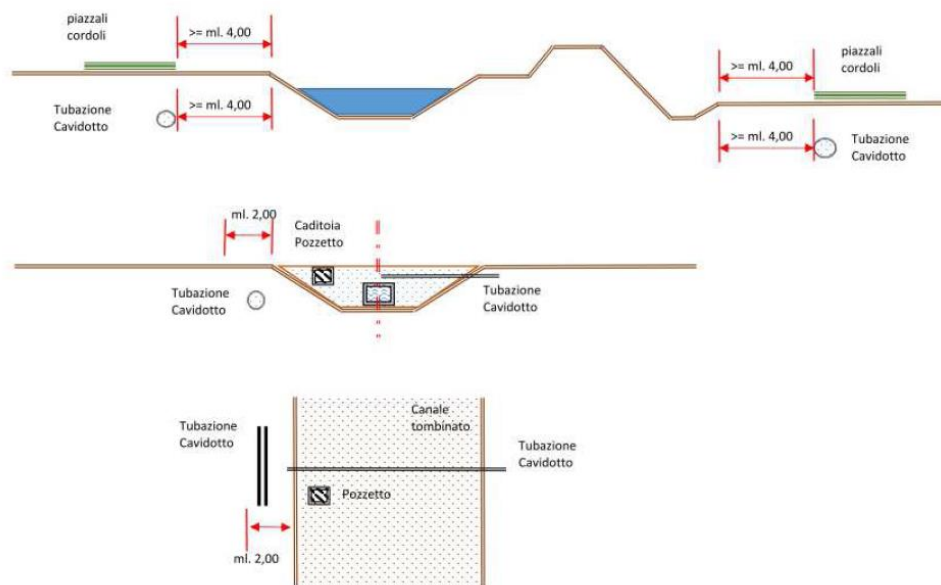


Figura 7-3. Schema parallelismi di manufatti interrati con scoli consorziali (Regolamento Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara)

8 Conclusioni

In conclusione, riguardo al progetto in esame si può affermare che:

- Dal punto di vista idrologico il sito di interesse è collocato in un territorio che, secondo quanto riportato nel Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del Fiume Po (PAI) ricade interamente in fascia fluviale tipo "C", che caratterizza i territori che possono essere interessati da inondazioni al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

Inoltre, il sito di interesse ricade in un territorio nel quale sono presenti diverse aree che, secondo quanto riportato nella Direttiva Alluvioni (PGRA) potrebbero essere interessate da alluvioni secondo tre scenari di probabilità (scarsa – P1, media-P2 ed elevata – P3).

In particolare, l'area di progetto ricade prevalentemente in area soggetta ad Alluvioni rare (P1) ad opera del reticolo idrografico principale mentre ricade quasi totalmente in area soggetta ad alluvioni poco frequenti (P2) e solo parzialmente in area soggetta ad alluvioni frequenti (P3) ad opera del reticolo secondario di pianura.

L'evento alluvionale verificatosi nel maggio 2023 costituisce un fenomeno meteorologico eccezionale, che conferma quanto previsto dalle sopraccitate normative. Tuttavia, il sito di progetto non ne è stato interessato.

- Gli edifici e le cabine che verranno realizzati nell'area dell'impianto agrivoltaico e la Cabina Utente di progetto saranno rialzati di una quota ritenuta sufficiente a scongiurare il rischio allagamento degli stessi, calcolata sulla base del rilievo plano-altimetrico effettuato. Tali quote tuttavia saranno oggetto di approvazione da parte dell'ente territoriale competente, quale il Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.
- Dal punto di vista idraulico si può affermare che la trasformazione del sito dovuta all'installazione dell'impianto agrivoltaico e della Cabina Utente non influenzerà negativamente l'attuale regime dei deflussi in quanto il dimensionamento delle opere idrauliche è stato effettuato nel rispetto del principio di invarianza idraulica, seguendo le disposizioni prescritte dalla normativa territoriale vigente.

Per garantire inoltre in maniera più solida la neutralità dell'intervento relativamente all'ambiente circostante ed al regime dei deflussi, le opere idrauliche di scolo sono state dimensionate a favore di sicurezza, in quanto:

- o L'ingombro dei moduli fotovoltaici è stato computato assumendoli in posizione orizzontale, considerando perciò conservativamente la massima superficie occupata possibile;
- o La portata scaricata dalle diverse strozzature è stata calcolata considerando il massimo riempimento possibile dei fossati di scolo e rappresenta perciò il contributo idrico più ingente.
- o Non sono state considerate nei calcoli riguardanti l'invarianza idraulica le capacità di invaso delle tubazioni di dreno e/o di scolo, i quali costituiranno un ulteriore volume di invaso/laminazione.
- Le dorsali a 36 kV saranno posate in modo tale da ridurre al minimo l'interferenza con i manufatti e la rete di canali del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara, in quanto le modalità di posa e la posizione plano-altimetrica dei cavidotti è prevista nel pieno rispetto di quanto prescritto in merito ad attraversamenti e parallelismi dal Regolamento per le Concessioni consorziale.

L'impianto agrivoltaico di progetto e le Opere Elettriche di Utenza quindi, grazie al sistema di invarianza idraulica associato ed ai criteri progettuali adottati, garantirà un'efficiente gestione del deflusso delle acque meteoriche, che rimarrà sostanzialmente invariato dopo la trasformazione dell'uso del suolo attuata dall'installazione dei pannelli e contestualmente garantirà la sicurezza e la funzionalità dell'impianto stesso.