

Progetto Elettrico

Ing. Massimiliano Minorchio



Progetto Elettrico

Per. Ind. Massimo Ghesini
Ing. Francesco Piergiovanni



Progetto Linea Elettrica

Ing. Stelio Poli
Geom. Chiara Baldi
Geom. Valentina Cristofori



Ambiente

Ing. Roberta Mazzolani
Ing. David Negrini

Studio Associato Ne.Ma
Ingegneria Ambiente Sicurezza

Via Confine 24/a - 48015 Cervia (RA)
P.IVA 02653670394

Geologia e Acustica

Dott.ssa Giulia Bastia
Dott. Maurizio Castellari
Dott.ssa Marta Cristiani



Progetto Strutturale

Ing. Gianluca Ruggi



Progetto Architettonico

Arch. Antonio Gasparri
Arch. Andrea Ricci Bitti

Collaboratori

Arch. Claudio Calamelli
Arch. Isabella Cevolani
Arch. Agnese Di Tirro
Arch. Beatrice Mari
Arch. Francesco Ricci Bitti
Arch. Valeria Tedaldi
Dott. Cristian Griguoli



COMUNE DI FERRARA

**REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA SU
TERRENO AGRICOLO DI POTENZA DI PICCO PARI A 31,41816
MW_p E POTENZA NOMINALE PARI A 26,400 MW UBICATO IN
PROSSIMITA' DELLA TANGENZIALE OVEST - SS 723
NEL COMUNE DI FERRARA**

COMMITTENTE: XC SOLAR SRL

p.IVA 02700980390

Legale rappresentante: **Cristiano Vitali**

C.F. VTLCST67R26H199U

PROGETTISTA: Ingegnere David Negrini

C.F. NGRDVD72E08H199E

Ingegnera **Roberta Mazzolani**

C.F. MZZRRT81S45C265D

N. ELABORATO

B2

ELABORATO

**RELAZIONE INVARIANZA
IDRAULICA**

SCALA

RIFERIMENTO PRATICA

IMPIANTO EX CIVETTE

DATA

02/11/2022

REVISIONE

General contractor

PROTESA
A COMPANY OF SACMI

Protesa spa

Via Ugo la Malfa n.24 Imola 40026 (BO)

telefono 0542 644069 mail info@protesa.net sito www.protesa.net

Proprietà riservata. È vietata la riproduzione totale e parziale e/o la comunicazione a terzi del presente elaborato e calcolo ad esso relativo che non siano espressamente autorizzate.
In mancanza di rispetto gli interessati si riservano il diritto di procedere a termini di legge.

file cartiglio.dwg

Indice generale

1 PREMESSA.....	3
2 DESCRIZIONE DELL'AREA.....	5
2.1 Piano Gestione Rischio Alluvioni.....	6
2.2 La trasformazione dell'area.....	8
3 DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA.....	10
3.1 Inquadramento generale.....	10
4 PORTATE MASSIME SCARICABILI.....	13
5 METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI.....	14
5.1 Metodo di calcolo della Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n. 61/2009	14
5.2 Dimensionamento sistema di invarianza idraulica.....	14
6 CONCLUSIONI.....	23

1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica relativi al progetto di un impianto fotovoltaico installato a terra in area agricola, sito a Sud-Ovest dell'area urbana del Comune di Ferrara (FE).

La presente relazione in particolare ha lo scopo di inquadrare l'intervento in oggetto dal punto di vista idraulico.



Figura 1: Inquadramento dell'area su ortofoto

In estrema sintesi, rimandando alle relazioni tecniche allegate alla VIA, il progetto prevede la realizzazione di un campo fotovoltaico a terra con moduli alloggiati su apposite strutture di sostegno fisse e orientamento EST-OVEST. Il campo, di potenza nominale pari a 26,4 MW, sarà costituito da:

- n° 57.648 moduli fotovoltaici di potenza pari a 545 Wp;
- n° 111 inverter di cui n° 15 inverter da 320 kW e n° 96 inverter da 225 kW alloggiati sulle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici;
- n° 5 cabine elettriche di trasformazione 20/0,8 kV contenenti ognuna n°1 trasformatore da 2500 kVA;
- n° 4 cabine elettriche di trasformazione 20/0,8 kV contenenti ognuna n° 2 trasformatori da 2.500 kVA;
- n° 1 cabina di ricezione e smistamento (cabina 0) con annesso locale tecnico (cabina elettrica

senza trasformazione);

- impianto TVCC e di illuminazione;
- sistema di videosorveglianza;
- rete di terra.

In impianto, durante la fase di esercizio, non è prevista la presenza stabile di persone. Il personale, infatti, accederà all'impianto unicamente per le attività di manutenzione dello stesso (sfalci dell'erba, manutenzione delle fasce verdi di mitigazione, eventuali interventi puntuali di manutenzione/sostituzione di pannelli e apparecchiature, ecc.).

L'area su cui saranno installati i moduli fotovoltaici rimarrà completamente permeabile (al di sotto dei pannelli infatti è prevista la presenza di prato), mentre la viabilità esterna e interna sarà realizzata in stabilizzato. Si riporta la tabella riepilogativa delle tipologie di superfici presenti nell'area di progetto.

Tipo di superficie	Superficie [m²]
Area lotto complessiva	357 540
Area moduli fotovoltaici	153.031,38
Area cabine di trasformazione BT/MT	340,72
Strade interne	24.951,00
Verde completamente permeabile	179.216,90

Nello specifico, scopo del presente lavoro è la definizione delle modalità con cui si intende perseguire il principio dell'invarianza idraulica così come disciplinato dal competente Consorzio di bonifica. Saranno pertanto descritte le misure compensative e le caratteristiche delle opere necessarie ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche rispetto alla situazione preesistente.

Le verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica vengono condotte conformemente alla Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n. 61/2009 "PROCEDURE DI CALCOLO DEI VOLUMI DI ACCUMULO PER L'APPLICAZIONE DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA – DETERMINAZIONI". Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati.

Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti e le verifiche effettuate.

2 DESCRIZIONE DELL'AREA

Ad oggi la zona di intervento è pianeggiante agricola, classificata a livello comunale come area agricola di cintura, a sud-ovest del centro urbano di Ferrara.

L'area risulta essere confinata ad Est lungo il perimetro catastale con la tratta ferroviaria Ferrara – Bologna; inoltre è delimitata ad ovest dalla SS 723, la quale si raccorda alla SS 16 attraversando il campo in un tratto tramite cavalcavia.

Inoltre, sono presenti all'interno della zona d'intervento alcuni canali registrati al Consorzio di Bonifica. Nello specifico risultano essere:

- l'allacciante Rinaldi Fortezza Civetta (perimetrale al campo fv, ne segna il limite sud);
- lo scolo consorziale Tesoriere;
- lo scolo Zagagnona I ramo;
- lo scolo Nuova Baiona Occidentale.

Si riporta, nell'immagine che segue, l'area dell'impianto con indicati, la ferrovia, la viabilità limitrofa e i canali sopracitati.

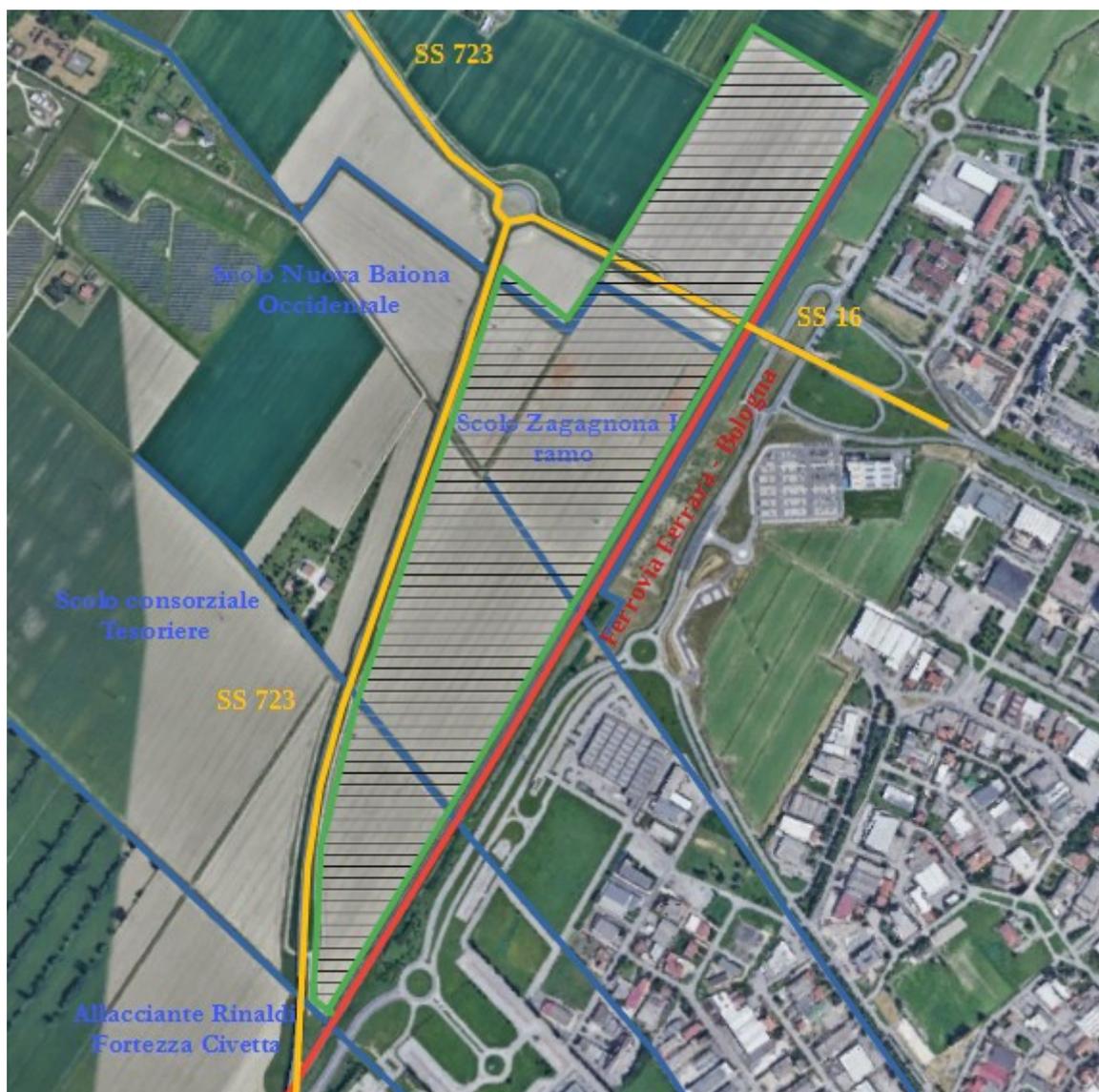


Figura 2: Inquadramento area ed infrastrutture

2.1 Piano Gestione Rischio Alluvioni

La cartografia della pericolosità e degli elementi esposti del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) classifica l'area in esame come P3 – H (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità).

Per quanto riguarda la cartografia del rischio si evidenzia che la zona di studio è posizionata in un'area classificata come R2 - Rischio medio.

Si riporta la cartografia tematica del PGRA.

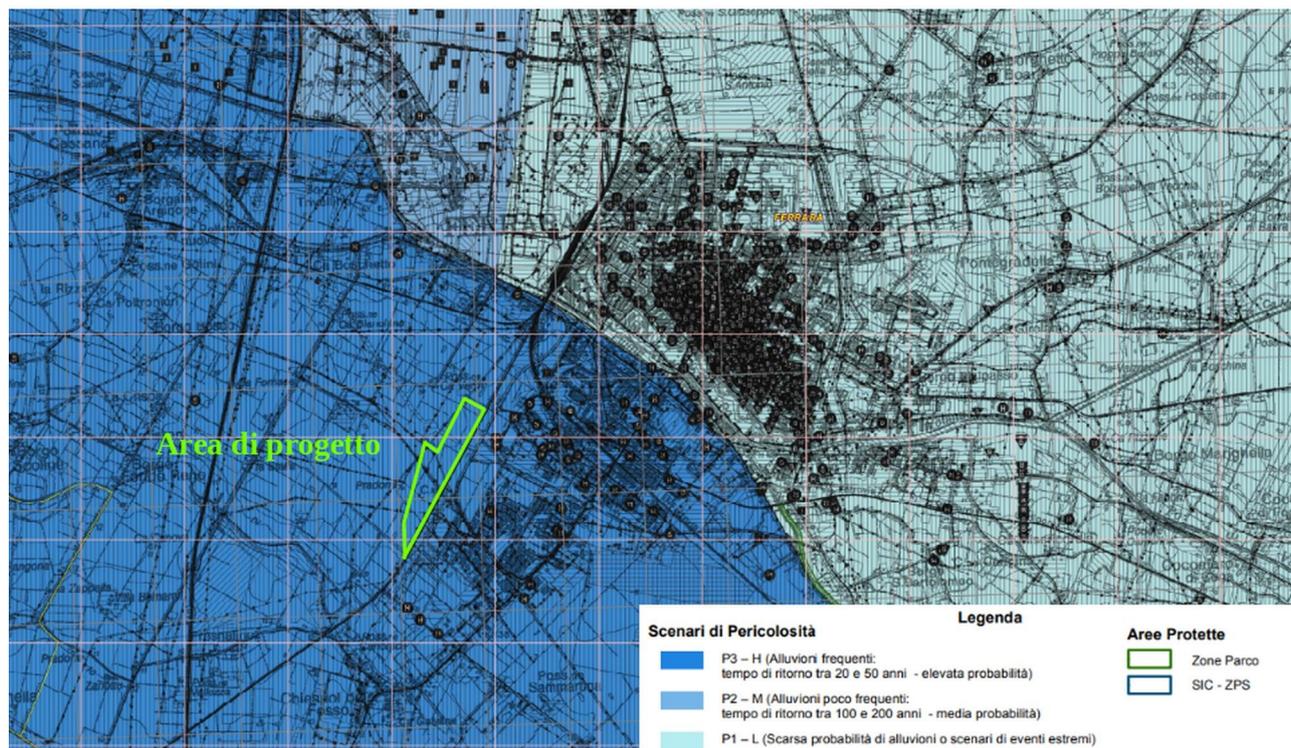


Figura 3: Stralcio della "Mappa di pericolosità" del PGR A

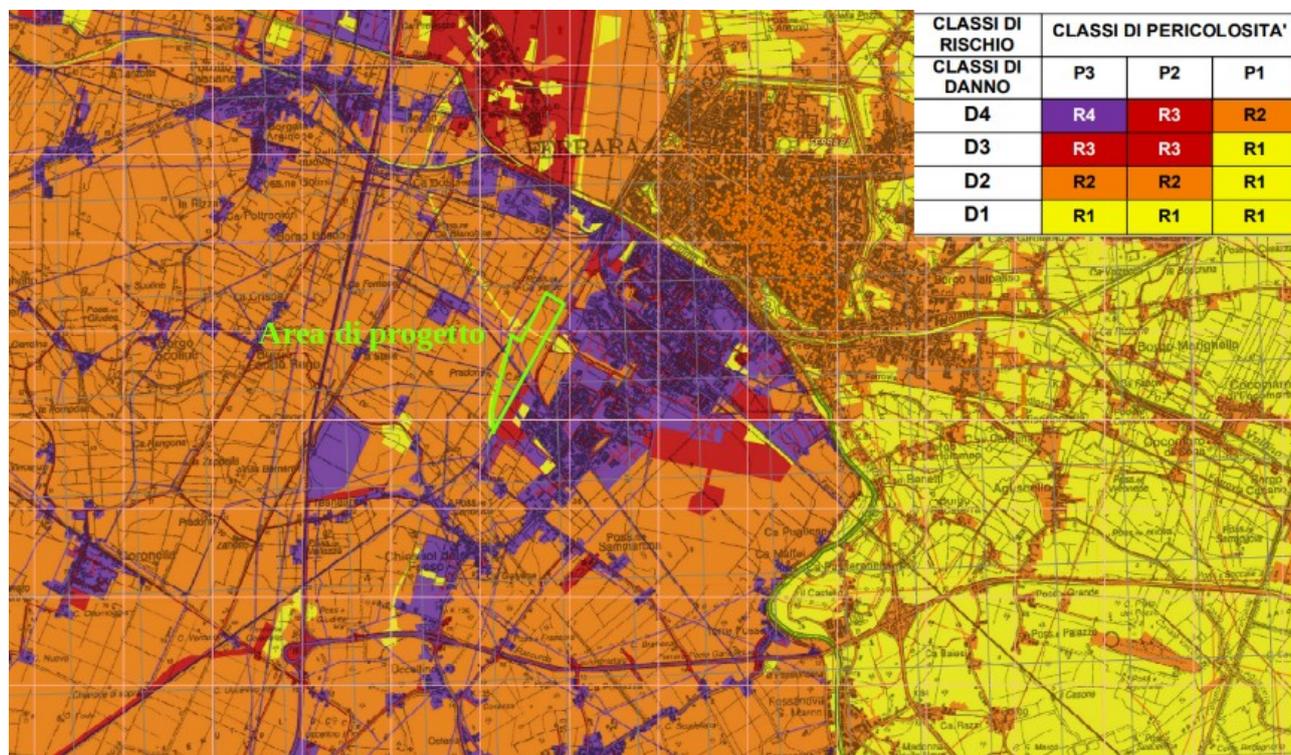


Figura 4: Stralcio della "Mappa del rischio potenziale" del PGR A

2.2 La trasformazione dell'area

Il progetto prevede che in questa area sia realizzato, come detto, un impianto fotovoltaico con moduli fissi a terra. Il progetto è caratterizzato dal fatto di intervenire il meno possibile sullo stato attuale dei luoghi. Non sono previsti infatti decisi movimenti terra e si interverrà solo dove necessario alla riprofilazione delle pendenze necessarie a migliorare lo stato idraulico attuale dei luoghi.

Le tipologie di superfici pertanto possono essere riassunte nella tabella che segue:

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso φ
Area moduli fotovoltaici	Area impermeabile	153.031,38	0,9
Cabine di trasformazione BT/MT	Area impermeabile	340,72	0,9
Strade interne	Area a ridotta permeabilità	24.951,00	0,5
Verde permeabile	Fascia di mitigazione, fascia perimetrale, area completamente permeabile	179.216,90	0,0

Si procede ora al calcolo della superficie impermeabile dell'area in esame. Le superfici impermeabili effettive sono state calcolate utilizzando i coefficienti di afflusso per le diverse tipologie di superfici, indicati nella Tabella soprastante; per le strade è stato scelto un coefficiente φ pari a 0,5 in quanto verranno realizzate in stabilizzato e non saranno quindi completamente impermeabilizzate. Dunque si ottiene:

- S_{imp} dei moduli fotovoltaici: $153.031,38 \text{ m}^2 * 0,90 = 137.728,24 \text{ m}^2$
- S_{imp} delle strade interne: $24.951,00 \text{ m}^2 * 0,50 = 12.475,50 \text{ m}^2$
- S_{imp} delle cabine di trasformazione: $340,72 \text{ m}^2 * 0,90 = 306,65 \text{ m}^2$

Quindi, la superficie impermeabile complessiva del campo è pari a 150.510,39 m².

Come verrà illustrato nel seguito della relazione, data la conformazione dei vari vincoli infrastrutturali presenti l'impianto è stato suddiviso in 7 sottocampi diversi, ognuno dotato della propria perimetrazione.

Risulta utile ai fini dei calcoli seguenti suddividere le superfici impermeabili complessive nelle quote parti insistenti sui vari sottocampi, in quanto per ognuno di essi verranno realizzati degli scarichi e dei bacini di laminazione indipendenti.

Nella tabella successiva sono mostrate le superfici impermeabili effettive [m²], già ridotte dal coefficiente di afflusso.

N° Sottocampo	Superficie moduli	Superficie cabine	Superficie strade	Superficie complessiva
SC1	10.147,57	62,94	1.319,32	11.529,83
SC2	9.861,28	21,54	1.344,29	11.227,11
SC3	23.050,69	39,39	2.145,96	25.236,04
SC4	10.492,59	21,54	1.829,19	12.343,33
SC5	4.586,55	21,54	1.419,02	6.027,11
SC6	28.899,63	60,93	2.098,04	31.058,60
SC7	50.689,93	78,78	2.319,67	53.088,37

3 DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA

3.1 Inquadramento generale

Come detto nel paragrafo precedente, l'area di impianto è stata suddivisa in 7 sottocampi mostrati nella figura sottostante.

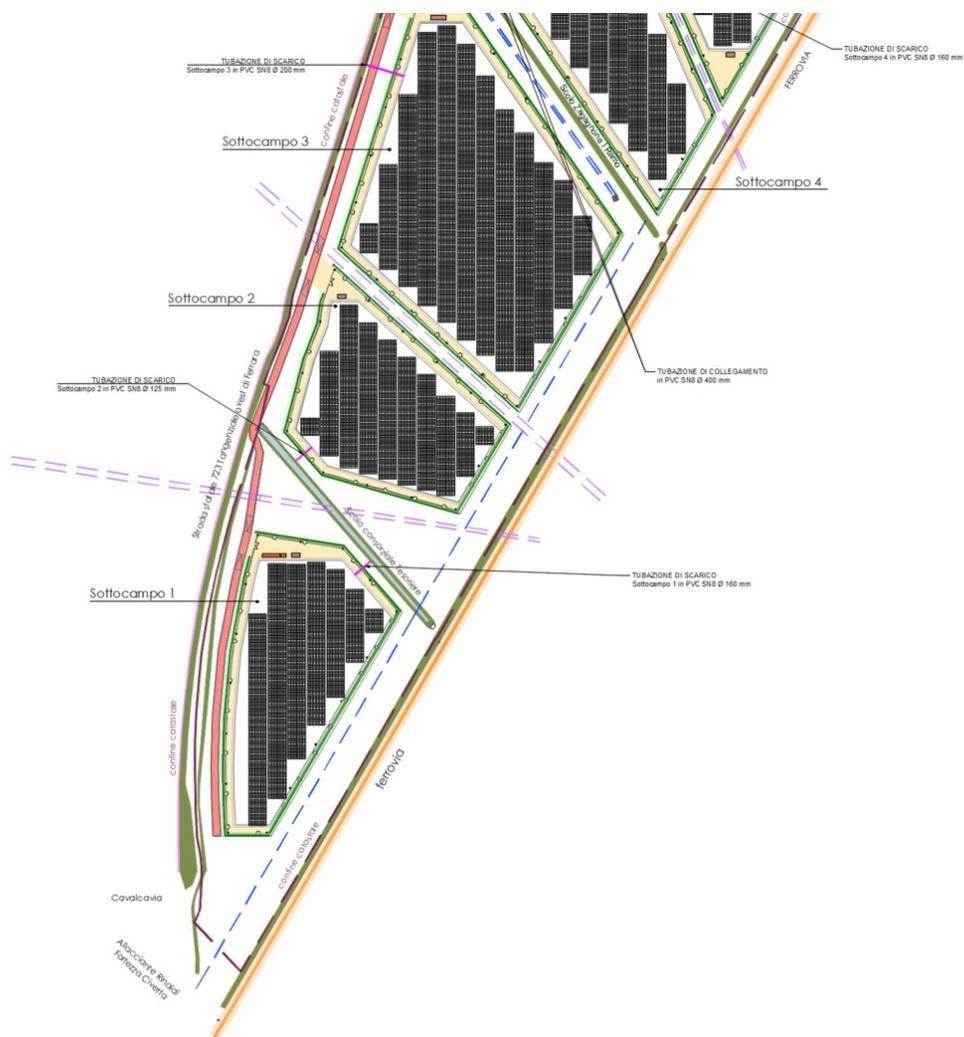


Figura 5: Inquadramento sottocampi - parte SUD

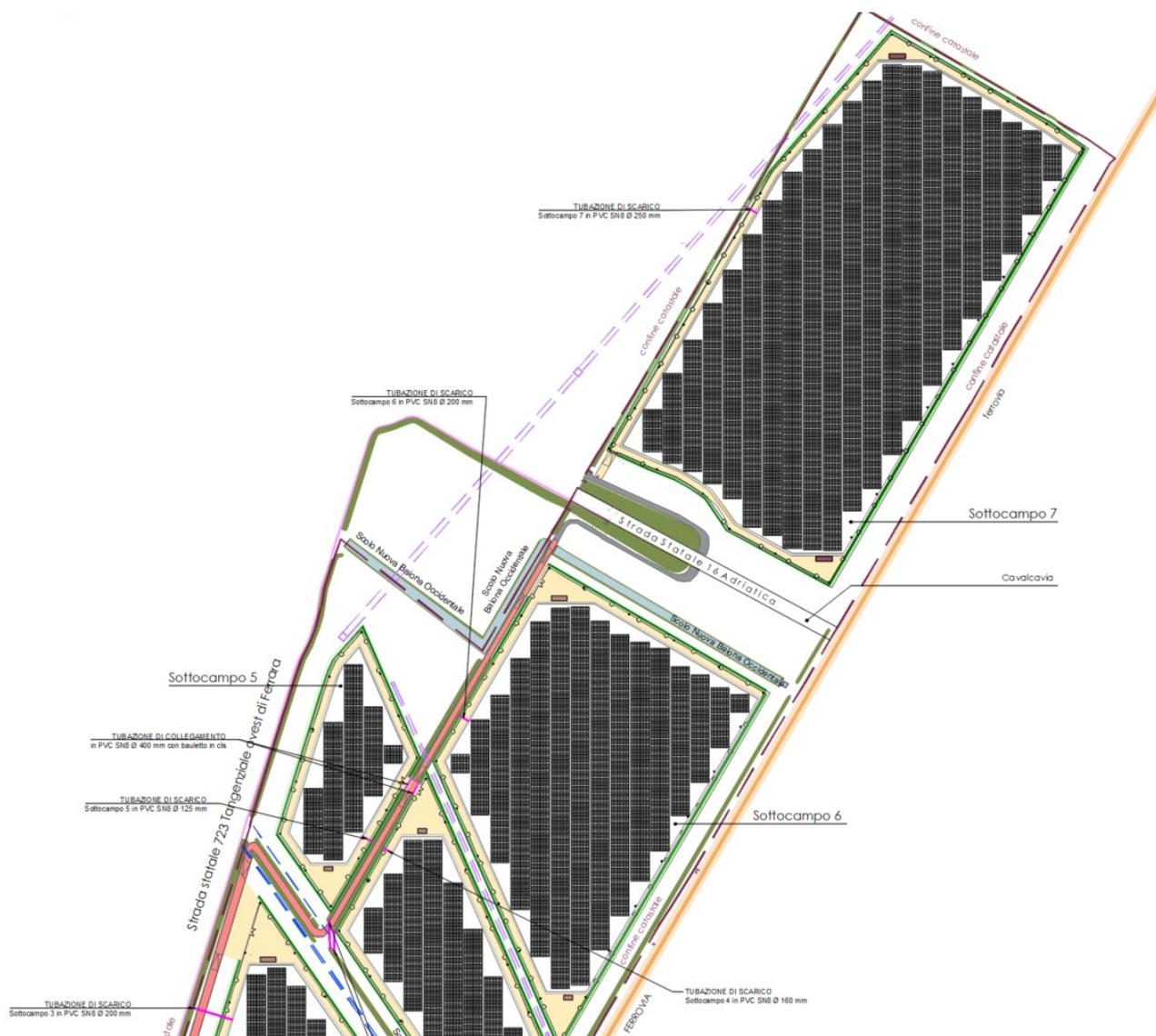


Figura 6: Inquadramento sottocampi - parte NORD

Per l'area occupata dall'impianto fotovoltaico la soluzione in progetto prevede l'utilizzo degli scoli presistenti ed ognuno dei sottocampi sarà dotato del proprio scarico.

In particolare, oltre agli scoli vicinali già esistenti e limitrofi ai campi coltivati, saranno previsti 2 scarichi diretti all'interno dello scolo consorziale Tesoriere e un raccordo di 2 scoli vicinali con lo scolo Zagagnona I Ramo; per entrambi si richiederà al Consorzio di Bonifica di Ferrara la concessione allo scarico, successivamente alla procedura di VIA.

In linea generale il progetto prevede la realizzazione di 7 invasi separati, ognuno dotato del proprio scarico individuale, e realizzati all'interno degli stessi sottocampi fv mantenendo in depressione gli stessi mediante la realizzazione della strada perimetrale sopraelevata di + 1 m rispetto alla quota dei campi. Questo può essere possibile in quanto la permanenza di un ipotetico volume d'acqua nel terreno destinato all'inserimento dei moduli fv non recherebbe danno alle apparecchiature e non sarebbe di disturbo alla produzione di energia elettrica.

Si riporta di seguito il volume d'invaso disponibile nei 7 sottocampi e il volume totale:

	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	TOT
W_{max} [m ³]	8.525,02	7.869,27	17.501,17	8.857,60	4.411,32	21.208,78	35.178,16	103.551,33

I volumi mostrati sono stati calcolati a partire dalle singole aree dei sottocampi e considerando un'ipotetica altezza di pelo libero pari a + 0,50 m, altezza massima cautelativa per non compromettere il funzionamento dei pannelli e degli inverter posti sulle strutture stesse dei pannelli

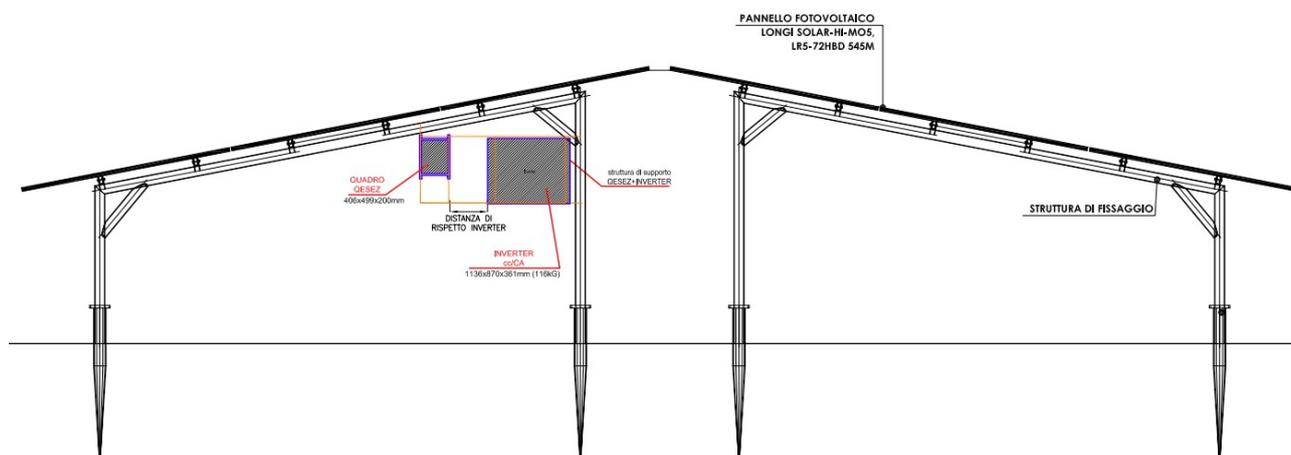


Figura 7: Schema strutture ancoraggio moduli fv

Il volume disponibile risulta ampiamente sufficiente a contenere i volumi d'invaso previsti. Per ulteriori dettagli riguardo quest'ultimi si rimanda al paragrafo 5.2 di questa relazione.

Sia per gli scarichi che per i collegamenti si prevede la messa in opera di tubazioni in PCV SN8 poste ad una profondità di almeno 50 cm rispetto al piano stradale. In tal modo non si modifica lo stato attuale dell'area, che continuerà a scolare nei fossi esistenti e l'acqua meteorica sarà allontanata nel medesimo modo e nelle medesime quantità.

Solo 2 collegamenti, passanti al di sotto di rampe di accesso a 2 sottocampi, verranno realizzati con bauletto di cls, per scongiurare in qualsiasi modo ogni possibile rottura.

Nei paragrafi successivi si illustrerà in maggior dettaglio quanto riportato sopra.

4 PORTATE MASSIME SCARICABILI

Per quanto riguarda il calcolo delle portate massime scaricabili, $Q_{u,max}$, si prende come riferimento la Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n.61/2009; considerato che la superficie complessiva oggetto di intervento risulta > 1 ha, si adotta il seguente valore di portata massima accettabile Q_i : 8,00 l/s per ettaro urbanizzato.

La superficie complessiva dell'area urbanizzata risulta pari a 35,75 ha.

Pertanto, la portata massima scaricabile è pari a $Q_{u,max} = 35,75 \text{ ha} * 8,00 \text{ l/s/ha} = 286,03 \text{ l/s}$.

Come già detto l'impianto fv interessa 7 sottocampi fisicamente separati tra loro i quali saranno dotati ognuno del proprio scarico; pertanto è opportuno definire la portata massima scaricabile da ciascuna porzione di terreno ove insisterà l'impianto, verificando che complessivamente non venga superata la quantità appena calcolata.

N° Sottocampo	Sup. Urbanizzabile [ha]	Q_i [l/(s·ha)]	$Q_{u,max}$ [l/s]	$Q_{u,max}$ [m ³ /s]
SC1	2,00	8,00	15,97	0,01597
SC2	1,85		14,79	0,01479
SC3	3,95		31,60	0,03160
SC4	2,15		17,19	0,01719
SC5	1,17		9,37	0,00937
SC6	4,70		37,56	0,03756
SC7	7,55		60,36	0,06036

Occorre specificare che la superficie urbanizzabile totale che si ottiene sommando quelle relative ai 7 sottocampi, pari a 23,37 ha, risulta minore rispetto a quella precedentemente illustrata di 35,75 ha.

Questa differenza è imputabile alla quota parte di terreno esterna ai sottocampi che non viene interessata dalle strutture fisiche dell'impianto e che di conseguenza non verrà coinvolta nelle opere previste. Pertanto, dato che le caratteristiche idrauliche e di permeabilità del terreno esterno ai sottocampi non verranno in alcun modo alterate, questa quota parte non verrà considerata nei calcoli successivi.

5 METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATE

Al fine di ottemperare alle verifiche di invarianza idraulica e/o idrologica viene adottato il metodo di calcolo previsto dalla Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n. 61/2009.

Nei paragrafi seguenti verrà descritto tale metodo ed a fine relazione verranno riportati i report dei calcoli.

5.1 Metodo di calcolo della Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n. 61/2009

Nella già citata Deliberazione n.61/2009, per superfici urbanizzate che superano 1 ha di estensione è previsto il seguente volume minimo invasabile W_i :

W_i = il valore più alto tra 350 m³/ha urbanizzato e 500 m³/ha impermeabilizzato.

Seguendo questa metodica di calcolo, nei risultati esposti nel capitolo successivo si può notare come si sia raggiunto un valore maggiore di volume minimo di vaso utilizzando il valore della superficie urbanizzata; questa infatti, data la conformazione dell'impianto e la disposizione dei pannelli, risulta non coincidente e maggiore rispetto a quella realmente impermeabile calcolata nel paragrafo 2.2.

L'unica eccezione è data dal sottocampo 7, nel quale si sono ottenuti dei valori di vaso leggermente superiori utilizzando la superficie impermeabile.

5.2 Dimensionamento sistema di invarianza idraulica

Gli invasi verranno realizzati utilizzando gli stessi sottocampi in cui insisterà l'impianto f_v , mantenendo in depressione le porzioni di dette aree per garantire la presenza di un volume di laminazione. I bacini di vaso saranno realizzati pertanto grazie alla costruzione di strade perimetrali ad una quota di + 1 m rispetto alla quota dei campi. L'estensione degli invasi sarà tale da garantire il volume di ritenzione di progetto.

Si riportano di seguito i risultati del calcolo, con riferimento alla Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n.61/2009.

Volume minimo invasabile complessivo: $W_i = 500 \text{ m}^3/\text{ha} * 23,36 \text{ ha} = 8.174,221 \text{ m}^3$.

Per il calcolo del volume minimo invasabile, è stata utilizzata la superficie urbanizzabile reale, derivata dalle considerazioni fatte al capitolo 4.

Pertanto, per l'intervento in progetto verrà prevista la realizzazione di 7 invasi aventi un volume complessivo minimo di 8.174 m³.

Portata in uscita dall'vaso

A valle dei volumi di vaso si prevede la realizzazione di sistemi di scarico con luce a battente circolare, le cui portate sono calcolate mediante la seguente legge di efflusso.

$$Q_u(H) = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot H}$$

Q_u [m³/s]: portata in uscita dall'invaso;

H [m]: battente idrico;

D [m]: diametro interno del foro;

A [m²]: area della bocca d'uscita = $\pi \cdot D^2/4$;

μ [-]: coefficiente di efflusso ($\mu = 0,6$);

g [m/s²]: accelerazione di gravità.

La portata massima scaricata viene calcolata avendo assunto il battente idrico, inteso come la distanza tra il baricentro del tubo e il pelo libero, pari al suo massimo valore all'interno dell'invaso.

L'altezza del pelo libero h derivante dall'invaso, intesa invece come la distanza tra il pelo libero dell'acqua e il terreno, si può calcolare a partire dalla seguente relazione:

$$h = \frac{W}{A_{inv}}$$

W [m³]: volume invasato;

A_{inv} [m²]: area in pianta dell'invaso.

Nello specifico, i calcoli per le portate in uscita e il dimensionamento delle condotte sono stati realizzati con l'applicazione web Oppo¹.

Verranno quindi illustrati i calcoli eseguiti per ogni sottocampo.

5.2.1 Sottocampo 1

La superficie urbanizzata risulta essere di 2,00 ha, con una superficie impermeabile, calcolata come al paragrafo 2.2, di 1,15 ha.

Pertanto il volume minimo invasabile in quest'area viene scelto il maggiore tra:

- $W_i = 500 \text{ m}^3/\text{ha}_{imp} * 1,15 \text{ ha} = 576,5 \text{ m}^3$
- $W_i = 350 \text{ m}^3/\text{ha}_{urb} * 2,00 \text{ ha} = \underline{698,8 \text{ m}^3}$

L'area dell'invaso risulta essere pari a $A_{inv} = 17.050,04 \text{ m}^2$.

Si procede quindi al calcolo dell'altezza del pelo libero generata dal volume minimo calcolato, al fine di verificare che possa essere contenuto dall'invaso:

1 https://www.oppo.it/calcoli/canali/luce_battente_spigolo_vivo.html

- $H_{\min} = W_i / A_{\text{inv}} = 698,8 \text{ m}^3 / 17.050,04 \text{ m}^2 = 0,04 \text{ m}$

L'altezza così trovata è ampiamente al di sotto dell'altezza delle sponde dell'invaso, situate a + 1 m dalla quota del campo, e al di sotto dell'altezza cautelativa per il corretto funzionamento dell'impianto, individuata a + 0,50 m dalla quota del campo.

Calcolo portata di scarico di progetto e diametro tubazioni:

Diametro interno tubazione	150,6	mm
Diametro esterno tubazione	160	mm
Portata di scarico	0,01596	m ³ /s
Portata massima scaricabile (Deliberazione 61/2009)	0,01597	m ³ /s
Battente idrico	0,11	m
Altezza pelo libero	0,19	m

La superficie del campo è abbastanza ampia da garantire l'invaso del volume, il campo avrà una leggera pendenza al fine di ottenere allo scarico un'altezza di pelo libero di 0,19 m e permettere che la portata massima scaricabile sia pari alla portata massima garantita dalla Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n.61/2009.

Lo scarico verrà realizzato con tubazione interrata in PVC SN8 con diametro esterno di 160 mm e verrà convogliato all'interno dello scolo consortile "TESORIERE"; per far ciò verrà richiesta successivamente opportuna concessione per lo scarico al competente Consorzio di Bonifica.

Per un'immagine di dettaglio si rimanda agli elaborati grafici riguardanti la planimetria e le sezioni delle opere di invarianza idraulica.

5.2.2 Sottocampo 2

La superficie urbanizzata risulta essere di 1,85 ha, con una superficie impermeabile effettiva che vi conferisce di 1,12 ha.

Pertanto il volume minimo invasabile in quest'area viene scelto il maggiore tra:

- $W_i = 500 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}} * 1,12 \text{ ha} = 561,36 \text{ m}^3$
- $W_i = 350 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{urb}} * 1,85 \text{ ha} = \underline{647,19 \text{ m}^3}$

L'area dell'invaso risulta essere pari a $A_{\text{inv}} = 15.738,55 \text{ m}^2$.

Si procede quindi al calcolo dell'altezza del pelo libero generata dal volume minimo calcolato, al fine di verificare che possa essere contenuto dall'invaso:

- $H_{\min} = W_i / A_{\text{inv}} = 647,19 \text{ m}^3 / 15.738,55 \text{ m}^2 = 0,04 \text{ m}$

L'altezza così trovata è ampiamente al di sotto dell'altezza delle sponde dell'invaso, situate a + 1 m dalla quota del campo, e al di sotto dell'altezza cautelativa per il corretto funzionamento dell'impianto, individuata a + 0,50 m dalla quota del campo.

Calcolo portata di scarico di progetto e diametro tubazioni:

Diametro interno tubazione	117,6	mm
Diametro esterno tubazione	125	mm
Portata di scarico	0,01467	m ³ /s
Portata massima scaricabile (Deliberazione 61/2009)	0,01479	m ³ /s
Battente idrico	0,25	m
Altezza pelo libero	0,31	m

La superficie del campo è abbastanza ampia da garantire l'invaso del volume, il campo avrà una leggera pendenza al fine di ottenere allo scarico un'altezza di pelo libero di 0,31 m e permettere che la portata massima scaricabile sia pari alla portata massima garantita dalla Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n.61/2009.

Lo scarico verrà realizzato con tubazione interrata in PVC SN8 con diametro esterno di 125 mm e verrà convogliato all'interno dello scolo consortile "TESORIERE"; per far ciò verrà richiesta successivamente opportuna concessione per lo scarico al competente Consorzio di Bonifica.

Per un'immagine di dettaglio si rimanda agli elaborati grafici riguardanti la planimetria e le sezioni delle opere di invarianza idraulica.

5.2.3 Sottocampo 3

La superficie urbanizzata risulta essere di 3,95 ha, con una superficie impermeabile effettiva che vi conferisce di 2,52 ha.

Pertanto il volume minimo invasabile in quest'area viene scelto il maggiore tra:

- $W_i = 500 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}} * 2,52 \text{ ha} = 1.261,80 \text{ m}^3$
- $W_i = 350 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{urb}} * 3,95 \text{ ha} = \underline{1.382,41 \text{ m}^3}$

L'area dell'invaso risulta essere pari a $A_{\text{inv}} = 35.002,34 \text{ m}^2$.

Si procede quindi al calcolo dell'altezza del pelo libero generata dal volume minimo calcolato, al fine di verificare che possa essere contenuto dall'invaso:

- $H_{\text{min}} = W_i / A_{\text{inv}} = 1.382,41 \text{ m}^3 / 35.002,34 \text{ m}^2 = 0,04 \text{ m}$

L'altezza così trovata è ampiamente al di sotto dell'altezza delle sponde dell'invaso, situate a + 1 m dalla quota del campo, e al di sotto dell'altezza cautelativa per il corretto funzionamento dell'impianto, individuata a + 0,50 m dalla quota del campo.

Calcolo portata di scarico di progetto e diametro tubazioni:

Diametro interno tubazione	188,2	mm
Diametro esterno tubazione	200	mm
Portata di scarico	0,03188	m ³ /s
Portata massima scaricabile (Deliberazione 61/2009)	0,03160	m ³ /s
Battente idrico	0,18	m
Altezza pelo libero	0,28	m

La superficie del campo è abbastanza ampia da garantire l'invaso del volume, il campo avrà una leggera pendenza al fine di ottenere allo scarico un'altezza di pelo libero di 0,28 m e permettere che la portata massima scaricabile sia pari alla portata massima garantita dalla Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n.61/2009. Si fa notare che la portata di scarico risulta leggermente superiore a quelle previste dalla Deliberazione, ma occorre precisare che, oltre ad essere una quantità trascurabile, è comunque rispettata la portata massima scaricabile complessiva, compensando la quantità eccedente in questo scarico con i margini tenuti negli altri sottocampi.

Lo scarico verrà realizzato con tubazione interrata in PVC SN8 con diametro esterno di 200 mm e sarà direzionato in uno scolo vicinale già presente nel campo.

Per un'immagine di dettaglio si rimanda agli elaborati grafici riguardanti la planimetria e le sezioni delle opere di invarianza idraulica.

5.2.4 Sottocampo 4

La superficie urbanizzata risulta essere di 2,15 ha, con una superficie impermeabile effettiva che vi conferisce di 1,23 ha.

Pertanto il volume minimo invasabile in quest'area viene scelto il maggiore tra:

- $W_i = 500 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}} * 1,23 \text{ ha} = 617,17 \text{ m}^3$
- $W_i = 350 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{urb}} * 2,15 \text{ ha} = \underline{751,99 \text{ m}^3}$

L'area dell'invaso risulta essere pari a $A_{\text{inv}} = 17.715,21 \text{ m}^2$.

Si procede quindi al calcolo dell'altezza del pelo libero generata dal volume minimo calcolato, al fine di verificare che possa essere contenuto dall'invaso:

- $H_{\min} = W_i / A_{\text{inv}} = 751,99 \text{ m}^3 / 17.715,21 \text{ m}^2 = 0,04 \text{ m}$

L'altezza così trovata è ampiamente al di sotto dell'altezza delle sponde dell'invaso, situate a + 1 m dalla quota del campo, e al di sotto dell'altezza cautelativa per il corretto funzionamento dell'impianto, individuata a + 0,50 m dalla quota del campo.

Calcolo portata di scarico di progetto e diametro tubazioni:

Diametro interno tubazione	150,6	mm
Diametro esterno tubazione	160	mm
Portata di scarico	0,01735	m ³ /s
Portata massima scaricabile (Deliberazione 61/2009)	0,01719	m ³ /s
Battente idrico	0,13	m
Altezza pelo libero	0,21	m

La superficie del campo è abbastanza ampia da garantire l'invaso del volume, il campo avrà una leggera pendenza al fine di ottenere allo scarico un'altezza di pelo libero di 0,21 m e permettere che la portata massima scaricabile sia pari alla portata massima garantita dalla Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n.61/2009. Si fa notare che la portata di scarico risulta leggermente superiore a quelle previste dalla Deliberazione, ma occorre precisare che, oltre ad essere una quantità trascurabile, è comunque rispettata la portata massima scaricabile complessiva, compensando la quantità eccedente in questo scarico con i margini tenuti negli altri sottocampi.

Lo scarico verrà realizzato con tubazione interrata in PVC SN8 con diametro esterno di 160 mm e sarà direzionato in uno scolo vicinale già presente nel campo. Quest'ultimo inoltre verrà riprofilato per garantirne un'adeguata pendenza e collegato allo scolo "ZAGAGNONA I RAMO" per assicurare un deflusso corretto delle portate. Il collegamento verrà effettuato con tubazioni in PVC SN8 di diametro esterno pari a 400 mm.

Per un'immagine di dettaglio si rimanda agli elaborati grafici riguardanti la planimetria e le sezioni delle opere di invarianza idraulica.

5.2.5 Sottocampo 5

La superficie urbanizzata risulta essere di 1,17 ha, con una superficie impermeabile effettiva che vi conferisce di 0,60 ha.

Pertanto il volume minimo invasabile in quest'area viene scelto il maggiore tra:

- $W_i = 500 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}} * 0,60 \text{ ha} = 301,36 \text{ m}^3$

- $W_i = 350 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{urb}} * 1,17 \text{ ha} = \underline{409,78 \text{ m}^3}$

L'area dell'invaso risulta essere pari a $A_{\text{inv}} = 8.822,65 \text{ m}^2$.

Si procede quindi al calcolo dell'altezza del pelo libero generata dal volume minimo calcolato, al fine di verificare che possa essere contenuto dall'invaso:

- $H_{\text{min}} = W_i / A_{\text{inv}} = 409,78 \text{ m}^3 / 8.822,65 \text{ m}^2 = 0,05 \text{ m}$

L'altezza così trovata è ampiamente al di sotto dell'altezza delle sponde dell'invaso, situate a + 1 m dalla quota del campo, e al di sotto dell'altezza cautelativa per il corretto funzionamento dell'impianto, individuata a + 0,50 m dalla quota del campo.

Calcolo portata di scarico di progetto e diametro tubazioni:

Diametro interno tubazione	117,6	mm
Diametro esterno tubazione	125	mm
Portata di scarico	0,00928	m ³ /s
Portata massima scaricabile (Deliberazione 61/2009)	0,00937	m ³ /s
Battente idrico	0,10	m
Altezza pelo libero	0,16	m

La superficie del campo è abbastanza ampia da garantire l'invaso del volume, il campo avrà una leggera pendenza al fine di ottenere allo scarico un'altezza di pelo libero di 0,16 m e permettere che la portata massima scaricabile sia pari alla portata massima garantita dalla Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n.61/2009.

Lo scarico verrà realizzato con tubazione interrata in PVC SN8 con diametro esterno di 125 mm e sarà direzionato in uno scolo vicinale già presente nel campo. Quest'ultimo inoltre verrà riprofilato per garantirne un'adeguata pendenza e collegato allo scolo "ZAGAGNONA I RAMO" per assicurare un deflusso corretto delle portate. Il collegamento verrà effettuato con tubazioni in PVC SN8 di diametro esterno pari a 400 mm.

Per un'immagine di dettaglio si rimanda agli elaborati grafici riguardanti la planimetria e le sezioni delle opere di invarianza idraulica.

5.2.6 Sottocampo 6

La superficie urbanizzata risulta essere di 4,70 ha, con una superficie impermeabile effettiva che vi conferisce di 3,11 ha.

Pertanto il volume minimo invasabile in quest'area viene scelto il maggiore tra:

- $W_i = 500 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}} * 3,11 \text{ ha} = 1.552,93 \text{ m}^3$
- $W_i = 350 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{urb}} * 4,70 \text{ ha} = \underline{1.643,30 \text{ m}^3}$

L'area dell'invaso risulta essere pari a $A_{\text{inv}} = 42.417,56 \text{ m}^2$.

Si procede quindi al calcolo dell'altezza del pelo libero generata dal volume minimo calcolato, al fine di verificare che possa essere contenuto dall'invaso:

- $H_{\text{min}} = W_i / A_{\text{inv}} = 1.643,30 \text{ m}^3 / 42.417,56 \text{ m}^2 = 0,04 \text{ m}$

L'altezza così trovata è ampiamente al di sotto dell'altezza delle sponde dell'invaso, situate a + 1 m dalla quota del campo, e al di sotto dell'altezza cautelativa per il corretto funzionamento dell'impianto, individuata a + 0,50 m dalla quota del campo.

Calcolo portata di scarico di progetto e diametro tubazioni:

Diametro interno tubazione	188,2	mm
Diametro esterno tubazione	200	mm
Portata di scarico	0,03757	m^3/s
Portata massima scaricabile (Deliberazione 61/2009)	0,03756	m^3/s
Battente idrico	0,25	m
Altezza pelo libero	0,35	m

La superficie del campo è abbastanza ampia da garantire l'invaso del volume, il campo avrà una leggera pendenza al fine di ottenere allo scarico un'altezza di pelo libero di 0,35 m e permettere che la portata massima scaricabile sia pari alla portata massima garantita dalla Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n.61/2009. Si fa notare che la portata di scarico risulta leggermente superiore a quelle previste dalla Deliberazione, ma occorre precisare che, oltre ad essere una quantità trascurabile, è comunque rispettata la portata massima scaricabile complessiva, compensando la quantità eccedente in questo scarico con i margini tenuti negli altri sottocampi.

Lo scarico verrà realizzato con tubazione interrata in PVC SN8 con diametro esterno di 200 mm e sarà direzionato in uno scolo vicinale già presente nel campo.

Inoltre, quest'ultimo verrà tombinato e imbaulettato per attraversare il raccordo della viabilità all'altezza dell'ingresso al sottocampo 4, al fine di garantire il corretto allontanamento delle acque. Il fosso considerato risulta poi essere lo stesso che verrà raccordato allo scolo "ZAGAGNONA I RAMO", come già esposto nei paragrafi precedenti riferiti al sottocampo 4 e 5.

Per un'immagine di dettaglio si rimanda agli elaborati grafici riguardanti la planimetria e le sezioni delle opere di invarianza idraulica.

5.2.7 Sottocampo 7

La superficie urbanizzata risulta essere di 7,55 ha, con una superficie impermeabile effettiva che vi conferisce di 5,31 ha.

Pertanto il volume minimo invasabile in quest'area viene scelto il maggiore tra:

- $W_i = 500 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}} * 5,31 \text{ ha} = \underline{2.654,42 \text{ m}^3}$
- $W_i = 350 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{urb}} * 7,55 \text{ ha} = 2.640,79 \text{ m}^3$

L'area dell'invaso risulta essere pari a $A_{\text{inv}} = 70.356,31 \text{ m}^2$.

Si procede quindi al calcolo dell'altezza del pelo libero generata dal volume minimo calcolato, al fine di verificare che possa essere contenuto dall'invaso:

- $H_{\text{min}} = W_i / A_{\text{inv}} = 2.654,42 \text{ m}^3 / 70.356,31 \text{ m}^2 = 0,04 \text{ m}$

L'altezza così trovata è ampiamente al di sotto dell'altezza delle sponde dell'invaso, situate a + 1 m dalla quota del campo, e al di sotto dell'altezza cautelativa per il corretto funzionamento dell'impianto, individuata a + 0,50 m dalla quota del campo.

Calcolo portata di scarico di progetto e diametro tubazioni:

Diametro interno tubazione	235,4	mm
Diametro esterno tubazione	250	mm
Portata di scarico	0,05995	m ³ /s
Portata massima scaricabile (Deliberazione 61/2009)	0,06036	m ³ /s
Battente idrico	0,26	m
Altezza pelo libero	0,39	m

La superficie del campo è abbastanza ampia da garantire l'invaso del volume, il campo avrà una leggera pendenza al fine di ottenere allo scarico un'altezza di pelo libero di 0,39 m e permettere che la portata massima scaricabile sia pari alla portata massima garantita dalla Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n.61/2009.

Lo scarico verrà realizzato con tubazione interrata in PVC SN8 con diametro esterno di 250 mm e sarà direzionato in uno scolo vicinale già presente nel campo.

Per un'immagine di dettaglio si rimanda agli elaborati grafici riguardanti la planimetria e le sezioni delle opere di invarianza idraulica.

6 CONCLUSIONI

Le presente relazione tecnica ha descritto e dimensionato, in ottemperanza al disposto del Consorzio di Bonifica di Ferrara, i presidi necessari per la garanzia dell'invarianza idraulica della trasformazione prevista sull'area.

Il progetto prevede che i bacini di accumulo, necessari per garantire lo scarico della portata invariante, siano realizzati completamente all'interno dell'area del campo dove è previsto l'accumulo dell'acqua meteorica al di sotto dei pannelli.

Si evidenzia però come l'area di impianto resterà sostanzialmente permeabile e che quindi i calcoli svolti in precedenza sono del tutto cautelativi non tenendo minimamente in considerazione la capacità di infiltrazione del terreno sotto stante i pannelli.

Occorre inoltre osservare che:

- durante l'esercizio dell'impianto non è prevista la permanenza di persone in pianta stabile, ma sarà presente personale unicamente durante le attività di manutenzione dell'impianto stesso;
- le apparecchiature necessarie per il corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico (inverter, trasformatori, ecc..) sono posizionati ad una quota per la quale sono posti in sicurezza idraulica;
- la creazione di un bacino di laminazione su un'area sostanzialmente permeabile e per la quale non si è considerata la capacità di infiltrazione, risulta un'opera di ulteriore garanzia del non aggravio del rischio idraulico eventualmente presente sull'area;

Infine, dalle opere previste nel progetto si può ritenere perseguito il principio dell'invarianza idraulica, in quanto l'invaso considerato nel suo complessivo, stimato in modo cautelativo pari a 103.551 m³, risulta ampiamente sufficiente a contenere il volume minimo da invasare, come previsto dalla Del. 61/2009 del competente Consorzio di Bonifica e calcolato pari a 8.174 m³. Inoltre allo scarico verrà confluente la portata massima scaricabile stabilita dalla Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n.61/2009 già citata.