

COMUNE DI LAGOSANTO - COMACCHIO

Progetto Elettrico

Per. Ind. Massimo Ghesini
Ing. Francesco Piergiovanni



Progetto Linea Elettrica

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

polienergie.surl

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. Isabella Cevolani
Arch. Martina Cortesi
Arch. Agnese Di Tirro
Arch. Beatrice Mari
Arch. Francesco Ricci Bitti
Arch. Valeria Tedaldi
Arch. Cecilia Venieri
Dott. Cristian Griguoli



REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA SU AREA IDONEA AI SENSI DEL D.lgs. 199/2021 comma 8 lettera c-ter) E c-quater) DI POTENZA DI PICCO PARI A 27,036 MWp E POTENZA NOMINALE PARI A 21,600 MW UBICATO IN PROSSIMITA' DELLA STRADA PROVINCIALE 32 NEL COMUNE DI LAGOSANTO

COMMITTENTE: LAGOSANTO SOLAR S.R.L.

p.IVA 02715640393

Legale rappresentante: **Rametta Paolo Giovanni**

C.F. RMTPGV68P25Z404N

PROGETTISTA: Ingegnere David Negrini

C.F. NGRDVD72E08H199E

Ingegnera **Roberta Mazzolani**

C.F. MZZRRT81S45C265D

N. ELABORATO

B2

ELABORATO

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA

SCALA

RIFERIMENTO PRATICA

IMPIANTO LAGOSANTO

DATA

30/11/2022

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.....	7
3	DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA.....	9
3.1	Inquadramento generale.....	9
4	PORTATE MASSIME SCARICABILI.....	12
5	METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI.....	13
5.1	Metodo di calcolo della Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n. 61/2009	13
5.2	Dimensionamento sistema di invarianza idraulica.....	13
6	CONCLUSIONI.....	18

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 zona produttiva con direzionale d'espansione, sito a Nord dell'area urbana del Comune di Lagosanto (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 fisse con esposizione est-ovest. Il campo, di potenza nominale pari a 21,6 MW, sarà costituito da:

- n° 49.068 moduli bifacciali fotovoltaici aventi potenza di picco pari a 545 Wp;
- n° 96 inverter da 225 kW alloggiati sulle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici;
- n. 5 cabine di dimensioni 12,5 m x 3,5 m in cui sono alloggiati, in ciascuna di esse, n.2 trasformatori MT/BT;
- n° 1 cabina elettrica di ricezione e smistamento (cabina 0);
- 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 interna sopraelevata e gli argini saranno realizzati in stabilizzato. Invece per quanto concerne la viabilità bassa, prevista alla stessa quota del campo fv, questa sarà tracciata semplicemente sul terreno presente, pertanto saranno mantenute inalterate le caratteristiche di permeabilità intrinseche del luogo.

Si riporta la tabella riepilogativa delle tipologie di superfici presenti nell'area di progetto.

Tipo di superficie	Superficie [m²]
Area lotto complessiva	237.300,00
Area moduli fotovoltaici	126.800,43
Area cabine di trasformazione BT/MT	254,37
Strade interne	17.446,84
Verde completamente permeabile	92.798,36

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 produttiva a direzionale d'espansione, a Nord del centro urbano di Lagosanto.

L'area risulta essere fisicamente separata in 2 campi dalla SP 32 e confinante ad Ovest lungo tutto il perimetro catastale con la SP 53.

Inoltre, il perimetro Nord del campo fv risulta essere delimitato dal canale consortile "MAROZZETTO" e il confine Est dal canale consortile "SABBIONCHI".

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

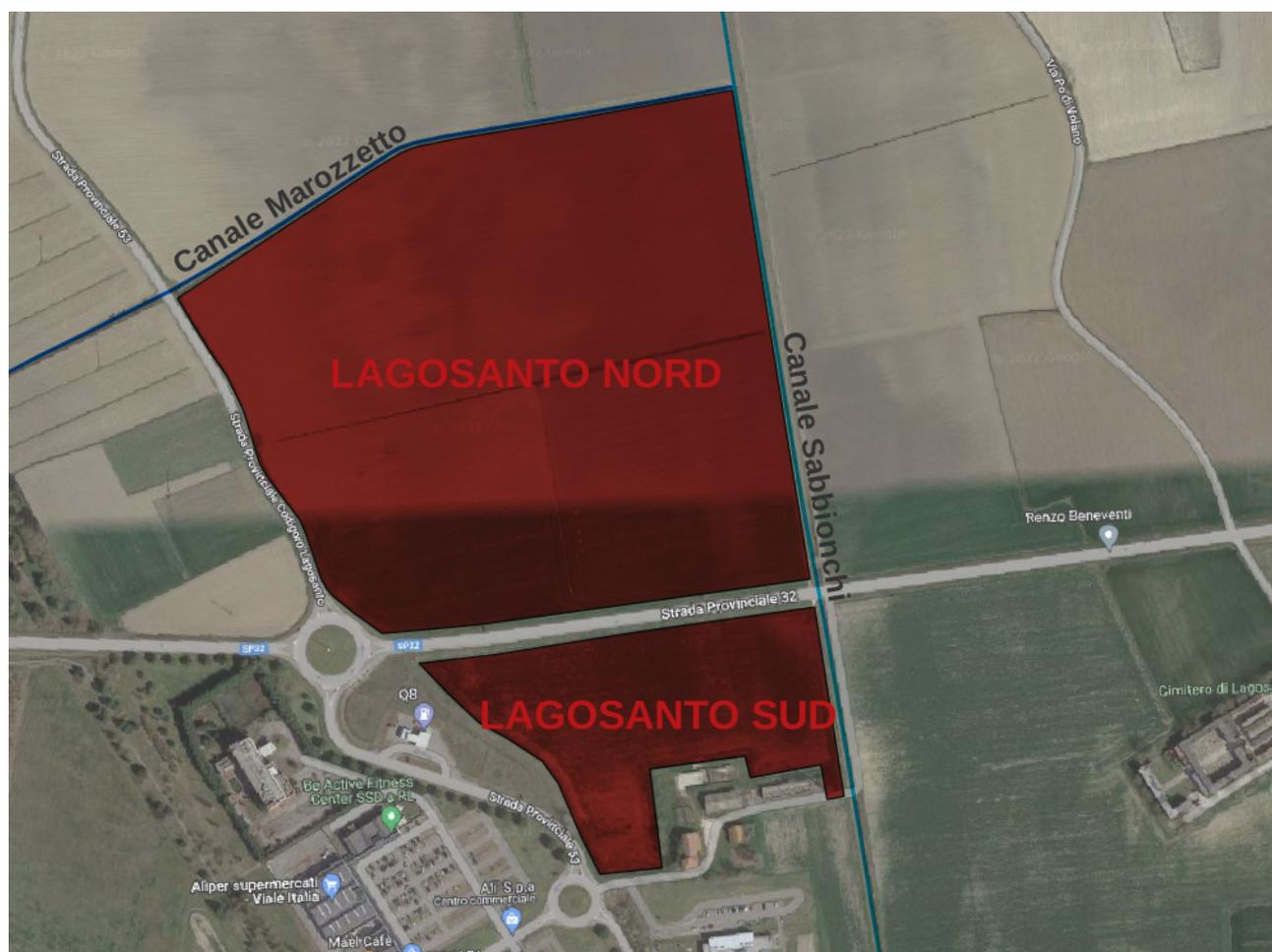


Figura 2: Inquadramento area ed infrastrutture

2.1 Piano Gestione Rischio Alluvioni

Viene presa in esame la “Cartografia della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti” e la Cartografia del rischio potenziale”, elaborati grafici del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA).

Per entrambi i tematismi viene preso in considerazione il Reticolo Secondario di Pianura, il quale comprende nell’analisi anche i canali e i corsi d’acqua di bonifica, oltre che ai corsi d’acqua naturali.

L’area coinvolta dal progetto viene classificata come P2 – M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità).

Per quanto riguarda la cartografia del rischio potenziale si evidenzia che la zona di studio è posizionata in un’area classificata come R1 – Rischio basso.

Si riporta la cartografia tematica del PGRA.

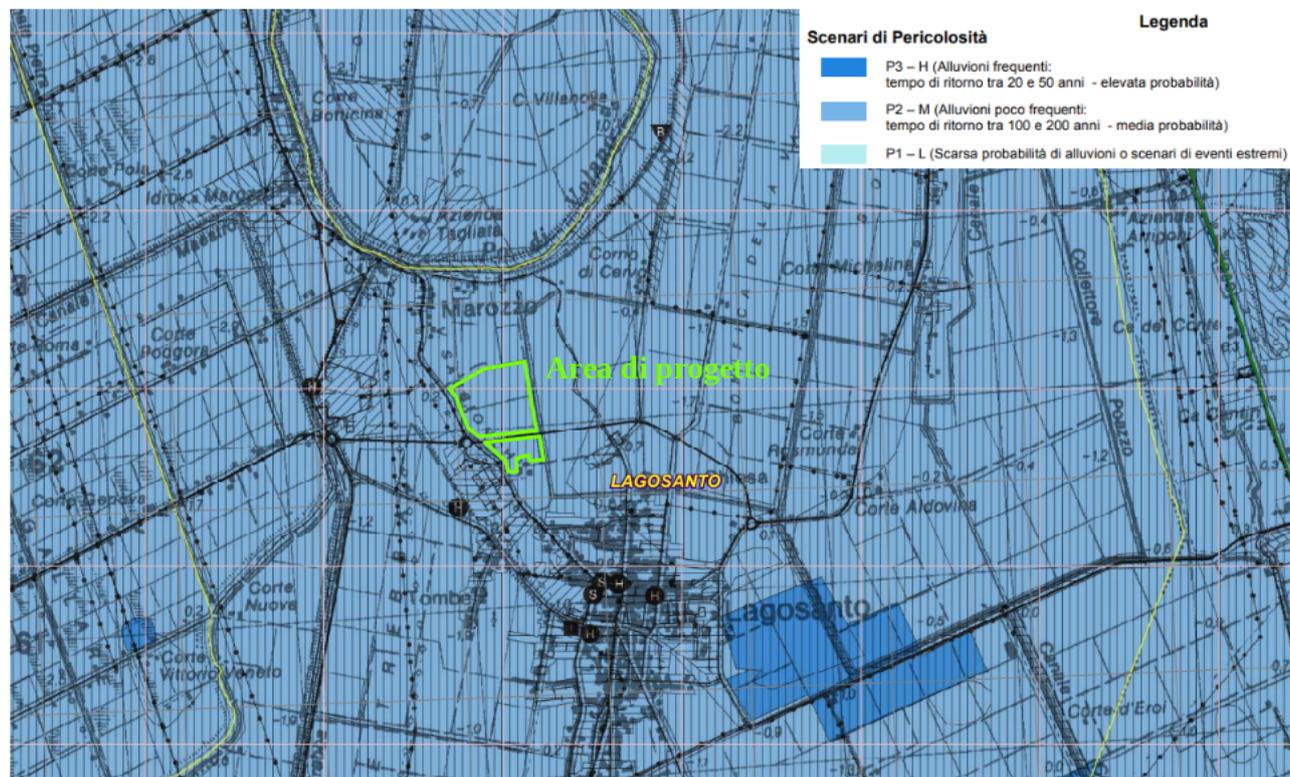


Figura 3: Stralcio della "Mappa di pericolosità" del PGRA

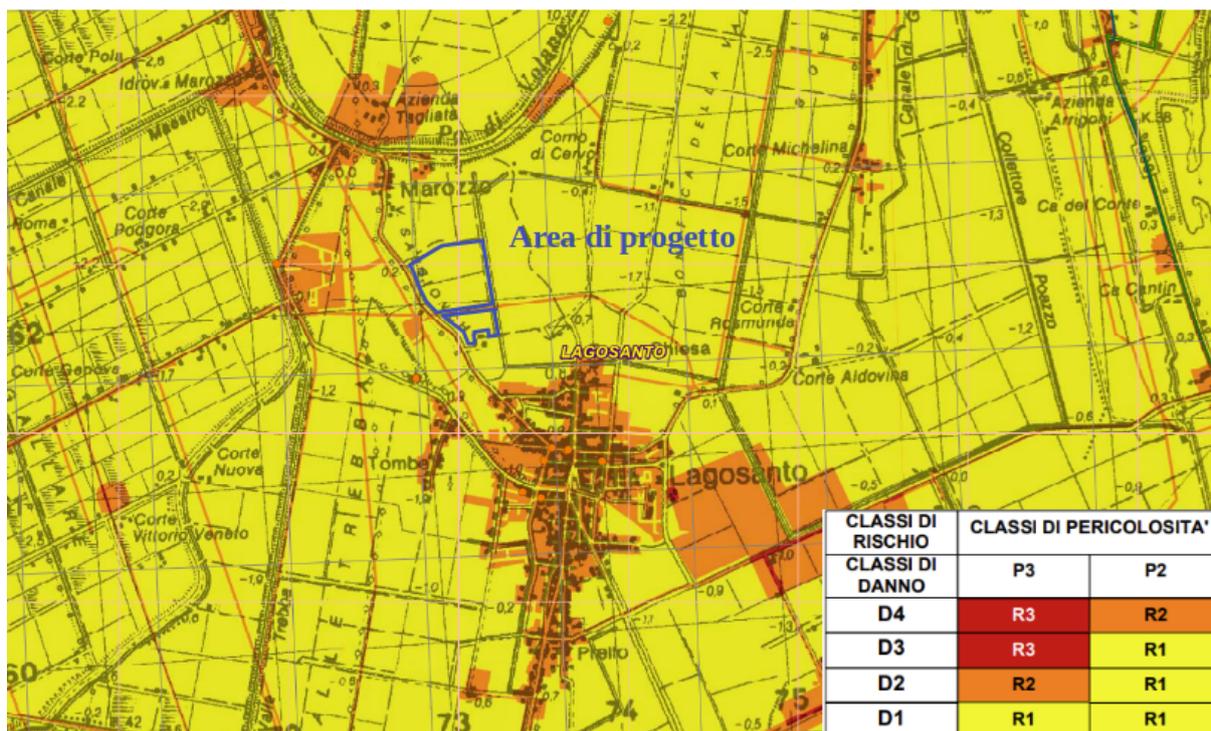


Figura 4: Stralcio della "Mappa del rischio potenziale" del PGR A

Inoltre, come si evince dall'Elaborato F1.1 – Studio di impatto ambientale - Inquadramento programmatico, l'intero territorio del Comune di Lagosanto risulta avere una quota media assoluta al di sotto del livello del mare. Ciò comporta un rischio alluvionale per l'intero territorio, il quale si trova in zona limitrofa al corso del Po di Volano (a Nord rispetto al campo fv).

Considerando questa caratteristica intrinseca della zona si è scelto di mantenere la quota assoluta degli argini perimetrali a -1 m s.l.m., quota pari a quella delle strade provinciali limitrofe, aumentando ulteriormente a $-0,50$ m s.l.m. la quota delle strade interne al campo sulle quali verranno realizzate le cabine di trasformazione, il tutto per mantenere in sicurezza idraulica le apparecchiature sensibili dell'impianto.

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 e delle quote necessarie sia a migliorare lo stato idraulico attuale dei luoghi che alla messa in sicurezza delle componenti elettriche più vulnerabili.

In generale saranno mantenute le pendenze originarie dei luoghi, realizzando uno scolo perimetrale interno ai sottocampi sul lato Est, al fine di convogliare le acque da scaricare.

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

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m²]	Coeff. Afflusso φ
Area moduli fotovoltaici	Area impermeabile	126.800,43	0,9
Cabine di trasformazione BT/MT	Area impermeabile	254,37	0,9
Strade interne	Area a ridotta permeabilità	17.446,84	0,5
Verde permeabile	Fascia di mitigazione, fascia perimetrale, area completamente permeabile	92.798,36	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: $126.800,43 \text{ m}^2 * 0,90 = 114.120,39 \text{ m}^2$
- S_{imp} delle strade interne: $17.446,84 \text{ m}^2 * 0,50 = 8.723,42 \text{ m}^2$
- S_{imp} delle cabine di trasformazione: $254,37 \text{ m}^2 * 0,90 = 228,94 \text{ m}^2$

Quindi, la superficie impermeabile complessiva del campo è pari a $123.072,74 \text{ m}^2$.

Come verrà illustrato nel seguito della relazione, data la conformazione fisica del campo e la frammentazione dei terreni dovuta alla presenza della SP 32, l'impianto è stato ripartito in 2 sottocampi diversi, ognuno dotato della propria perimetrazione.

Risulta utile ai fine dei calcoli seguenti suddividere le superfici impermeabili complessive nelle quote parti insistenti sui 2 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.

Nome Sottocampo	Superficie moduli	Superficie cabine	Superficie strade	Superficie complessiva
SC NORD	98.827,04	189,55	5.407,54	104.424,12
SC SUD	15.293,35	39,39	3.315,88	18.648,62

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 2 sottocampi mostrati nella figura sottostante.

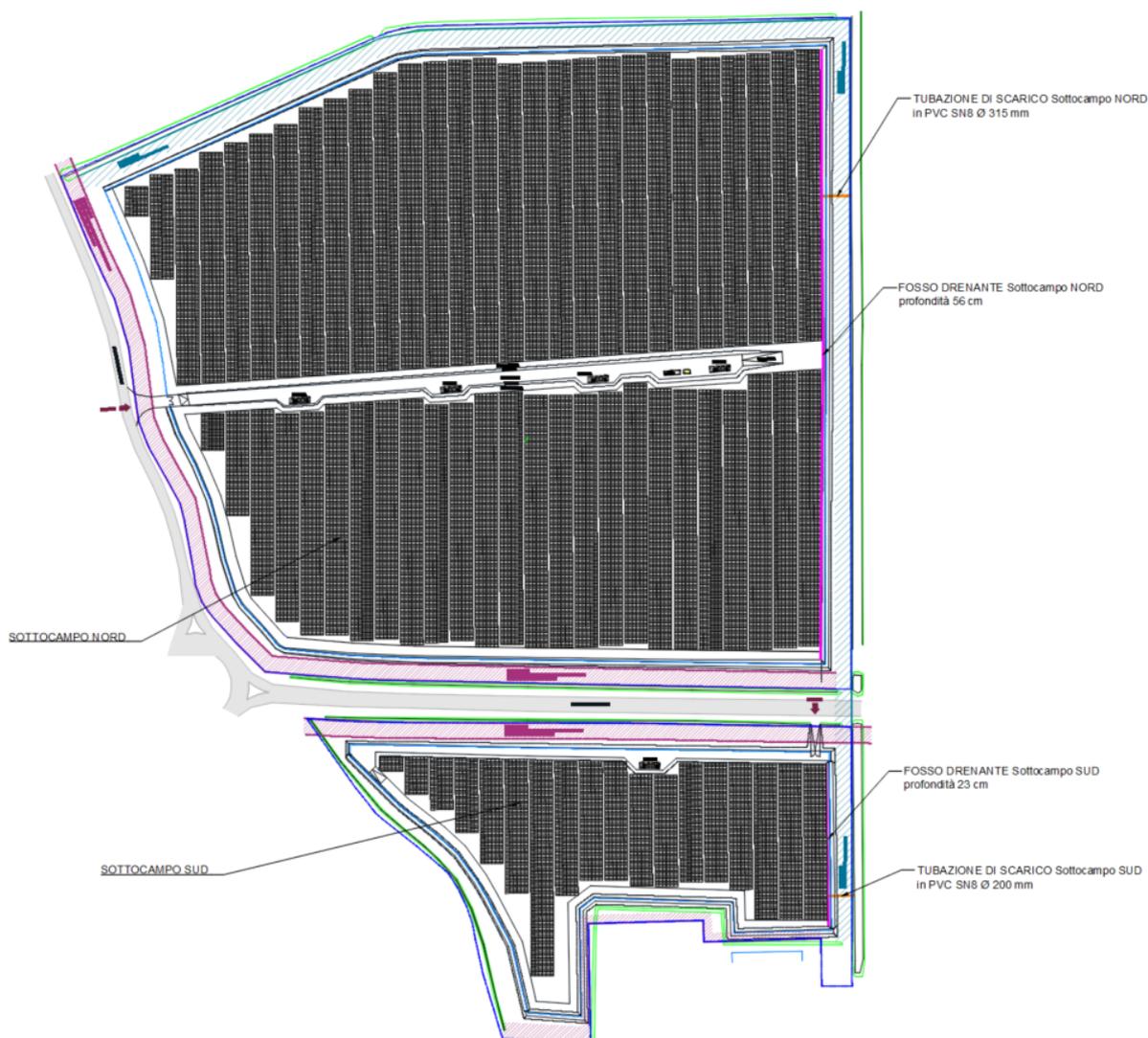


Figura 5: Inquadramento sottocampi, stralcio della planimetria di invarianza idraulica

Per l'area occupata dall'impianto fotovoltaico la soluzione in progetto prevede la realizzazione di scoli perimetrali al campo ed ognuno dei sottocampi sarà dotato del proprio scarico.

In particolare saranno previsti 2 scarichi, uno per ogni sottocampo, diretti entrambi all'interno del canale consorziale "SABBIONCHI"; 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 2 invasi separati, all'interno dei sottocampi fv mantenendo in depressione gli stessi mediante una strada perimetrale sopraelevata e degli argini perimetrali, la prima ad una quota assoluta di - 0,50 m s.l.m. e i secondi a - 1 m s.l.m.. 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.

Sarà mantenuta la naturale pendenza del campo fv in direzione Est, ottenendo in questo lato un dislivello di oltre 1 m tra quota del campo e quota dell'argine perimetrale; nel lato Ovest invece, quello con la quota assoluta più alta, si otterrà un dislivello variabile di qualche decina di cm.

Si riporta di seguito il volume d'invaso disponibile nei 2 sottocampi e il volume totale, approssimando quindi l'andamento longitudinale del campo ad una sezione triangolare.

Per il calcolo è stata considerata un'altezza limite di +60 cm dal terreno, altezza precauzionale di sicurezza per non compromettere il funzionamento degli inverter, installati sulle strutture dei moduli fv come mostrato in figura 6.

Si utilizza pertanto la seguente formula:

- $W_{\max} [m^3] = (A_{\text{invaso}} [m^2] \times 0,60 [m]) / 2$

	SC NORD	SC SUD	TOT
$W_{\max} [m^3]$	42.491,91	7.750,11	50.242,02

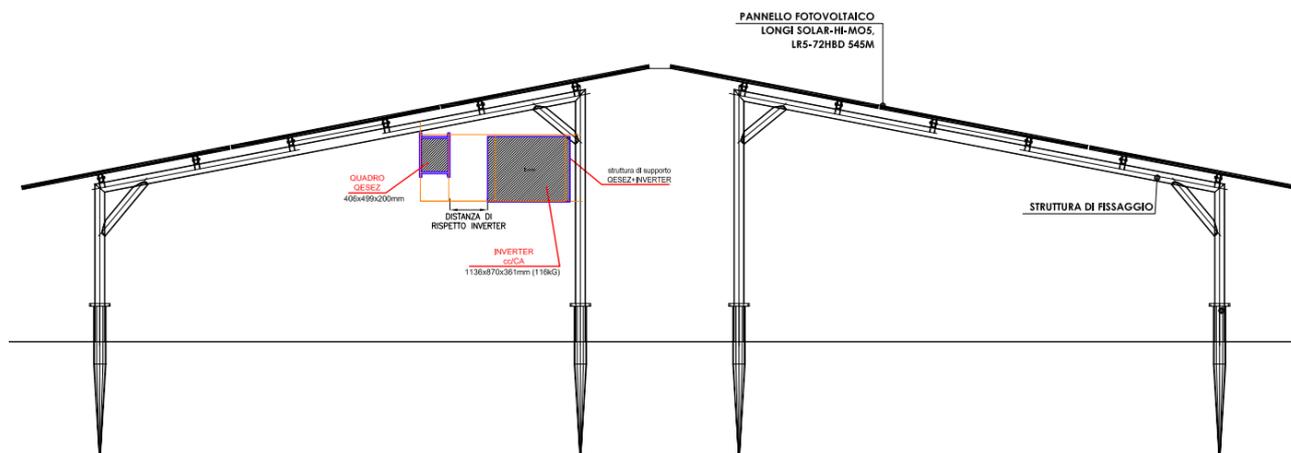


Figura 6: Schema strutture ancoraggio moduli fv

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.

Per gli scarichi si prevede la messa in opera di tubazioni in PCV SN8 con bauletto in cls di 20 cm di spessore, per evitare rotture da eventuale passaggio di mezzi pesanti in corrispondenza della fascia di rispetto del canale consortile.

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 21,26 ha.

Pertanto, la portata massima scaricabile è pari a $Q_{u,max} = 21,26 \text{ ha} * 8,00 \text{ l/s/ha} = 170,08 \text{ l/s}$.

Come già detto l'impianto fv interessa 2 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.

Nome Sottocampo	Sup. Urbanizzabile [ha]	Q_i [l/(s·ha)]	$Q_{u,max}$ [l/s]	$Q_{u,max}$ [m ³ /s]
SC NORD	17,15	8,00	137,21	0,13721
SC SUD	4,11		32,88	0,03288

Occorre specificare che la superficie urbanizzabile totale che si ottiene sommando quelle relative ai 2 sottocampi, pari a 21,26 ha, risulta minore rispetto a quella precedentemente illustrata di 23,73 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 ADOTTATI

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.

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.

Come già illustrato, i bacini di vaso saranno realizzati grazie alla costruzione di argini perimetrali ad una quota assoluta di - 1 m s.l.m.. L'estensione totale dell'vaso sarà tale da garantire il volume di ritenzione di progetto. Occorre precisare che verrà mantenuta la naturale pendenza dei campi, con il fine di convogliare il volume idrico nel lato Est dell'area, dove si otterrà un dislivello di oltre + 1 m tra la quota degli argini e quella del campo; qui l'acqua verrà convogliata, tramite un fosso da realizzarsi internamente (lato campo fotovoltaico) al perimetro, per essere scaricata tramite singole tubazioni nel canale consortile "Sabbionchi" limitrofo al campo.

Le quote puntuali dove saranno realizzati i due scarichi sono illustrate nell'Elaborato B16 – Sezioni di invarianza idraulica.

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:

- $W_i = 500 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}} * 12,31 \text{ ha} = 6.153,64 \text{ m}^3$
- $W_i = 350 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{urb}} * 21,26 \text{ ha} = \underline{7.441,11 \text{ m}^3}$

Come si evince dai calcoli, si ottiene un volume maggiore utilizzando la superficie urbanizzabile rispetto a quella impermeabile.

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 2 invasi aventi un volume complessivo minimo di 7.441,11 m³.

Come si nota il volume minimo richiesto risulta ampiamente contenuto nei volumi disponibili, già calcolati al paragrafo 3.1.

Portata in uscita dall'invaso

A valle dei volumi di invaso 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.

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

5.2.1 Sottocampo NORD

La superficie urbanizzata risulta essere di 17,15 ha, con una superficie impermeabile, calcolata come al paragrafo 2.2, di 10,44 ha.

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

- $W_i = 500 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}} * 10,44 \text{ ha} = 5221,21 \text{ m}^3$
- $W_i = 350 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{urb}} * 17,15 \text{ ha} = \underline{6002,72 \text{ m}^3}$

L'area dell'invaso risulta essere pari a $A_{\text{inv}} = 141.639,69 \text{ m}^2$.

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:

- $H_{\text{min}} = W_i / A_{\text{inv}} = 6002,72 \text{ m}^3 / 141.639,69 \text{ m}^2 = 0,04 \text{ m}$

L'altezza così trovata corrisponderebbe ad una lamina d'acqua orizzontale la quale risulta ampiamente al di sotto dell'altezza delle sponde dell'invaso e al di sotto dell'altezza cautelativa per il corretto funzionamento dell'impianto, individuata a + 0,50 m dalla quota del campo.

Date le pendenze del campo la lamina d'acqua così calcolata tenderà a spostarsi verso Est, dove verrà realizzato il fosso perimetrale già menzionato nella relazione; questo avrà una profondità tale da accumulare l'acqua necessaria ad ottenere il battente richiesto per lo scarico, ma sarà utile anche per mantenere minimo il livello del pelo libero nel campo fv.

Calcolo portata di scarico di progetto e diametro tubazioni:

Diametro interno tubazione	296,6	mm
Diametro esterno tubazione	315	mm
Portata di scarico	0,13198	m ³ /s
Portata massima scaricabile (Deliberazione 61/2009)	0,13721	m ³ /s
Battente idrico	0,50	m
Altezza pelo libero	0,66	m

La superficie del campo è abbastanza ampia da garantire l'invaso del volume; inoltre, mantenendo la naturale pendenza del campo si otterrà facilmente il battente richiesto allo scarico. Per raggiungere questo risultato, come già anticipato, sarà realizzato un fosso drenante interno, al fine di convogliare l'acqua nel punto di scarico prescelto.

Si specifica che la quota di pelo libero dell'acqua pari a 66 cm, necessaria per 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 otterrà quindi solo all'interno del fosso, realizzato con una profondità ulteriore di 56 cm e illustrato nell'Elaborato B16 – Sezioni di invarianza idraulica.

Lo scarico verrà realizzato con tubazione interrata in PVC SN8 di diametro esterno di 315 mm con bauletto di cls e verrà convogliato all'interno dello scolo consortile "SABBIONCHI"; 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 SUD

La superficie urbanizzata risulta essere di 4,11 ha, con una superficie impermeabile effettiva che vi conferisce di 1,86 ha.

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

- $W_i = 500 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}} * 1,86 \text{ ha} = 932,43 \text{ m}^3$
- $W_i = 350 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{urb}} * 4,11 \text{ ha} = \underline{1.438,39 \text{ m}^3}$

L'area dell'invaso risulta essere pari a $A_{\text{inv}} = 25.833,70 \text{ m}^2$.

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:

$$\bullet \quad H_{\text{min}} = W_i / A_{\text{inv}} = \underline{1.438,39 \text{ m}^3} / 25.833,70 \text{ m}^2 = 0,06 \text{ m}$$

L'altezza così trovata corrisponderebbe ad una lamina d'acqua orizzontale la quale risulta ampiamente al di sotto dell'altezza delle sponde dell'invaso e al di sotto dell'altezza cautelativa per il corretto funzionamento dell'impianto, individuata a + 0,50 m dalla quota del campo.

Date le pendenze del campo la lamina d'acqua così calcolata tenderà a spostarsi verso Est, dove verrà realizzato il fosso perimetrale già menzionato nella relazione; questo avrà una profondità tale da accumulare l'acqua necessaria ad ottenere il battente richiesto per lo scarico, ma sarà utile anche per mantenere minimo il livello del pelo libero nel campo fv.

Calcolo portata di scarico di progetto e diametro tubazioni:

Diametro interno tubazione	188,2	mm
Diametro esterno tubazione	200	mm
Portata di scarico	0,03276	m ³ /s
Portata massima scaricabile (Deliberazione 61/2009)	0,03288	m ³ /s
Battente idrico	0,19	m
Altezza pelo libero	0,29	m

La superficie del campo è abbastanza ampia da garantire l'invaso del volume; inoltre, mantenendo la naturale pendenza del campo si otterrà facilmente il battente richiesto allo scarico. Per raggiungere questo risultato, come già anticipato, sarà realizzato un fosso drenante interno, al fine di convogliare l'acqua nel punto di scarico prescelto.

Si specifica che la quota di pelo libero dell'acqua pari a 29 cm, necessaria per 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 otterrà quindi solo all'interno del fosso, realizzato con una profondità ulteriore di 23 cm e illustrato nell'Elaborato B16 – Sezioni di invarianza idraulica.

Lo scarico verrà realizzato con tubazione interrata in PVC SN8 di diametro esterno di 200 mm con bauletto di cls e verrà convogliato all'interno dello scolo consortile "SABBIONCHI"; 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.

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 sottostante 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, calcolato nel paragrafo 3.1 e stimato in modo cautelativo pari a 50.242,02 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 7.441,11 m³. Inoltre allo scarico verrà confluita la portata massima scaricabile stabilita dalla Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n.61/2009 già citata.