

<p>COMUNE DI BENTIVOGLIO</p> 		
<p>CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA</p> 		
<p><b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 24,99 MWp</b></p>		
IMMOBILE	Comune di Bentivoglio	Foglio 3, particella: 25,26,27,28,29,30,77,80,81,82,83,84
<b>PROGETTO:</b> <b>PROCEDIMENTO</b> <b>AUTORIZZATORIO</b> <b>UNICO REGIONALE</b> <b>(PAUR)</b>	<b>OGGETTO</b> <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b>	<b>SCALA</b> --
REVISIONE - DATA	VERIFICATO	APPROVATO
REV.05 - 18/11/2024		
COMMITTENTE	NEOEN RENEWABLES ITALIA S.R.L. Sede legale: Via Giuseppe Rovani n. 7 20123 MILANO (MI) P.IVA: 11953710966 PEC: <a href="mailto:neoenrenewablesitalia@pecplus.it">neoenrenewablesitalia@pecplus.it</a>  FIRMA _____	
PROGETTAZIONE	LUMI STUDIO Dott. Arch. Donato Orlando Cera  FIRMA _____	
PROFESSIONISTA IDRAULICO	Land Live srl – Ing. Riccardo Valz Gris – Ordine Ingegneri Biella n.159 20124 Milano – Citycenter Regus - Via Lepetit 8/10 Tel. +39 02 0069 6321 13900 Biella - Via Repubblica 41 Tel. +39 015 32838 - Fax +39 015 30878  FIRMA _____	




**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp  
Comune di Bentivoglio  
P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW  
RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 2 di 51

## **INDICE**

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. ESTRATTO PIANO STRALCIO PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. STATO DI FATTO .....</b>	<b>12</b>
3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL LOTTO .....	12
3.2 INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO E IDROGEOLOGICO DEL SITO .....	12
<b>4. VALUTAZIONI NEL RISPETTO DELLA NORMATIVA .....</b>	<b>15</b>
4.1 MISURE DI RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ DEI BENI E DELLE STRUTTURE ESPOSTE .....	19
4.2 MISURE VOLTE AL RISPETTO DEL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA .....	20
<b>5. STUDIO IDROLOGICO .....</b>	<b>24</b>
5.1 SCELTE PROGETTUALI .....	25
Calcolo dei pozzetti drenanti occorrenti all'invarianza idraulica .....	26
<b>6. FABBRICATI EDILIZI ACCESSORI.....</b>	<b>27</b>
Cabina Utente .....	27
Cabina di Consegna .....	28
<b>7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....</b>	<b>29</b>
<b>8. INTEGRAZIONI A SEGUITO PARERE ARPAE .....</b>	<b>30</b>
<b>9. INTEGRAZIONI A SEGUITO PARERE CONSORZIO DELLA BONIFICA RENANA .....</b>	<b>47</b>

	<p align="center"><b>PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 24,99 MWp</b> Comune di Bentivoglio <b>P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza nominale in immissione pari a 24,0 MW</b> <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b></p>	<p align="right">Pag 3 di 51</p>
--	---	----------------------------------

## 1. PREMESSA

Scopo della presente relazione è verificare la compatibilità idraulica del progetto dell'impianto fotovoltaico e delle relative opere accessorie. Vengono analizzate le eventuali interferenze dei diversi componenti d'impianto con le aree interessate e la loro pericolosità idraulica, definendo le migliori strategie progettuali da realizzare per la risoluzione delle stesse, in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale.

Viene eseguito uno studio idrologico ed idraulico relativo al reticolo idrografico superficiale, ad eventuali aree depresse ed aree allagabili riferito alla perimetrazione della pericolosità idraulica riportata all'interno della "Direttiva per la sicurezza idraulica" della Regione Emilia-Romagna. Tale direttiva rappresenta un "testo coordinato" con gli adeguamenti introdotti fino alla "Variante di coordinamento PAI-PGRA" (DGR 2112/2016), che costituisce l'ultimo aggiornamento disponibile.

Il Piano di Bacino riconosce alla corretta verifica, valutazione e progettazione degli aspetti idrologici ed idraulici degli interventi, opere e attività di gestione del territorio, un ruolo fondamentale per garantirne il buon funzionamento nel rispetto delle dinamiche e degli equilibri complessivi alla scala di bacino.

La "**Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico ai sensi degli articoli 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano**" contiene approfondimenti ed indicazioni tecniche di diretta applicazione in merito a diversi temi quali:

- calcolo delle portate di riferimento;
- verifiche idrauliche;
- prescrizioni per gli attraversamenti;
- criteri per la redazione degli studi di compatibilità idraulica;
- tiranti idrici di riferimento e accorgimenti tecnico-costruttivi per la protezione passiva dagli effetti di allagamento;
- accorgimenti tecnici per l'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche;
- altri indirizzi di applicazione più generale;

Nella presente relazione si farà principalmente riferimento ai **criteri per la redazione degli studi di compatibilità idraulica** e agli **accorgimenti tecnici per l'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche**.


Nello specifico si affronta lo studio idrologico delle aree scolanti interessate dalle opere di progetto analizzando il loro possibile impatto dal punto di vista idrologico attraverso la valutazione delle variazioni del coefficiente di deflusso e le modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche e da un punto di vista idraulico con la valutazione delle variazioni degli apporti al recettore finale durante gli eventi intensi.

Ai fini del calcolo del beneficio idraulico, per gli impianti fotovoltaici installati a terra non si configura una impermeabilizzazione del terreno paragonabile a quella dei fabbricati, per cui verrà associato un comportamento idraulico coerente con quello dei terreni.



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp  
Comune di Bentivoglio  
P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW  
RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 4 di 51

	<p align="center"><b>PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 24,99 MWp</b> Comune di Bentivoglio <b>P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza nominale in immissione pari a 24,0 MW</b> <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b></p>	<p align="right">Pag 5 di 51</p>
--	---	----------------------------------

## **2. ESTRATTO PIANO STRALCIO PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO**

### **Criteri e accorgimenti tecnici per la realizzazione delle misure per l'invarianza idraulica (art. 9)**

#### **Premesse e considerazioni generali; individuazione di soglie dimensionali degli interventi**

Il Piano stralcio per il rischio idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Romagnoli introduce, all'art. 9 delle Norme di attuazione, il principio di invarianza idraulica delle trasformazioni del territorio, definito al comma 1 del medesimo articolo:

*"Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa."*

A seguito dell'introduzione delle prescrizioni riguardo all'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche, pare opportuno fornire alcuni elementi tecnici per la valutazione delle opere di mitigazione delle impermeabilizzazioni.

*E da sottolineare che la predisposizione dei volumi di invaso a compensazione delle impermeabilizzazioni non è finalizzata a trattenere le acque di piena nel lotto, ma a mantenere inalterate le prestazioni complessive del bacino.*

Tali prestazioni sono riconducibili a due meccanismi di controllo "naturale" delle piene:


- l'infiltrazione e l'immagazzinamento delle piogge nel suolo (fenomeni rappresentati in via semplificativa dal coefficiente di deflusso)
- la laminazione, che consiste nel fatto che i deflussi devono riempire i volumi disponibili nel bacino prima di poter raggiungere la sezione di chiusura.

Il criterio dell'invarianza idraulica delle trasformazioni delle superfici che il piano di bacino adotta prevede la compensazione delle riduzioni sul primo meccanismo attraverso il potenziamento del secondo meccanismo.

A tal fine, predisporre nelle aree in trasformazione volumi che devono essere riempiti prima che si verifichi deflusso dalle aree stesse fornisce un dispositivo che ha rilevanza a livello di bacino per la formazione delle piene del corpo idrico recettore, garantendone (nei limiti di incertezza del modello adottato per i calcoli dei volumi) l'effettiva invarianza del picco di piena; la predisposizione di tali volumi non garantisce, invece, automaticamente sul fatto che la portata uscente dall'area trasformata sia in ogni condizione di pioggia la medesima che si osservava prima della trasformazione.

A esclusione di tali circostanze particolari, è importante evidenziare che l'obiettivo dell'invarianza idraulica richiede a chi propone una trasformazione di uso del suolo di accollarsi, attraverso opportune azioni compensative, gli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene e quindi di mantenere le condizioni di sicurezza territoriale nel tempo.

Per questo, il criterio contenuto nella normativa del piano di bacino si applica, per equità, a tutto il territorio dell'Autorità di Bacino, senza distinzione fra pianura e collina-montagna; inoltre, esso tiene conto dell'effettivo grado di consumo della risorsa associato ad ogni singolo intervento, e richiede azioni compensative proporzionate di conseguenza; infine, il criterio consente di tenere in

	<p align="center"><b>PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 24,99 MWp</b> Comune di Bentivoglio <b>P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza nominale in immissione pari a 24,0 MW</b> <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b></p>	<p align="right">Pag 6 di 51</p>
--	---	----------------------------------

considerazione i benefici derivanti dalla realizzazione di reti di drenaggio (fognature) nelle quali avviene in certa misura una laminazione delle piene.

La misura del volume minimo d'invaso da prescrivere in aree sottoposte a una quota di trasformazione I (% dell'area che viene trasformata) e in cui viene lasciata inalterata una quota P (tale che I+P=100%) è data dal valore convenzionale:

$$w = w^{\circ} (\varphi / \varphi^{\circ})^{(1/(1-n))} - 15 I - w^{\circ} P \quad (1)$$

essendo  $w^{\circ} = 50 \text{ m}^3/\text{ha}$ ,  $\varphi$  = coefficiente di deflusso dopo la trasformazione,  $\varphi^{\circ}$  = coefficiente di deflusso prima della trasformazione,  $n=0.48$  (esponente delle curve di possibilità climatica di durata inferiore all'ora, stimato nell'ipotesi che le percentuali della pioggia oraria cadute nei 5', 15' e 30' siano rispettivamente il 30%, 60% e 75%, come risulta -orientativamente- da vari studi sperimentali; si veda ad es. CSDU, 19973), ed I e P espressi come frazione dell'area trasformata.

Il volume così ricavato è espresso in  $\text{m}^3/\text{ha}$  e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento (superficie territoriale,  $S_t$ ), a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata. Per la stima dei coefficienti di deflusso  $\varphi$  e  $\varphi^{\circ}$  si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\varphi^{\circ} = 0.9 I_{mp}^{\circ} + 0.2 P_{er}^{\circ} \quad (2-a)$$

$$\varphi = 0.9 I_{mp} + 0.2 P_{er} \quad (2-b)$$


in cui  $I_{mp}$  e  $P_{er}$  sono rispettivamente le frazioni dell'area totale da ritenersi impermeabile e permeabile, prima della trasformazione (se connotati dall'apice<sup>o</sup>) o dopo (se non c'è l'apice<sup>o</sup>).

Il calcolo del volume di invaso richiede quindi la definizione delle seguenti grandezze:

- quota dell'area di progetto che viene interessata dalla trasformazione (I); è da notare che anche le aree che non vengono pavimentate con la trasformazione, ma vengono sistemate e regolarizzate, devono essere incluse a computare la quota I.
- quota dell'area di progetto non interessata dalla trasformazione (P): essa è costituita solo da quelle parti che non vengono significativamente modificate, mediante regolarizzazione del terreno o altri interventi anche non impermeabilizzanti
- quota dell'area da ritenersi permeabile ( $P_{er}$ ): tale grandezza viene valutata prima e dopo la trasformazione
- quota dell'area da ritenersi impermeabile ( $I_{mp}$ ): tale grandezza viene valutata prima e dopo la trasformazione

Oltre che alla superficie territoriale  $S_t$ , il calcolo dei valori I, P,  $I_{mp}$  e  $P_{er}$  può essere riferito anche alla superficie dell'intero bacino scolante,  $S_b$ , di cui l'area dell'intervento fa parte. In questo caso, il volume  $w$  ottenuto con la formula (1) [ $\text{m}^3/\text{ha}$ ] deve essere moltiplicato per la superficie  $S_b$  [ha]. Nei due casi si ottiene un valore sostanzialmente equivalente e la scelta della superficie di riferimento è essenzialmente legata a motivi di praticità. In caso di significative discrepanze nei due valori calcolati, si consiglia di adottare il valore più cautelativo.

Si noti che gli indici  $I_{mp}$  ed I,  $P_{er}$  e P sono concettualmente diversi:  $I_{mp}$  e  $P_{er}$  servono a valutare il coefficiente di deflusso convenzionale (che esprime la capacità del lotto di accettare le piogge

	<p align="center"><b>PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 24,99 MWp</b> Comune di Bentivoglio <b>P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza nominale in immissione pari a 24,0 MW</b> <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b></p>	Pag 7 di 51
--	---	-------------

prima di generare deflussi superficiali), mentre I e P rappresentano le porzioni rispettivamente urbanizzata e inalterata (agricola) del lotto oggetto di intervento.

Per meglio illustrare la differenza, si consideri il caso ideale di un lotto che viene trasformato da area agricola/incolto a verde urbano senza elementi di impermeabilizzazione. In tal caso, i coefficienti di deflusso rimangono uguali nelle condizioni *ante operam* e *post operam*  $[(\phi/\phi^0)=1]$

e il volume di invaso richiesto è:

$$w = 50 \times (1) \left( \frac{1}{(1-n)} \right) - 15 \times I - 50 \times P = 50 - 15 \times I - 50 \times P \text{ [m3/ha]}$$

Se metà del lotto viene mantenuto in condizioni agricole,

$$w = 50 - 15 \times 0,5 - 50 \times 0,5 = 18,5 \text{ [m3/ha]}$$

mentre se tutto il lotto viene sistemato a verde,

$$w = 50 - 15 \times 1 - 50 \times 0 = 35 \text{ [m3/ha]}$$


L'esempio serve ad illustrare il concetto per cui ad ogni regolarizzazione delle superfici (riduzione delle scabrezze e delle depressioni superficiali, miglioramento delle condizioni di drenaggio...) si associa una perdita di capacità di invaso. In letteratura (CSDU, 1997) si trovano indicazioni riguardo al fatto che l'invaso specifico di superfici urbanizzate, anche se permeabili, può essere valutato cautelativamente in 15 m/ha, mentre di regola si suppone che superfici non urbanizzate abbiano una capacità di invaso di 50 m3/ha. Quindi anche in assenza di impermeabilizzazioni il principio dell'invarianza idraulica richiede di tenere conto del volume di invaso perso, cosa che viene fatta di regola con l'utilizzo corretto della formula (1).

Il seguito del documento, dopo aver discusso alcuni aspetti del metodo indicato dalla normativa del piano di bacino, passa a fornire indicazioni di tipo tecnico riguardo alle modalità idraulico realizzative consigliabili per i volumi di compensazione, e indicazioni di tipo metodologico relativamente alle modalità di stesura degli studi idrologici richiesti nei casi di maggiore impegno.

Prima di entrare nel merito dei singoli argomenti, si introduce qui una classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici. Tale classificazione consente di definire soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento. La classificazione è riportata nella seguente Tabella 1.

Classe di Intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

**Tabella 1 - Classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici ai fini dell'invarianza idraulica**

	<p align="center"><b>PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 24,99 MWp</b> Comune di Bentivoglio <b>P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza nominale in immissione pari a 24,0 MW</b> <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b></p>	<p align="right">Pag 8 di 51</p>
--	---	----------------------------------

## **7.2 Efficacia dell'azione di laminazione e verifiche idrauliche consigliate in sede di autorizzazione degli interventi ai fini dell'invarianza idraulica**

Dal punto di vista idraulico, l'efficacia della laminazione operata attraverso dispositivi di invaso è condizionata da due parametri fondamentali:

- la dimensione delle luci di scarico dell'invaso (condotti o stramazzi)
- il tirante idrico massimo di cui si consente la formazione all'interno dell'invaso.

I due aspetti sono fra loro collegati: se si realizza un invaso profondo con la formazione di un tirante idrico alto è necessario predisporre luci di piccole dimensioni per mantenere la portata in uscita a valori accettabili, a parità di portata in ingresso e di volume totale dell'invaso.

È poi da considerare che, a parità di luce di efflusso e di tirante idrico massimo consentito, l'effetto di laminazione dipende significativamente dal volume e dalla durata totale della pioggia. Fissare regole generali per i criteri di dimensionamento delle luci di scarico è difficile in quanto è necessario riferirsi a condizioni operative sempre connotate da un margine di convenzionalità.

Del resto, nel caso di piccoli interventi, corrispondenti ai casi di trascurabile o modesta impermeabilizzazione potenziale, gli oneri connessi allo sviluppo di dimensionamenti di dettaglio eccedono i benefici in termini di protezione idraulica del territorio che si possono effettivamente conseguire.


Viceversa, nei casi di significativa o marcata impermeabilizzazione potenziale è assai opportuno eseguire una verifica di maggior dettaglio dell'effettivo comportamento laminativo dei dispositivi di invaso previsti dai progetti. In tal modo, con accorgimenti relativamente semplici, è possibile mantenere sotto controllo l'efficacia della laminazione e perseguire una politica attiva di invarianza idraulica.

Alla luce di queste considerazioni, si suggeriscono i seguenti criteri:

- nel caso di trascurabile impermeabilizzazione potenziale, è sufficiente che i volumi disponibili per la laminazione soddisfino i requisiti dimensionali della formula (1)
- nel caso di modesta impermeabilizzazione, oltre al soddisfacimento dei requisiti della formula (1) è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro
- nel caso di significativa impermeabilizzazione, si consiglia di dimensionare le luci di scarico e i tiranti idrici ammessi nell'invaso in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione, almeno per una durata di pioggia di 2 ore e un tempo di ritorno di 30 anni
- nel caso di marcata impermeabilizzazione, la norma del piano stralcio per il rischio idrogeologico richiede la presentazione di uno studio di maggiore dettaglio i cui contenuti sono di seguito individuati.

Ai fini del dimensionamento dei tiranti ammessi e delle luci di scarico, ferma restando la possibilità di effettuare studi idrologici e idraulici di maggiore approfondimento, si consiglia di ricorrere alla equazione di continuità del volume di invaso considerando come portata in ingresso l'idrogramma calcolato per il lotto con il metodo cinematico per assegnata durata di pioggia e tempo di ritorno, e come portata in uscita quella stimabile con una scala di deflusso della luce di scarico.

## **7.4. Valutazione dei coefficienti di deflusso; valutazione della permeabilità delle superfici**

	<p align="center"><b>PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 24,99 MWp</b> Comune di Bentivoglio <b>P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza nominale in immissione pari a 24,0 MW</b> <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b></p>	<p align="right">Pag 9 di 51</p>
--	---	----------------------------------

La norma richiede di valutare i coefficienti di deflusso prima e dopo la trasformazione delle condizioni del suolo, in modo convenzionale e al solo scopo di calcolare il volume di invaso per l'invarianza idraulica (formule 2-a e 2-b).

È innanzitutto da precisare che il coefficiente di deflusso così calcolato può non essere adeguato per dimensionare le fognature e altre opere idrauliche, e non sostituisce le valutazioni specifiche del caso da parte del progettista.

Si pone il problema di valutare che cosa sia permeabile. In generale, ogni tipo di copertura che consenta la percolazione nel suolo almeno ai tassi di infiltrazione propri del suolo "naturale" in posto è da considerare permeabile.

Sono quindi certamente permeabili tutte le superfici mantenute a verde, a meno dell'ovvio controesempio di verde al di sopra di elementi interrati quali scantinati e similari, e di giardini pensili. Le coperture del suolo che possono essere considerate permeabili comprendono il caso delle griglie plastiche portanti e di dispositivi similari. Si tratta di strutture di pavimentazione costituite da elementi a griglia con percentuale di vuoti molto alta, e con caratteristiche tali da non indurre una compattazione spinta del terreno.

Nel caso invece di elementi di pavimentazione tipo "Betonella" e similari, occorre valutare caso per caso il grado di impermeabilizzazione indotto, anche tenendo conto che, essendovi una percentuale di vuoti molto minore e una forte possibilità di compattazione del terreno al di sotto e negli interstizi degli elementi di pavimentazione si può configurare una situazione di impermeabilità di fatto.


Con le stesse cautele devono essere trattate le superfici in misto granulare stabilizzato e altri materiali analoghi. In linea di massima, si può considerare superfici di queste ultime due tipologie come permeabili al 50%.

Sono invece certamente impermeabili le superfici asfaltate e cementificate, oltre alle coperture degli edifici anche qualora presentino elementi a verde, giardini pensili ecc.

Ai fini della stima delle percentuali permeabili e impermeabili, nel caso in cui si presentino elementi da valutare caso per caso, è compito del progettista dell'intervento di trasformazione delle superfici certificare, attraverso gli elaborati progettuali, il tasso di permeabilità delle soluzioni adottate.

Qualora ci si trovi poi in situazioni particolari, come ad es. terreno di per sé impermeabile a causa della natura lito pedologica o del grado di compattazione precedente alla trasformazione della superficie, tali per cui gli interventi di trasformazione della superficie non comportano effetti di incremento delle portate di piena defluente, è compito del progettista dell'intervento di trasformazione delle superfici dimostrare il non peggioramento delle condizioni di deflusso dalla superficie trasformata. La dimostrazione potrà avvenire, nei casi di trascurabile o modesta impermeabilizzazione, semplicemente attraverso la descrizione della natura dei terreni anche in riferimento alle indagini tecniche disponibili nella documentazione dei piani comunali, provinciali e del piano di bacino e ad eventuali indagini locali, mentre nei casi di significativa o marcata impermeabilizzazione è necessario realizzare prove di permeabilità superficiale con modalità commisurate alle caratteristiche dell'intervento e da valutarsi nell'ambito del procedimento autorizzativo.

Si rimarca l'importanza di riferire le valutazioni ad una permeabilità superficiale "idrologica", da valutarsi con prove idonee in situ sui primi centimetri di suolo, e non ad una permeabilità da prove di laboratorio riferita agli strati del primo sottosuolo come è uso ad es. per i problemi di subirrigazione e similari.

	<p align="center"><b>PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 24,99 MWp</b> Comune di Bentivoglio <b>P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza nominale in immissione pari a 24,0 MW</b> <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b></p>	<p align="right">Pag 10 di 51</p>
--	---	---------------------------------------

È da osservare a tal proposito che gli strati superficiali del suolo sono sempre dotati di permeabilità molto più elevata di quella considerata dalle valutazioni di tipo geologico, e mostrano quasi sempre, se non particolarmente compattati, una notevole capacità di trattenimento dei millimetri di pioggia corrispondenti agli eventi di precipitazione critici.

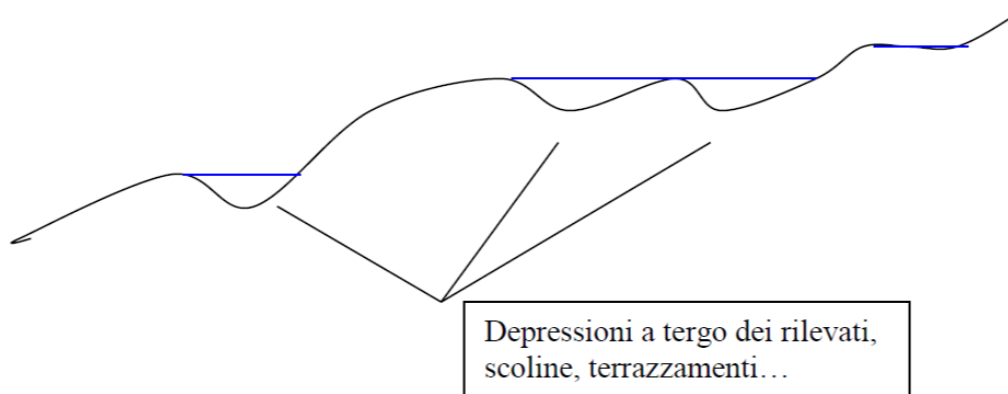
In generale, è da attendersi che suoli a bassa capacità di accettazione delle piogge abbiano coefficienti di deflusso maggiori del valore convenzionale di 0,2, ma comunque minori di quelli assunti per le superfici artificiali (asfalto, cemento, laterizi...) convenzionalmente pari a 0,9.

In definitiva, si può dire che nella generalità dei casi le prove di permeabilità e le valutazioni sulla permeabilità dei suoli possono al più portare a ridurre le esigenze di volume di invaso, ma non ad annullarle completamente.


### **7.5 Invarianza idraulica delle trasformazioni delle superfici che non provocano mai effetti di aggravio delle condizioni di piena del corpo idrico ricevente; individuazione di soluzioni alternative alla realizzazione di volumi di invaso (art. 9 comma 8)**

Nei casi in cui lo scarico delle acque meteoriche da una superficie giunga direttamente al mare o ad altro corpo idrico il cui livello non risulti influenzato dagli apporti meteorici, l'invarianza idraulica delle trasformazioni delle superfici è implicitamente garantita a prescindere dalla realizzazione di dispositivi di laminazione.

Nel caso di interventi in territorio collinare e montano, fermo restando l'obbligo di prevedere idonei dispositivi di invarianza idraulica, è consigliabile realizzare, ovunque possibile, i volumi di invaso mediante opere di regimazione idrica (quali scoline, viminate, gradonate, terrazzamenti) distribuite su tutte le superfici non pavimentate della superficie territoriale dell'intervento. Queste opere di regimazione devono essere pensate per aumentare il tempo di persistenza del deflusso sulle superfici e il volume dinamico immagazzinato sulle stesse. In questi casi, il volume di invaso utile è da computarsi come l'80 % del volume fisico realizzato a tergo dei rilevati prodotti dalle opere di regimazione, come illustrato nella figura seguente.



In caso di terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge, in presenza di falda freatica sufficientemente profonda e di regola in caso di piccole superfici impermeabilizzate, è possibile realizzare sistemi di infiltrazione facilitata in cui convogliare i deflussi in eccesso prodotti


	<p align="center"> <b>PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPANTO FOTOVOLTAICO</b>  <b>DA 24,99 MWp</b>          Comune di Bentivoglio  <b>P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di</b>  <b>potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza</b>  <b>nominale in immissione pari a 24,0 MW</b>  <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b> </p>	Pag 11 di 51
--	---	-----------------

dall'impermeabilizzazione. Questi sistemi, che fungono da dispositivi di rimessaggio in falda, possono essere realizzati, a titolo esemplificativo, sotto forma di pozzetti o vasche o condotte disperdenti in cui sia consentito l'accumulo di un battente idraulico che favorisca l'infiltrazione e la dispersione nel terreno.

Il progettista dovrà documentare in tal caso, attraverso appositi elaborati progettuali e calcoli idraulici, la funzionalità del sistema a smaltire gli eccessi di portata prodotti dalle superfici impermeabilizzate rispetto alle condizioni antecedenti la trasformazione, almeno per un tempo di ritorno di 30 anni nei territori di collina e montagna e di 200 anni nei territori di pianura, secondo e definizioni di cui all'art. 2 delle norme del piano stralcio per il rischio idrogeologico.

Nel caso in cui non sia prevista una canalizzazione delle acque verso un corpo recettore, ma i deflussi vengano dispersi sul terreno, non è necessario prevedere dispositivi di invarianza idraulica in quanto si può supporre ragionevolmente che la laminazione delle portate in eccesso avvenga direttamente sul terreno.

Occorre comunque tenere presente che la mancanza di sistemi di scolo delle acque, in terreni di acclività non trascurabile, può portare ad altre controindicazioni in termini di stabilità del versante.

	<p align="center"><b>PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 24,99 MWp</b> Comune di Bentivoglio <b>P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza nominale in immissione pari a 24,0 MW</b> <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b></p>	<p align="right">Pag 12 di 51</p>
--	---	---------------------------------------

### 3. STATO DI FATTO

#### 3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL LOTTO

L'ambito di intervento si colloca nel territorio della Città Metropolitana di Bologna e interessa amministrativamente il Comune di Bentivoglio. L'area ricade in località La Casella.

Il comune è situato nella pianura bolognese e dista circa 20 km a nord-est dal capoluogo di provincia.

Il suo territorio si estende su una superficie di 51,11 km<sup>2</sup>, ha un'altitudine di 19 m s.l.m. e confina a nord con San Pietro in Casale, a nord-est con Malalbergo, a est con Minerbio, a sud-est con Granarolo dell'Emilia, a sud con Castel Maggiore, a sud-ovest con Argelato e a ovest con San Giorgio di Piano. Il baricentro del lotto ha le seguenti coordinate:

LATITUDINE: 44.674414°N

LONGITUDINE: 11.472001° E

#### 3.2 INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO E IDROGEOLOGICO DEL SITO

Le caratteristiche geologiche, strutturali e idrogeologiche del territorio di Bentivoglio e delle aree immediatamente limitrofe rispecchiano il contesto stratigrafico e strutturale della Pianura Padana. Tale territorio, così come quello dei comuni limitrofi, è prevalentemente coltivato a seminativo e in minor parte a vigneto. Solo alcune zone sono adibite a uliveto o per lo più risultano essere terreni abbandonati.

Il Comune di Bentivoglio fa parte dell'Unione Reno Galliera, un'unione di comuni composta da otto comuni italiani della città metropolitana di Bologna. L'unione costeggia il fiume Reno e si estende a nord del capoluogo sviluppandosi verso Ferrara.


L'area oggetto dello studio interessa una zona pianeggiante caratterizzata da un contesto di piana alluvionale con debole inclinazione verso la costa, più precisamente di argine prossimale connesso con il sistema Reno, e caratterizzato da sedimenti fini che vanno dalle argille e limi a sabbie più o meno limose riconducibili a canali sabbiosi.

Il sistema di piana alluvionale è costituito da due tipi di elementi riconoscibili:

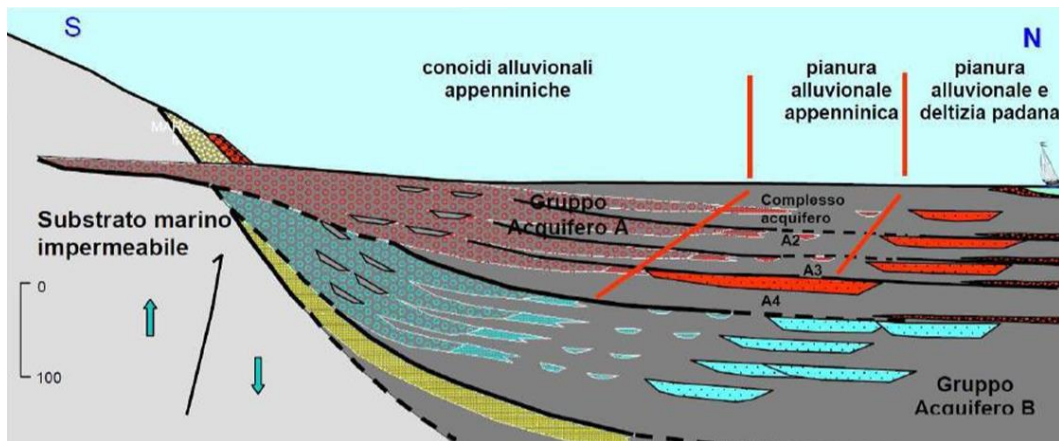
- **canali:** elementi attivi che contribuiscono all'azione erosiva riempiti da sedimenti per lo più sabbiosi depositi dall'energia delle correnti fluviali e la cui granulometria è funzione dell'intensità di tale corrente.
- **piane inondabili:** che sono elementi passivi costituiti da granulometrie prevalentemente fini come limi ed argille coerenti con l'idrodinamica conseguente al riempimento per tracimazione delle acque dei canali.

La variazione nella presenza di tali strutture geomorfologiche determina l'alternanza in verticale di litologie granulari di medio alta energia (sabbie) e termini più fini come depositi limosi e argillosi, tipici di energie idrodinamiche minori.

La maggior parte delle acque sotterranee sfruttabili, della Regione Emilia-Romagna, risiede nei depositi marini e continentali, di età plio-pleistocenica, che costituiscono il riempimento del Bacino

	<p align="center"><b>PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 24,99 MWp</b> Comune di Bentivoglio <b>P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza nominale in immissione pari a 24,0 MW</b> <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b></p>	<p align="right">Pag 13 di 51</p>
---	---	---------------------------------------

Perisuturale Padano, legato all'orogenesi dell'Appennino Settentrionale (Fig.1). Le Unità Stratigrafiche del sottosuolo sud-padano possono essere saturate da acque dolci, salmastre e salate. Nel loro insieme esse costituiscono il Bacino Idrogeologico della Pianura Emiliano-Romagnola (BIPER).



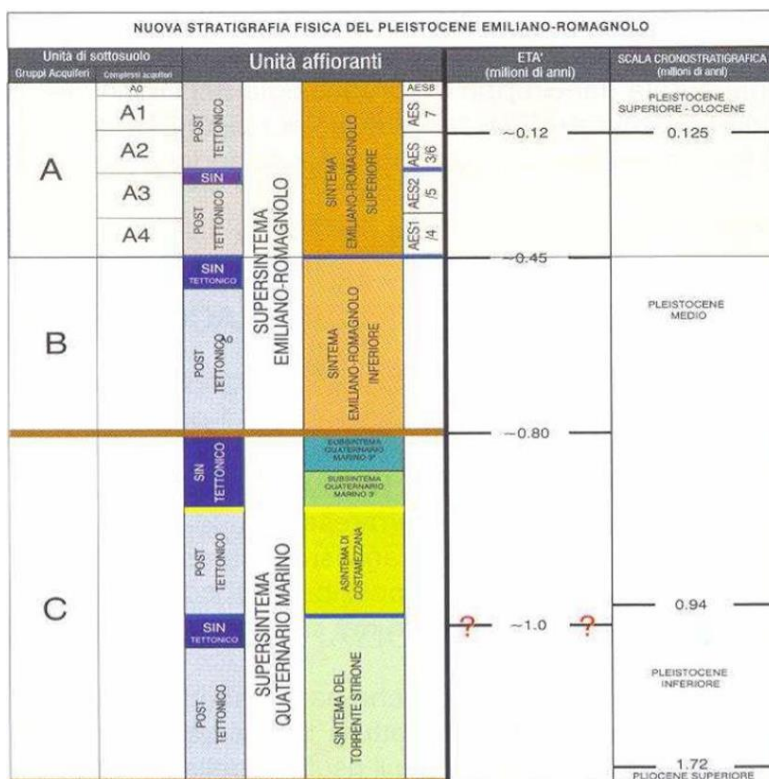
**Figura 1**

Nella figura si descrivono, in sezione, le diverse origini dei corpi acquiferi emiliano-romagnoli: le conoidi e gli apparati fluviali appenninici, gli apparati fluvio-deltizi del Po. Dallo Studio edito nel 1998, dalla Giunta Regionale sulle "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna" viene illustrato, il quadro idrostratigrafico regionale. Le Unità Idrostratigrafiche Sequenziali (UIS), ovvero una particolare sottoclasse di Unità Idrostratigrafiche che sono definite come un corpo geologico, di notevole estensione areale, che costituisce un dominio nello spazio fisico in cui ha sede un sistema ideologico ragionevolmente distinto, sono tre ed informalmente definite come gruppo acquifero A, B e C, a loro volta suddivise in tredici UIS, gerarchicamente inferiori, denominate Complessi Acquiferi. La differenziazione gerarchica si basa sul volume complessivo di acquiferi utili in ciascuna Unità, spessore, continuità ed estensione areale del livello acquifero o impermeabile di ciascuna Unità. All'interno del Gruppo Acquifero A, sono stati individuati cinque UIS principali, denominate Complessi Acquiferi: rispettivamente dal basso verso l'alto Complesso Acquifero A4, A3, A2, A1 e l'acquifero freatico A0.



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 14 di  
51



**Figura 2**

Questi Complessi Acquiferi rappresentano, a scala regionale, Unità Idrostratigrafiche Sequenziali di rango gerarchico inferiore, rispetto ai Gruppi Acquiferi. Visto, inoltre, il maggior dettaglio stratigrafico raggiunto in questo lavoro, rispetto al RIS (1998), è stato possibile suddividere i Complessi Acquiferi A1 e A2, rispettivamente in A1-I/A1-II e A2-I/A2-II. In particolare, si è notato come i Complessi Acquiferi A1-II e A2-II presentino una estensione e uno spessore dei depositi poroso-permeabili (sabbie) molto inferiore rispetto ai Complessi Acquiferi A1-I e A2-I.



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp  
Comune di Bentivoglio  
P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW  
RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 15 di  
51

#### 4. VALUTAZIONI NEL RISPETTO DELLA NORMATIVA

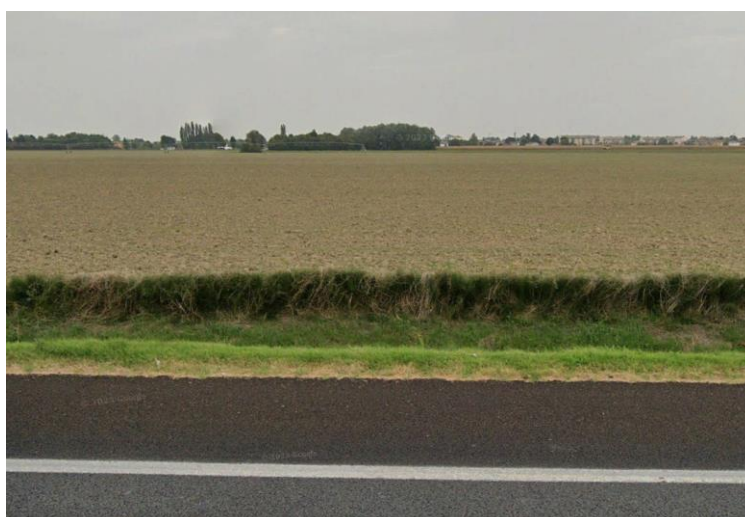


**Figura 3 – Area d'intervento**

Il lotto facente parte del progetto è attualmente aree permeabile coltivata.

Dal punto di vista idraulico il progetto può essere classificato come *“attività edilizia accessoria alla dovuta sistemazione fondiaria necessaria allo scopo”*. Infatti, la viabilità interna sarà totalmente permeabile e altamente drenante, essendo prevista con finitura in terra stabilizzata, le cabine di consegna, le cabine utente, e i loro rispettivi basamenti risultano essere i soli manufatti edilizi veri e propri.

Dall'analisi dell'acclività del lotto si può notare esser caratterizzato da un'ampia area sub pianeggiante con altitudine media di 8 m circa s.l.m., con pendenze leggermente degradanti verso nord-est.

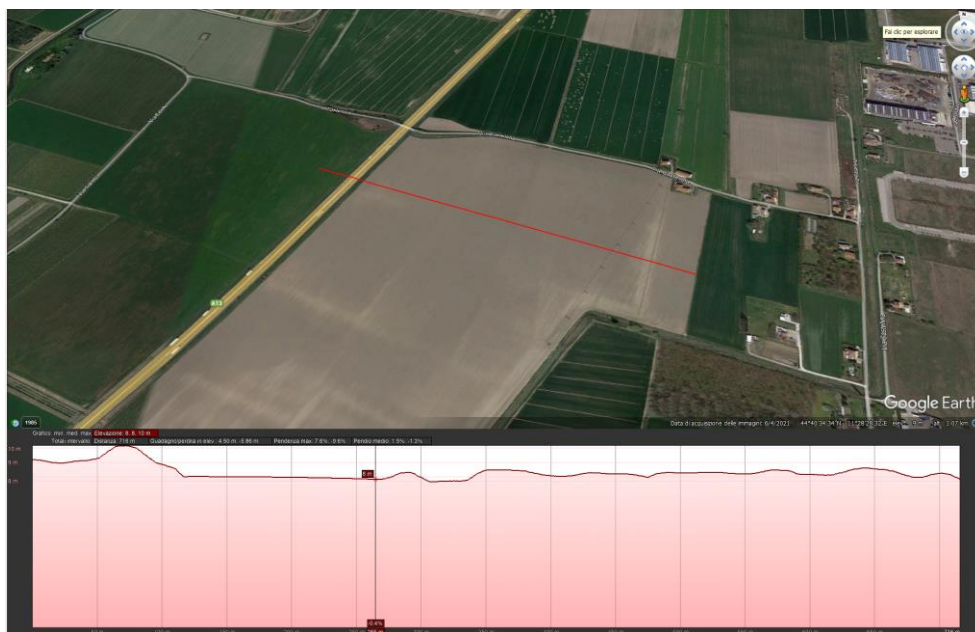




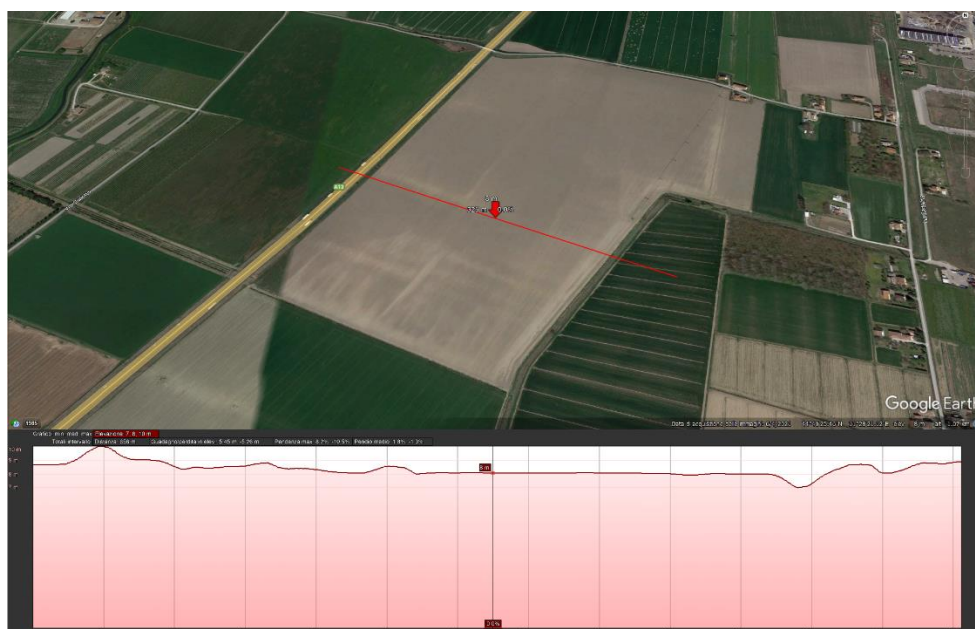
**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 16 di  
51

**Figura 4 – Vista da A13**



**Figura 5 – Sezione 1**

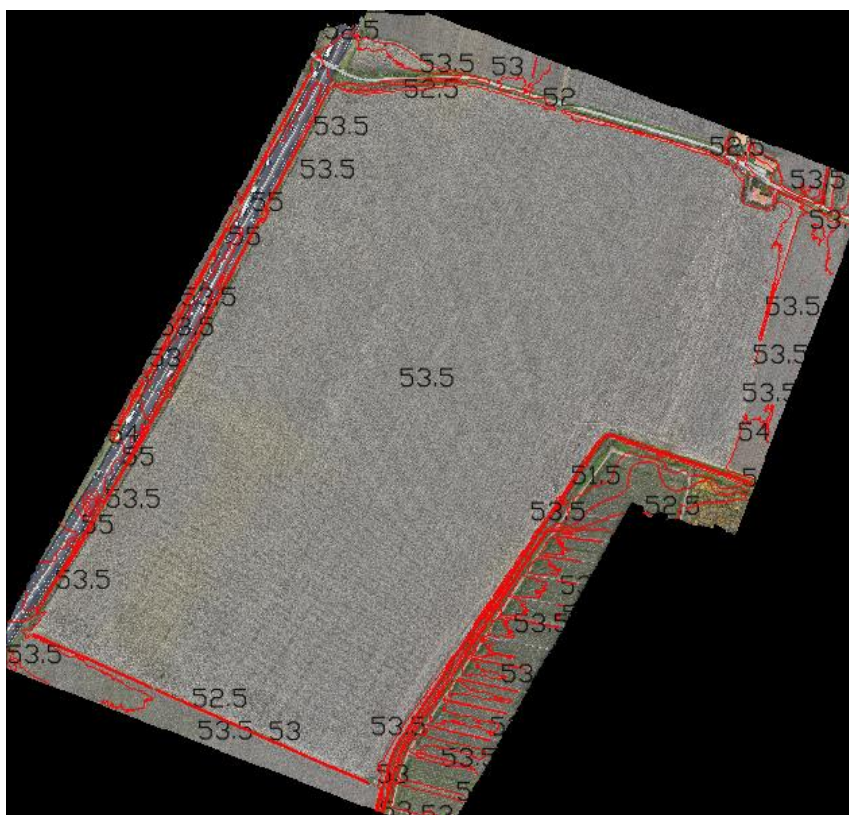


**Figura 6 – Sezione 2**



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 17 di  
51



**Figura 7 – Curve di livello lotto**

Risulta evidente una rete di canali perimetrali esistente. Nello specifico si evidenzia un fosso che percorre l'area a nord-est su via Castellina, lo scolo Lorgana Inferiore a sud-est e un fosso a sud-ovest. Lo scolo ed il deflusso superficiale, al netto di quanto filtra nel terreno, seguono le naturali e modeste pendenze del terreno fluendo in tali fossi.





**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 18 di  
51

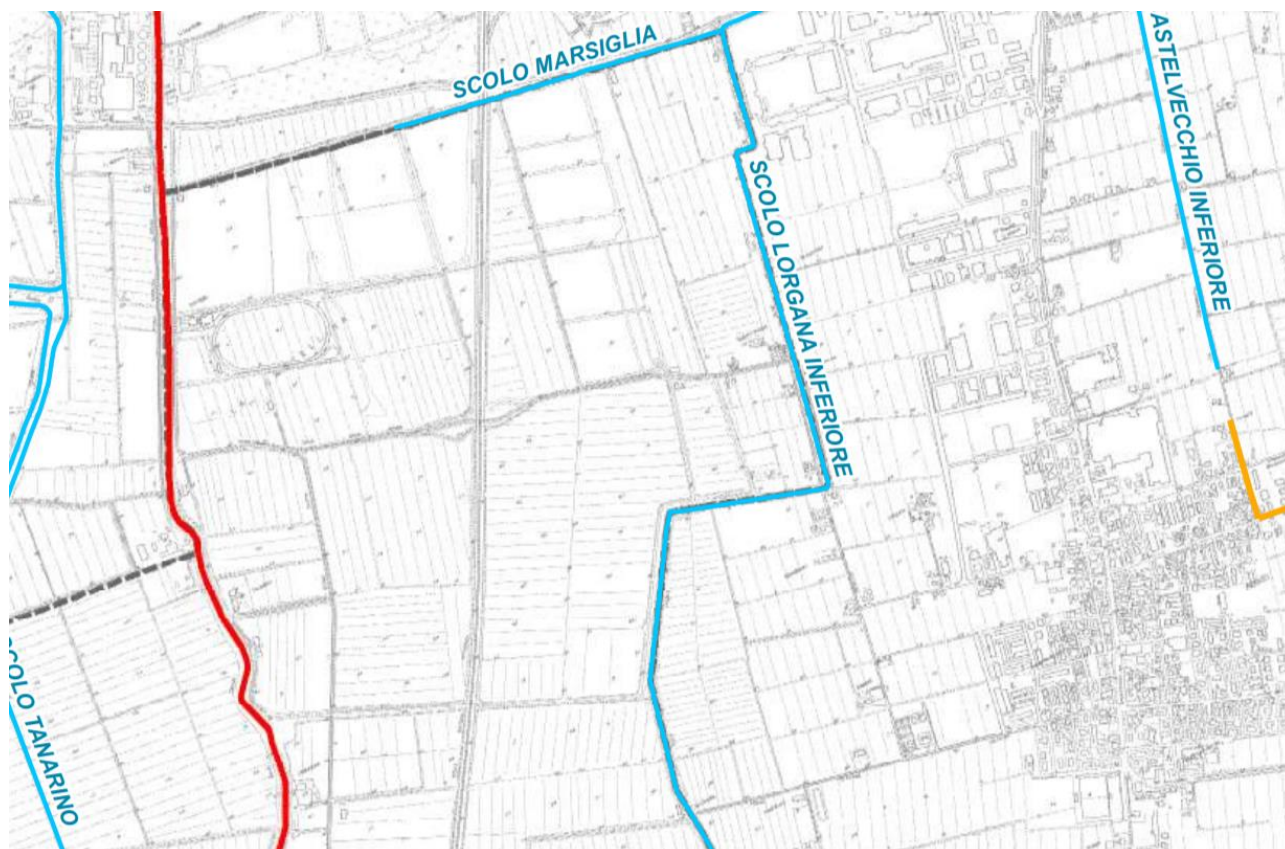
**Figura 8 – Immagine da “Sorgenti e unità geologiche sede di acquiferi” regione Emilia-Romagna**



**Figura 9 – Particolare fosso nord**



**Figura 10 – Particolare fosso sud-ovest**



**Figura 11 – Particolare rete idraulica superficiale (Consorzio della Bonifica Renana)**



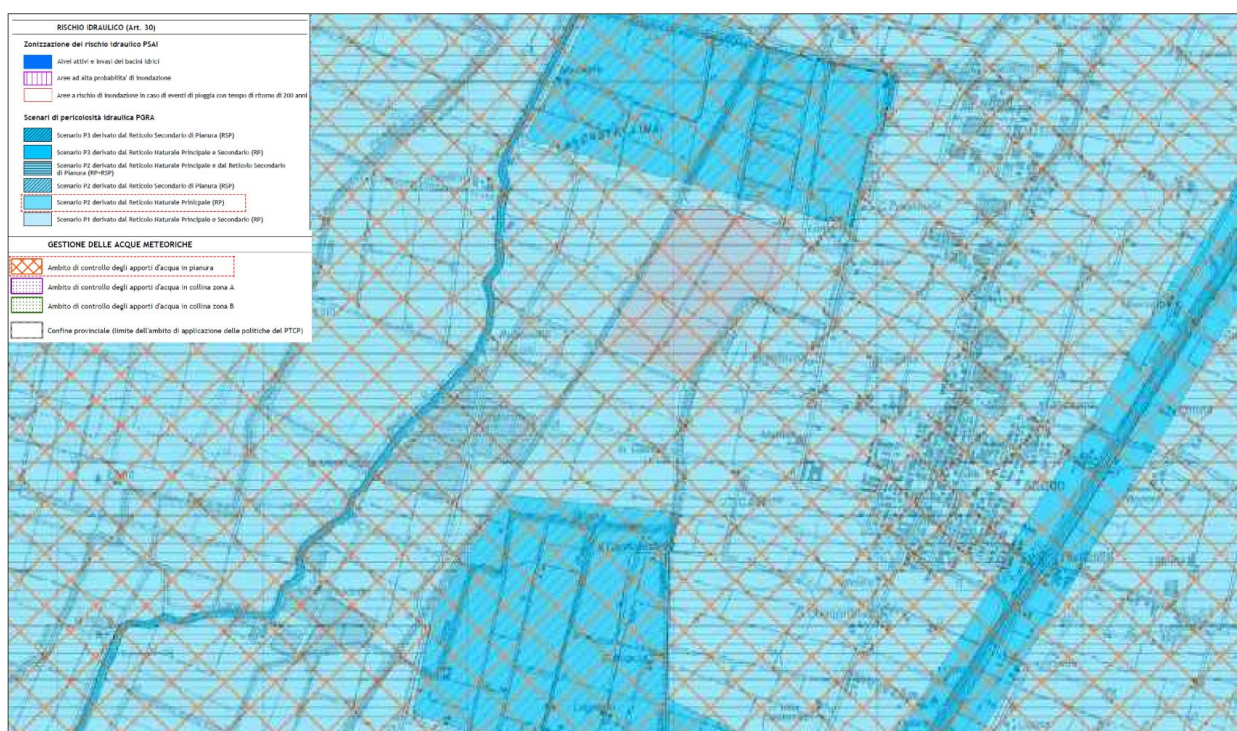
**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 19 di  
51

Viene inoltre ripresa l'analisi vincolistica riportata all'interno dell'inquadramento urbanistico.

Il nuovo impianto risulta così classificato:

- Pericolosità idraulica: scenario P2 derivato dal Reticolo Naturale Principale (RP) del PRGA
- Gestione delle acque meteoriche: ambito di controllo degli apporti d'acqua in pianura.



La Direttiva impone l'impiego di:


- misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte, anche ai fini della tutela della vita umana;
- misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, finalizzata a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio.

Di seguito si riportano le misure proposte sia per la riduzione della vulnerabilità delle strutture esposte che per il rispetto dell'invarianza idraulica.

#### **4.1 MISURE DI RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ DEI BENI E DELLE STRUTTURE ESPOSTE**

Il rischio viene definito dal prodotto tra:

- la pericolosità, ovvero la probabilità di accadimento dell'evento estremo;
- l'esposizione, ovvero la quantificazione dei beni potenzialmente interessati dall'evento estremo

	<p align="center"><b>PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPANTO FOTOVOLTAICO DA 24,99 MWp</b> Comune di Bentivoglio <b>P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza nominale in immissione pari a 24,0 MW</b> <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b></p>	<p align="right">Pag 20 di 51</p>
--	--	---------------------------------------

- la vulnerabilità, ovvero la percentuale di danno atteso in funzione dei tiranti idrici raggiunti

$$R = P E V$$

Saranno adottate le seguenti scelte progettuali:

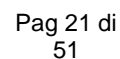
- Tutte le opere ritenute sensibili all'allagamento, come moduli fotovoltaici con relative strutture di sostegno, inverter, cabine elettriche di consegna e utente dovranno essere posizionate ad almeno 20 cm più un franco di sicurezza dal piano campagna dello stato di fatto;
- Tutta la viabilità interna al sito sarà realizzata in rilevato di altezza dal piano campagna definita da progetto e costituita da materiali drenanti al fine di non incrementare l'impermeabilità dell'area (strada stabilizzata).

Si ritiene inoltre che il rischio danni conseguente ad eventuale allagamento sia modesto, considerando il fatto che i sistemi sono dotati di idonee protezioni elettriche e che comunque non sono presenti quadri elettrici e locali al di sotto del livello di campagna.


#### **4.2 MISURE VOLTE AL RISPETTO DEL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA**

I volumi che interessano le opere di invarianza idraulica sono stati desunti dai risultati maggiormente cautelativi ottenuti seguendo le procedure illustrate dai riferimenti normativi riportati al **Capitoli 2** della presente relazione.

Le condizioni del lotto di intervento saranno mantenute sostanzialmente invariate attraverso il rispetto della rete di drenaggio esistente, degli scarichi e dei fossi perimetrali. Inoltre, la copertura a prato e la viabilità prevista tra i pannelli aumenterà la permeabilità e la capacità di infiltrazione del suolo.



Calcoli Superfici coperte da elementi impermeabilizzanti			
	Quantità	Superficie singolo elemento [mq]	Superficie coperta [mq]

	<p align="center"><b>PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 24,99 MWp</b> Comune di Bentivoglio <b>P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza nominale in immissione pari a 24,0 MW</b> <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b></p>	Pag 22 di 51
--	---	-----------------

Pannelli fotovoltaici	39.984	2,70	108.004,30
Cabina di Consegna	4	16,75	67,00
Cabina Utente	30	18,75	581,25
Superficie totale [mq]			108.652,55

	Quota (%)	Sup.(ha)
Quota dell'area di progetto che viene interessata dalla trasformazione (I)	0,28	12,43
Quota dell'area di progetto non interessata dalla trasformazione (P)	0,72	32,04
Area da ritenersi permeabile (Per)	0,76	33,60
Area da ritenersi impermeabile (Imp)	0,24	10,87
$\phi^{\circ}=0,9*Imp^{\circ}+0,2*Per^{\circ}$	0,20	
$\phi=0,9*Imp+0,2*Per$	0,37	
Esponente delle curve di possibilità climatica di durata inferiore all'ora	0,48	

Per il calcolo della **I** è stata considerata anche la superficie della viabilità interna in quanto costituisce quota dell'area di progetto che viene interessata dalla trasformazione attraverso sistemazione e regolarizzazione.


Superficie [ha]	Ante Operam			Post Operam		
	Imp°[ha]	Per°[ha]	$\phi^{\circ}$	Imp[ha]	Per[ha]	$\phi$
44,47	0	44,47	0,20	10,87	33,60	0,37

Si ottiene così un **w** pari a **123,87 m3/ha**.

Il volume necessario al **rispetto dell'invarianza W** pari a **5.508,56 m3** ottenuti dal prodotto di **w** per l'area totale che insiste sullo scarico al recettore finale.

Classe di Intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

Nel conteggio delle superfici impermeabili si è deciso di considerare la superficie dei singoli pannelli, posizionati orizzontalmente al piano campagna, tale assunzione è da ritenersi largamente cautelativa data le caratteristiche geometriche delle strutture e la loro elevazione da terra. In merito a tutta la viabilità interna la si considera nel calcolo delle superfici permeabili data la tessitura e struttura delle strade stabilizzate.

	<p align="center"><b>PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPANTO FOTOVOLTAICO DA 24,99 MWp</b> Comune di Bentivoglio <b>P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza nominale in immissione pari a 24,0 MW</b> <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b></p>	<p align="right">Pag 23 di 51</p>
--	--	---------------------------------------

La sintesi dei calcoli delle superfici è la seguente:

	Bentivoglio
<b>TOTALE AREE RESE IMPERMEABILI (mq)</b>	10,87
<b>Superfici permeabili (mq)</b>	44,47
<b>Incidenza intervento (%)</b>	24

La variazione del coefficiente di deflusso appare dunque estremamente modesta.

Si tratta di un intervento su superficie superiore a 10 ha, con un **Imp** di poco inferiore al valore di **0,3**, quindi ricadente nella Classe di intervento di **Significativa impermeabilizzazione potenziale**.



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 24 di  
51

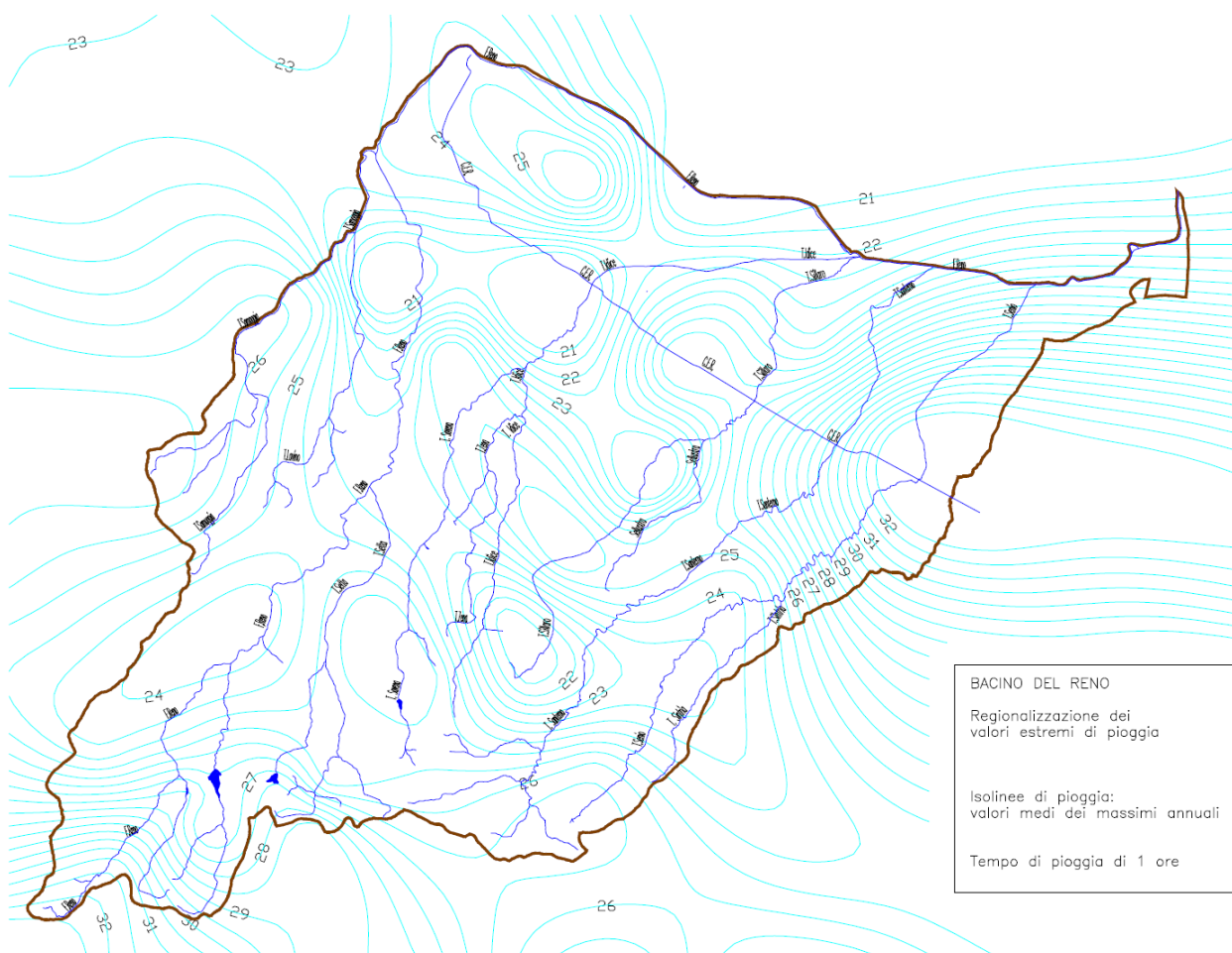
## 5. STUDIO IDROLOGICO

Lo scopo dello studio è di stimare il picco di portata da conferire nel reticolo idrografico a causa delle precipitazioni di breve durata e forte intensità.

La rete e gli scarichi esistenti saranno mantenuti allo stato ante operam.

Il calcolo viene effettuato utilizzando come base di dati i valori estratti dallo studio realizzato da E.T.&P. Srl - Environmental Technologies and Products per l'Autorità di Bacino del Reno e descritto nel documento:

**Valori estremi della precipitazione e loro ragguglio areale nel bacino del fiume Reno**



Fonte: E.T.&P. Srl - Environmental Technologies and Products

Tra i campioni costituiti dalle 46 stazioni base si è potuto ottenere alcuni parametri statistici, quali il numero di anni raccolti, il valore medio, la varianza ed il coefficiente di variazione.

I valori assunti sono quelli relativi alla più vicina stazione di misura pluviometrica sita nel comune di **Malalbergo**, a 6 km circa dall'area di progetto. La stazione è dotata di un campione cinquantennale di misura.

Viene di seguito riportata la tabella riassuntiva del campione di dati:



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 25 di  
51

## 21 MALALBERGO

ore	1	3	6	12	24
num.	50	50	50	50	50
med.	23.2160	28.4400	34.9560	43.5800	53.6560
var.	54.1091	112.8245	194.3564	263.3294	359.0482
sqm	7.3559	10.6219	13.9412	16.2274	18.9486
c.v.	.3168	.3735	.3988	.3724	.3531

**Tabella - Valori estratti**

Pur essendo interventi sostanzialmente ininfluenti sulla variazione del regime idrico nel seguito verranno indicati alcuni interventi tipologici per il mantenimento dell'attuale regime.

### 5.1 SCELTE PROGETTUALI


Si prevede di realizzare un sistema di contenimento ad invaso utile a migliorare l'effetto di laminazione dell'area:

Basandosi su considerazioni sensibile alle tematiche ambientali e di tutela del territorio, con riferimento ad eventuali fenomeni alluvionali, si intende contribuire al miglioramento fondiario inserendo quindi opere idonee a trattenere in sito determinati volumi d'acqua mediante arginature trasversali dell'altezza di 3 cm lungo tutta la recinzione perimetrale dell'impianto.

w (m3/ha)	123,87
Volume H2O (m)	5.508,56
mmH2O	13,64
Superficie totale (ha)	44,47
Rapporto invaso	123,87
Altezza cordoli recinzione (m)	0,03
Volume trattenuto (m3)	11.130

L'esubero di volume d'acqua che non è disperso dal terreno riguarderebbe 12,39 mmH2O, senza realizzazione di ulteriori interventi. Tale valore è calcolato a partire dai 50 mmH2O da normativa, valore doppio rispetto ai 23,22 registrati nei 50 anni statisticamente considerati a Malalbergo.

La capacità di trattenimento calcolata di circa 5.509 m3 viene verificata prescrivendo 3 cm di elevazione del terreno in corrispondenza della recinzione rispetto all'altezza media del campo. Questi 3 cm portano a circa 11.130 i m3 teoricamente trattenuti.

	<p align="center"><b>PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 24,99 MWp</b> Comune di Bentivoglio <b>P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza nominale in immissione pari a 24,0 MW</b> <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b></p>	<p align="right">Pag 26 di 51</p>
--	---	---------------------------------------

### Calcolo dei pozzetti drenanti occorrenti all'invarianza idraulica

Si prevede inoltre la realizzazione di una serie di pozzetti drenanti utili a pareggiare la seppur modesta variazione indotta.

Dai dati si evince che il valore medio massimo orario di pioggia, con tempo di ritorno 50 anni, registra un valore di 23,22 mm<sub>H<sub>2</sub>O</sub>. Tale valore è posto alla base per il calcolo del fabbisogno volumetrico di trincee drenanti.

Il presente progetto prevede pertanto di realizzare dei volumi di accumulo drenanti della capacità pari al volume di pioggia massima oraria con tempo di ritorno di 50 anni per la durata di un'ora.

La criticità idraulica utilizzata all'interno dei calcoli è pari a 232,16 m<sup>3</sup>/ha.

Il calcolo viene effettuato sulle superfici impermeabilizzate nell'area di progetto.

Questi volumi verranno realizzati a margine di ogni basamento, in considerazione dei 23,22 mm<sub>H<sub>2</sub>O</sub> di competenza, con un'approssimazione in eccesso.

Alla luce della modularità delle situazioni, i volumi di accumulo drenato saranno i seguenti:



Il fondo perdente sarà appoggiato su uno strato di ghiaia e massicciata.

	Area [m <sup>2</sup> ]	Volume pioggia 1h [m <sup>3</sup> ] cad	Elemento	Quantità pozzetti per manufatto	Totale pozzetti
<b>n. 4 Cabine di Consegna</b>	16,75	0,39	<i>Pozzetto 1 x 1 x 1</i>	1/2	2
<b>n. 30 Cabina Utente</b>	18,75	0,44	<i>Pozzetto 1 x 1 x 1</i>	1/2	15



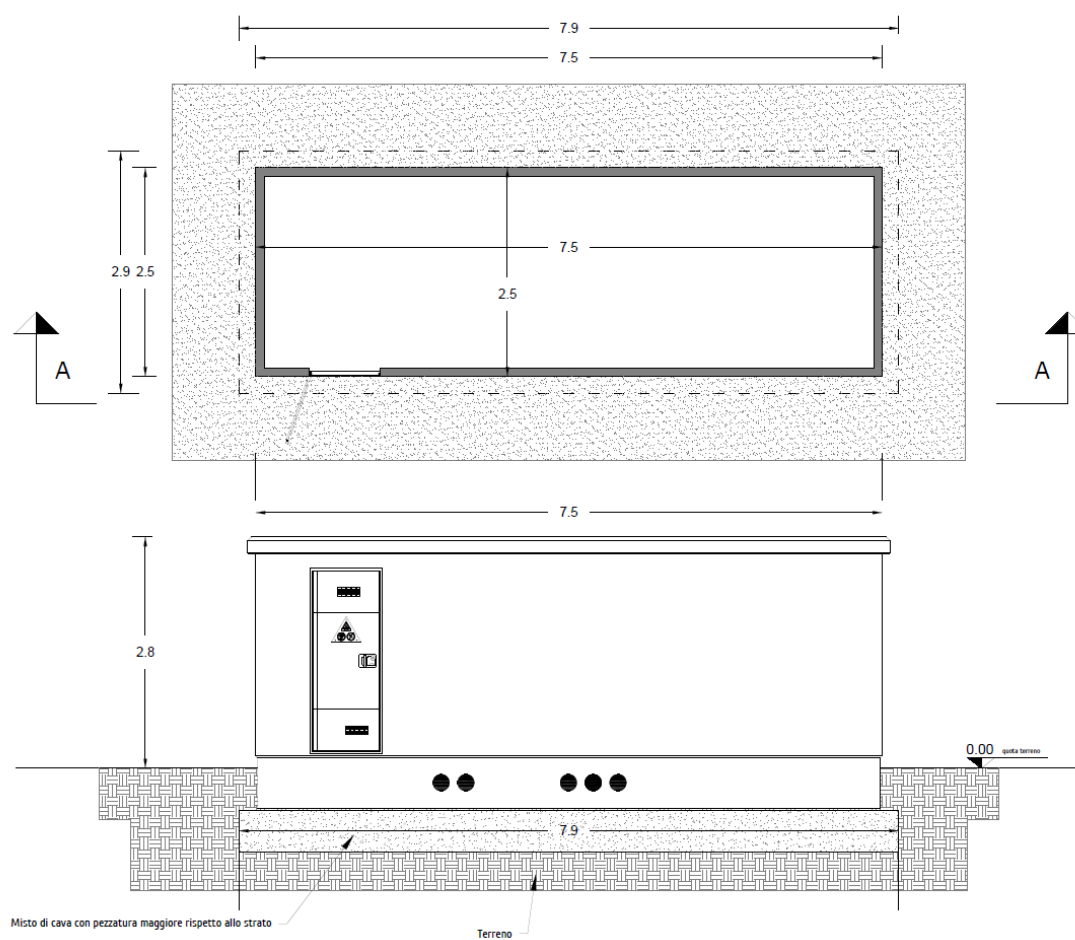
**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 27 di  
51

## 6. FABBRICATI EDILIZI ACCESSORI

In questo paragrafo sono riportati i cabinati citati in relazione.

### Cabina Utente

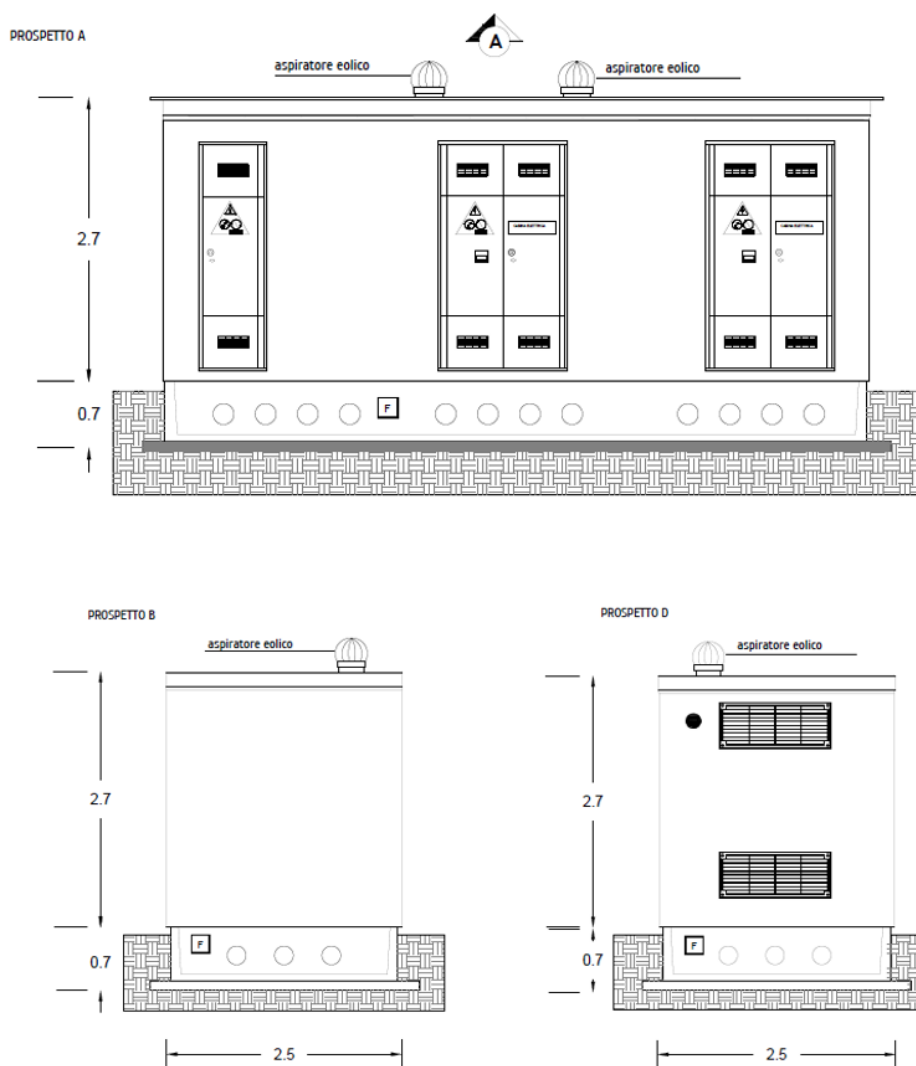





**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 28 di  
51

Cabina di Consegna



	<p align="center"><b>PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPANTO FOTOVOLTAICO DA 24,99 MWp</b> Comune di Bentivoglio <b>P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza nominale in immissione pari a 24,0 MW</b> <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b></p>	<p align="right">Pag 29 di 51</p>
--	--	---------------------------------------

## **7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Nel presente documento si è dimostrato che il campo fotovoltaico progettato ha una minima incidenza sul deflusso delle acque di pioggia.

Tale minima incidenza può comunque essere gestita eseguendo le seguenti scelte progettuali:

- realizzazione di un arginamento continuo di altezza maggiore di 3 cm lungo tutta la recinzione;
- posizionamento di pozzetti e/o trincee drenanti con fondo perdente su letto di ghiaia in corrispondenza dei manufatti edilizi.

Inoltre, in considerazione dei rischi di esondazione classificati il sito **non** è compreso all'interno delle aree di rischio alluvioni, si evidenzia come il rischio danni conseguente ad eventuale allagamento sia modesto, osservando come i sistemi siano dotati di idonee protezioni elettriche e come comunque non siano presenti quadri elettrici e locali al di sotto del livello di campagna.

Pertanto, il sottoscritto Ing. Riccardo Valz Gris, ingegnere civile idraulico, iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Biella al n.159°, attesta la non significatività idraulica degli interventi progettati.



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 30 di  
51

## 8. INTEGRAZIONI A SEGUITO PARERE ARPAE


In adempimento alle richieste effettuate da Arpae - Area Autorizzazioni e Concessioni Metropolitana - per la PAUR in esame in data 29 maggio 2024 - di cui al punto 8:

*"Si chiede di completare la relazione di invarianza idraulica riguardo al sistema di laminazione proposto, con indicazione dell'ubicazione dell'invaso, i relativi collegamenti idraulici, nonché i punti di scarico e le sezioni dei corpi idrici ricettori delle acque meteoriche".*

In relazione agli approfondimenti richiesti, si specifica quanto segue:

- La viabilità interna al campo fotovoltaico verrà mantenuta ad una quota superiore alle aree interne di un valore tra 6 e 12 cm in funzione della debole pendenza del terreno. Tale operazione consentirà di avere vasche in bolla profonde almeno 6 cm.
- Persisterà a sud del terreno il canale di scolo esistente della profondità di 40-50 cm e sezione trapezia larga un metro circa alla base e 1,5 m in sommità
- Persisterà ad est del terreno il fosso irriguo già attuale ricettore del deflusso idraulico della sezione di 3-4 metri circa di larghezza per 2 m di profondità.
- Non sono previsti meccanismi idraulici poiché lo svuotamento delle vasche avverrà per filtrazione nel terreno.



	<p align="center"><b>PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 24,99 MWp</b> Comune di Bentivoglio <b>P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza nominale in immissione pari a 24,0 MW</b> <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b></p>	<p align="right">Pag 31 di 51</p>
--	---	---------------------------------------

La capacità di laminazione delle sette vasche è la seguente:

Bacini	1	2	3	4	5	6	7	totale
Sup. [m2]	69.712,0 0	36.152,0 0	32.705,0 0	37.927,0 0	42.816,0 0	32.502,0 0	12.328,0 0	264.142,0 0
H [m]	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
Volume [m3]	4.182,72	2.169,12	1.962,30	2.275,62	2.568,96	1.950,12	739,68	15.848,52

Quando l'acqua tracima dalle vasche di laminazione sarà raccolta dal colatore esistente e dal fosso irriguo anch'esso esistente.

#### **Capacità naturale di assorbimento del terreno e altezza di falda**

La permeabilità del suolo è una proprietà che viene in genere identificata con la misura della conducibilità idrica satura ( $K_{sat}$ , mm/h) e che esprime la capacità del suolo in condizioni di saturazione, di essere attraversato da un flusso d'acqua, in direzione verticale.

Suoli molto permeabili facilitano l'assorbimento e il movimento al loro interno di notevoli quantità d'acqua in poco tempo; la falda viene quindi facilmente raggiunta mentre i processi di scorrimento superficiale sono limitati. Suoli molto permeabili risultano quindi protettivi rispetto ai fenomeni erosivi e di conseguenza alla qualità delle acque superficiali, in particolare in condizioni di pendenza, mentre sono poco protettivi nei confronti delle acque sotterranee. Le condizioni risultano opposte in presenza di suoli poco permeabili caratterizzati da bassa infiltrabilità e spiccati processi di scorrimento superficiale.

La permeabilità dipende prevalentemente dalla distribuzione e dalle dimensioni dei pori presenti nel terreno, essendo il movimento dell'acqua facilitato in presenza di pori grandi e continui, rispetto a situazioni con pori piccoli e scollegati tra loro. La porosità del suolo è a sua volta molto collegata alla tessitura: i suoli argillosi presentano in genere conducibilità idraulica satura più bassa rispetto a quella dei suoli sabbiosi e ghiaiosi, dove i pori, meno numerosi ma con sezione più ampia, permettono il passaggio di notevoli volumi d'acqua. Influenza la permeabilità anche la presenza di vuoti planari (fessure e spazi tra gli aggregati) più frequenti invece negli orizzonti argillosi e in particolare in quelli poco profondi.

La conducibilità idrica del suolo in condizioni di saturazione è una grandezza costante, mentre in condizioni di non-saturazione del suolo dipende fortemente dal contenuto idrico.

Poiché le misure di permeabilità sono molto onerose e costose, si utilizzano correntemente per la stima della permeabilità pedofunzioni di trasferimento (Pedo Transfer Functions - PTF), alcune tratte da letteratura, altre sviluppate dal CNR-IBIMET di Firenze e calibrate con i dati misurati in ambito regionale; esse stimano la conducibilità idrica satura a partire da caratteristiche del suolo rilevate routinariamente (argilla, sabbia, carbonio organico, densità apparente).



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 32 di  
51

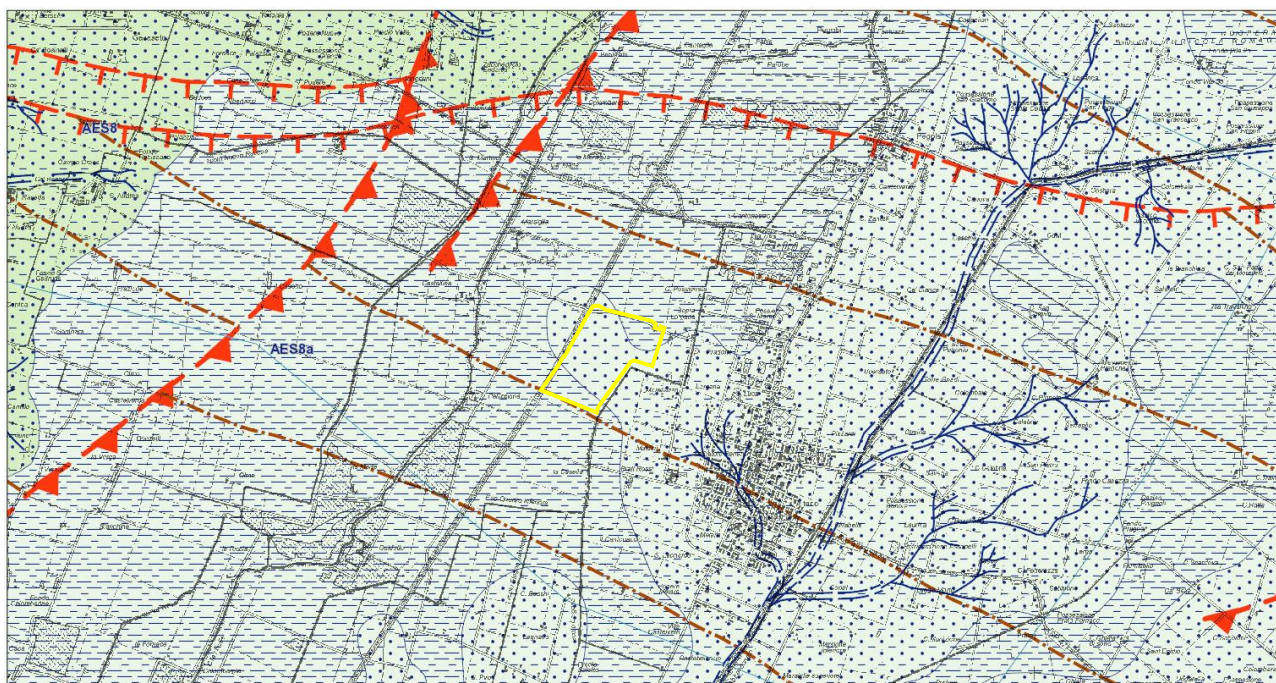


La conducibilità idrica può essere valutata per i singoli orizzonti di un suolo o per il suolo nel suo insieme e la classe di permeabilità del suolo viene determinata dall'orizzonte meno permeabile.

Le classi di permeabilità utilizzate per i suoli sono quelle definite dal "Soil Survey Manual" dell'USDA e sono riportate in tabella.

CLASSE PERMEABILITA'	Ksat (mm/h)
1 - Molto bassa	<0,036
2 - Bassa	0,036-0,36
3 - Moderatamente bassa	0,36-3,6
4 - Moderatamente alta	3,6-36
5 - Alta	36-360
6 - Molto alta	>360

L'estensione cartografica si ottiene ponderando il valore di conducibilità idrica satura attribuito alle diverse tipologie di suolo presenti, in base alla loro percentuale di diffusione nell'unità cartografica.



**Cartografia geologica interattiva pubblicata sul sito del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, con in giallo l'area oggetto di studio**



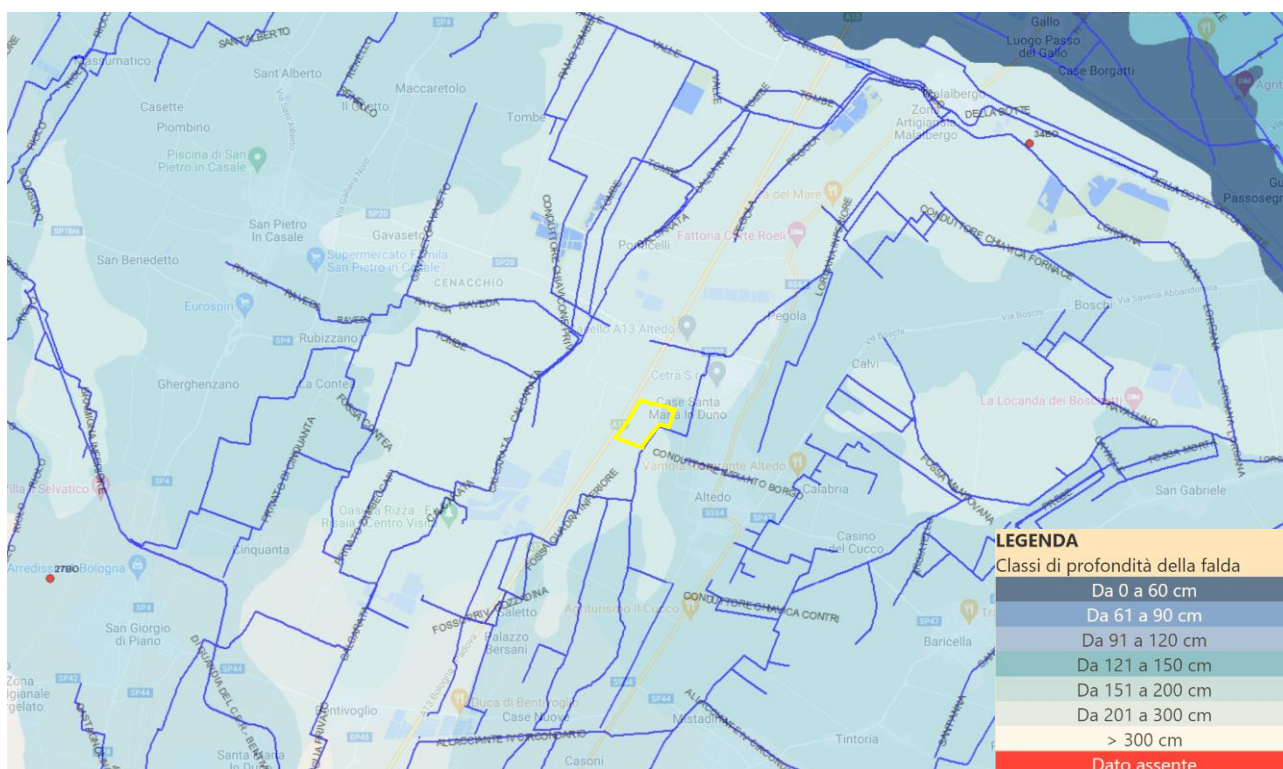
**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 33 di  
51

La cartografia riportata distingue le Unità continentali alluvionali secondo la convenzionale classificazione stratigrafica sequenziale (cicli deposizionali), comprese nel principale "Supersistema Emiliano-Romagnolo" (R.E.R., ENI-AGIP, 1998). I depositi alluvionali affioranti vengono attribuiti al "Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore" (AES) e sono suddivisi in sequenze deposizionali di diverso ordine gerarchico (subsistemi identificati con sigle da AES5 – più antichi - ad AES8 – più recenti) delimitati in genere da scarpate di erosione. Ciò detto, i sedimenti affioranti nell'area di studio vengono compresi nella "Unità di Modena" (identificati con sigla AES8a). Si tratta di depositi alluvionali recenti (Olocene), caratterizzati da sabbie prevalenti con livelli e lenti di ghiaie ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi, terrazzati, di conoide e di canale fluviale. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C.

Sulla base dei parametri desunti da prove svolte in depositi simili, in area prossima a quella d'intervento<sup>1</sup>, e ricavati da dati bibliografici, si è quindi riscontrato che:

- la parte superficiale del sottosuolo caratterizzato da limo sabbioso e argilla limosa, sabbiose con ciottoli e matrice argilloso-limosa, poste al di sotto dei terreni di copertura limoso-argillosi di spessore circa (1÷1,5) m, presentano elevata capacità di accettazione delle piogge (coefficiente di filtrazione maggiore di 10-3 m/s e frazione limosa inferiore al 5%);



**Rete di rilievo della falda superficiale della pianura emiliano-romagnola – fonte FaldaNET-ER**  
**RETE DI RILIEVO DELLA FALDA SUPERFICIALE DELLA PIANURA EMILIANOROMAGNOLA**

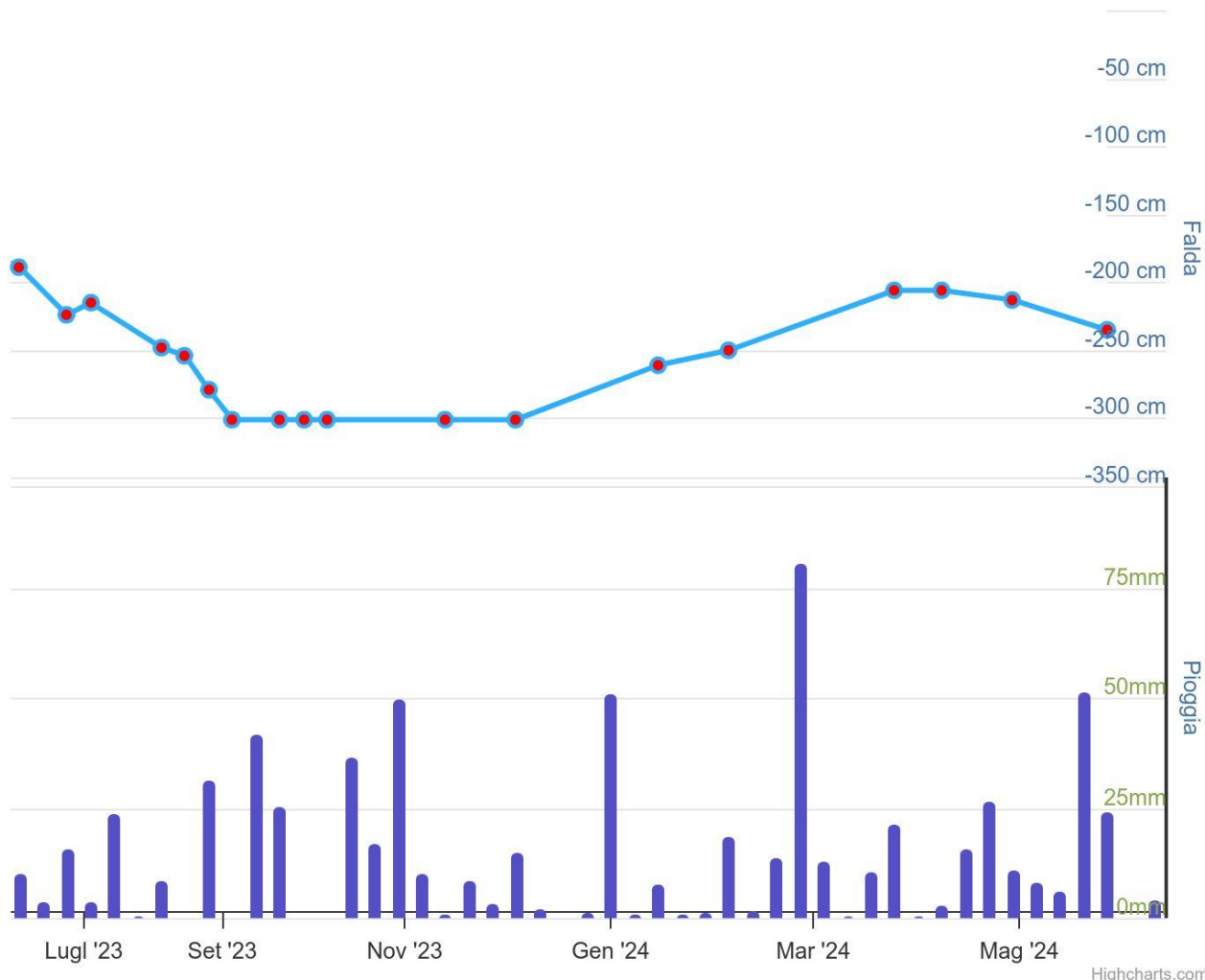


**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 34 di  
51

Periodo 1m 3m 6m YTD **1y** All

Da 12 Giu 2023 A 12 Giu 2024



**Andamento annuale falda freatica registrato alla stazione 38BO (Malalbergo)**

Dai dati si evince che la superficie libera della falda freatica è posizionata ad una quota media di circa 2,5 m dal piano di campagna e che è soggetta ad un'escursione stagionale di 50 cm circa.

Si può considerare un coefficiente di permeabilità medio del terreno in sito pari a  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s, che corrisponde a

Per i terreni posti al di sotto della copertura argillosa limosa-sabbiosa, compresi in un range di spessore tra (1÷1,5) m e (3÷4) m della parte superficiale del sottosuolo caratterizzato dal materasso alluvionale dato da ghiaie medio grosse, sabbiose con ciottoli e debole matrice argilloso-limosa, si stima quindi una permeabilità media pari a  $K = 1 \times 10^{-3}$  cm/s =  $1 \times 10^{-5}$  m/s = 0,0006 m/min = 36,0 mm/h.

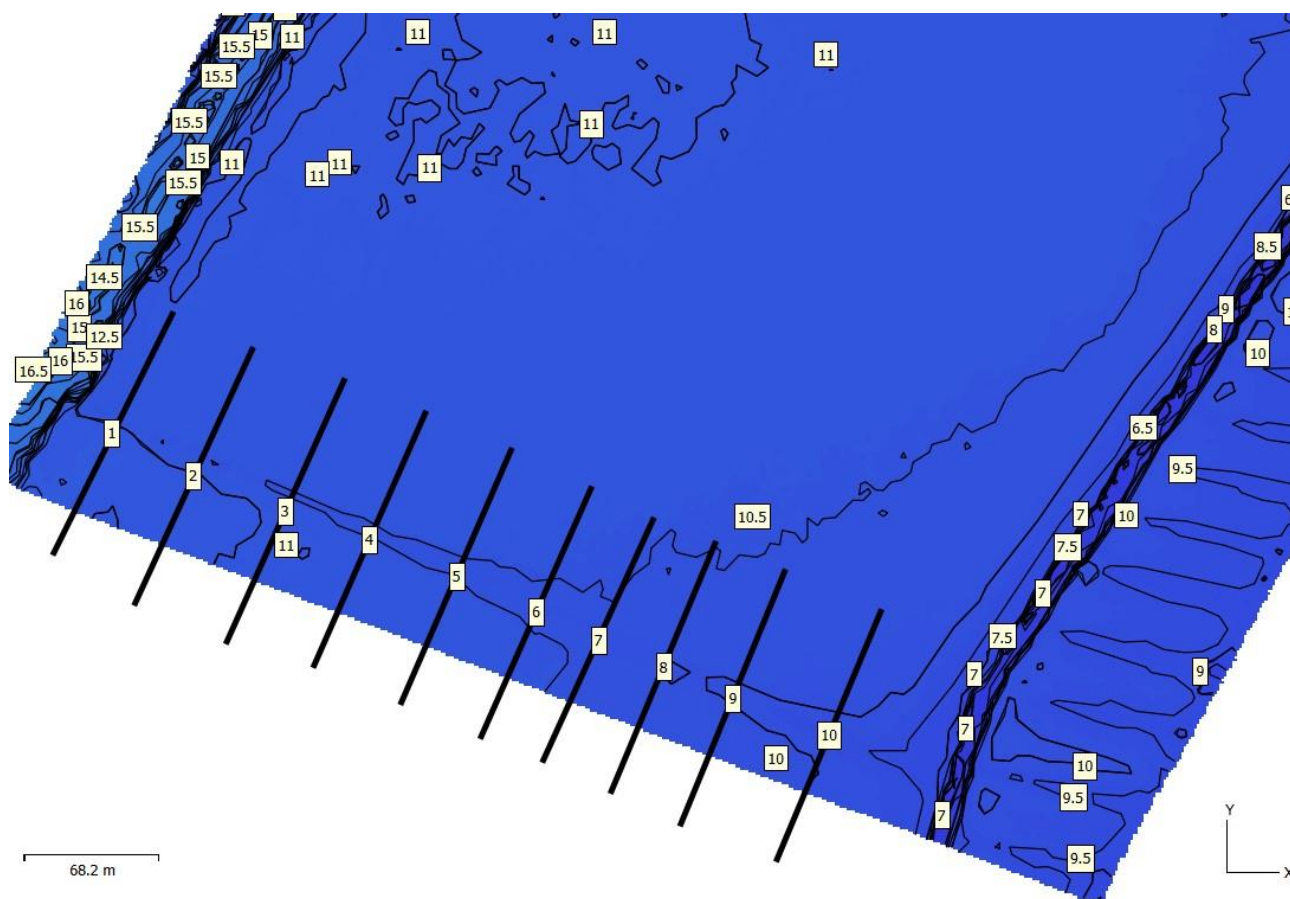
Lo svuotamento delle vasche per infiltrazione è pertanto previsto in circa  $60\text{mm}/36\text{mm/h} = 1,7$  h.



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 35 di  
51

**Sezioni fosso colatore a sud dell'impianto**



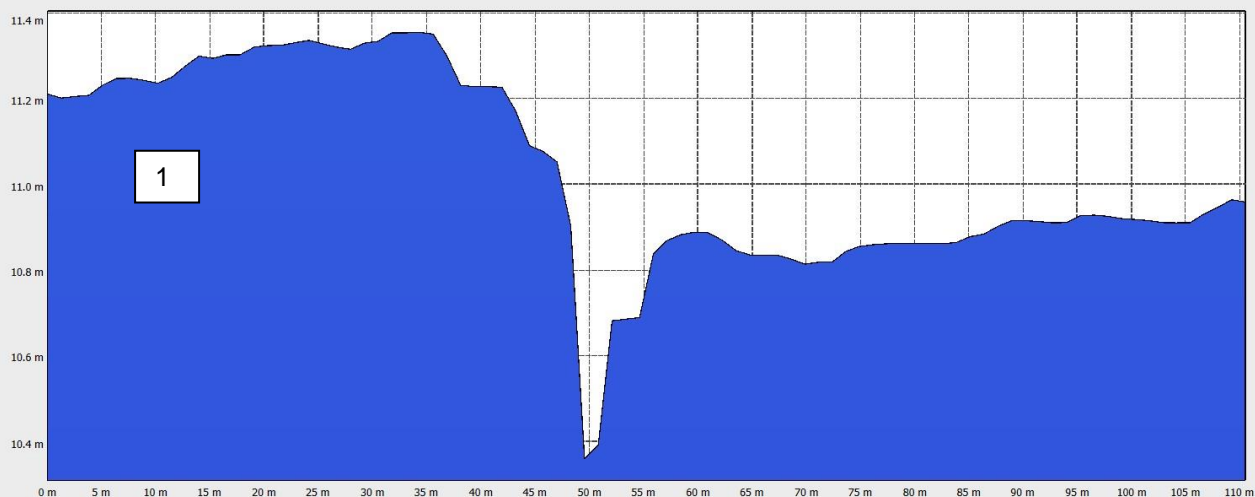


**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 36 di  
51

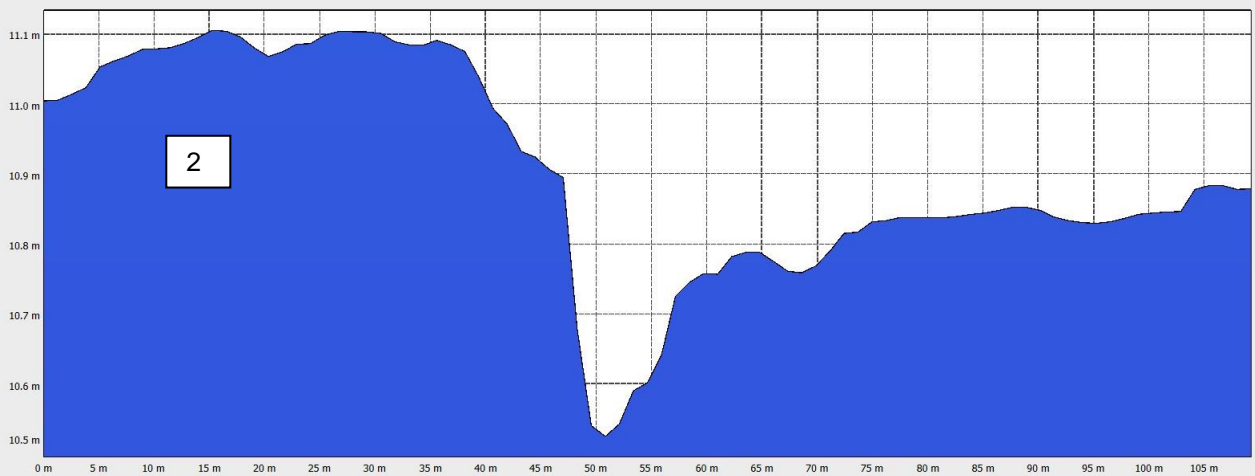
1 (LineString, 2 vertices)

Coordinates Profile Volume



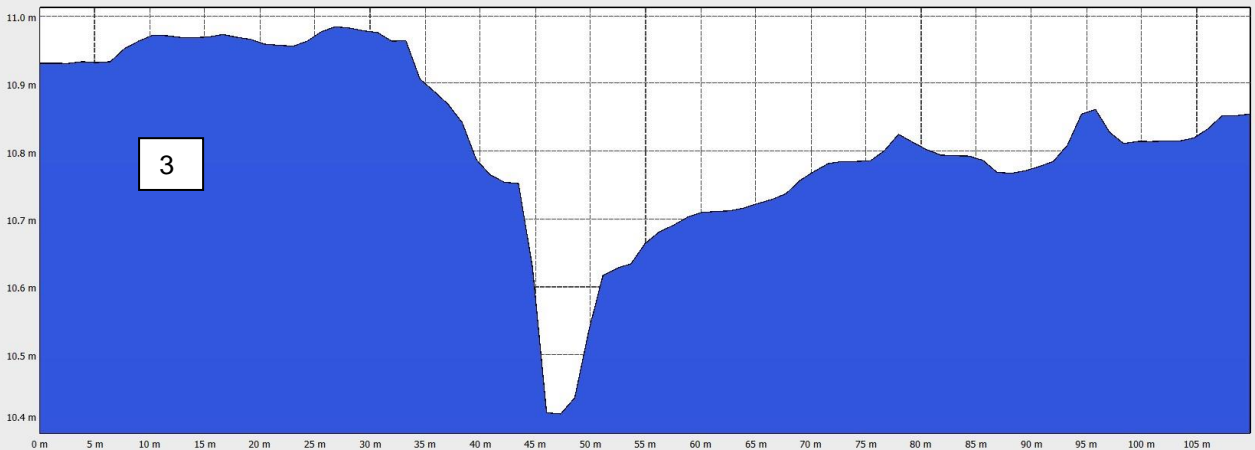
2 (LineString, 2 vertices)

Coordinates Profile Volume



3 (LineString, 2 vertices)

Coordinates Profile Volume



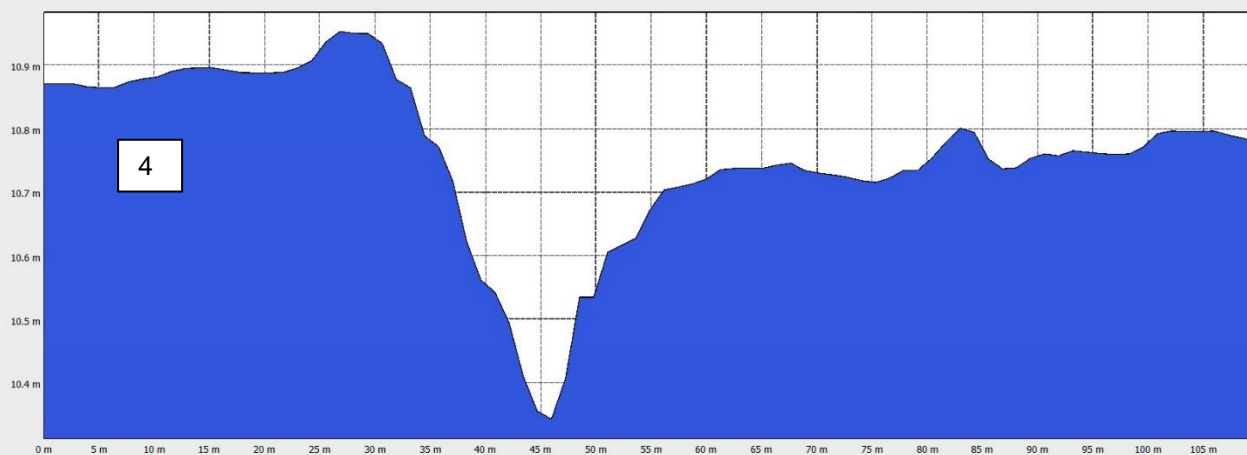


**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 37 di  
51

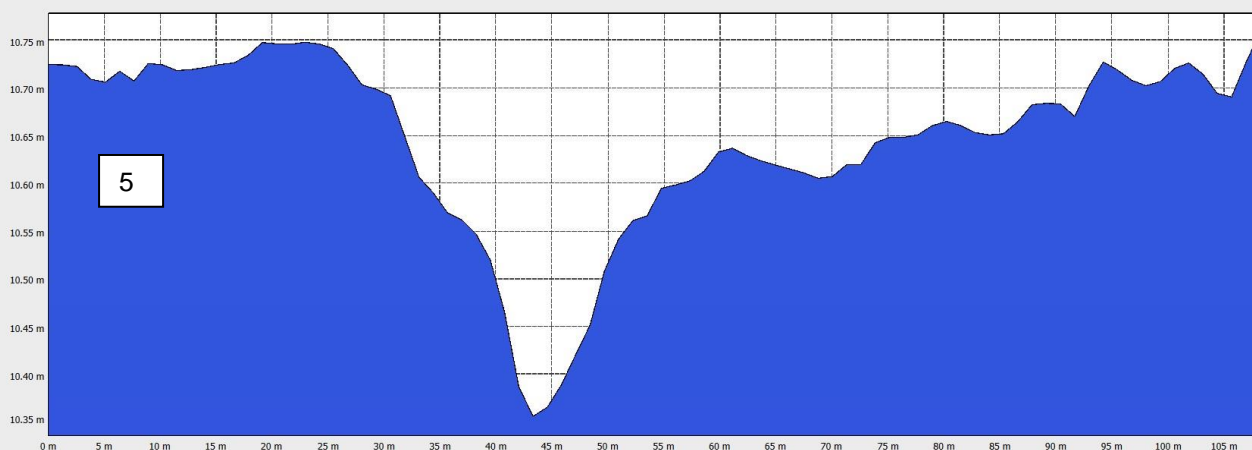
4 (LineString, 2 vertices)

Coordinates Profile Volume



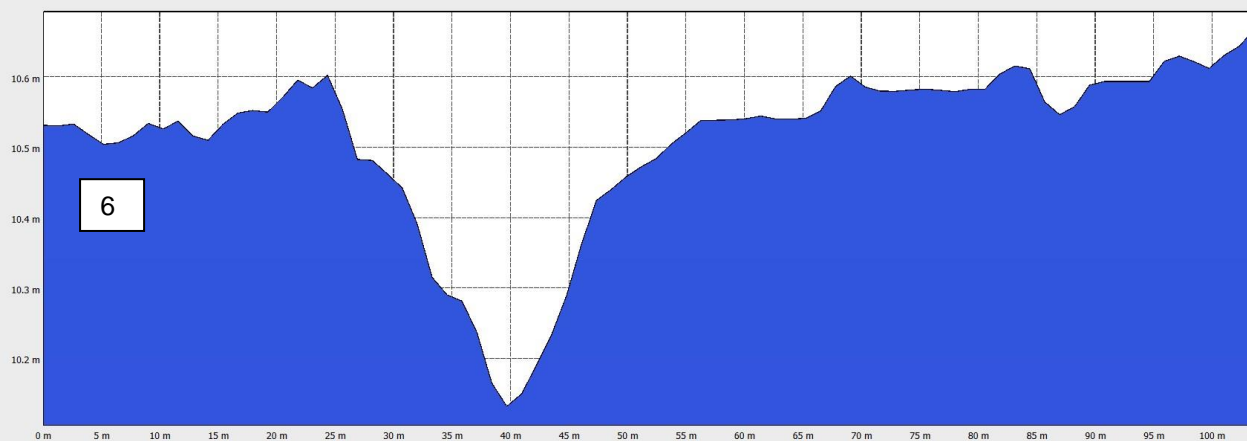
5 (LineString, 2 vertices)

Coordinates Profile Volume



6 (LineString, 2 vertices)

Coordinates Profile Volume

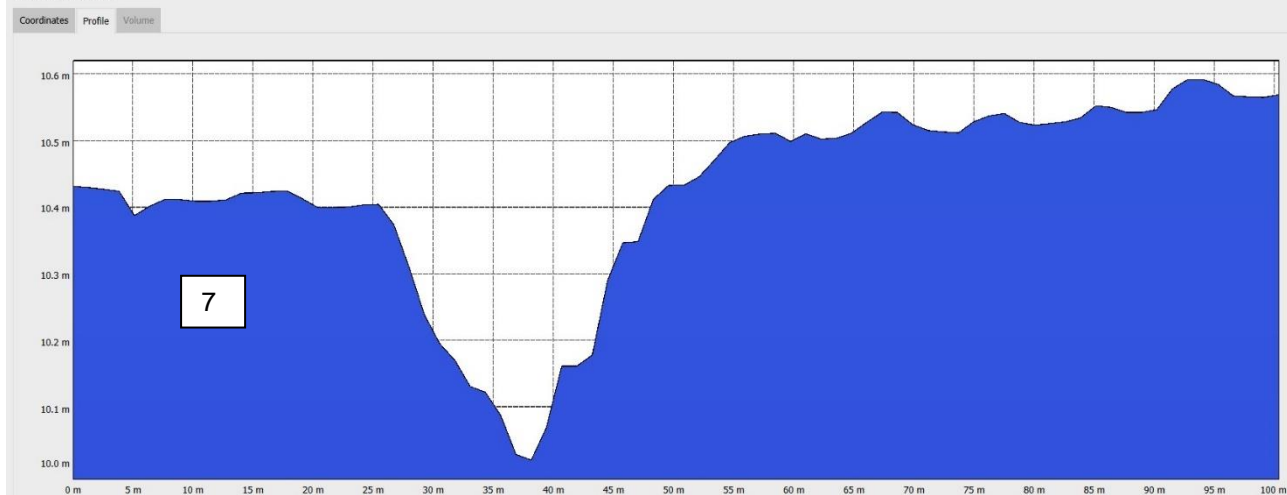




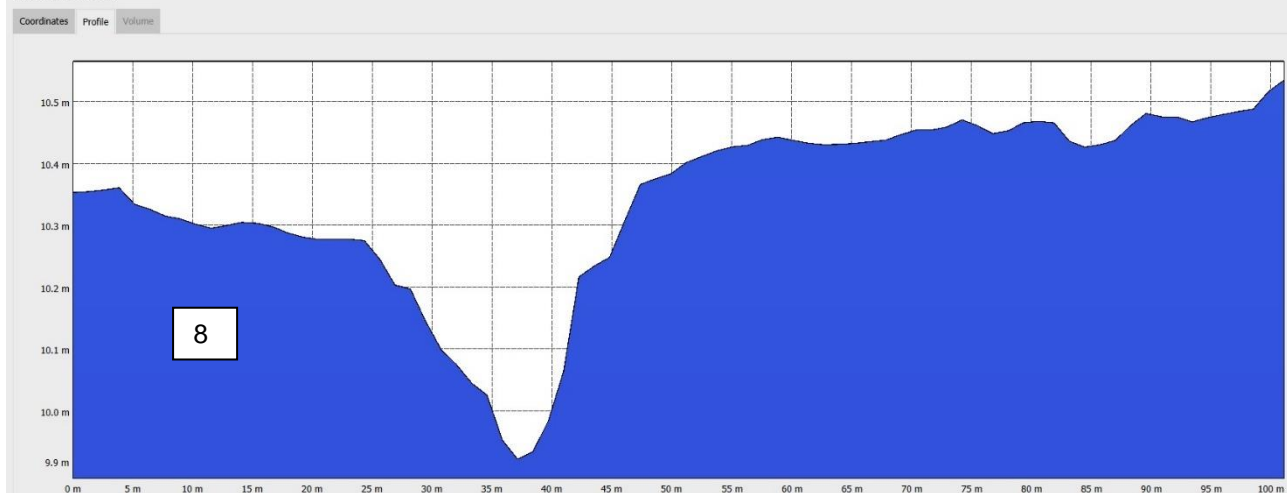
**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 38 di  
51

7 (LineString, 2 vertices)



8 (LineString, 2 vertices)



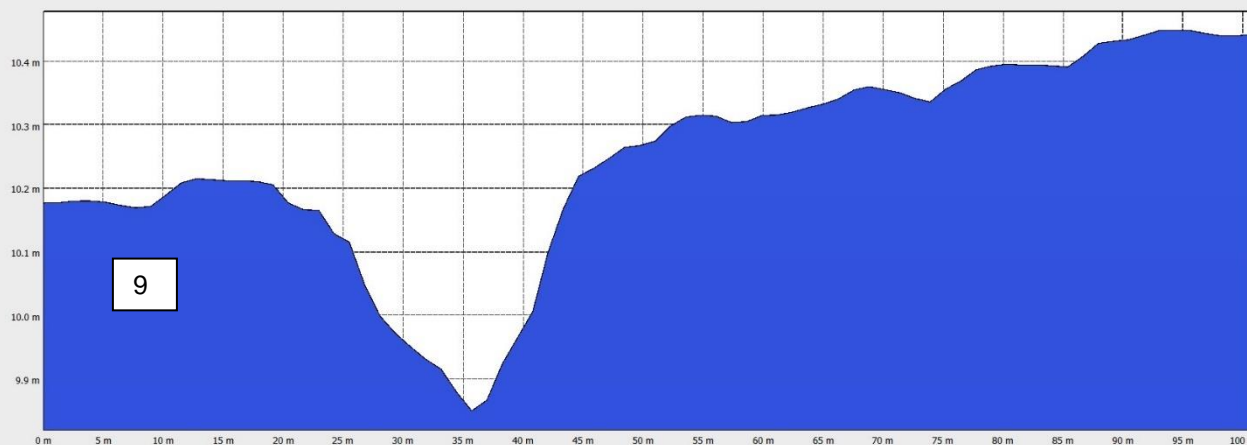


**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 39 di  
51

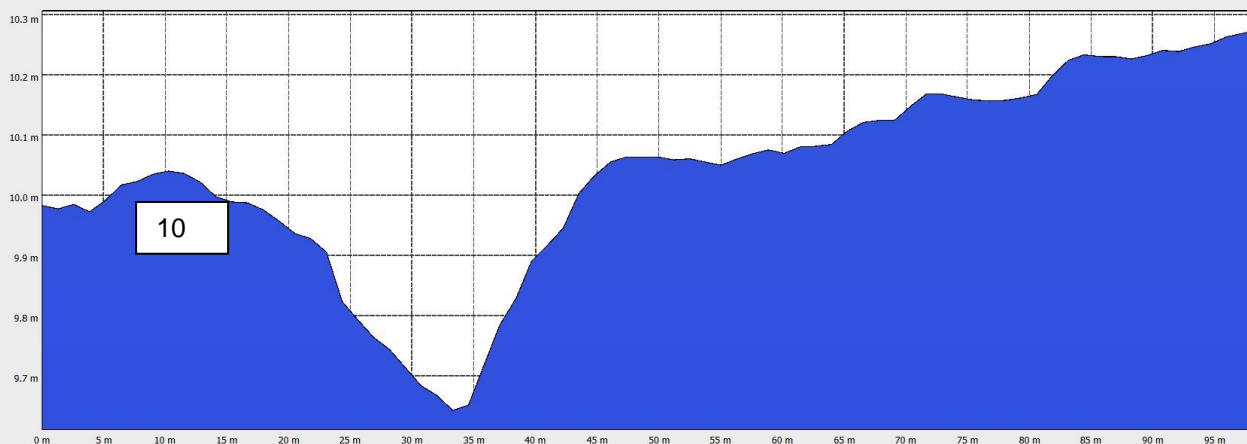
9 (LineString, 2 vertices)

Coordinates Profile Volume



10 (LineString, 2 vertices)

Coordinates Profile Volume

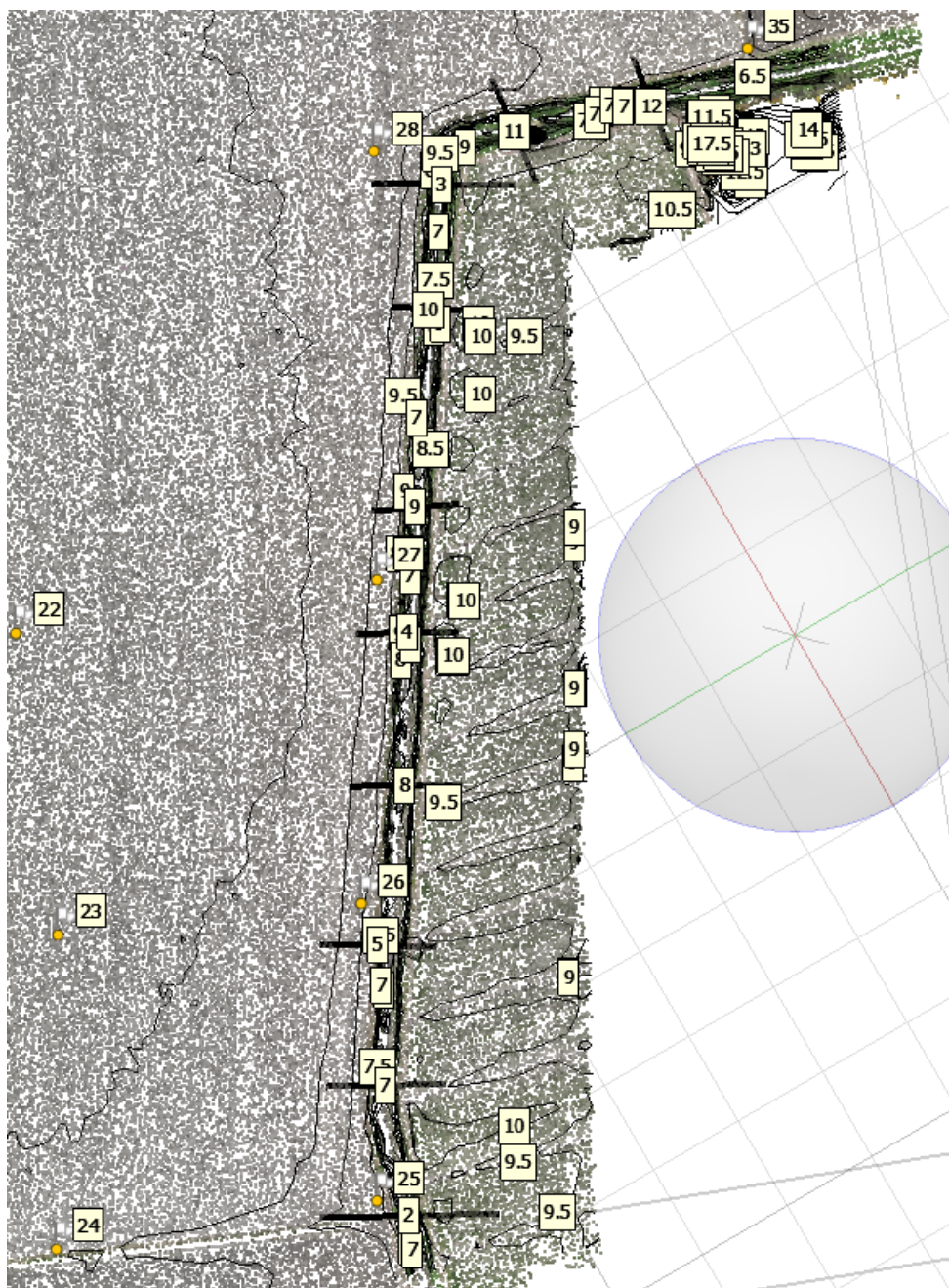




**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 40 di  
51

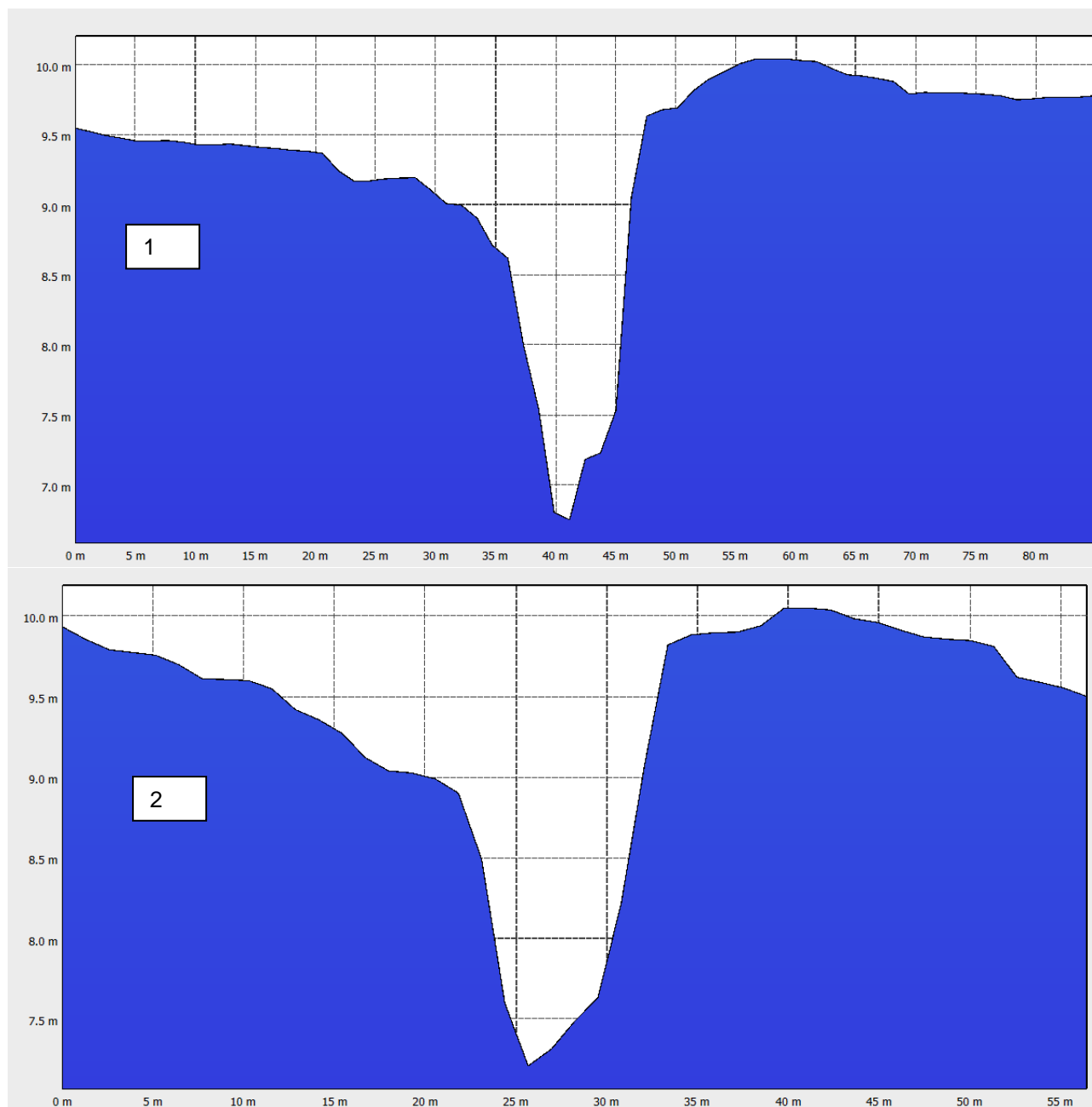
**Sezioni fosso irriguo a est dell'impianto**





**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

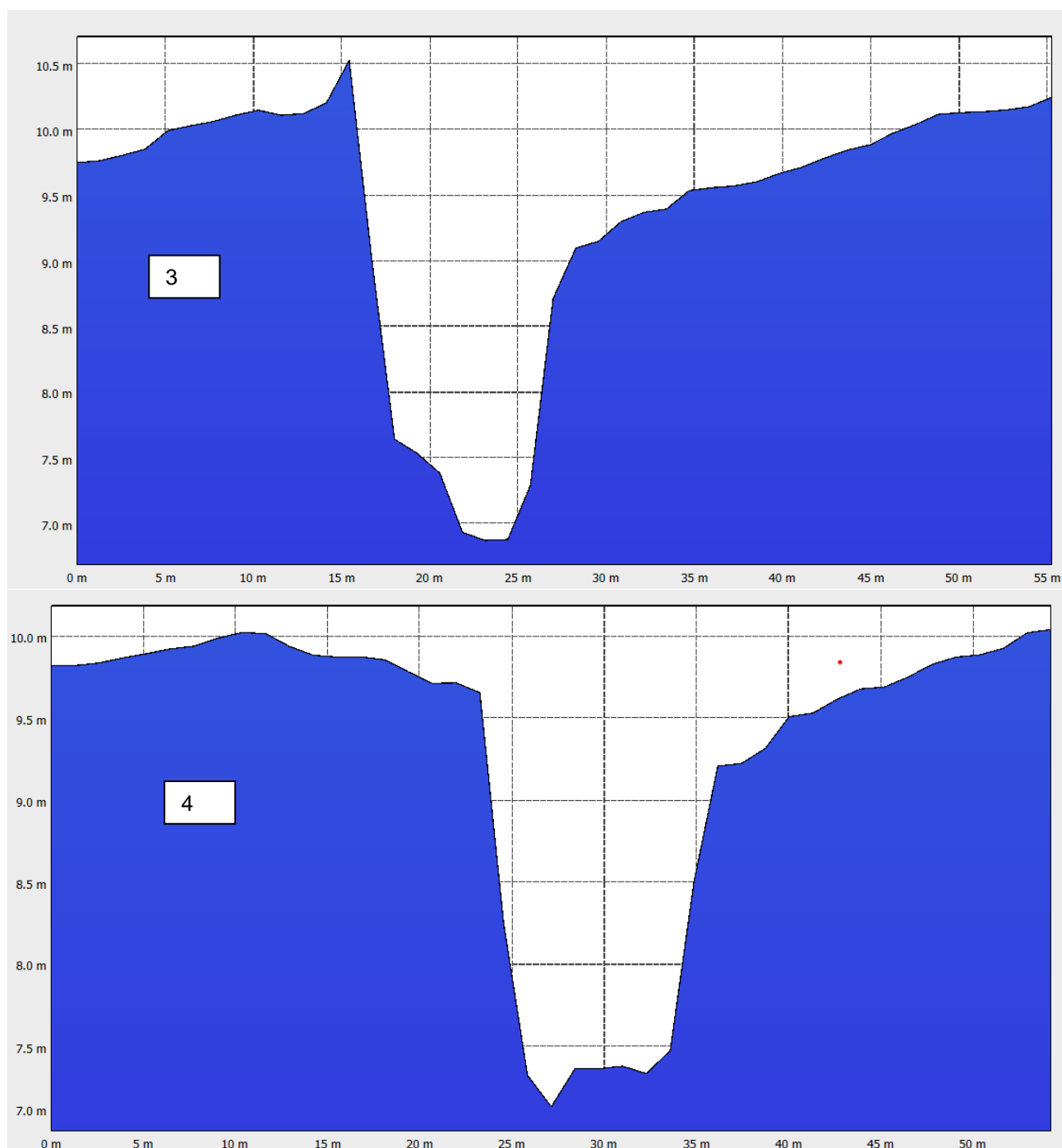
Pag 41 di  
51





**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

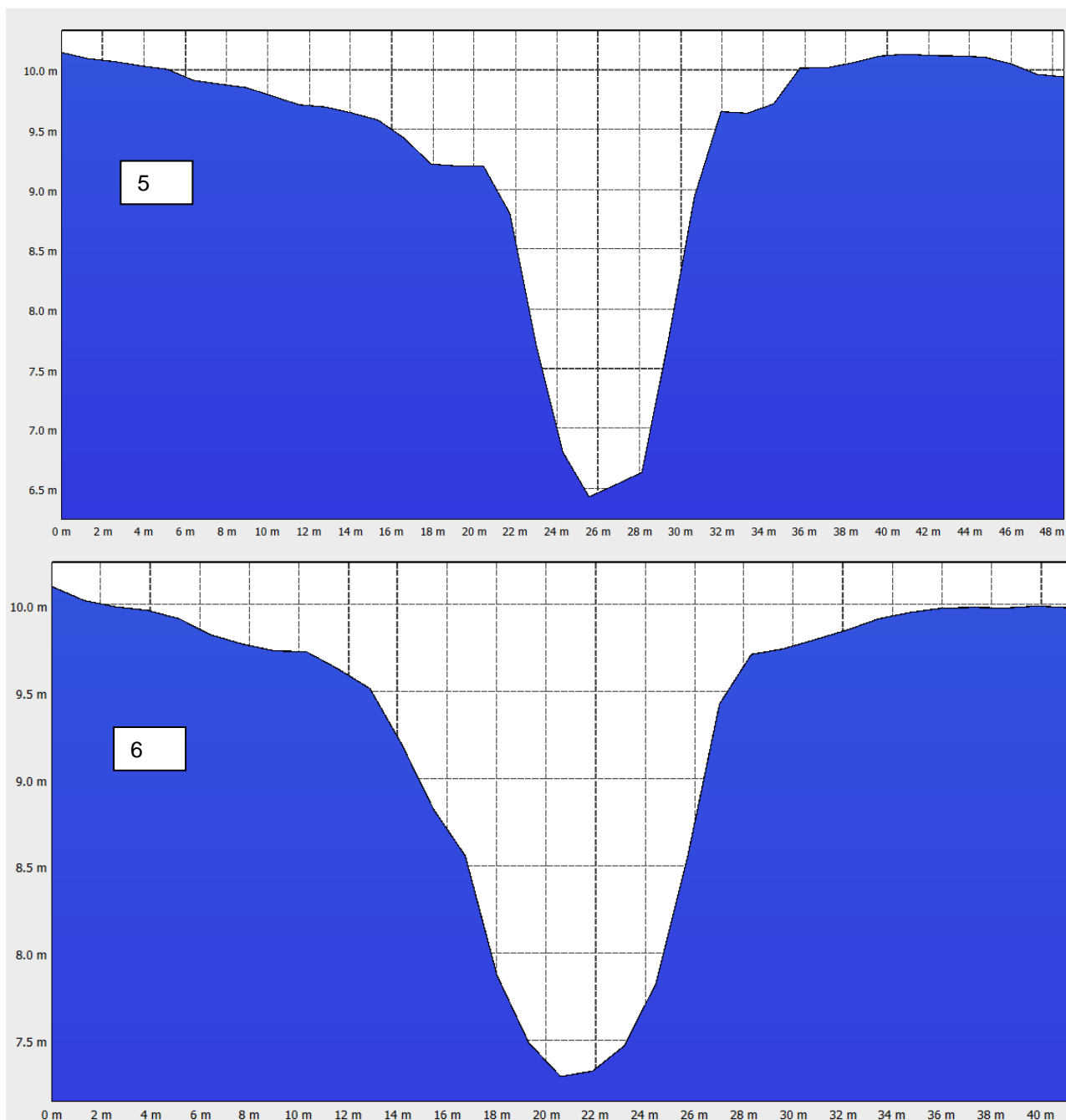
Pag 42 di  
51





**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

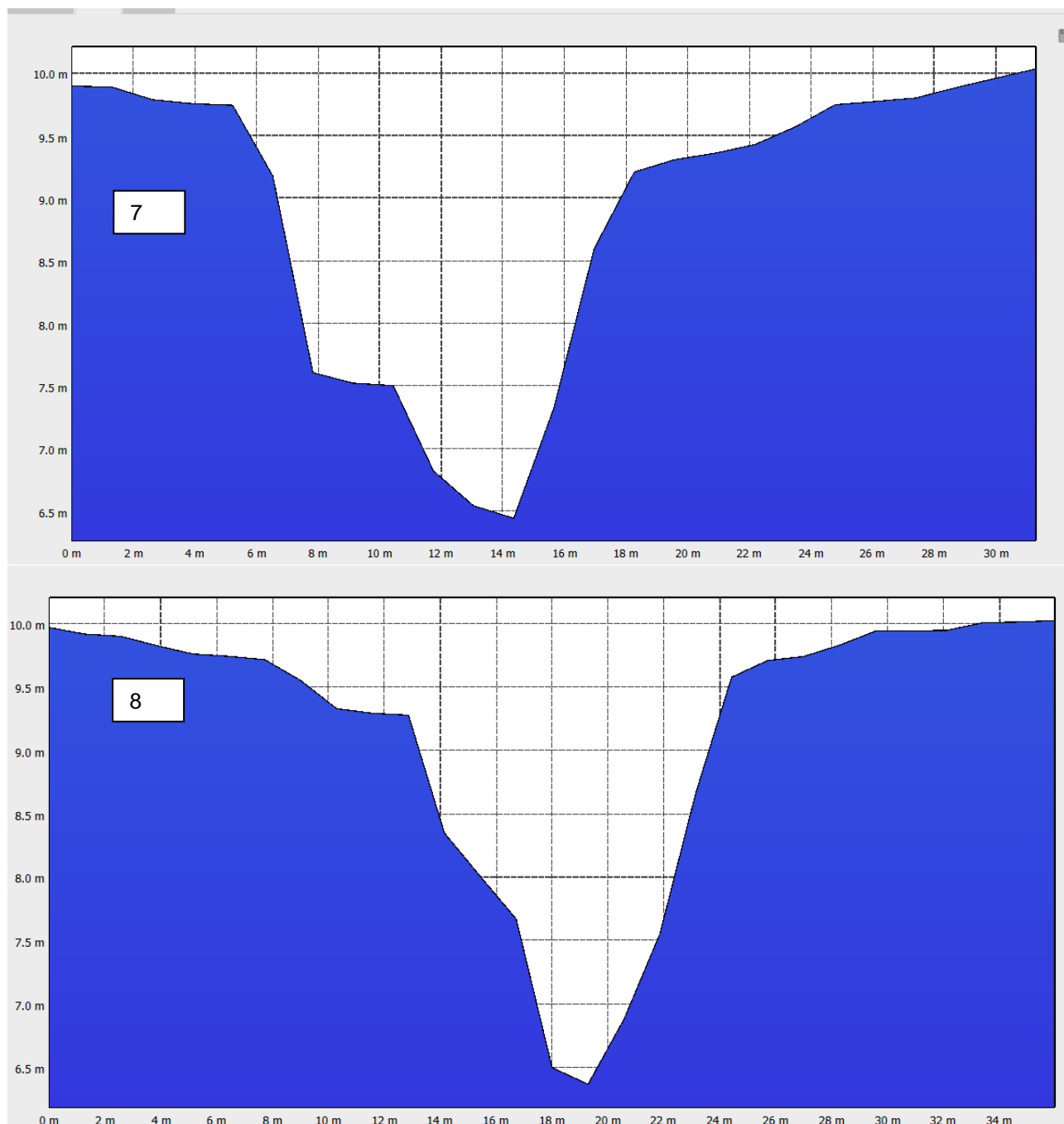
Pag 43 di  
51





**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

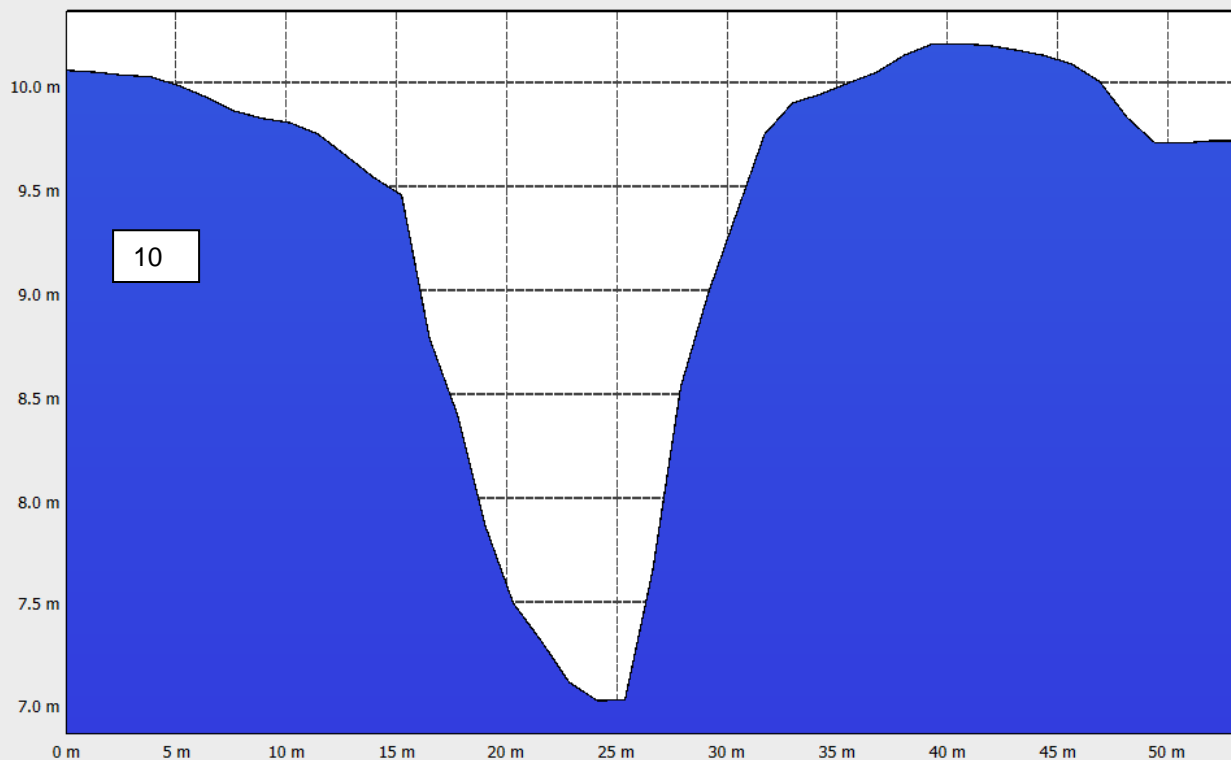
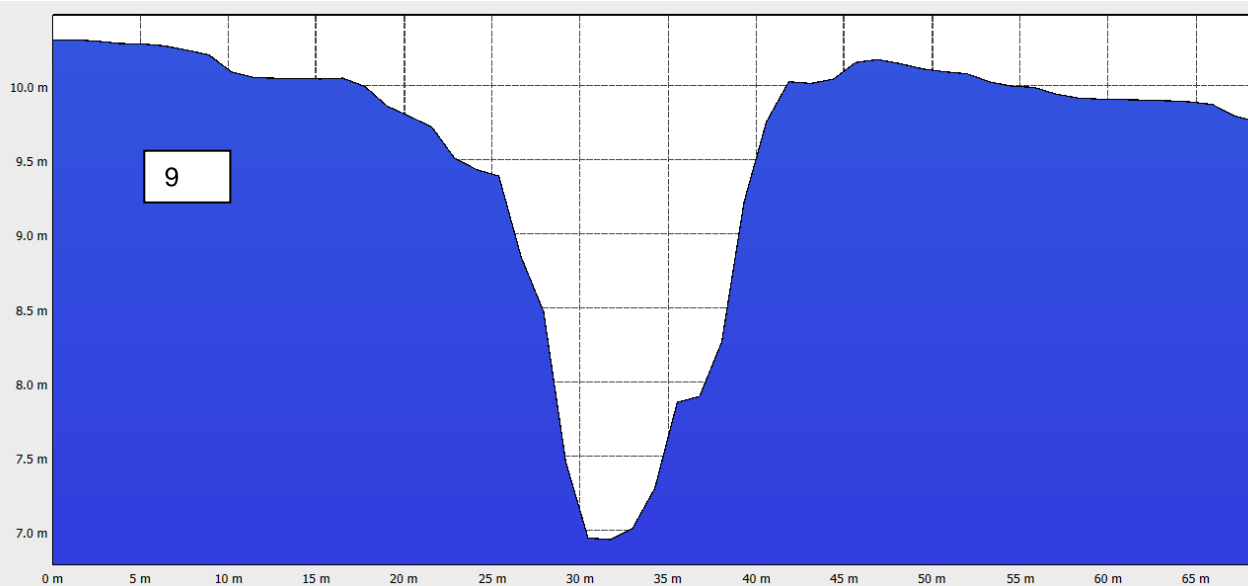
Pag 44 di  
51





**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

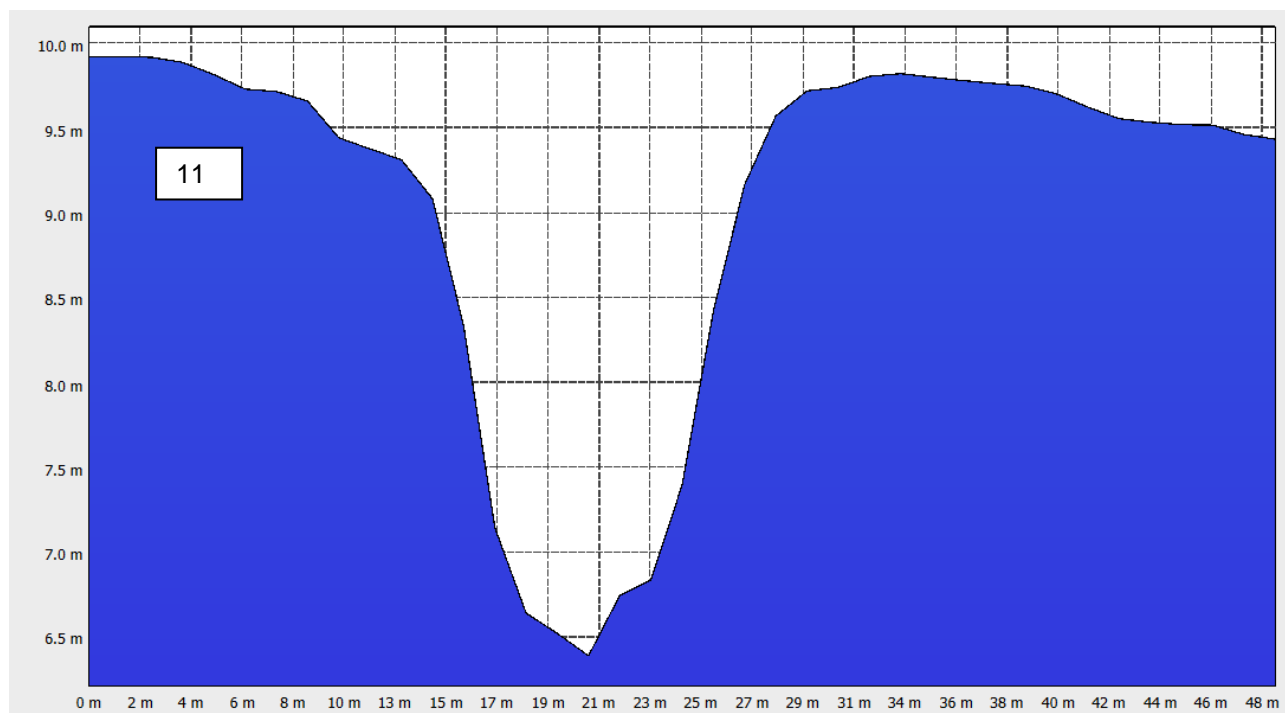
Pag 45 di  
51






**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 46 di  
51



	<p align="center"><b>PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 24,99 MWp</b> Comune di Bentivoglio <b>P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza nominale in immissione pari a 24,0 MW</b> <b>RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA</b></p>	<p align="right">Pag 47 di 51</p>
--	---	---------------------------------------

## 9. INTEGRAZIONI A SEGUITO PARERE CONSORZIO DELLA BONIFICA RENANA

In adempimento alle richieste effettuate dal Consorzio della Bonifica Renana - Area Autorizzazioni e Concessioni Metropolitana – per la PAUR in esame in data 17 settembre 2024 - di cui al punto 20:

*“Si richiede di integrare quanto già inviato con la seguente documentazione:*

- *relazione idraulica esplicativa inerente il rispetto del principio dell'invarianza idraulica (calcoli dei volumi, modalità di funzionamento del sistema di laminazione...), poiché le soluzioni proposte non sono ritenute adeguate, con relativa asseverazione;*
- *planimetria del sistema di drenaggio acque meteoriche con indicazione del sistema di laminazione proposto e i relativi punti di scarico (se in corso d'acqua superficiale di Bonifica o privato), nonché di tutte le opere accessorie interferenti con la fascia di tutela consortile;*
- *sezione della vasca di laminazione (o del sistema proposto) e dettaglio del punto di carico e scarico della vasca (o del sistema proposto) con indicazione delle quote di posa delle tubazioni e le loro caratteristiche geometriche;*
- *sezione quotata del corpo idrico recettore (es. fosso privato o canale di bonifica) in corrispondenza del punto di scarico del sistema di laminazione*
- *dettaglio interferenze con canali di bonifica, indicando diametri delle tubazioni in progetto (corrugati di contenimento) e distanza, in parallelo allo scolo, ricordando che la stessa, può essere derogata a metri 3 a condizione che sussistano vincoli e in mancanza di alternativa tecnica, se il tutto non costituisce pregiudizio alla stabilità delle sponde dei canali stessi.”*

In relazione agli approfondimenti richiesti, si specifica quanto segue:

La presente relazione rappresenta l'elaborato tecnico-descrittivo con funzione di verifica della compatibilità idraulica del progetto dell'impianto fotovoltaico e di descrizione delle misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica. Come riportato al capitolo 2, ai fini del calcolo dei volumi previsti ci si attiene alla normativa di riferimento: **“Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico”; nello specifico al punto 7 - Criteri e accorgimenti tecnici per la realizzazione delle misure per l'invarianza idraulica (art. 9).**

Per i calcoli si utilizza il “Metodo diretto italiano”, caso particolare derivato dal metodo italiano dell'invaso (Supino 1929, Puppini 1932) e appartenente alla classe dei metodi dell'invaso lineare.

Esso permette di calcolare direttamente i volumi d'invaso necessari, mantenendo costante il coefficiente udometrico al variare del coefficiente d'afflusso medio ponderale dell'area.

Si rimanda al capitolo 4.2 per l'approfondimento di tali aspetti.

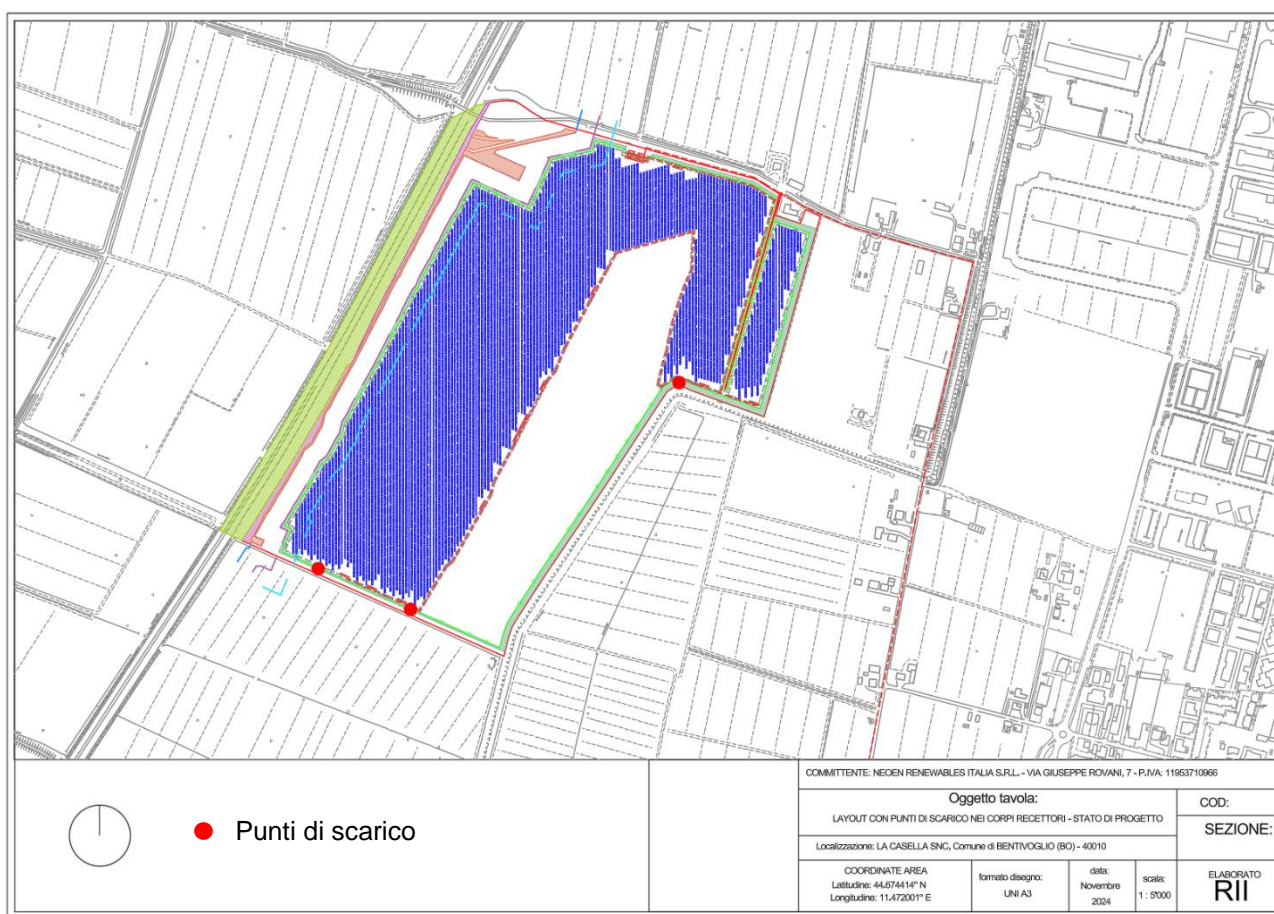
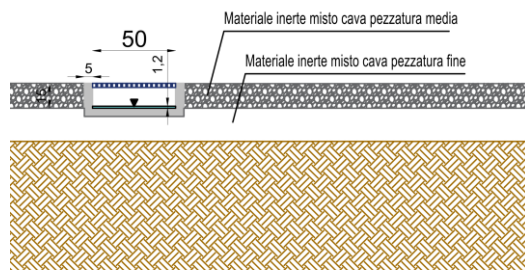
La rete di drenaggio esistente a margine del lotto di intervento verrà mantenuta alle condizioni Ante Operam. Vengono individuati come recettori lo scolo Lorgana Inferiore a sud-est e il colatore esistente a sud-ovest, inquadrati e descritti al capitolo 4.

In natura della modesta acclività del terreno e della presenza di alcune zone in lieve depressione, la gestione idraulica del lotto trasformato avverrà attraverso le 7 vasche di laminazione precedentemente descritte. Le vasche saranno collegate in serie mediante canalette di attraversamento della viabilità interna.



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 48 di  
51



**Figura 14 – Nuovo layout con punti di scarico nei corpi recettori**

Non si prevedono tubazioni di scarico. Si individuano 3 punti di immissione delle acque meteoriche dove vengono predisposti scarichi a stramazzo Bazin. Ai fini del loro dimensionamento si considerano i volumi calcolati.

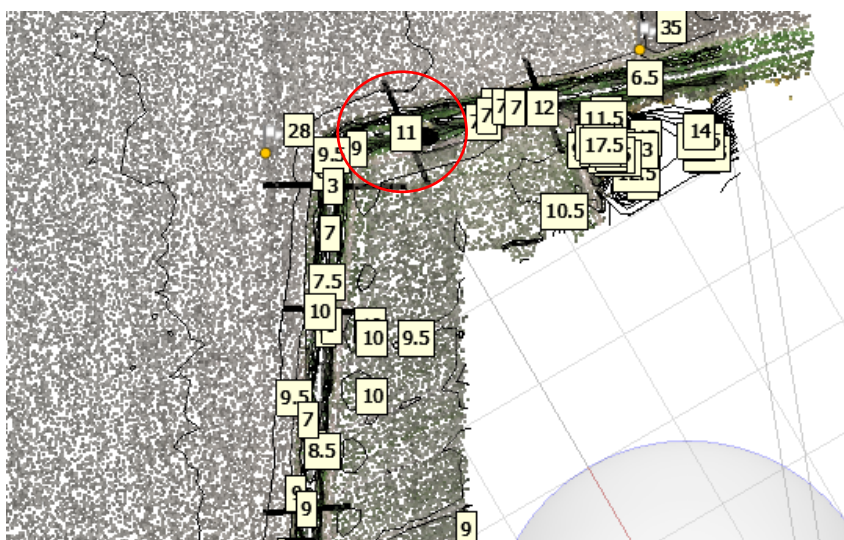
w [mc/ha]	W [mc]	Sup. progetto [ha]	h [m]
123,87	5.508,56	44,47	0,012



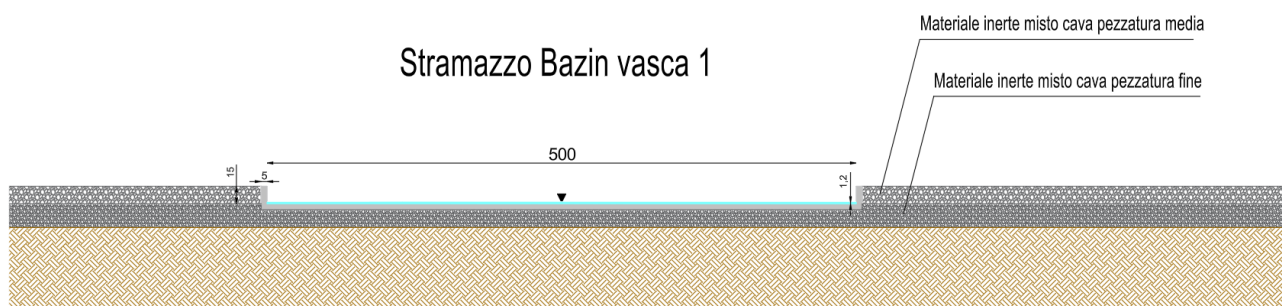
**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 49 di  
51

1. Lato est sullo scolo Lorgana Inferiore in corrispondenza della sezione 11. Tale scarico sarà a servizio della vasca 1.



Stramazzo Bazin vasca 1



Bacino 1			
Cds (parete grossa)	L [m]	h [m]	g [m/s2]
0,385	<b>5,00</b>	0,012	9,81
Sup. [m2]	69712		

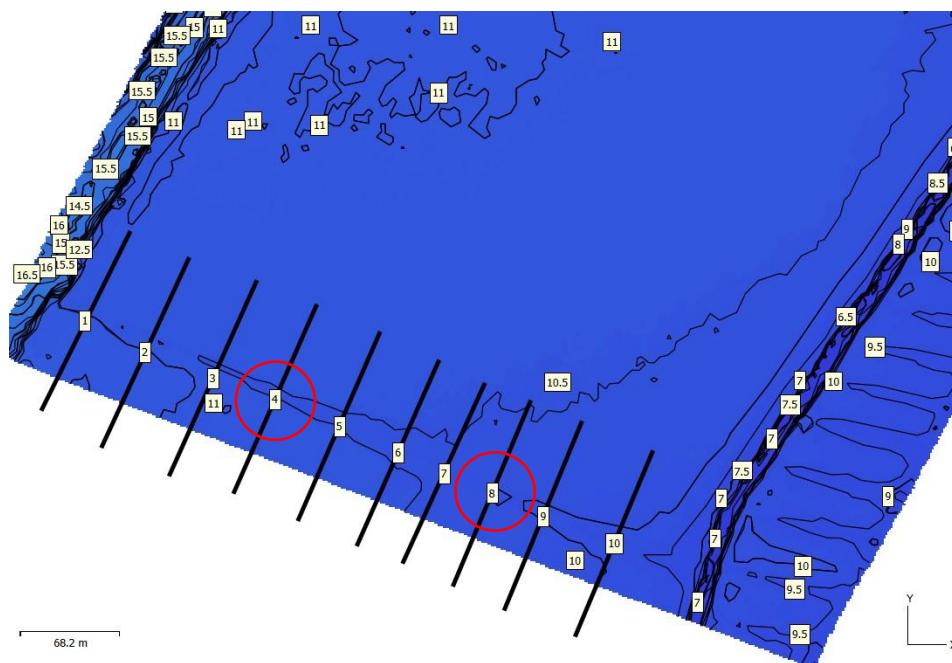


**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

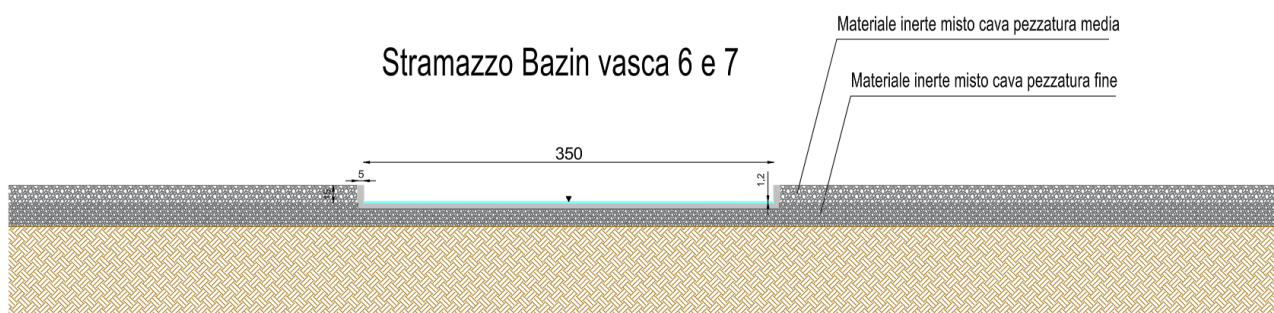
Pag 50 di  
51

H viabilità[m]	0,15
Volume [m3]	863,53
Portata [m3/s]	0,01
t svuotamento [ore]	20

2. Lato sud in corrispondenza delle sezioni 4 e 8. I due scarichi saranno a servizio delle vasche 6 e 7.



**Stramazzo Bazin vasca 6 e 7**





**PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DA 24,99 MWp**  
Comune di Bentivoglio  
**P.A.U.R. per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico di  
potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza  
nominale in immissione pari a 24,0 MW**  
**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

Pag 51 di  
51

Bacini 2-3-4-5-6-7			
Cds (parete grossa)	L [m]	h [m]	g [m/s <sup>2</sup> ]
0,385	<b>14,00</b>	0,012	9,81
Sup. [m <sup>2</sup> ]	194430		
H viabilità[m]	0,15		
Volume [m <sup>3</sup> ]	2408,43		
Portata [m <sup>3</sup> /s]	0,03		
t svuotamento [ore]	20		