

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO  
DENOMINATO "SAN GIULIANO", DI POTENZA NOMINALE PARI A 80 MW  
INTEGRATO DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DA 100MW, SITO NEL**



**RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA**

<b>Società proponente</b>	CERO ITALY PROJECTS 1 S.R.L.	<b>Progettazione</b>	ETERNA S.R.L.
<b>Revisione</b>	00	<b>Data</b>	20/12/2023
<b>Redatto</b>	Dott. Ing. Daniele Cianciolo		

**INDICE**

1	INTRODUZIONE .....	3
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOMORFOLOGICO .....	3
3	DOCUMENTAZIONE VINCOLISTICA PAI .....	6
4	ANALISI IDROLOGICA.....	6
5	VALUTAZIONE DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA .....	8
4.2.	Misure idrauliche di mitigazione .....	11
4.3.	Realizzazione di trincee drenanti su fossi perimetrali.....	12
4.4.	Interventi per il mantenimento della permeabilità del terreno.....	13
6	CONCLUSIONI.....	14

## 1 INTRODUZIONE

Il presente studio è redatto al fine di definire la compatibilità idraulica per la realizzazione di un impianto agrivoltaico con strutture fisse e le relative opere connesse (infrastrutture impiantistiche e civili), ubicato nel Comune di Butera (CL), in contrada Strada e San Giuliano i lotti a Est, Contrada inviata i lotti a Ovest e contrada Pozzilo per lo Storage.

Al fine di mantenere l'equilibrio e l'assetto naturale del sistema idraulico e idrogeologico del contesto di riferimento e di impatto dell'intervento, si sono condotte le opportune verifiche e si sono prospettate azioni e interventi compatibili e sostenibili, improntate al principio dell'invarianza idraulica e idrogeologica dell'area di sito, con specifico riferimento al DPCM del 7 Marzo 2019 (Norme di attuazione del Piano di Gestione Rischio Alluvioni) ed in ottemperanza agli indirizzi applicativi di cui alla direttiva AdB prot. 6834 11/10/2019 e al successivo DDG n.102 DRU/AdB del 23/6/2021.

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOMORFOLOGICO

L'impianto agrivoltaico è inserito all'interno di un'area di progetto estesa complessivamente 224,74 ha. La superficie coperta dalle strutture è pari a circa 43,67 ha inserite all'interno di un'area recintata di impianto di circa 138,20 ha.

Ai fini del presente Studio, per "area di impianto" si intende lo spazio recintato sul quale verranno installate le strutture, per "area di progetto" l'intera area oggetto d'intervento.

Le aree oggetto di studio, si collocano nel settore centro meridionale della Sicilia, precisamente all'interno del territorio comunale di Butera (CL). In generale, queste zone, presentano una morfologia sub-pianeggiante, che ben si accorda con le litologie prevalentemente argillose, marnose e sabbiose che conferiscono uniformità al paesaggio, a cui si alternano però, sporadiche ondulazioni e qualche rottura di pendenza, dovute alla presenza di affioramenti di calcarei del Messiniano. L'impianto agrivoltaico è inserito all'interno di un'area di progetto estesa complessivamente 224,74 ha, distinta in, Lotto Ovest e Lotto Est1, Lotto Est2 e Lotto Est3.

- Lotto Ovest che si sviluppa con una direzione prevalentemente N-NW nella porzione più a sud e un andamento prevalentemente E-SE nella porzione più settentrionale. Presenta una quota minima di 252m s.l.m. che si trova nel settore a Est e una quota massima di 305m s.l.m., localizzata nella porzione più a Sud dell'area. Le pendenze variano dai 5° fino a un massimo di 15° nella porzione meridionale del lotto. In esso sono presenti vie di impluvio;

- Lotto 1 Est presenta una direzione circa N-NE, con una quota minima di 372 m s.l.m, situata nella porzione più a Nord dell'area e una quota massima di 394 m s.l.m., nella parte più a Sud. Le pendenze sono in gran

parte del lotto inferiori ai 5° fatta eccezione della porzione meridionale in cui raggiungono i 10°. Vi è la presenza di una via di impluvio.

- Lotto 2 Est presenta una direzione prevalentemente E-W, presenta una quota minima di 353 m s.l.m. posta nella punta estrema NE dell'area e una quota massima di 395 m s.l.m. posta poco più a Sud. I lineamenti vanno da sub-pianeggianti con pendenze inferiori a 5° a lievemente collinari in cui raggiungono i 10° in una piccola porzione di lotto. È segnato da un impluvio e solchi di ruscellamento.

- Lotto 3 Est presenta una direzione circa W-SW nel settore orientale e una direzione E-SE nella porzione settentrionale con una quota minima di 338 m s.l.m. situata nella porzione meridionale dell'area e una quota massima di 420 m s.l.m., nella parte Nord Occidentale. La morfologia è sub-pianeggiata, con pendenze inferiori a 5°, in tutta la porzione orientale del lotto, fatta eccezione della parte Occidentale in cui l'andamento è prevalentemente collinare con pendenze superiori ai 10°, fino a 20° in sporadiche zone. Vi è la presenza di un impluvio e solchi di ruscellamento.

Il progetto pertanto si compone di quattro macro aree più l'area dello storage individuabili alle seguenti coordinate geografiche:

Lotto Ovest\_Latitudine 37°13'17.26"N, Longitudine 14° 05'12.38"E - Quota altimetrica media - 290 m s.l.m;

Lotto Est 1\_Latitudine 37°15'27.53"N, Longitudine 14°13'23.58"E - Quota altimetrica media – 380 m s.l.m;

Lotto Est 2\_Latitudine 37°14'17.85"N, Longitudine 14°13'38.29"E - Quota altimetrica media - 370 m s.l.m;

Lotto Est 3\_Latitudine 37°13'33.56N, Longitudine 14°13'44.14"E - Quota altimetrica media - 358 m s.l.m;

Storage\_Latitudine 37°11'8.77"N, Longitudine 14°13'49.93"E - Quota altimetrica media - 260 m s.l.m.



Figura 2.1 Tipologia terreni sito oggetto di studio

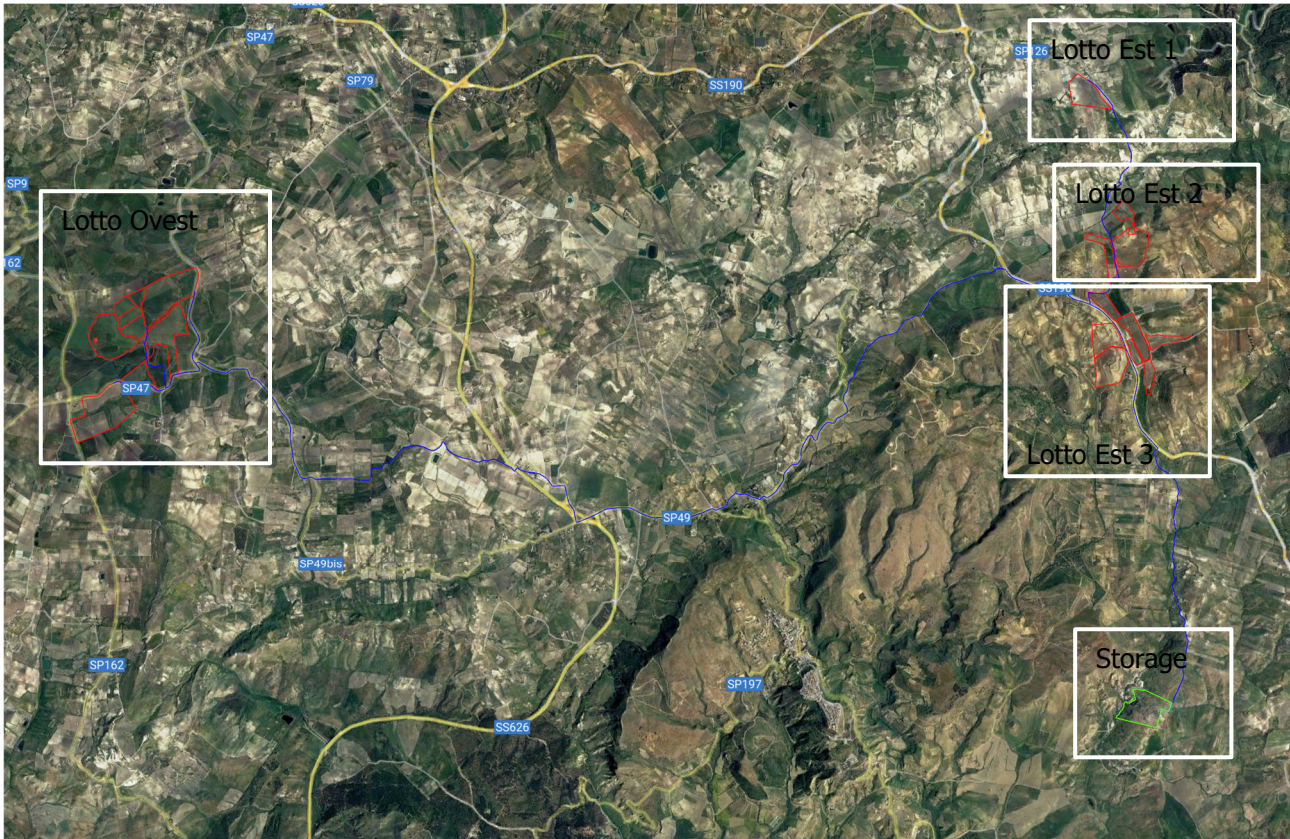


Figura 2.2 Individuazione delle aree oggetto di studio. In rosso le aree di progetto, in blu il cavidotto e in verde lo storage.

L'area di progetto ricade all'interno della Provincia di Caltanissetta, nel Comune di Butera (fuori dal centro abitato) in una zona a vocazione agricola, nello specifico il Lotto Est, dista 8,5 km dal centro abitato, e il lotto Ovest a 5 km dal centro abitato.

Gli altri centri abitati vicini alle aree di progetto sono: Riesi che dista 4,5 km a Nord dal Lotto Ovest e Mazzarino distante 4,5 km a Nord dal Lotto Est.

L'area di progetto Ovest è raggiungibile attraverso la SP47, il Lotto Est è raggiungibile tramite la SS190 e lo storage è raggiungibile dalla SP81.

### 3 DOCUMENTAZIONE VINCOLISTICA PAI

Sulla base della documentazione P.A.I. – Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (Piano Territoriale di Settore, strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d’uso riguardanti la difesa del rischio idrogeologico; redatto ai sensi dell’art. 17 della L.183/89, dell’art. 1 del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell’art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L.365/2000);

Dal punto di vista idraulico, sulla base degli studi e delle carte redatte per il P.A.I., l’area di progetto non ricade presso aree a rischio di esondazione e pertanto non si colloca in zone classificate a Pericolosità e Rischio Idraulico.

### 4 ANALISI IDROLOGICA

Per quanto riguarda i dati degli eventi estremi, si è deciso di adottare le serie dei massimi annuali di durata fissata (1, 3, 6, 12 e 24 ore) della stazione di Butera (la più vicina all’area oggetto di studio), attualmente disponibili, non continuativamente, per il periodo 1978-2014, sul sito della Protezione Civile, che restituisce i valori delle costanti per ciascun tempo di ritorno.

<b>STAZIONE METEO</b>	<b>BUTERA</b>	
<b>BACINO</b>	<b>075_01/TORRENTE COMUNELLI</b>	
Fonte dei dati:	Annali Idrologici (tab. III)	
COORD X, Y (ETRS89)	426982	4117161
COORD Lat, Long	37,19806	14,17722
QUOTA (m slm)	390	
ZONA DI ALLERTA	E	

Figura 4.1 Stazione pluviometrica di Butera

Stima altezze di Pioggia (Gumbel)						
$h = Kt \cdot a \cdot d^n$						
a = 25,593                      n = 0,243						
Tempo di ritorno	Kt	1h	3h	6h	12h	24h
2 ANNI	0,912	23	30	36	43	51
5 ANNI	1,383	35	46	55	65	77
10 ANNI	1,694	43	57	67	79	94
20 ANNI	1,993	51	67	79	93	110
50 ANNI	2,380	61	80	94	111	132
100 ANNI	2,670	ND	ND	ND	ND	ND
200 ANNI	2,959	ND	ND	ND	ND	ND

Figura 4.2      Dati stazione pluviometrica Butera

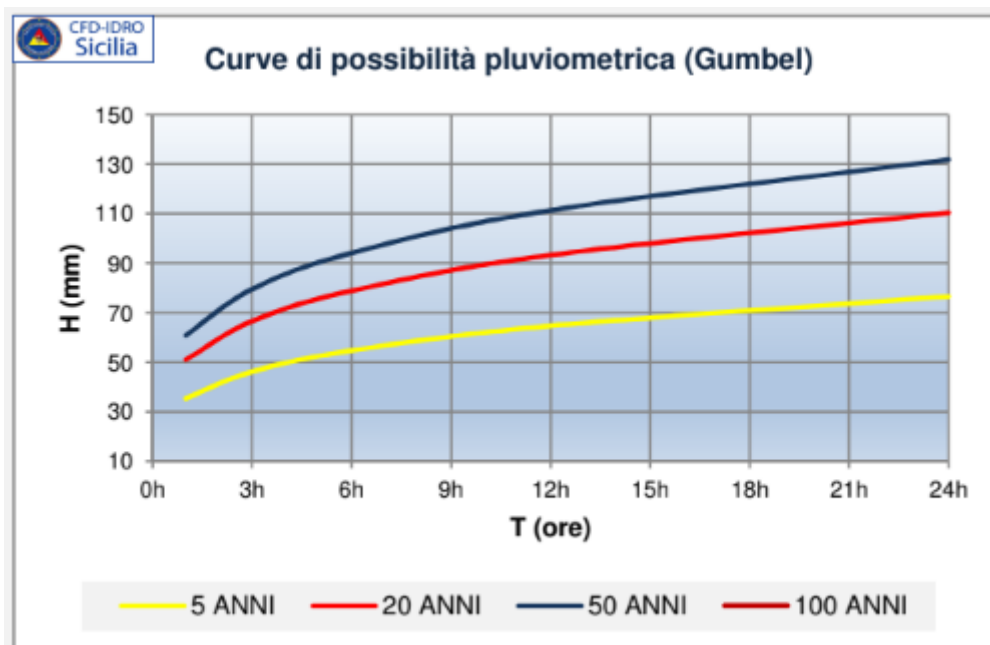


Figura 4.3      Curve di possibilità pluviometrica Butera

## 5 VALUTAZIONE DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA

Nel presente capitolo si effettua un'analisi di raffronto con stimato valore del coefficiente di deflusso sia nella fase dello stato di fatto, che nella previsione progettuale futura.

Nello specifico si è fatto riferimento al Decreto della Regione Sicilia, D.D.G. n.102 del 23/06/2021 – Allegato 2 – Indirizzi tecnici per la progettazione di misure di invarianza idraulica e idrologica.

In via cautelativa, per lo stato ante operam, si prende in considerazione il seguente coefficiente di deflusso  $\varphi$ , riportato nel suddetto DDG:

- Incolto e uso agricolo  $\varphi = 0$

Invece, per il calcolo dei diversi coefficienti di deflusso post operam, si è utilizzata da letteratura la tabella di seguito riportata.

Tabella 5.1: Valori del coefficiente di deflusso. Allegato 1 della legge regionale 29 aprile 2015, n.11 (Disciplina organica in materia di difesa del suolo e di utilizzazione delle acque) del Friuli-Venezia Giulia.

Uso del suolo	$\varphi$
Tetti a falde	0.90-1.00
Tetti metallici	0.90-1.00
Tetti a tegole	0.80-0.90
Tetti piani con rivestimento in cls	0.70-0.80
Tetti piani ricoperti di terra	0.30-0.40
Coperture piane con ghiaietto	0.80-0.90
Coperture piane seminate ad erba	0.20-0.30
Rivestimenti bituminosi	0.90-1.00
Pavimentazioni asfaltate	0.80-0.90
Pavimentazioni con asfalto poroso	0.40-0.50
Massicciata in strade ordinarie	0.40-0.80
Pavimentazioni di pietra o mattonelle	0.80-0.90
Lastricature miste, clinker, piastrelle	0.70-0.80
Lastricature medio-grandi con fughe aperte	0.60-0.70
Strade e marciapiedi	0.80-0.90
Superfici semi-permeabili	0.60-0.70
Strade in terra	0.40-0.60
Rivestimenti drenanti, superfici a ghiaietto	0.40-0.50
Viali e superfici inghiaiate	0.20-0.60
Zone con ghiaia non compressa	0.10-0.30
Superfici boscate	0.10-0.30
Superfici di giardini e cimiteri	0.10-0.30
Prati di campi sportivi	0.10-0.20
Terreni coltivati	0.20-0.60
Terreni incolti, sterrati non compatti	0.20-0.30
Prati, pascoli	0.10-0.50



Il coefficiente di deflusso dell'intera area di interesse è stato calcolato come media pesata dei coefficienti di deflusso delle aree omogenee costituenti il bacino analizzato:

$$\varphi = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i A_i}{A_{tot}}$$

Dove  $\varphi_i$  sono i coefficienti di deflusso delle aree elementari omogenee  $A_i$ .

La valutazione del coefficiente di deflusso si è svolta per le condizioni *ante e post operam*.

Con riferimento alla Tabella 5.I, come detto si è attribuito a queste aree un coefficiente di deflusso pari a 0 corrispondente al valore cautelativo tabellato per terreno incolto e uso agricolo.

Le informazioni appena illustrate relative all'area di progetto nella condizione *ante operam* vengono sintetizzate in Tabella 5.II.

Tabella 5.II: Condizioni ante-operam

Utilizzo suolo Ante-Operam				
	Area Totale Lato Ovest [ha]	Area Totale Lato Est [ha]	Coeff. Deflusso $\phi$	Note
Area di intervento	<b>127.160</b>	<b>97.580</b>	0	Valore incolto e uso agricolo riportato in Allegato 2 del DDG 102 del 23/06/2021
<b>Media ponderata</b>			<b>Totale <math>\phi</math></b> <b>0.00</b>	

In condizioni post operam, invece, si avrà una variazione dell'uso del suolo del lotto per effetto della realizzazione dell'impianto in progetto. In particolare, le superfici avranno la destinazione d'uso riportata in Tabella 5.III, in accordo a quanto indicato negli elaborati progettuali. Per ciascuna di queste superfici, facendo riferimento alla Tabella 5.I, si è individuato il pertinente coefficiente di deflusso.

**RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA**  
**IMPIANTO AGRIVOLTAICO – SAN GIULIANO**

Tabella 5.III: Condizioni post-operam

Utilizzo suolo Post-Operam				
	Area Lato Ovest [ha]	Area Lato Est [ha]	Coeff. Deflusso $\phi$	Note
Area totale	127.160	97.580		Area totale
Proiezione strutture trackers	25.30	18.36	0.40	Valore riportato in Normativa cautelativamente aumentato
Cabine	0.11	0.11	1.00	Superficie impermeabile
Piazzale cabine	0.14	0.10	1.00	Superficie impermeabile
Viabilità interna	6.01	4.95	0.60	Valore cautelativo superfici inghiaiate
Fascia di mitigazione	8.70	12.89	0.30	Valore medio superfici giardini
Piante aromatiche	0.00	6.49	0.30	Valore medio superfici giardini
Prato di leguminose	38.24	21.65	0.30	Valore medio superfici giardini
Mandorleti	26.63	16.36	0.30	Valore medio superfici giardini
Pescheti	0.41	0.00	0.30	Valore medio superfici giardini
Albicoccheti	1.36	0.00	0.30	Valore medio superfici giardini
Uliveti	0.00	1.79	0.40	Valore medio superfici giardini
Aree libere da intervento	20.26	14.88	0.20	Valore ante operam cautelativamente aumentato
	<b>Totale Lato Ovest <math>\phi</math></b>	<b>Totale Lato Est <math>\phi</math></b>		
<b>Media ponderata</b>	<b>0.320</b>	<b>0.322</b>		

\* Si è fatto riferimento al seguente documento del Consorzio di Bonifica del Veneto Orientale: "Criteri e procedure per il rilascio di concessioni, autorizzazioni, pareri, relativi ad interventi interferenti con le opere consorziali, trasformazioni urbanistiche, e sistemazioni idraulico-agrarie" che suggerisce di adottare per impianti fotovoltaici su terreno senza pavimentazioni un coefficiente di deflusso pari a 0,30.

Si evidenzia, dunque, che la realizzazione dell’impianto comporta un aumento del coefficiente di deflusso che passa da un valore di 0 che compete alle condizioni ante operam, a dei valori medi totale di 0,320 Lato Ovest e 0,322 Lato Est, riferiti alle condizioni post-operam.

#### **4.2. Misure idrauliche di mitigazione**

Si prevede la realizzazione di opere di compensazione che abbiano sia la funzione di favorire l’infiltrazione nel terreno, che di accumulare temporaneamente i volumi di pioggia, offrendo un effetto di laminazione delle portate eccedenti, in modo da garantire l’invarianza idraulica.

Per il calcolo dei volumi minimi da laminare si fa riferimento alla formula riportata nel DDG 102 del 23/06/2021 – Allegato 2, adottando nello specifico il metodo semplificato delle piogge secondo cui il volume di laminazione è espresso dalla seguente relazione:

$$V_{max} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left( \frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} \cdot \left( \frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

dove:

- Vmax è il volume di invaso necessario per non superare la portata limite allo scarico;
- S è la superficie scolante a monte dell’invaso di laminazione
- $\varphi$  è coefficiente di deflusso medio ponderale dell’area drenante;
- a ed n sono i parametri delle curve di possibilità pluviometrica riferiti ad un tempo di ritorno di 50 anni (il coefficiente “a” è stato calcolato considerando anche il coefficiente maggiorativo K $\tau$ );
- Q<sub>IMP</sub> è la portata limite ammessa allo scarico (in m<sup>3</sup>/s) corrispondente ad un coefficiente udometrico pari a 20 l/s per ettaro di superficie impermeabilizzata dall’intervento di urbanizzazione.

Dalle elaborazioni, si ottengono i seguenti valori:

Tabella 5.IV: Calcolo volumi di laminazione – fonte DDG 102/2021 – Allegato 2

ID AREA	Superficie (ha)	$\varphi$	$a = a \cdot K\tau$	n	Q <sub>IMP</sub> (m <sup>3</sup> /s)	V <sub>MAX</sub> (m <sup>3</sup> )
Butera Lato Ovest	127.16	0,319	60,911	0,243	2.543	<b>2399.21</b>
Butera Lato Est	97.58	0,323	60,911	0,243	1.952	<b>1881.06</b>

### 4.3. Realizzazione di trincee drenanti su fossi perimetrali

Al fine di assicurare l'invarianza idrologica e idraulica del sito in oggetto, si prevede la **realizzazione di fossi perimetrali con inserimento di trincee drenanti** al loro interno mediante l'approfondimento dello scavo fino a 1.00 m al di sotto della base minore della sezione trapezoidale del fosso, con successivo riempimento in materiale arido drenante e rivestimento con telo in tessuto non tessuto in modo da evitare il progressivo interrimento della frazione fine all'interno della trincea.

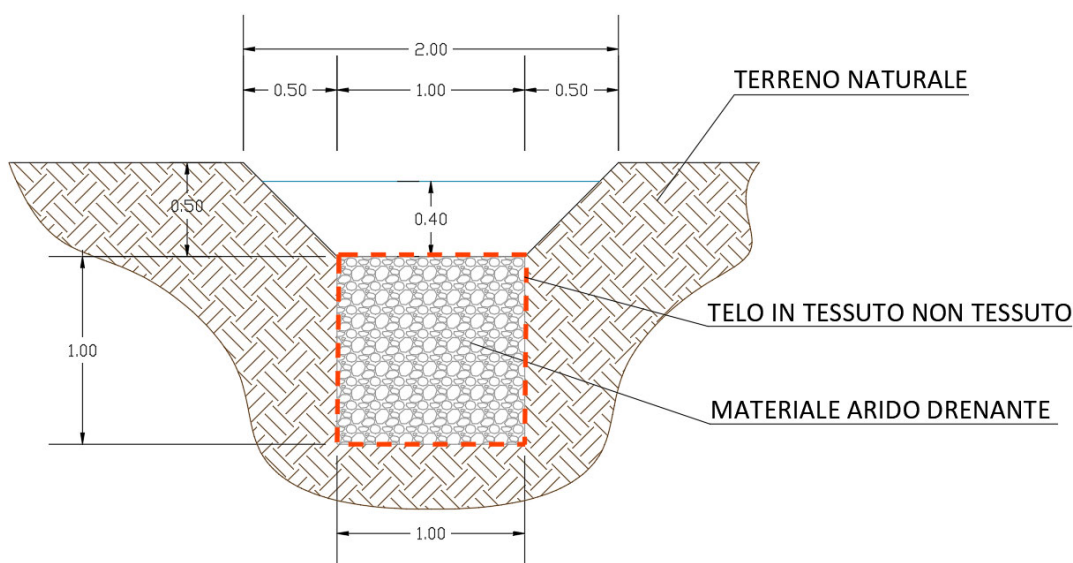


Figura 5.1 Sezione trasversale sistema fossi + trincee

Per il calcolo del volume di invaso si fa riferimento ad un'altezza idrica massima all'interno del fosso pari a 40cm consentendo un franco di sicurezza del 20%.

Tabella 5.V: Calcolo opere di compensazione idraulica per la laminazione dei volumi in eccesso

Zona impianto	H fosso [h]	H fosso riempimento 80% [h]	Area utile fosso [m <sup>2</sup> ]	Area utile trincea drenante (indice dei vuoti) [m <sup>2</sup> ]	Area utile sistema fossi + trincee [m <sup>2</sup> ]	Lunghezza min. sistema fossi + trincee per compensazione [m]	Lunghezza sistema fossi + trincee da progetto [m]
Butera Lato Ovest	0.5	0.4	0.55	0.40	0.95	2525.48	2530
Butera Lato Est	0.5	0.4	0.55	0.40	0.95	1980.06	2000

Zona impianto	Volume compensazione da progetto [m <sup>3</sup> ]	V <sub>MAX</sub> Volume minimo calcolo laminazione (DDG 102/2021) [m <sup>3</sup> ]	Risultato verifica
Butera Lato Ovest	2403.5	2399.21	Verifica soddisfatta
Butera Lato Est	1900	1881.06	Verifica soddisfatta

Tale soluzione, consente di aumentare la capacità drenante del suolo garantendo l'infiltrazione delle acque nel terreno oltre che assicurare un effetto di laminazione dovuto ad un rilascio graduale per gravità delle portate accumulate, sfruttando la naturale pendenza del terreno. Inoltre tale soluzione costituisce un sistema chiuso, pertanto i volumi accumulati verranno rilasciati gradualmente per infiltrazione dopo l'evento di piena, scongiurando sovraccarichi al corpo idrico ricettore.

Per mezzo di tale soluzione, pertanto, risultato rispettato il principio di invarianza idrologica e idraulica del sito, in accordo al DPCM del 07/03/2019 e al DDG n.102 DRU/AdB del 23/06/2021.

#### 4.4. Interventi per il mantenimento della permeabilità del terreno

Al fine di agevolare il drenaggio e l'aerazione del terreno oltre che accrescere la capacità di ritenzione idrica del suolo, dopo la messa in opera dell'impianto fotovoltaico, verranno eseguite tra i filari dei moduli, le seguenti attività:

- Aratura del terreno;
- Rippatura di affinamento;

Per mantenere una buona permeabilità del terreno, si prevede con cadenza annuale, indicativamente nel mese di Settembre, di eseguire la rippatura con ripuntatore, ad una profondità di 40-50 cm.

Si prevedono inoltre due sfalci all'anno.

Tutte le lavorazioni indicate verranno realizzate con macchina cingolata e non gommata, questo per ridurre fenomeni di costipazione del terreno.

## 6 CONCLUSIONI

Alla luce delle verifiche di non sussistenza di zone soggette a pericolosità ed a rischio idraulico in corrispondenza del sito oggetto di studio ed in seguito ai calcoli idrologici ed idraulici, è possibile concludere quanto segue:

Il raffronto tra le condizioni ante e post-operam evidenzia come la realizzazione dell'impianto comporti un aumento del coefficiente di deflusso medio del sito di progetto che, nello specifico, passa dal valore ante operam pari a 0 (valore cautelativo tabellato dal DDG 102/2021 per terreno incolto o ad uso agricolo) a dei valori di 0,320 (Lato Ovest) e 0,322 (lato Est) riferiti alle condizioni post-operam.

Si prevede, pertanto, l'inserimento di opere di compensazione costituite nello specifico da fossi di guardia, in modo da captare efficacemente le acque di ruscellamento superficiale.

Le opere di compensazione, così calcolate, costituiscono un sistema chiuso che di fatto non sovraccarica idraulicamente il corpo idrico recettore, consentono di stoccare i volumi in eccesso derivanti dalla realizzazione delle opere e di far infiltrare per gravità le acque negli strati più profondi del terreno, garantendo l'invarianza idraulica dell'intero sistema progettuale.

Le sopracitate opere di mitigazione e compensazione idraulica hanno quindi la funzione di laminare le portate eccedenti ed escludere la velocizzazione dello smaltimento delle acque fuori dal perimetro progettuale. Ai fini dell'invarianza idraulica ed alla scelta degli interventi di mitigazione idraulica ci si è attenuti alle linee guida del DPCM del 07/03/2019 ed in particolare al D.D.G. DRU e AdB n. 102/2021 con particolare riferimento a quanto indicato nell'allegato 2.

Si prevede, di effettuare delle operazioni di manutenzione sia sulle opere idrauliche di progetto che sugli attuali recapiti finali mediante sfalcio di erbacce e ripristino della piena funzionalità idraulica, al fine di garantire un corretto drenaggio dei volumi ed evitare ostruzioni al libero deflusso delle acque. Per mantenere una buona permeabilità del terreno, si prevede inoltre, con cadenza annuale, di eseguire la rippatura con ripuntatore, ad una profondità di 40-50 cm.

Alla luce delle analisi effettuate, si può infine affermare che il sito risulta geomorfologicamente ed idraulicamente compatibile per la realizzazione delle opere in progetto.

Catania 20/12/2023

