

# **COMUNI DI BARICELLA E MALALBERGO**

**- CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA -**

**RELAZIONE IDRAULICO – IDROLOGICA INVARIANZA IDRAULICA**

**Progetto Definitivo**

*Progetto per la realizzazione di impianto fotovoltaico, ricadente nei territori comunali di  
Baricella e Malalbergo, con una potenza di picco pari a 51.807,28 kWp*

**Ditta: HORIZONFIRM S.r.l.**

**Data: Novembre 2023**



**Dott. Geol. Ignazio Giuffrè**

Via Mazzini, 9 - 90018 Termini Imerese (PA) Tel. 338.4373063  
P. IVA: 04698200823 E Mail – ignazio.giuffre@gmail.com



# COMUNI DI BARICELLA E MALALBERGO

- CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA -

RELAZIONE IDRAULICO – IDROLOGICA INVARIANZA IDRAULICA

## Progetto definitivo

*Progetto per la realizzazione di impianto fotovoltaico, ricadente nei territori comunali di Baricella e Malalbergo, con una potenza di picco pari a 51.807,28 kWp*

### **Premessa**

Il presente lavoro costituisce parte integrante di un progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico, ricadente nei territori comunali di Baricella e Malalbergo, con una potenza di picco pari a 51.807,28 kWp, eseguito per conto della ditta: *HorizonFirm S.r.l.*

L'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli, nell'ambito del PIANO STRALCIO PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO, ha emanato 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 artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano" che è stata adottata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/2 del 20 ottobre 2003 e s.m.i., come modificata dalla Variante di



coordinamento PGRA-PAI, adottata dal C.I. con delibera 2/2 del 7/11/2016 e lo studio in oggetto è stato redatto seguendo i dettami della stessa.

A tal proposito è importante precisare il significato di alcune definizioni.

Per **invarianza idraulica** si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate o di nuova urbanizzazione nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.

Il concetto di invarianza idraulica deve essere distinto dalla invarianza idrologica e Sistemi di Drenaggio Urbano Sostenibile (SUDS). Per **invarianza idrologica** si intende il principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione. Per **Sistemi di Drenaggio Urbano Sostenibile** si intende un sistema di gestione delle acque meteoriche urbane, costituito da un insieme di strategie, tecnologie e buone pratiche volte a ridurre i fenomeni di allagamento urbano, a contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici ricettori mediante il controllo “alla sorgente” delle acque meteoriche, e a ridurre il degrado qualitativo delle acque.

Il lavoro è stato, quindi, articolato sviluppando il seguente schema:

1. inquadramento territoriale ed opere previste in progetto;
2. obiettivi;
3. computo volumi di compensazione per l'invarianza idraulica;
4. descrizione sistema di laminazione;
5. conclusioni.

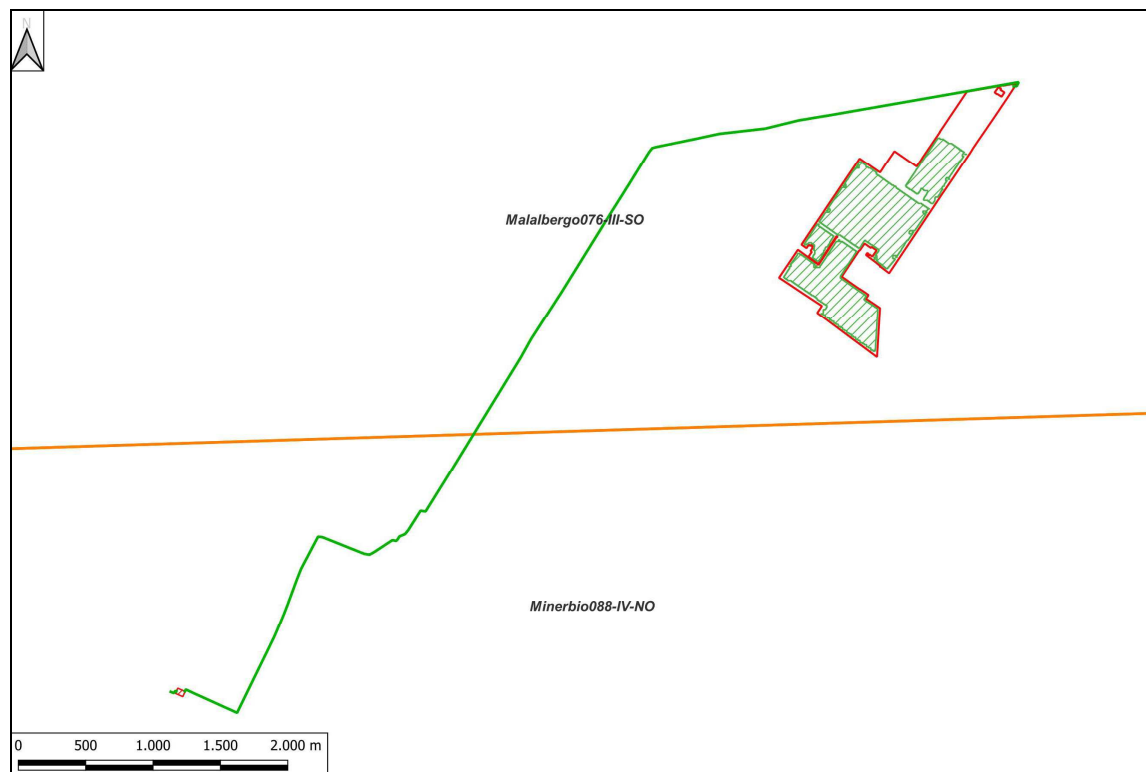


## 1. Inquadramento dell'area ed opere previste in progetto

L'area oggetto del presente studio è localizzata nel settore centro settentrionale dell'Emilia Romagna e circa 20 km a nord est di Bologna.

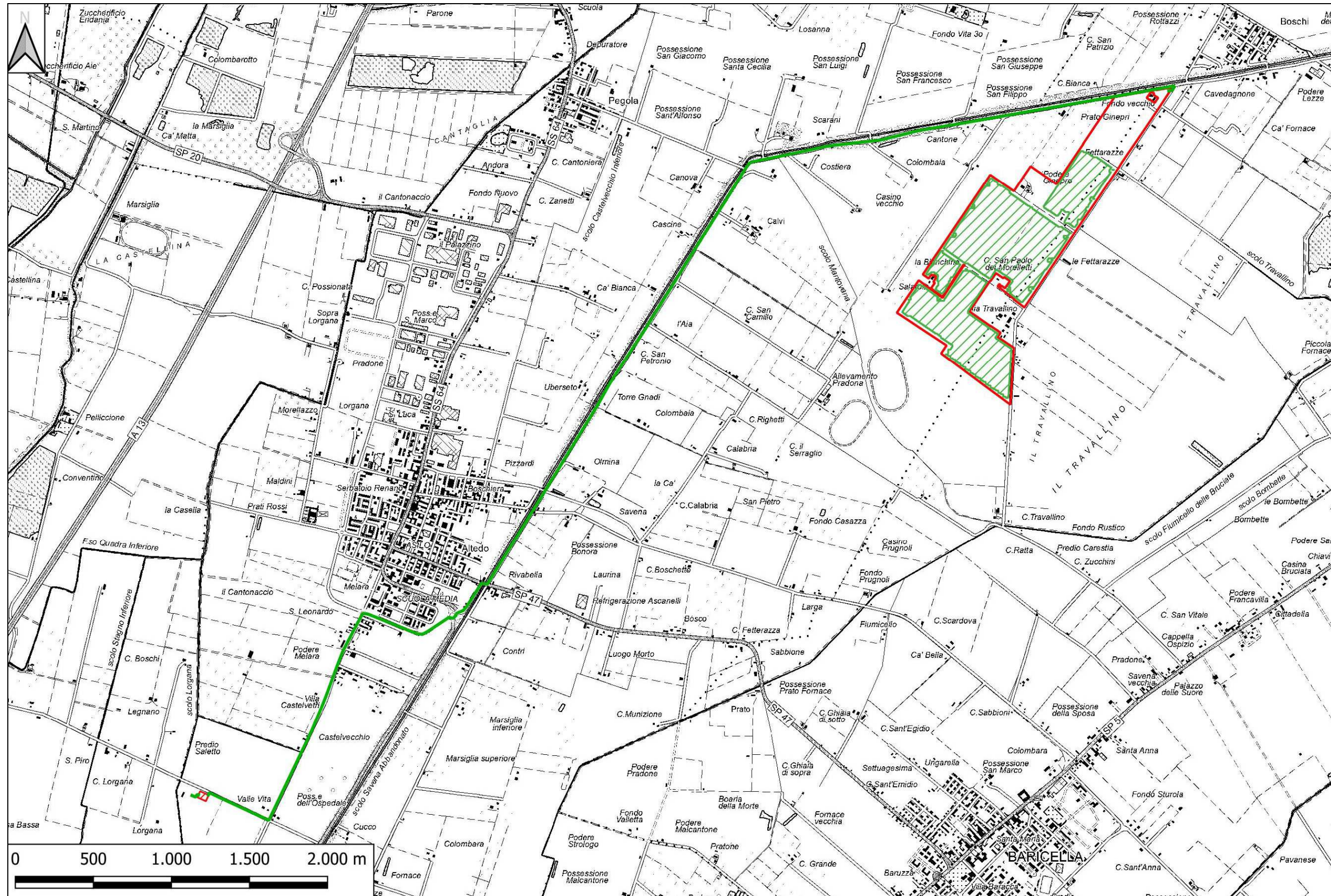
Il parco fotovoltaico sarà realizzato nell'ambito agricolo dei comuni di Baricella e Malalbergo, in località *Travallino*, in provincia di Bologna. Il cavidotto interrato MT di collegamento tra il parco fotovoltaico e la CP attraverserà i comuni di Baricella e Malalbergo, mentre la CP sarà realizzata interamente su aree del comune di Altedo.

Topograficamente, il sito rientra nelle Tavolette "*Malalbergo*", Foglio n° 76, Quadrante III, Orientamento S. O. e "*Minerbio*", Foglio n° 88, Quadrante IV, Orientamento N. O., redatte dall'I.G.M.I. alla scala 1:25.000 e ricade nella Sezione 203100 e 203110 della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000.



*Quadro d'unione tavolette IGMI in scala 1:25.000*





Stralcio Tavoleta IGMI in scala 1:25.000





Stralcio CTR in scala 1:10.000 – Area impianto

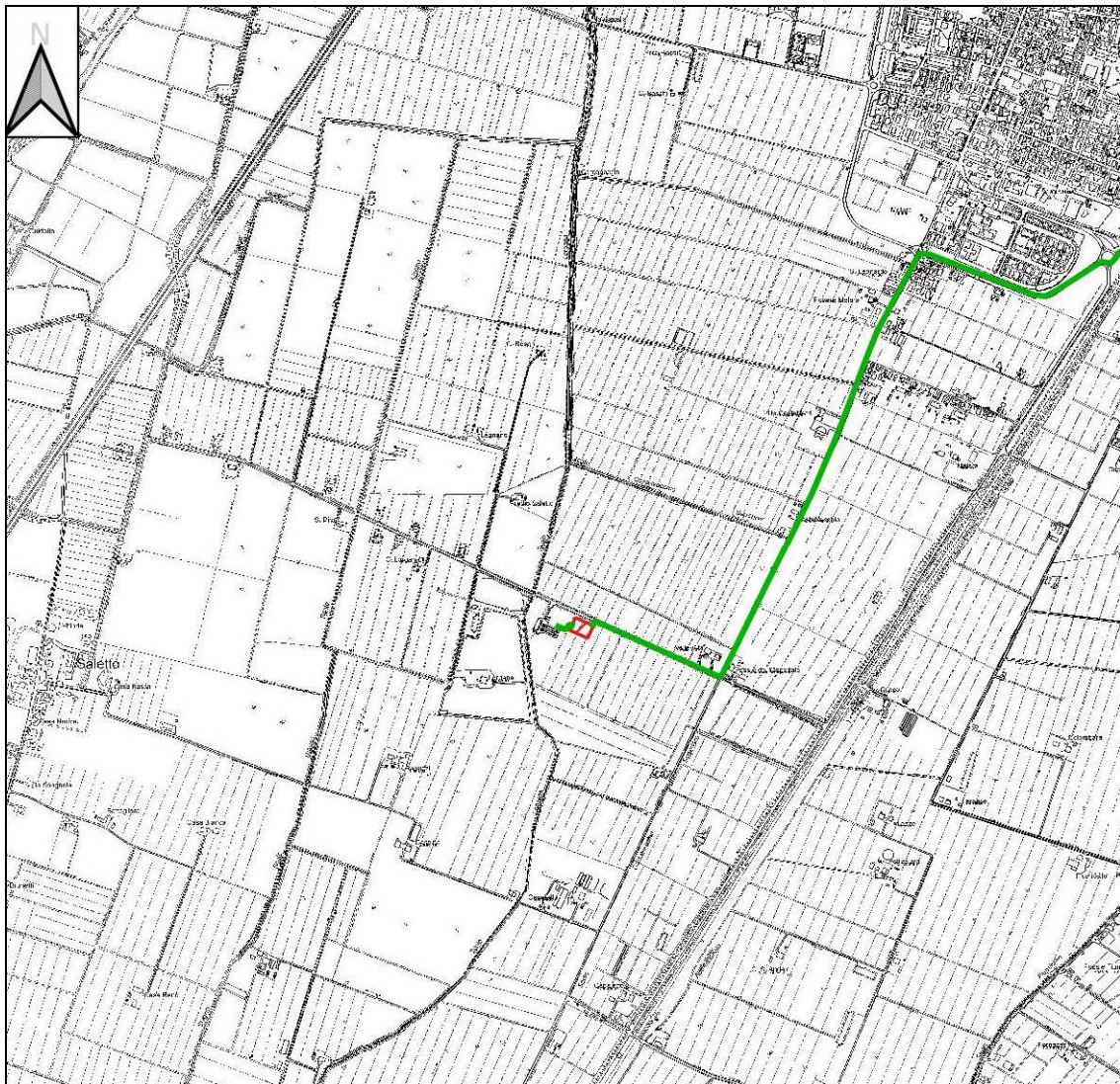








L'impianto ricadrà su lotti di terreno distinti al N.T.C. di Baricella Foglio 21 particelle 46, 47, 66, 111, 112, 622, 624, ed al Foglio 12 particelle 1, 37, 45, 46, 66, 67 e 68 e al N.T.C. di Malalbergo Foglio 43, particelle 58, 60, 61, 62 e 63, al Foglio 44 particelle 3, 6 (porzione pari a 0,3605 ettari), 8 (porzione pari a 0,1101 ettari), 9 (porzione pari a 0,0942 ettari), 25 (porzione pari a 0,4005), 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 52, 55, 56, 59 e 172; ed al Foglio 45 particelle 1, 9, 12, 32, 34, 45, 57, 171, 174, 178, 179, 180 e 182 di estensione complessiva pari a Ha 98,3424 circa e le relative opere di connessione.



*Stralcio CTR in scala 1:10.000 – Area Stazione Elettrica Utente*





L'area è raggiungibile dalla Via Boschi. La viabilità interna al sito sarà garantita da una rete di strade interne in terra battuta (rotabili/carrabili), predisposte per permettere il naturale deflusso delle acque ed evitare l'effetto barriera.



*Stralcio Ortofoto in scala 1:10.000 – Area Stazione Elettrica Utente*

L'impianto ricadrà su un appezzamento di terreno posto ad un'altitudine media di 8 m. s.l.m., dalla forma poligonale regolare; dal punto di vista morfologico, il lotto è una superficie orograficamente omogenea prettamente pianeggiante. L'estensione





complessiva del terreno è circa 98,3424 ettari; sono considerati utili ai fini dell'installazione dell'impianto 82,5 ettari, mentre l'area occupata dalle strutture fotovoltaiche (area captante) risulta pari a circa 8,2 ettari, determinando sulla superficie catastale complessiva assoggettata all'impianto, un'incidenza del 8 % circa.

L'area, oggetto di studio, è un terreno rurale, attualmente coltivato a grano, e circondato da terreni agricoli caratterizzati prevalentemente dalla medesima coltura o da seminativo semplice.



*Layout impianto su Ortofoto*

L'intero impianto è composto da moduli fotovoltaici in silicio monocristallino da 710 Wp per un totale di 51.807.280 KWp. I moduli scelti sono in silicio monocristallino,





hanno una potenza nominale di 710 Wp e sono costituiti da 132 celle fotovoltaiche. Le strutture di sostegno dei moduli sono costituite da tubolari metallici in acciaio zincato a caldo opportunamente dimensionati, che vengono posizionati ad un'altezza di circa 1,30 m da terra, considerando un'inclinazione di circa 20°, ed un'altezza massima delle strutture di circa 3,85 m,. Tale struttura a reticolo viene appoggiata a pilastri di forma rettangolare di medesima sezione ed infissi nel terreno ad una profondità variabile in funzione delle caratteristiche litologiche del suolo.

Conformemente a quanto prescritto dal Distributore con preventivo di connessione alla rete del 10.02.2023 codice di rintracciabilità STMG 346271803, l'impianto verrà collegato in antenna con la sezione a 132 kV della Cabina Primaria AT/MT Altedo.

La nuova Stazione Elettrica Utente sarà realizzata su un'area libera di circa 2.300 m<sup>2</sup> posta in adiacenza all'esistente CP "Altedo" di E-Distribuzione nel territorio comunale di Malalbergo (BO). Il cavidotto di collegamento interrato MT tra Cabina di Raccolta del parco fotovoltaico e la Stazione Utente, avrà una lunghezza complessiva di circa 9,5 km e attraverserà i territori comunali di Baricella, di Malalbergo e la frazione di Altedo nel comune di Malalbergo, interessando in gran parte la viabilità locale (strade comunali) e percorrendo in canalina un attraversamento sulla SP 47.





## 2. Obiettivi

Come detto in premessa, l’Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli, nell’ambito del PIANO STRALCIO PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO, ha emanato 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 artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano”* che è stata adottata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/2 del 20 ottobre 2003 e s.m.i., come modificata dalla Variante di coordinamento PGRA-PAI, adottata dal C.I. con delibera 2/2 del 7/11/2016.

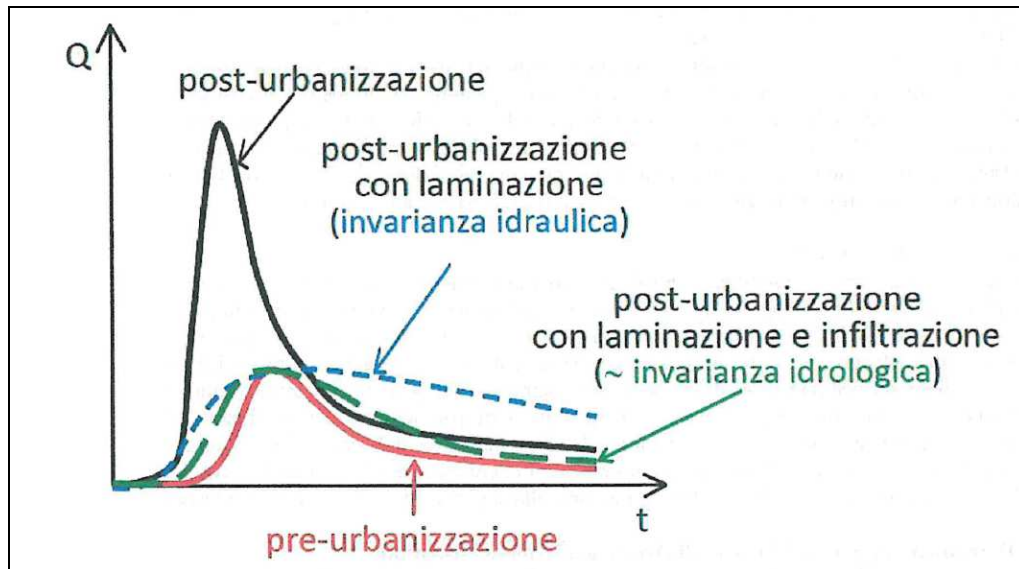
Secondo il principio di invarianza idraulica, le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali non devono risultare maggiori di quelli preesistenti all’urbanizzazione. Nelle aree urbanizzate, infatti, l’incremento delle portate legate allo stesso inurbamento, la progressiva eliminazione delle aree di libera esondazione e la conseguente drastica delimitazione degli alvei hanno condotto situazioni di gravi criticità, con decisi incrementi delle frequenze di allagamento e dei conseguenti danni connessi alle cose e alle persone.

Tecnicamente l’invarianza idraulica si ottiene, prevalentemente, con la laminazione dei volumi di piena.

Con il fenomeno della laminazione, dunque, viene effettuato l’attenuazione del colmo della portata di un’onda di piena. Ciò viene effettuato con l’utilizzo di strutture di accumulo, la cui funzione principale è quella di provvedere alla detenzione dei volumi di piena e di rilasciarli in maniera controllata.

Nella figura di seguito rappresentata, vengono mostrati gli effetti dell’urbanizzazione e della laminazione su un idrogramma.

In particolare, è evidente come l’urbanizzazione (a causa dell’impermeabilizzazione delle superfici) determini un’amplificazione del picco dell’idrogramma. Al contrario la laminazione crea un’attenuazione del picco dell’idrogramma, dal momento che il volume viene rilasciato su un intervallo di tempo maggiore.



*Effetti dell'urbanizzazione e della laminazione su un idrogramma*





### 3. Computo volumi di compensazione per l'invarianza idraulica

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. È 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.

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:

$$w = w^0(\varphi/\varphi^0)^{(1/(1-n))} - 15I - w^0P$$

essendo

- $w^0$ = coefficiente udometrico prima della trasformazione, imposto pari a 50 mc/ha;
- $\varphi$ = coefficiente di deflusso dopo la trasformazione;
- $\varphi^0$ =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);





- I = quota dell'area di progetto che viene interessata dalla trasformazione (I); vengono incluse anche le aree che non vengono pavimentate con la trasformazione, ma vengono sistemate e regolarizzate;
- P = 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

Il volume così ricavato è espresso in mc/ha e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento (superficie territoriale, St), a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata. Per la stima dei coefficienti di deflusso  $\phi$  e  $\phi^0$  si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\Phi^0 = 0.9 \text{ Imp}^0 + 0.2 \text{ Per}^0$$

$$\Phi = 0.9 \text{ Imp} + 0.2 \text{ Per}$$

in cui *Imp* e *Per* 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>).

In Tabella si riportano le risultanze ottenute, sulla base delle considerazioni sopra effettuate.

Simbolo	U.M.	Valore
Imp <sub>0</sub>	-	10.00%
Perm <sub>0</sub>	-	90.00%
Imp	-	12.36%
Perm	-	87.64%
$\Phi_0$	-	0.27
$\Phi$	-	0.29
W <sub>0</sub>	m <sup>3</sup> /ha	50
n	-	0.48
I	-	12.36%
P	-	87.64%
W	m <sup>3</sup> /ha	10.39
	m <sup>3</sup>	856.8

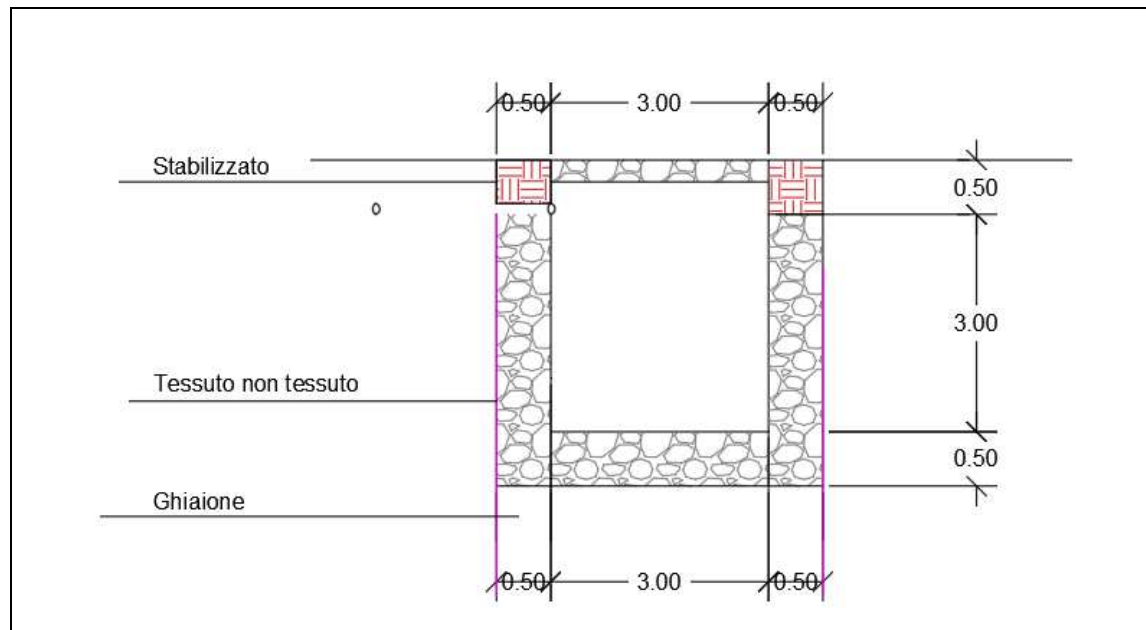
**Tabella 1- Risultanze ottenute**

Per cui il volume totale di laminazione è di circa **860 m<sup>3</sup>**.



#### 4. Descrizione sistema di laminazione

Il sistema di laminazione è costituito da 41 pozzi perdenti di diametro da 3.00 m e altezza di 3.00 m, con volume utile di circa 21.12 m<sup>3</sup> ciascuno e con caratteristiche riportate in Figura.



*Sezione tipologica pozzo perdente*

La portata in uscita dal pozzo è determinabile mediante la relazione di Sieker:

$$Q_f = \frac{K}{2} \left( \frac{L+z}{L+z/2} \right) n\pi \left[ \left( \frac{D}{2} + \frac{z}{2} \right)^2 - \frac{D^2}{4} \right]$$

In cui:

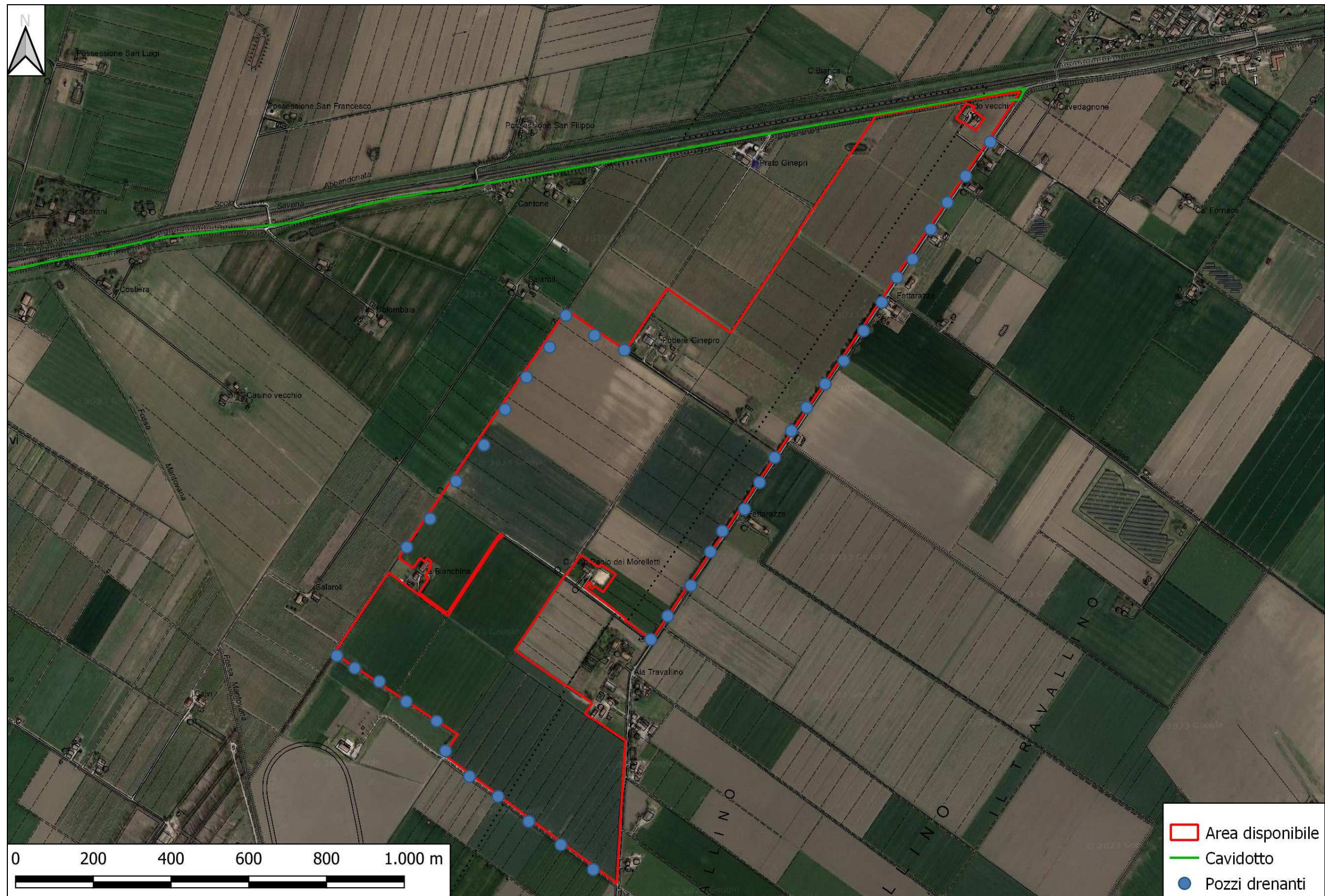
- K: rappresenta la conducibilità idraulica, posto pari a 11<sup>-5</sup> [m/s];
- L: rappresenta la distanza dal fondo del pozzo alla falda;
- z: rappresenta l'altezza idrica all'interno del pozzo;
- n: rappresenta il numero dei pozzi;
- D: rappresenta il diametro del pozzo.



La portata di filtrazione ottenuta è pari a 0.18 l/s. Per cui il tempo di svuotamento dell'intero volume del pozzo (21.12 m<sup>3</sup>) è pari a circa 53 ore, per cui si garantisce una laminazione di almeno 48 ore.

In Figura si riporta il layout del sistema di laminazione dell'impianto.





Layout sistema di laminazione dell'impianto in scala 1:10:000





### **13. Conclusioni**

Nel presente elaborato, in ottemperanza a quanto disposto dalla “*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 artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano*” che è stata adottata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/2 del 20 ottobre 2003 e s.m.i., come modificata dalla Variante di coordinamento PGRA-PAI, adottata dal C.I. con delibera 2/2 del 7/11/2016, è stata eseguito uno studio specialistico riguardo l’invarianza idraulica.

Il principio dell’invarianza idraulica, definisce che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio e/o invaso di un’area debba essere costante prima e dopo la trasformazione dell’uso del suolo in quell’area. Di fatto, l’unico modo di garantire tale principio, è quello di prevedere volumi di stoccaggio temporaneo.

Pertanto, le acque meteoriche che cadono al suolo durante un evento di pioggia devono essere opportunamente raccolte e restituite al loro ciclo naturale, favorendone lo smaltimento in loco attraverso l’infiltrazione naturale nel terreno.

Il progetto è stato sviluppato nell’ottica di minimizzare l’invarianza delle componenti idrologiche - idrauliche, in particolare si riportano i principali accorgimenti:

- gli impianti verranno installati sul terreno in assenza di pavimentazione, ragione per cui, al di fuori delle aree di impronta dei pilastri di sostegno, non si genera variazione della permeabilità del suolo;
- l’installazione inoltre non prevede il ricorso ad opere in calcestruzzo come plinti o travi di fondazione che potrebbero impermeabilizzare porzioni ulteriori di suolo;
- i trackers, ruotando, comportano una distribuzione delle acque meteoriche che intercettano su una superficie che varia con il grado di rotazione, attenuando i fenomeni di erosione localizzata.

Dai calcoli svolti i volumi da laminare sono pari a circa **860 m<sup>3</sup>**.





Il sistema di laminazione progettato, è costituito da 41 pozzi perdenti di diametro da 3.00 m e altezza di 3.00 m, con volume utile di circa 21.12 m<sup>3</sup> ciascuno.

Termini Imerese, Novembre 2023

