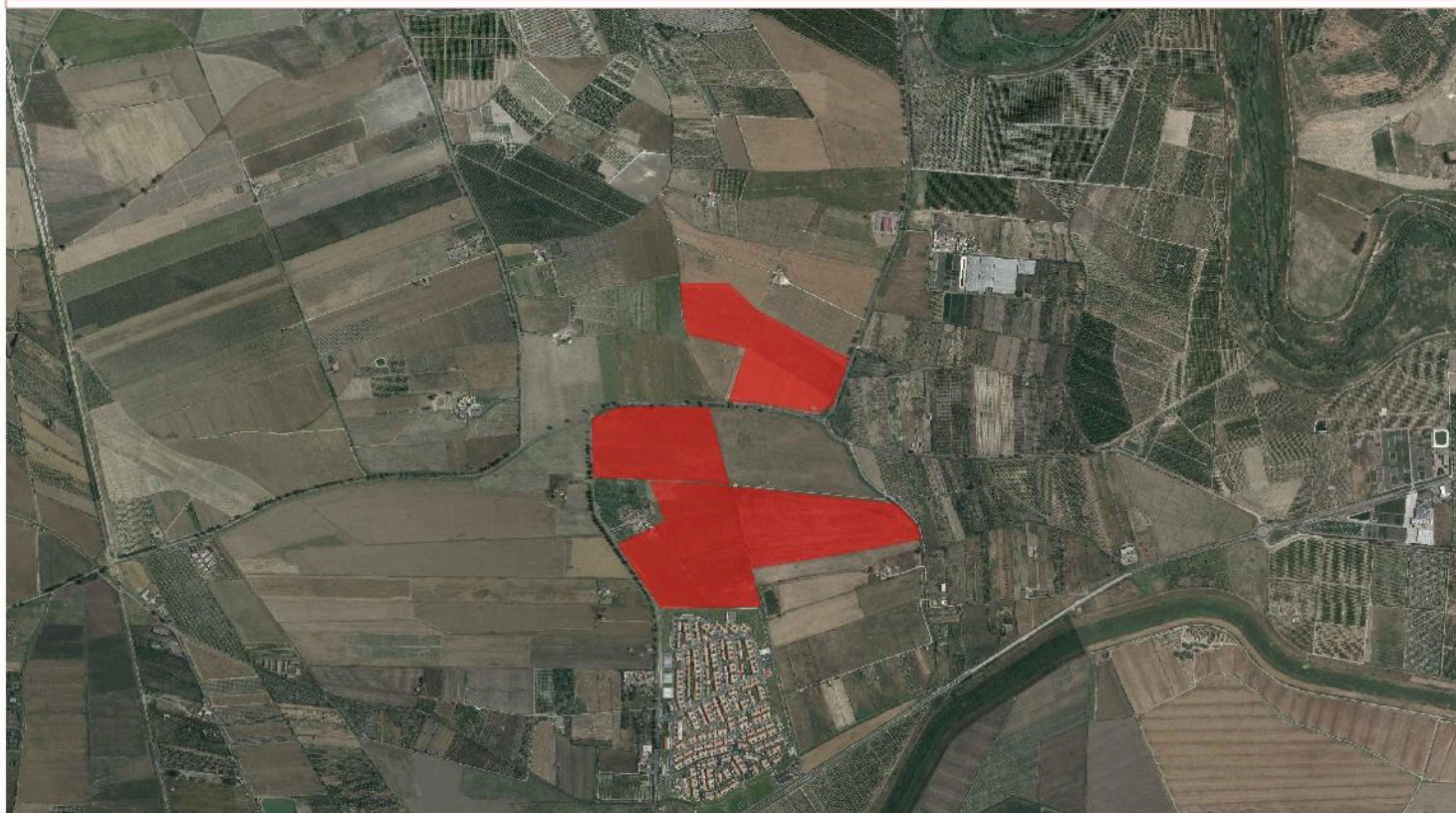


Provincia di CATANIA - Comune di BELPASSO



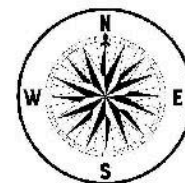
DATA	REV	REDATTO	VERIFICATO	RIESAMINATO	OGGETTO REVISIONE
06/02/2024	00	Mauro Giordanella	Mauro Giordanella	S.C./P.G.F.	Prima emissione

Committente:

X-ELIO+

X-ELIO BELPASSO S.R.L.
Corso Vittorio Emanuele II n.349
00186 Roma (RM)
P.IVA: 16952761001
www.x-elio.com/italy

Progettazione esecutiva:



GHOSTUDIOGROUP STP S.r.l.
Via Dott. Lino Blundo n.3
97100 Ragusa (RG)
P.IVA: 01635940883
www.geostudiogroup.net

<u>CODICE:</u>		<u>TITOLO:</u> Relazione di invarianza idraulica	
<u>Opera:</u> Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico denominato "LA ROSA" della potenza 44,681 MWp (40 MW in A.C.), con sistema di accumulo integrato da 20,25 MW e di tutte le opere connesse ed infrastrutture da realizzarsi nel Comune di Belpasso (CT).		<u>Progettista</u> Ing. Salvatore Camillieri	
<u>UBICAZIONE IMPIANTO</u> C.da Finocchiara - Belpasso (CT)		<u>Il Geologo</u> Dott. Privitera Garozzo Franco	
<u>DATA PRIMA EMISSIONE:</u> 06/02/2024	<u>SCALA:</u> -		

ANALISI GEOMORFOLOGICA-IDROGEOLOGICA E VERIFICA DELL'INVARIANZA IDRAULICA DELL'AREA SU CUI
INSISTE L'IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN PROGETTO, DENOMINATO
"LA ROSA", DA INSTALLARE IN CONTRADA FINOCCHIARA DEL COMUNE DI BELPASSO (CT)

1	Premessa.....	2
2	Inquadramento territoriale e descrizione sintetica del progetto.....	2
3	Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico dell'impianto del settore indagato.....	5
3.1	Inquadramento geologico	5
3.2	Inquadramento geomorfologico	6
3.3	Inquadramento idrogeologico.....	8
4	VERIFICA DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA	12
4.1	Premessa e stima del coefficiente di deflusso medio ponderato ante e post-operam	12
4.2	Valutazione dell'invarianza idrologico-idraulica delle aree oggetto di intervento (in accordo ai par. A2 e A4 della D.D.G. 102/2021).....	13
5	PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE.....	24
6	CONCLUSIONI	25

1 Premessa

La società X-ELIO Belpasso S.R.L., con sede in Corso Vittorio Emanuele II n.349 - 00186 Roma (RM), intende realizzare un impianto fotovoltaico della potenza totale di 40 MW_{ac}, con sistema di accumulo integrato da 20,25 MW, sito in c/da Finocchiarà del Comune di Belpasso (CT), Regione Sicilia.

Il progetto ha la finalità di realizzare un impianto solare per la produzione di energia elettrica attraverso l'installazione di moduli fotovoltaici in grado di convertire in energia elettrica la radiazione solare incidente sulla loro superficie ed immetterla nella rete elettrica nazionale.

La presente relazione, fornisce un'analisi geomorfologica e idrogeologica del territorio su cui insiste l'impianto in progetto, finalizzata alla verifica dell'invarianza idraulica del settore analizzato in accordo alla D.D.G. 102 del 23/6/2021. A seguito di un'analisi topografica, geologica e idrogeologica del settore oggetto di studio, scopo dell'elaborato sarà proprio il dimensionamento delle opere necessarie per garantire l'invarianza idrologica e idraulica dell'area interessata dall'intervento, secondo i vincoli e le prescrizioni fornite nella D.D.G. 102/2021. In particolare, è stata applicata la procedura descritta all'Allegato 2 *“Indirizzi tecnici per la progettazione di misure di invarianza idraulica e idrologica”* della norma sopra individuata.

2 Inquadramento territoriale e descrizione sintetica del progetto

L'impianto fotovoltaico denominato “La Rosa” verrà realizzato in c/da Finocchiarà nel Comune di Belpasso (CT), in adiacenza alla base militare di Sigonella, sulle aree censite al Catasto Terreni del Comune di Belpasso al Foglio n°98 p.lle n.802, 626 e al Foglio n°101 p.lle n. 45, 46, 86, 84, 85, 100, 101, 138, 139, 140, 141 e 142, con estensione complessiva di circa 674.169 m².

Si riportano di seguito delle immagini di inquadramento territoriale:

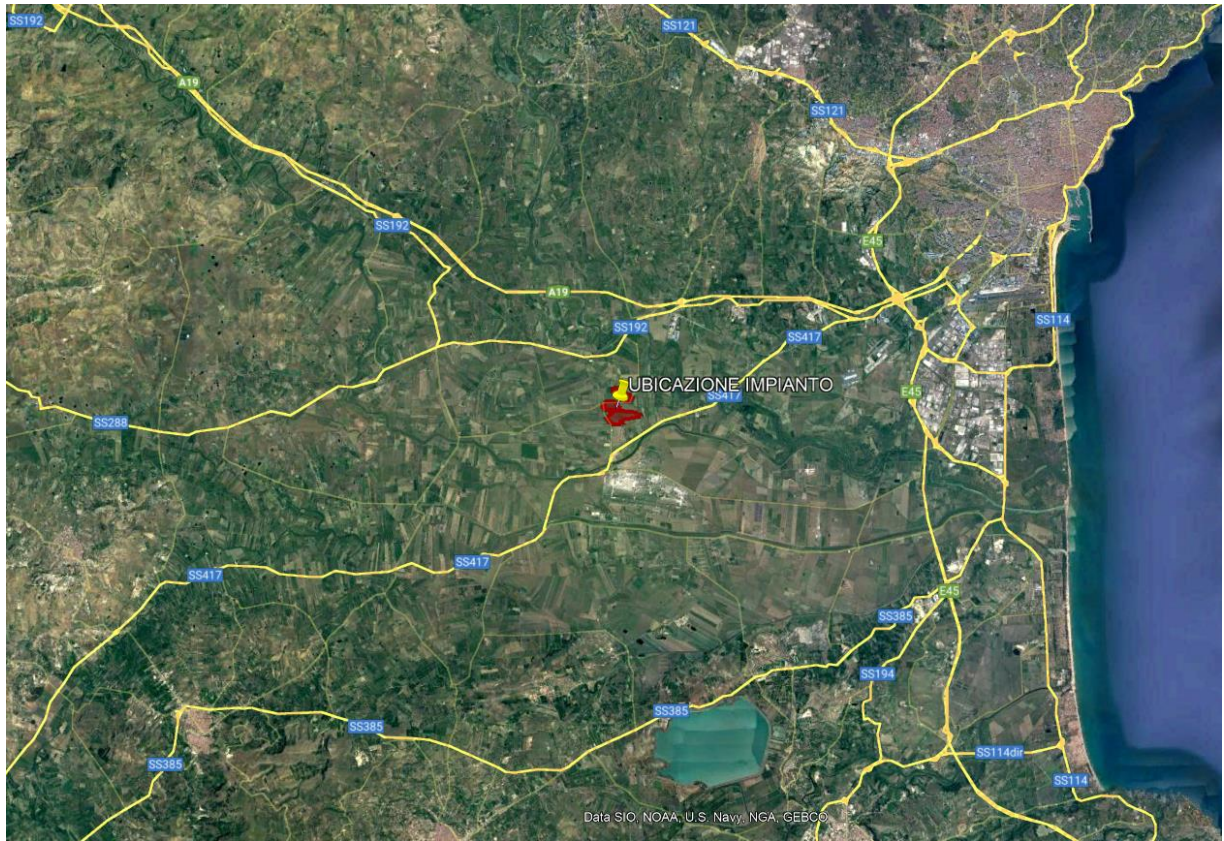


Figura 1 Ubicazione impianto – Inquadramento territoriale su larga scala da Google Earth

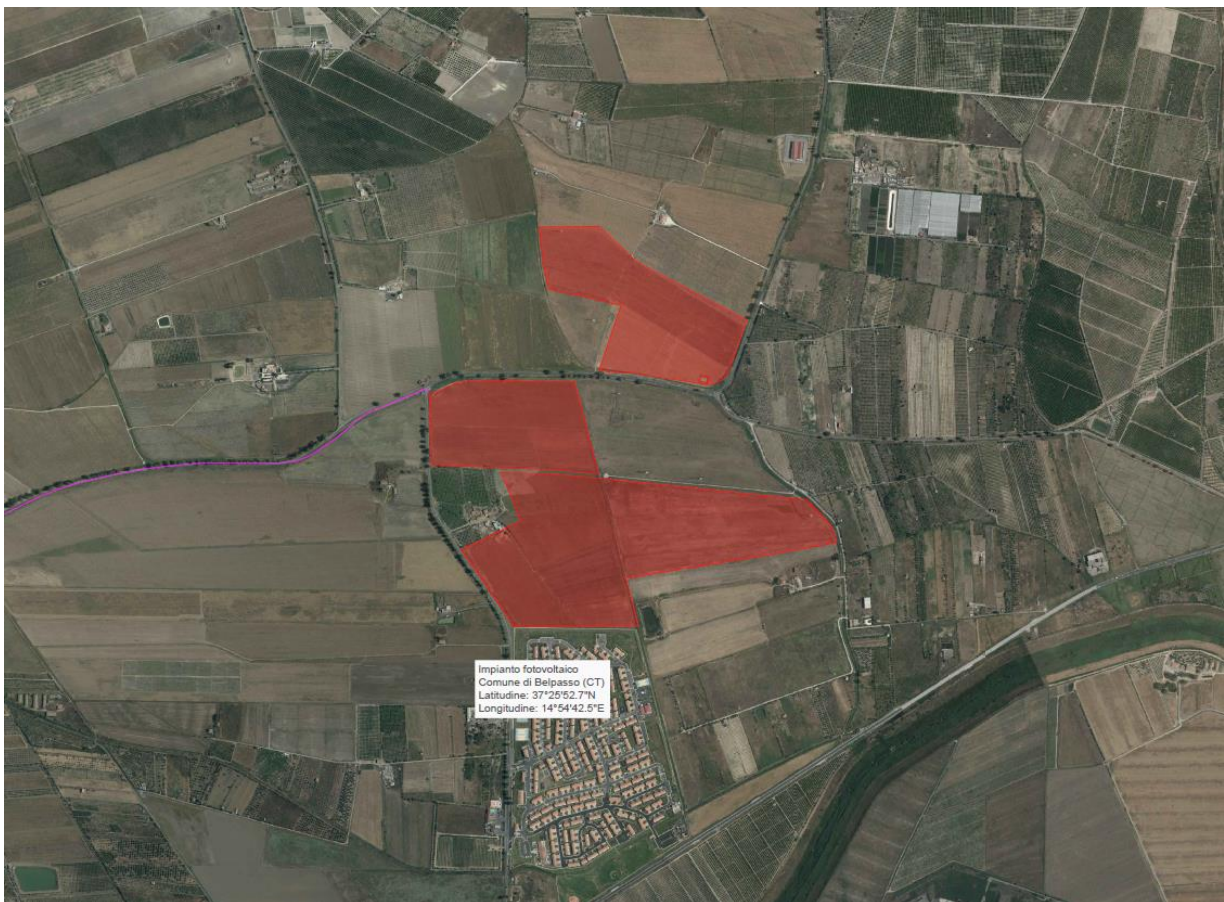
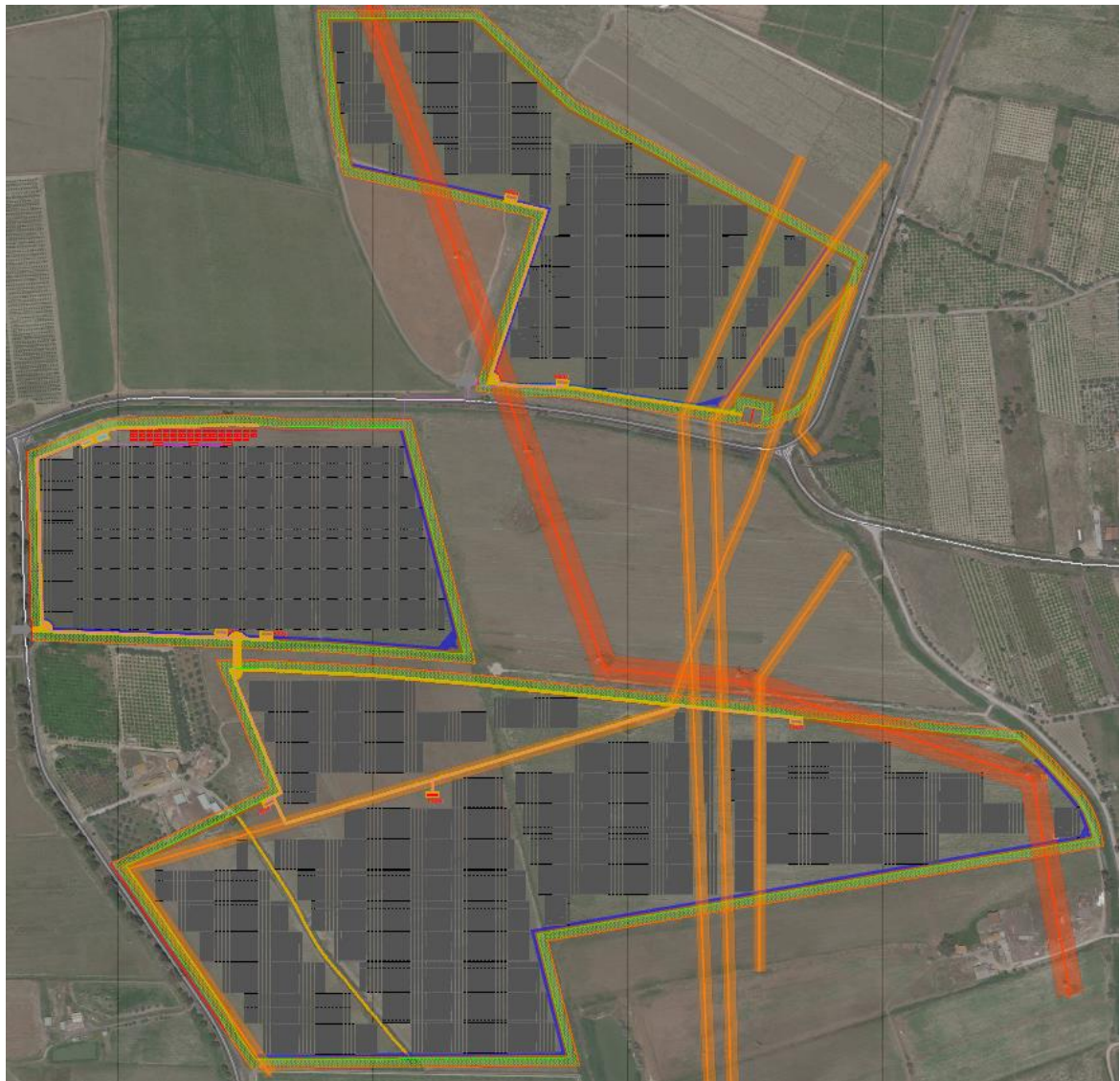


Figura 2 Ubicazione impianto – Inquadramento territoriale su scala ristretta (Estratto dall'elaborato progettuale "Inquadramento su ortofoto")

Nel suo complesso, il campo fotovoltaico sarà costituito dai seguenti componenti principali:

1. Fascia arborea con coltivazioni endemiche per il mascheramento visivo;
2. Recinzione metallica e cancello d'ingresso;
3. Viabilità interna;
4. Sistema di videosorveglianza;
5. Cabine di conversione/trasformazione;
6. Cabina di raccolta;
7. Accumulo BESS;
8. Trackers monoassiali;
9. Cavidotti interrati.

Si riporta di seguito un'immagine estratta dagli elaborati progettuali esemplificativa dello schema di impianto in progetto.



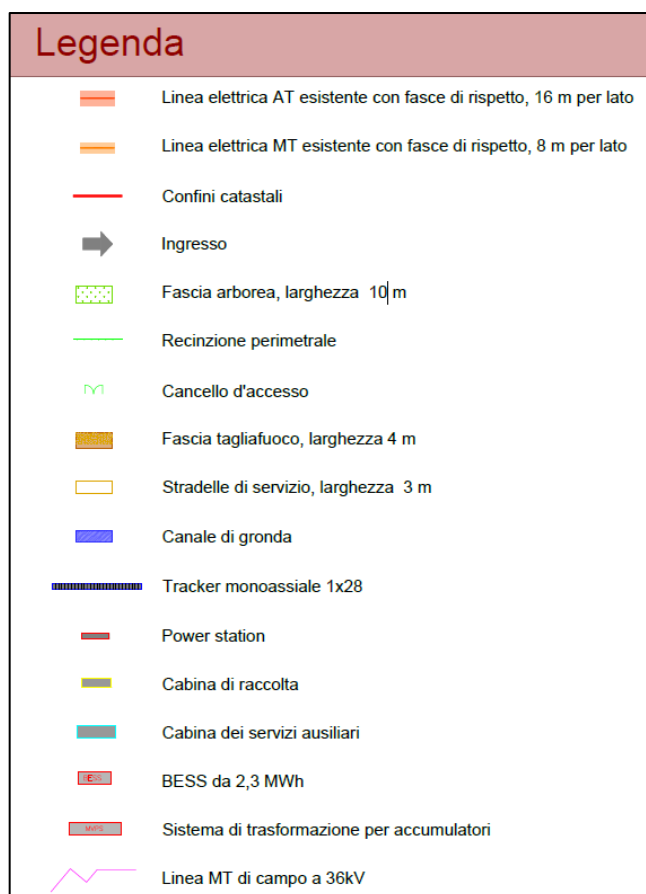


Figura 3 Componenti dell'impianto – Estratto dall'elaborato progettuale "Layout_impianto_FV_su_Ortofoto"

3 Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico dell'impianto del settore indagato.

3.1 Inquadramento geologico

L'area oggetto di studio ricade, dal punto di vista geologico-strutturale all'interno del bacino del Simeto, che presenta una conformazione geologica e strutturale estremamente complessa, determinata da sovrascorrimenti tettonici che, nel corso dell'evoluzione oro-epirogenetica della zona, hanno interessato la maggior parte delle formazioni geologiche affioranti. Si riconoscono essenzialmente otto "zone geologico-strutturali" con geometrie alquanto complesse e ancora oggi poco definite nel dettaglio; la nostra area ricade nella cosiddetta "Piana costiera alluvionale", dove un ampio bacino idrografico, che interessa l'intero panorama litologico della catena orientale siciliana, nel corso dell'ultimo milione di anni, ha costruito una pianura detritica in prossimità della foce, con accumulo dei materiali provenienti dai processi di erosione e trasporto.

Entrando nel particolare, la situazione litostratigrafica locale è caratterizzata, come risulta dalle indagini geotecniche effettuate in sito e restituite nell'elaborato dedicato "Relazione geologica e geologico-geotecnica", dall'alto verso il basso, dalla presenza di:

- Terreno vegetale: è costituito da limi debolmente sabbiosi scarsamente consistenti di colore rosso con inclusi numerosi ciottoli di dimensioni da millimetriche a centimetriche. Lo spessore è generalmente variabile tra 0,50 ed 1.00 m dal p.c. Detti terreni non sono idonei

- come terreni di fondazione e quindi dovranno essere totalmente asportati/superati in corrispondenza delle opere in progetto in modo da scaricare le tensioni sul substrato in posto;
- Depositi alluvionali attuali e recenti: sono rocce prevalentemente sciolte costituite da ghiaie, sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi e limi palustri. Generalmente si presentano scarsamente addensate e sature. Dove prevalgono i limi sabbiosi e torbosi sono compressibili e molto plastici. Si mette in evidenza che nelle aree dove la frazione limosa si trova in affioramento sono presenti aree palustri caratterizzate da elevata plasticità. Per la caratterizzazione fisicomeccanica di tale complesso può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti range di parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni: $\phi = 20-30^\circ$, $c' = 0.0 \text{ t/mq}$, $\gamma = 1.7-1.9 \text{ t/mc}$. Lo spessore è superiore ai 15,00 m;
 - Complesso Argilloso pliocenico: sono costituiti da argille, argille marnose e limi argillosi più o meno sabbiose, a struttura omogenea, uniformi. La porzione superficiale alterata si presenta plastica e scarsamente consistente mentre le proprietà meccaniche generalmente migliorano con la profondità. Detto complesso non affiora nelle aree in esame ma costituisce il substrato impermeabile della falda presente nel complesso alluvionale. Per la caratterizzazione fisico-meccanica di tale complesso può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni: $\phi' = 20 - 22^\circ$, $c' = 1.0 - 2.0 \text{ t/mq}$, $\gamma = 1.8 - 2.00 \text{ t/mc}$.

Sulla base delle risultanze dei sondaggi diretti (perforazioni ed SPT) e delle prove di laboratorio, si evince che le caratteristiche geologico tecniche del terreno di fondazione presentano due orizzonti differenti per caratteristiche geotecniche di base (coesione, angolo attrito ecc.).

Il modello geologico derivato vede, infatti, la presenza di due orizzonti differenti:

- Limi bruni, contenenti nella parte apicale terreno vegetale, passanti verso il basso a sabbie limose o sabbie giallastre. Assenza di acqua di falda. Spessore medio intorno ai 3,5 m;
- Limi di colore bruno-giallastri mediamente consistenti e sabbie o sabbie-limose giallastre con contenuto di argille molto variabile. Spessore rinvenuto in sondaggio da 3,5 m dal p.c. fino ai 10,00 a cui è stato spinto il sondaggio stesso.

Presenza di acqua dai 6 m dal p.c..

Detto complesso non affiora nelle aree direttamente interessate dai lavori, ma ha un ruolo fondamentale nella ricostruzione del modello geologico ed idrogeologico in quanto costituisce il substrato impermeabile che funge da letto della falda freatica presente nel complesso alluvionale.

3.2 Inquadramento geomorfologico

In via del tutto generale si evidenzia che l'evoluzione geomorfologica del settore è il risultato della combinazione dei processi di natura endogena ed esogena, oltre che antropica, come tale è quindi influenzata dalla struttura geologica, intesa sia come caratteristiche mineralogico-petrografiche delle rocce, sia come giacitura e diversa competenza in relazione alla resistenza che esse oppongono agli agenti del modellamento esogeno.

L'area in studio è classificabile dal punto di vista fisiografico come planare.

Il settore analizzato si presenta pianeggiante per un intorno di circa 5 km dall'impianto e sino alla costa sul lato Est, con pendenze del suolo che non superano i 2° in direzione SSE; in direzione Nord, Sud e Ovest, oltre i 5 km, assume andamento sub collinare.

Il terreno direttamente interessato dall'installazione dell'impianto FV, presenta quote assolute s.l.m. comprese tra 24 m e 28 m.

Si riportano di seguito n.2 immagini elaborate in ambiente GIS che rappresentano la carta dell'elevazione e delle pendenze.

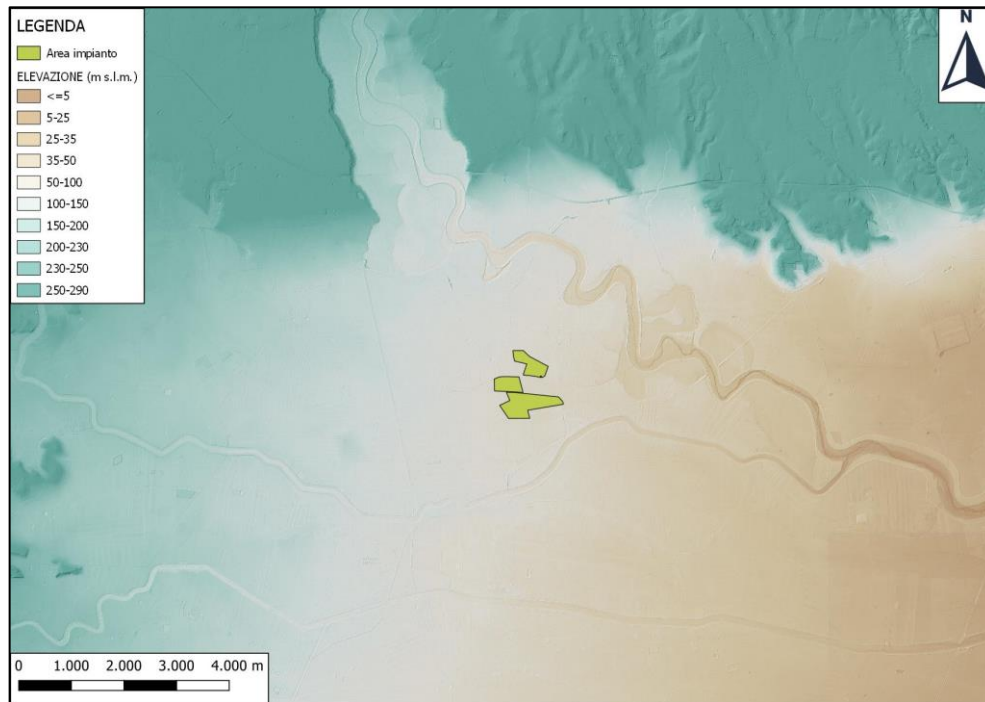


Figura 4 Carta dell'elevazione

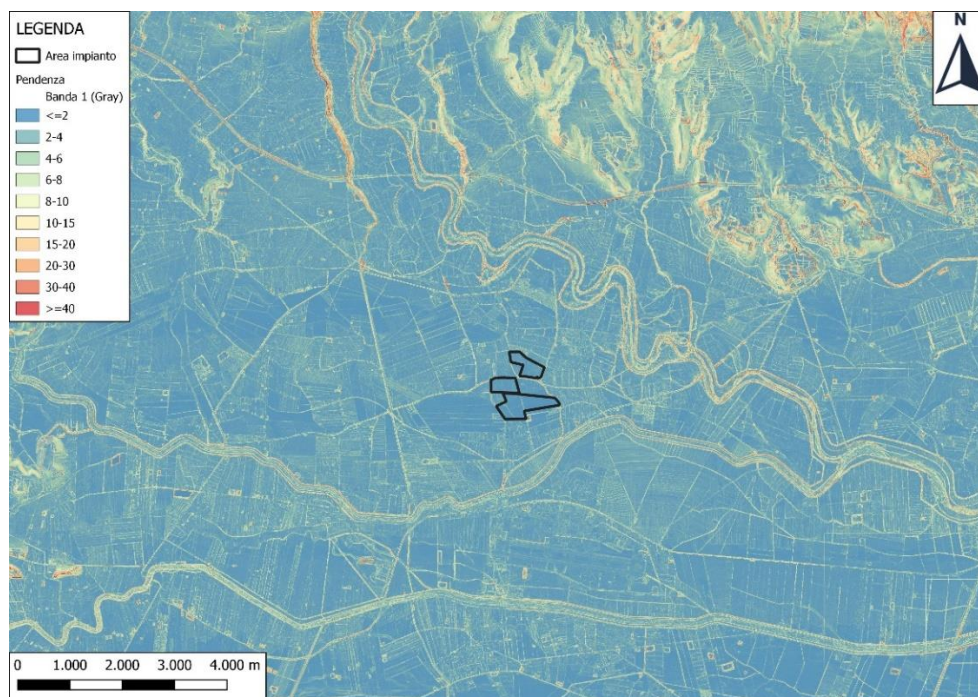


Figura 5 Carta delle pendenze

Essendo l'area pianeggiante e totalmente esente da qualunque fenomenologia geomorfologica, è da escludersi l'instaurarsi di qualsiasi movimento franoso e/o di scorrimento.

Quanto detto prima è confermato dal Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) che esclude tali aree da qualunque fenomenologia di dissesto e di rischio geomorfologico.

Si riporta di seguito per completezza un estratto dall'elaborato progettuale "Carta geomorfologica".

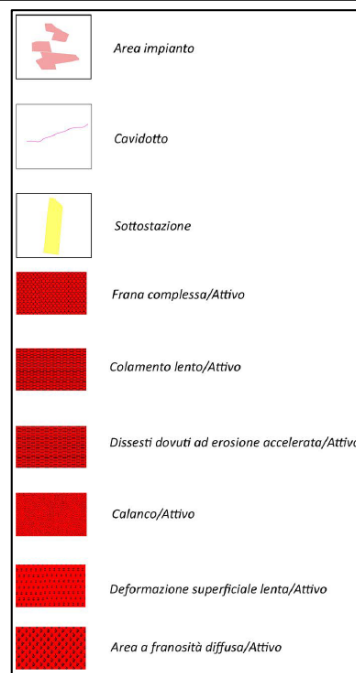


Figura 6 Estratto dall'elaborato progettuale "Carta geomorfologica"

3.3 Inquadramento idrogeologico

L'impianto ricade all'interno del Bacino Idrografico del Simeto ed in particolare nel sottobacino del Fiume Dittaino (959 Km²) affluente dello stesso Simeto, compreso tra il bacino del Salso a Nord e quello del Gornalunga a Sud. Tale bacino presenta una rete idrografica ramificata nella parte montana e con un andamento a meandri nella parte centrale e valliva. L'asta principale si sviluppa complessivamente per circa 93 km.

Da un punto di vista idrogeologico, l'area in studio, ricade interamente nel dominio della Piana di Catania, caratterizzata dalla presenza di suoli alluvionali.

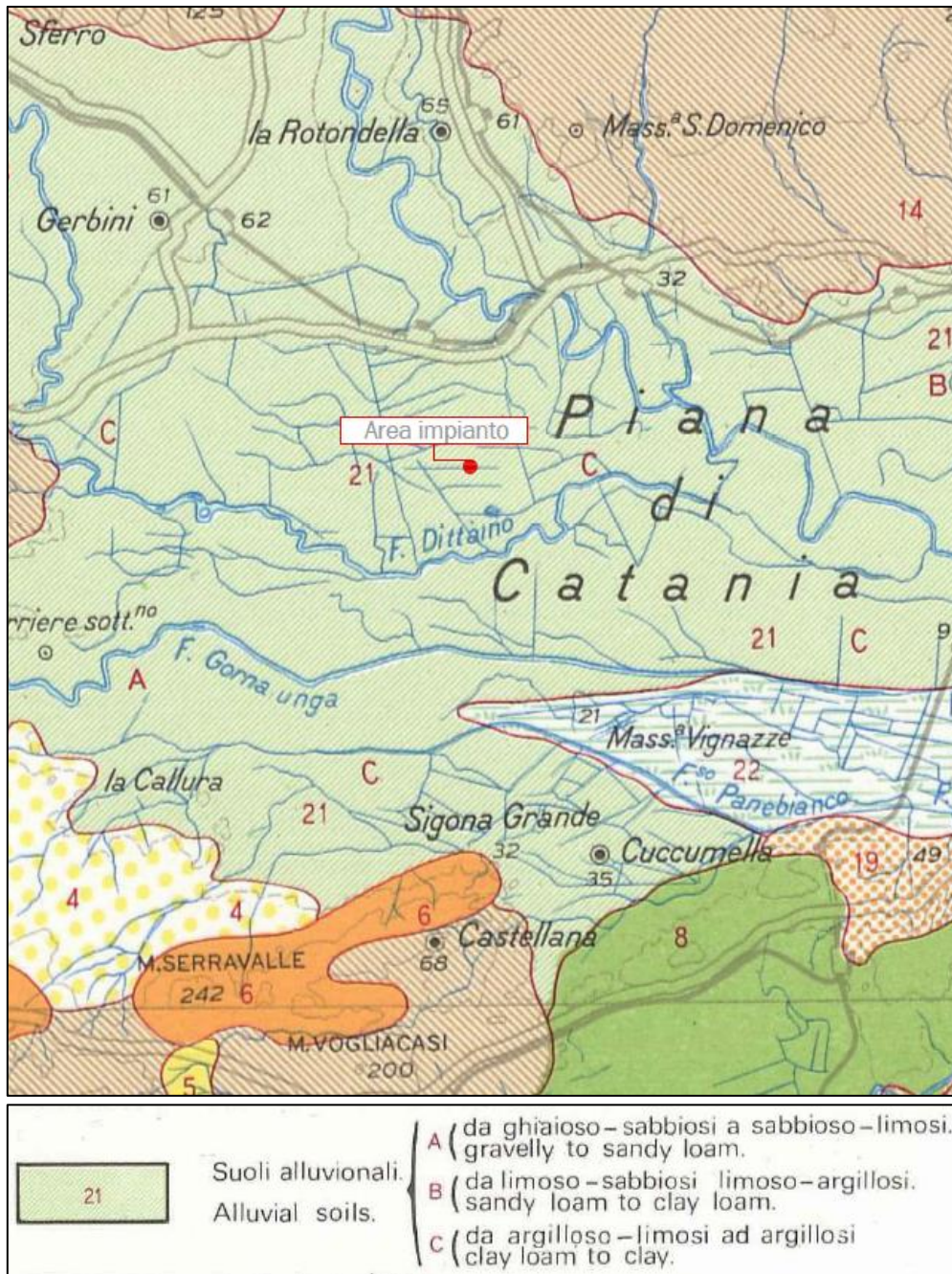


Figura 7 Estratto dall'elaborato progettuale "Carta pedologica"

Vista la natura dei terreni presenti e dai dati forniti dal committente si può affermare che il livello piezometrico della falda presente all'interno del complesso alluvionale, che direttamente interessa le opere, si attesta a una quota pari a circa 10,0 m dal p.c..

Per quanto attiene il PAI – Piano Assetto Idrogeologico - le aree di impianto sono ubicate all'interno di un'area di pericolosità e rischio idraulico contrassegnata con la sigla 094-E-3BE-E01; la pericolosità idraulica è pari a P2 (media) mentre il rischio è pari a R1 (Basso), come visibile dalle carte allegare al Piano. Si riportano di seguito degli estratti dalle tavole progettuali:

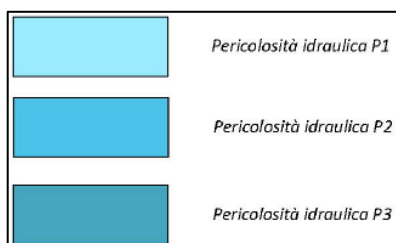
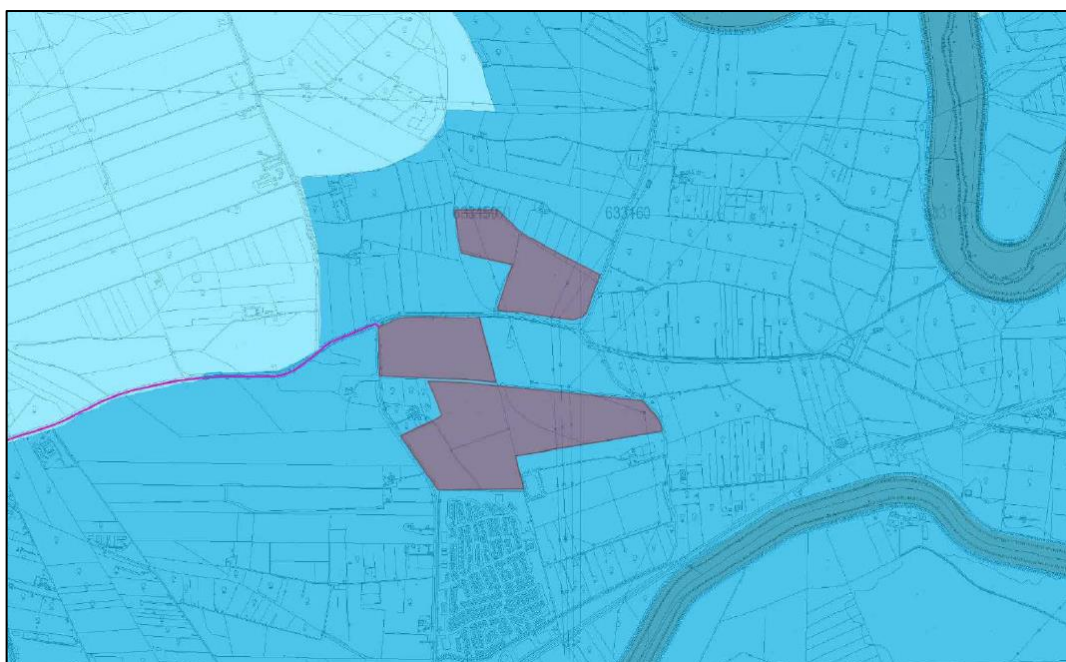


Figura 8 Pericolosità idraulica PAI – Estratto dall’elaborato progettuale “Carta idraulica PAI”

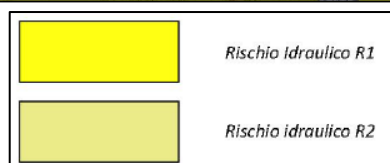
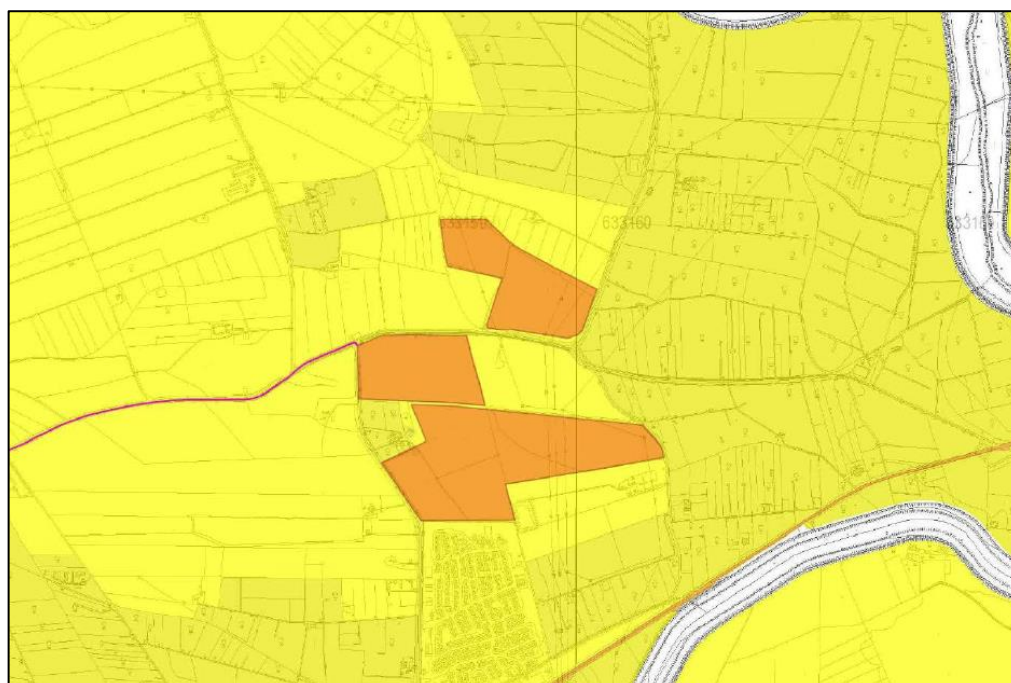


Figura 9 Rischio idraulico PAI – Estratto dall’elaborato progettuale “Carta idraulica PAI”

Per quanto riguarda l'uso del suolo, l'area risulta essere adibita a "Colture ortive in pieno campo".
 Si riporta di seguito la "Carta uso del suolo".



LEGENDA	
	Area Impianto e Sottostazione
	Cavidotto
	21211 Colture ortive in pieno campo
	222 Frutteti
	1122 Borghi e Fabbricati Rurali
	223 Oliveti
	5122 Laghi artificiali
	121 Insediamenti industriali, artigianali, commerciali e spazi annessi
	142 Aree ricreative e sportive
	2311 Incolti
	21213 Colture Orto-Floro-Vivaistiche (serre)
	21121 Seminativi semplici e colture erbacee estensive
	1222 Viabilità Stradale e sue pertinenze
	3116 Boschi e boscaglie ripariali
	3211 Praterie aride calcaree
	242 Sistemi colturali e particellari complessi (mosaico di appezzamenti agricoli)
	124 Aree aeroportuali e eliporti
	111 Zone residenziali a tessuto compatto e denso

Figura 10 Estratto dall'elaborato progettuale "Carta Uso del Suolo"

4 VERIFICA DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

4.1 Premessa e stima del coefficiente di deflusso medio ponderato ante e post-operam

Nel presente capitolo si descriveranno le modalità con cui si garantirà l'invarianza idrologico-idraulica dell'area oggetto d'intervento, in accordo alle disposizioni e agli approcci specificati nella D.D.G. 102 del 23/6/2021.

Come si vedrà più approfonditamente nel seguito, per lo studio di invarianza idrologico-idraulica, secondo la D.D.G. 102 del 23/06/2021, è necessario definire il coefficiente di deflusso (Ψ), definito come il rapporto tra il volume defluito attraverso una assegnata sezione in un definito intervallo di tempo e il volume meteorico totale precipitato nell'intervallo stesso o, più semplicemente, come rapporto tra la porzione impermeabile dell'area d'interesse e la superficie complessiva. Per la stima di tale coefficiente, l'area occupata dall'impianto fotovoltaico "La Rosa" è stata suddivisa in tre distinte porzioni in funzione dell'utilizzo post operam delle stesse, in accordo alla seguente tabella:

Tabella 1. Superfici dell'area interessata dall'impianto "La Rosa" suddivise per destinazione d'uso post-operam

AREA CONSIDERATA	Area Nord	Area Ovest	Area Sud	SUPERFICIE TOTALE
Area copertura totale m ²	177.126	140.710	356.333	674.169
Area copertura totale km ²	0,177126	0,14071	0,356333	0,674169
Area A1 (da coltivo/incolto a coltivo/incolto sotto i pannelli, tra le strutture e fascia arborea) m ²	92.188 + 19.950 = 112.138	101.668 + 15.150 = 116.818	206.617 + 30.400 = 237.017	465.973
Area A2 (da coltivo/incolto a strade servizio) m ²	8.028	5.752	11.862	25.642
Area A3 (da coltivo/incolto a cabine trasformazione e consegna e container per BESS) m ²	110	1.090	165	1.365
Area A4 (invariata)	56.850	17.050	107.289	181.189

Ad ognuna delle tipologie di aree è stato quindi attribuito un valore del coefficiente di deflusso ante e post-operam, alla luce della conoscenza delle caratteristiche del territorio e delle opere in progetto. A vantaggio di sicurezza, in particolare, si è considerato un valore ante-operam pari a zero per l'intera area oggetto d'intervento (in accordo alla classificazione fornita al par. A.4 della D.D.G. 102/2021) e i valori post-operam indicati nella seguente tabella:

Tabella 2. Coefficienti di deflusso per tipologia di area

	Area A1	Area A2	Area A3	Area A4
Coefficiente di deflusso ante-operam	0,0	0,0	0,0	0,0
Coefficiente di deflusso post-operam	0,3	0,7	1,0	0,0

Di seguito uno stralcio da foglio Excel della tabella utilizzata per il calcolo del coefficiente di deflusso:

CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO - IMPIANTO LA ROSA - BELPASSO										
	AREA NORD			AREA OVEST			AREA SUD			AREA TOTALE
IMPIANTO LA ROSA - BELPASSO	mq	ϕ	ϕ	mq	ϕ	ϕ	mq	ϕ	ϕ	mq
Area totale di impianto (dal perimetro esterno della fascia arborea)	177126	PRE	POST	140710	PRE	POST	356333	PRE	POST	674169
Area A1 (da coltivo/incolto a coltivo/incolto sotto i pannelli, tra le strutture e fascia arborea)	112138	0	0.3	116818	0	0.3	237017	0	0.3	465973
Area A2 (da coltivo/incolto a strade servizio)	8028	0	0.7	5752	0	0.7	11862	0	0.7	25642
Area A3 (da coltivo/incolto a cabine trasformazione e consegna e container per BESS)	110	0	1.0	1090.0	0	1.0	165.0	0	1.0	1365
Area A4 (invariata)	56850	0	0.0	17050.0	0	0.0	107289.0	0	0.0	181189
Area copertura totale m ²	177126	0.00	0.22	140710	0.00	0.29	356333	0.00	0.22	
Area copertura totale km ²	0.177	$\Delta\phi_{NORD}$		0.141	$\Delta\phi_{OVEST}$		0.356	$\Delta\phi_{SUD}$		$\Delta\phi_{TOTALE}$
		0.22			0.29			0.22		0.24

A vantaggio di sicurezza, si attribuisce a tutte le aree indistintamente un valore medio ponderato del coefficiente di deflusso post-operam pari a 0,30 (in media, quindi, si considererà che il 30% dell'area occupata dall'impianto di produzione sarà impermeabilizzata) e un valore ante-operam pari a 0 (assoluta permeabilità delle aree oggetto d'intervento).

Il valore pari a 0,3 attribuito alle aree occupate dai pannelli, tipico per aree permeabili, è stato assunto considerando l'inerbimento spontaneo che verrà garantito a tali aree nelle fasi post-operam.

4.2 Valutazione dell'invarianza idrologico-idraulica delle aree oggetto di intervento (in accordo ai par. A2 e A4 della D.D.G. 102/2021)

La D.D.G. 102/2021 prevede, per gli interventi con superficie maggiore di 10.000 m², la redazione di uno studio di invarianza idraulica e idrologica, con l'adozione dei metodi di trasformazione afflussi-deflussi per i casi di trasformazione del suolo con basso coefficiente di deflusso post-operam, come nel caso in esame essendo il valore medio ponderato sopra individuato pari a 0,30, per la valutazione delle portate idrologiche. Il periodo di ritorno delle piogge da adoperare nel calcolo dei volumi di laminazione/infiltrazione, per garantire la necessaria invarianza, è pari a 30 anni, con l'adozione di un periodo di 50 anni per la verifica delle opere in condizioni limite. Per i calcoli idraulici, invece, lo studio dei corpi idrici superficiali e il dimensionamento dei canali di drenaggio potrà essere sviluppato in via semplificata adottando il moto uniforme nei casi più elementari, ovvero in presenza di coefficiente di deflusso minore di 0,5.

La stessa norma citata fornisce inoltre la seguente indicazione circa le soluzioni progettuali da perseguire: *“per l'applicazione del principio di invarianza idrologica e/o idraulica potranno essere progettate soluzioni di infiltrazione e/o laminazione dei deflussi meteorici e delle relative portate allo scarico”*. Nel caso in esame, fra i vari schemi progettuali consigliati dalla D.D.G 102/2021 ai fini dell'invarianza idraulica (cfr., sezione C della norma) si è optato per l'adozione di un sistema di drenaggio con invarianza garantita dal sovradimensionamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche.

Un siffatto sistema, descritto più dettagliatamente nel seguito, è stato selezionato in luogo di un sistema di infiltrazione (quali fasce filtranti, pozzi perdenti, trincee di infiltrazione etc.), principalmente per garantire la migliore e più efficace manutenibilità delle opere stesse, in quanto appare evidente che in occasione anche di eventi di piena (con conseguente esondazione) di modesta importanza le eventuali opere destinate a garantire la suddetta invarianza mediante processi d'infiltrazione rischierebbero di vedere compromessa la relativa capacità filtrante, a causa

dell'intasamento dei vuoi del materiale drenante con i limi trasportati, in grandi quantità, dagli eventi di piena.

Entrando maggiormente nel merito del sistema di drenaggio e di laminazione, si garantirà il deflusso delle acque meteoriche dall'area dell'impianto "La Rosa" verso il corpo idrico ricettore (CIR) più vicino, sfruttando un sistema composto da:

- solchi in terra esistenti, interni all'area oggetto d'intervento, oggetto di pulizia e manutenzione periodica, come elementi di drenaggio secondari che convogliano gli afflussi meteorici verso i canali di gronda descritti nel seguito;
- solchi in terra esistenti, interni all'area oggetto d'intervento, oggetto di risagomatura oltre che di pulizia e manutenzione periodica, come elementi di drenaggio secondari che convogliano gli afflussi meteorici verso i canali di gronda descritti nel seguito;
- nuovi canali in terra, interni all'area oggetto di intervento, che corrono in direzione Nord-Sud ed Est-Ovest, come elementi di drenaggio secondari, con la funzione di intercettare le acque meteoriche ruscellanti sul sito in oggetto e coadiuvarne l'immissione ai nuovi canali di gronda in progetto, meglio descritti al punto seguente;
- canali di gronda in progetto, disposti al perimetro dell'impianto, sui lati Sud ed Est, per la laminazione delle portate idriche meteoriche, previo scarico al Corpo Idrico Ricettore (C.I.R.). Dalle gronde, prima dello scarico al C.I.R., le acque subiscono un processo di sedimentazione (grazie ad un ampliamento della sezione dei canali che, riducendo la velocità di flusso, favorisce la sedimentazione del trasporto solido fine) e una setacciatura (operata da una griglia a maglia larga posizionata a monte del pozzetto di raccordo di scarico al C.I.R., che trattiene la frazione più grossolana del trasporto solido). Una seconda sedimentazione avviene all'interno dello stesso pozzetto di raccordo, da cui dipartono delle tubazioni per l'immissione controllata delle portate al C.I.R., dotate di misuratore di portata e valvola di non ritorno. Si prevede uno scarico di emergenza dal pozzetto al C.I.R., in caso di riempimento dello stesso pozzetto, mediante una pompa che, attivata da un sistema di galleggianti e sensori, prelevano l'acqua dal pozzetto e la scaricano al C.I.R.. Il progetto conta n.3 punti di scarico, uno per ogni plot dell'impianto.

I suddetti canali di gronda saranno sovra-dimensionati per garantire la laminazione delle portate meteoriche in accordo a quanto richiesto all'Appendice C della D.D.G. 102/2021, in particolare in accordo allo schema riportato nella seguente immagine, fornito dalla normativa medesima nell'Appendice sopra indicata. A tal riguardo, si sottolinea che, anche considerata la morfologia sostanzialmente pianeggiante della piana catanese, nel caso di specie sarebbe poco perseguibile l'utilizzo di vasche/bacini di laminazione come sistemi di mitigazione delle portate in afflusso nel CIR. Infatti, se da un lato il fitto posizionamento dei moduli fotovoltaici previsto in progetto non consentirebbe un agevole alloggiamento della vasca di laminazione, soprattutto in considerazione della futura necessaria e continua manutenzione del presidio idraulico, dall'altro lato questa dovrebbe essere certamente dotata anche di idonei sistemi di sollevamento per consentire la restituzione delle acque meteoriche al CIR in accordo ai limiti imposti dalla D.D.G. 102/2021 (20 l/s/ha fuori dalle aree a pericolosità P3 e P4), a meno di non voler realizzare un manufatto sopraelevato rispetto al piano campagna che, quindi, consentirebbe il deflusso verso il CIR anche a gravità (tuttavia, una siffatta soluzione è da considerarsi proibitiva soprattutto in termini di compatibilità idraulica del manufatto).

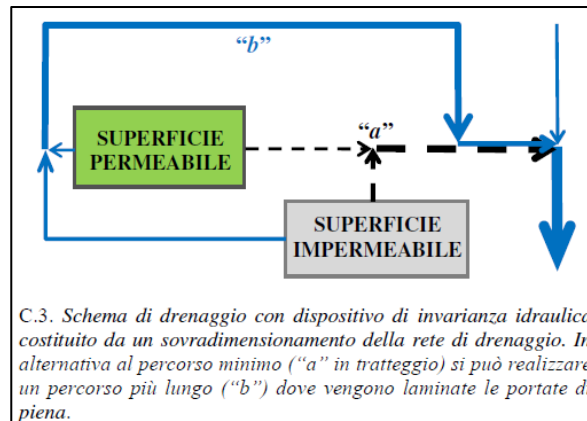


Figura 11. Schema di laminazione adottato in condizioni post-operam (da Appendice C della D.D.G. 102/2021)

Secondo il par. A.4 della D.D.G. 102/2021, il calcolo del volume di invaso per la laminazione delle acque meteoriche può essere sviluppato in via semplificata per aree impermeabilizzate a basso coefficiente di deflusso medio ponderale (<50%) adottando il *metodo semplificato delle piogge*, secondo cui il volume di laminazione è espresso dalla relazione proposta nel seguito, in cui V_{max} è il volume di invaso necessario per non superare la portata limite allo scarico (espresso in m^3), S la superficie (in m^2) scolante a monte della vasca/invaso di laminazione, ϕ il coefficiente di deflusso medio ponderale dell'area drenante (nel caso in esame pari a 0,34), a ed n parametri delle curve di possibilità pluviometrica e Q_{IMP} portata limite ammessa allo scarico (in m^3/s) corrispondente ad un coefficiente udometrico pari a 20 l/s per ettaro di superficie impermeabilizzata dall'intervento di urbanizzazione:

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

Alla luce di quanto premesso, si determinerà, dunque, il volume del sistema di laminazione in progetto sopra descritto (canale di gronda perimetrale).

L'analisi regionale delle precipitazioni intense in Sicilia ha prodotto una base dati omogenea nel tempo e nello spazio, finalizzata alla stima delle precipitazioni di progetto. A partire da tale base dati è possibile, in funzione della durata di precipitazione d e del periodo di ritorno T dell'evento, determinare l'altezza di pioggia h [mm] e l'intensità di precipitazione i [mm/h] con la classica formulazione monomia:

$$h = a * t(h)^n$$

$$i = a * t(h)^{n-1}$$

Dove a ed n sono i coefficienti di Gumbel associati all'area in esame, a espresso in mm/h^n e n adimensionale.

Si riportano di seguito i coefficienti a ed n di Gumbel associati alla stazione meteorologica del Simeto, per tempi di ritorno i 25, 50, 100, 200 e 300 anni.:

Gumbel Simeto	Tr 25	Tr 50	Tr 100	Tr 200	Tr 300
a	78,10	90,40	102,50	114,60	121,70
n	0,290	0,290	0,290	0,280	0,280

Mediante regressione logaritmica è possibile individuare, con circa il 99% di affidabilità statistica, il valore del parametro “a” per periodo di ritorno di progetto (30 anni) che risulta pari a 81,4 mm/hⁿ, ovvero 0,081 m/hⁿ. Si riporta di seguito la tabella di sintesi con l’esito del calcolo del volume di laminazione in accordo alla suddetta formulazione, che per l’intero campo fotovoltaico risulta pari a circa 11.530 m³, così suddivisi:

AREA IMPIANTO									
Sottocampi	a _T =30 anni	n	A	φ	Q _{IMP} (l/s per ettaro di superficie)	Q _{IMP}	Q _{IMP}	Q _{IMP}	V _{max}
(-)	(m/h ⁿ)	(-)	(mq)	(-)		(l/s)	(mc/s)	(mc/h)	(m ³)
AREA NORD	0.08100	0.29	177126	0.30	20	354.252	0.35	1275.31	3029.26
AREA OVEST	0.08100	0.29	140710	0.3	20	281.42	0.28	1013.11	2406.46
AREA SUD	0.08100	0.29	356333	0.3	20	712.666	0.71	2565.60	6094.11
AREA TOTALE	0.08100	0.29	674169	0.3	20	1348.338	1.35	4854.02	11529.84

Tale volume, come sopra anticipato, sarà garantito sfruttando le caratteristiche dimensionali dei canali di gronda in progetto (per uno sviluppo totale di circa 3 km), in cui le acque meteoriche saranno convogliate dalle naturali pendenze del sito e dal sistema di drenaggio interno alle aree, che dovrà dunque essere, in esercizio, debitamente mantenuto.

La volumetria indicata può essere ottenuta mediante diverse combinazioni delle caratteristiche dimensionali del canale di gronda e del sistema di canali interni. La configurazione definitiva sarà individuata in sede di progettazione esecutiva, tuttavia in questa fase si procederà con l’individuazione di uno schema tipologico che, una volta valutata la relativa realizzabilità mediante rilievo di dettaglio, potrà essere implementato e ingegnerizzato anche in occasione della successiva fase progettuale.

I canali di gronda sono stati concepiti a sezione trapezia e pendenza media dell’1‰, con le caratteristiche dimensionali di seguito specificate:

Sottocampo	L	b	B	h	σ	V _{canale}
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m ²]	[m ³]
AREA NORD	980	1	2,2	2	3,2	3.136 > 3.029
AREA OVEST	670	1	2,6	2	3,6	2.412 > 2.406
AREA SUD	1.360	1,5	3	2	4,5	6.120 > 6.094
VOLUME DI SCAVO TOTALE PER I CANALI DI GRONDA						11.668 > 11.530

Il volume del sistema di drenaggio così ottenuto risulta evidentemente superiore agli 11.530 m³ ottenuti con l’applicazione del metodo descritto al par. A.4 della D.D.G. 102/2021, in accordo alla formulazione sopra indicata, necessari per limitare la portata in uscita al valore di 1,35 m³/s.

Si riportano di seguito degli stralci dalle tavole progettuali dedicate al sistema di drenaggio:

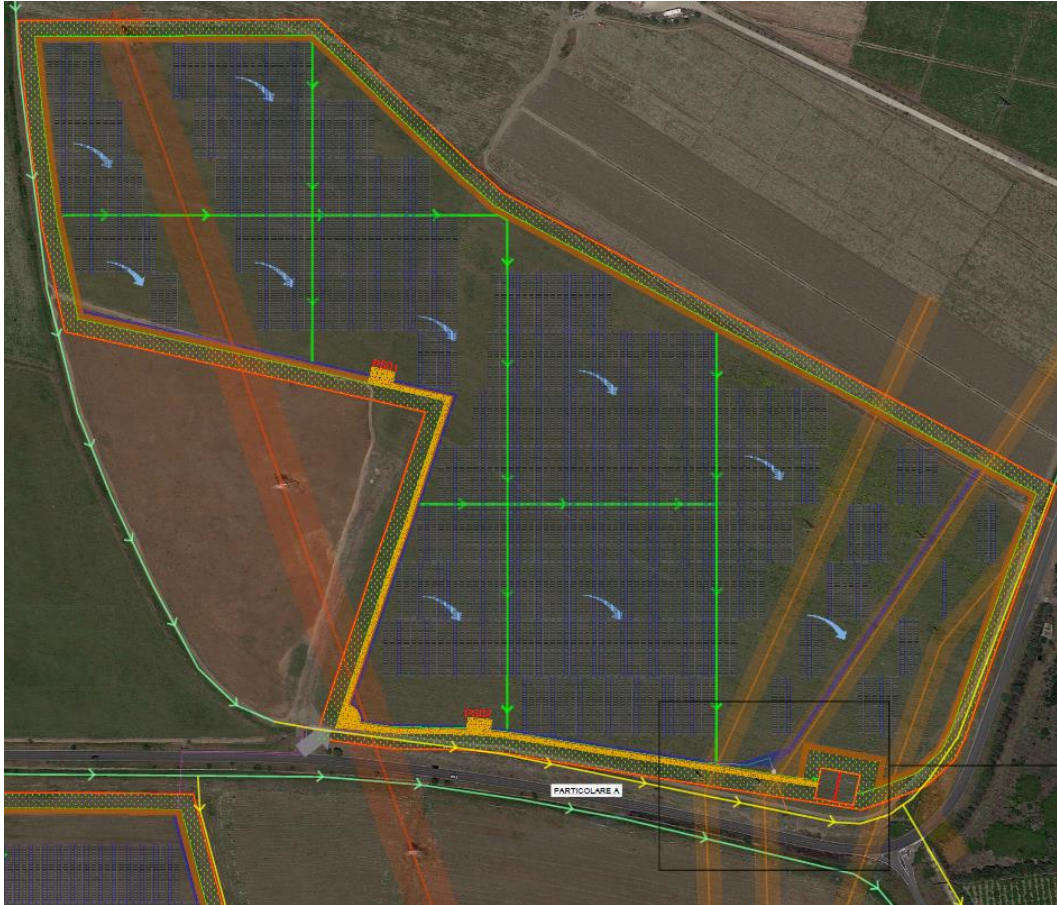


Figura 12 Sistema di drenaggio acque meteoriche – Planimetria Area Nord – Stralcio tavola progettuale

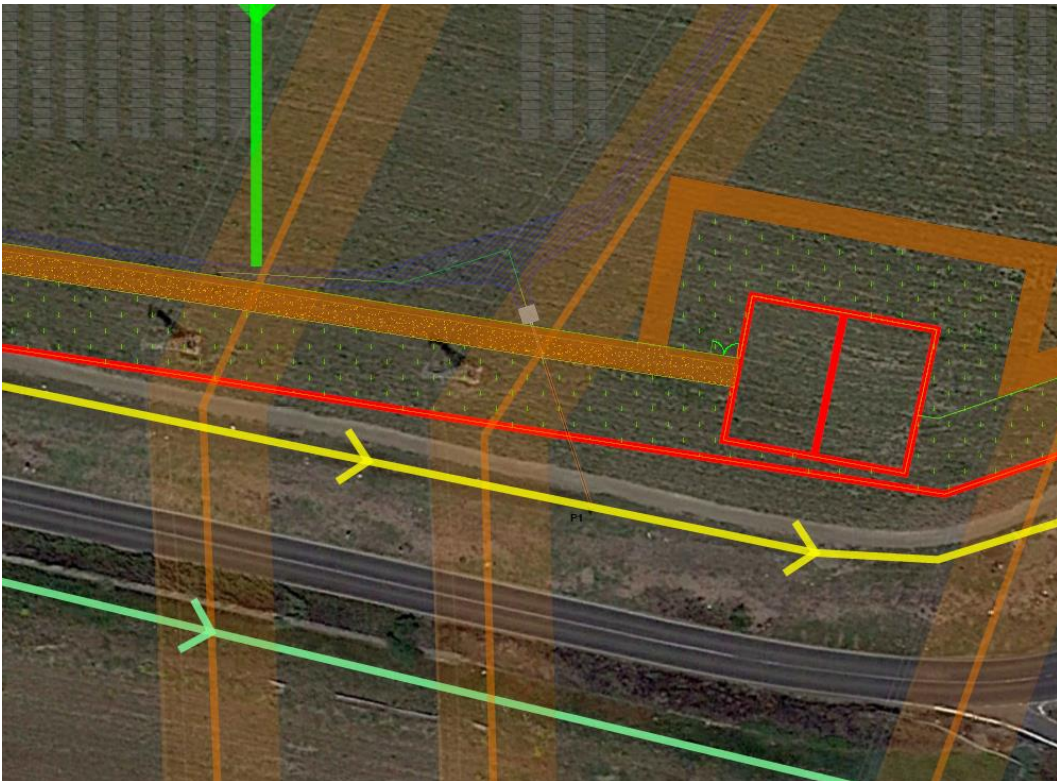


Figura 13 Particolare A – Scarico al CIR – Stralcio tavola progettuale

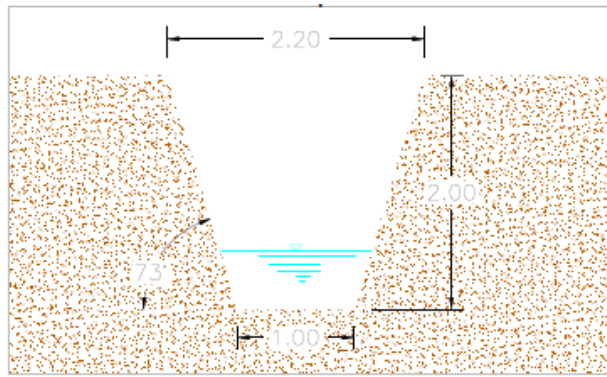


Figura 14 Canale di laminazione Gronda Nord – Sezione tipo – Stralcio tavola progettuale

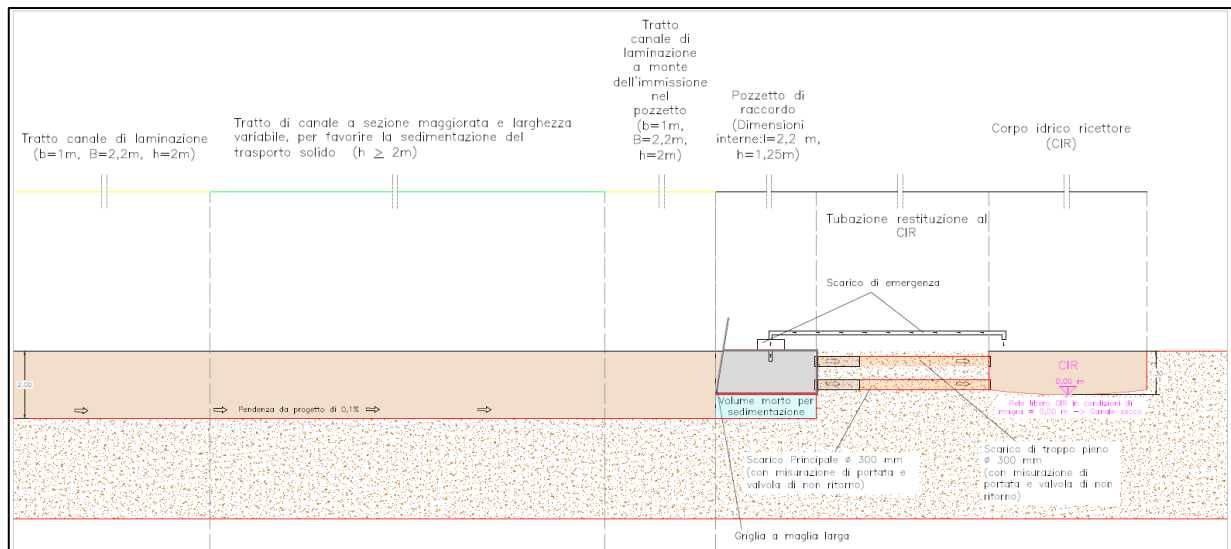


Figura 15 Canale di laminazione in prossimità dello scarico al CIR – Gronda Nord - - Stralcio tavola progettuale

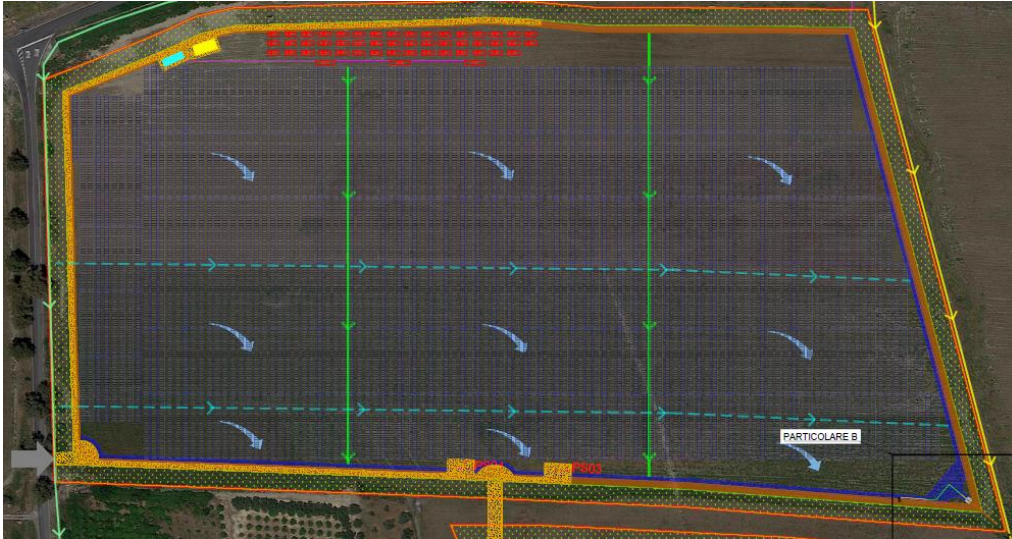


Figura 16 Sistema di drenaggio acque meteoriche – Planimetri Area Ovest – Stralcio tavola progettuale



Figura 17 Particolare B – Scarico al CIR – Stralcio tavola progettuale

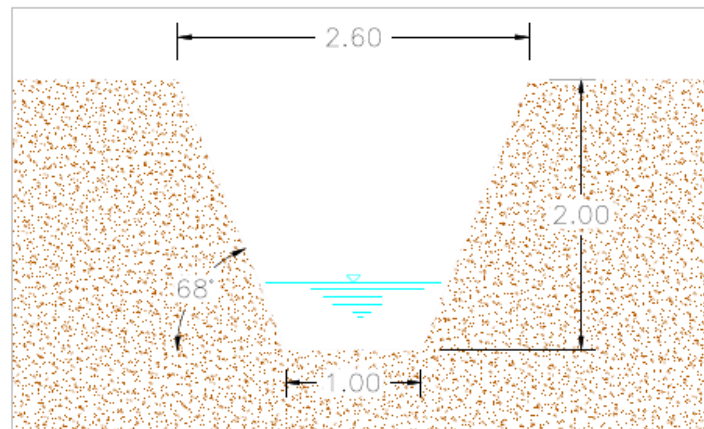


Figura 18 Canale di laminazione Gronda Ovest – Sezione tipo – Stralcio tavola progettuale

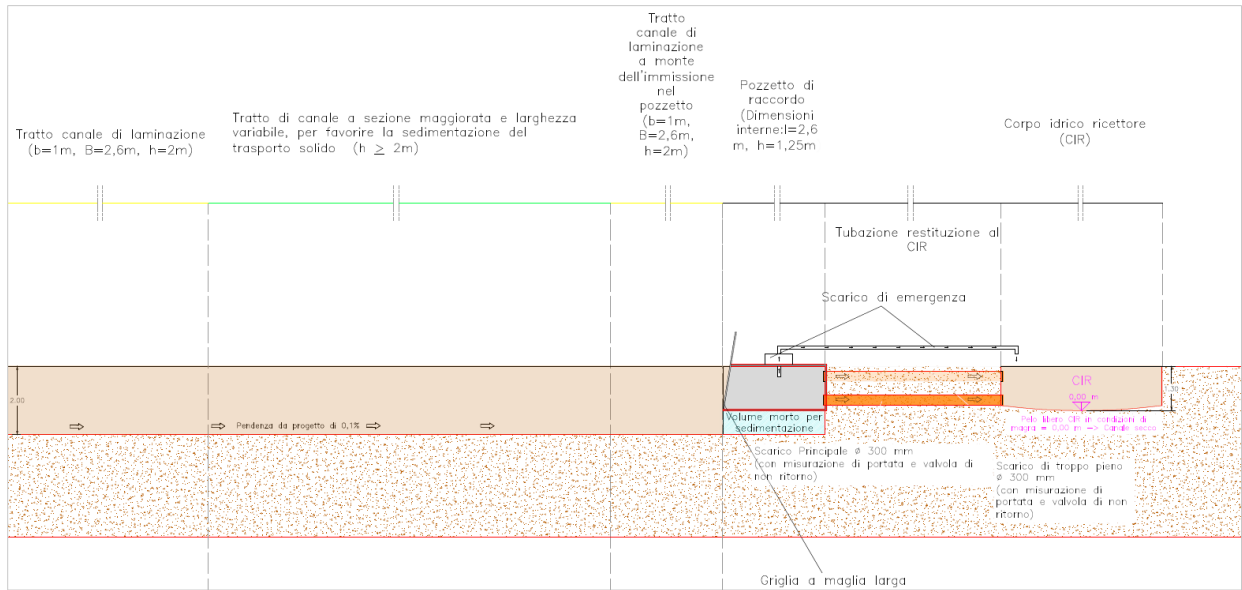


Figura 19 Canale di laminazione in prossimità dello scarico al CIR – Gronda Ovest – Stralcio tavola progettuale

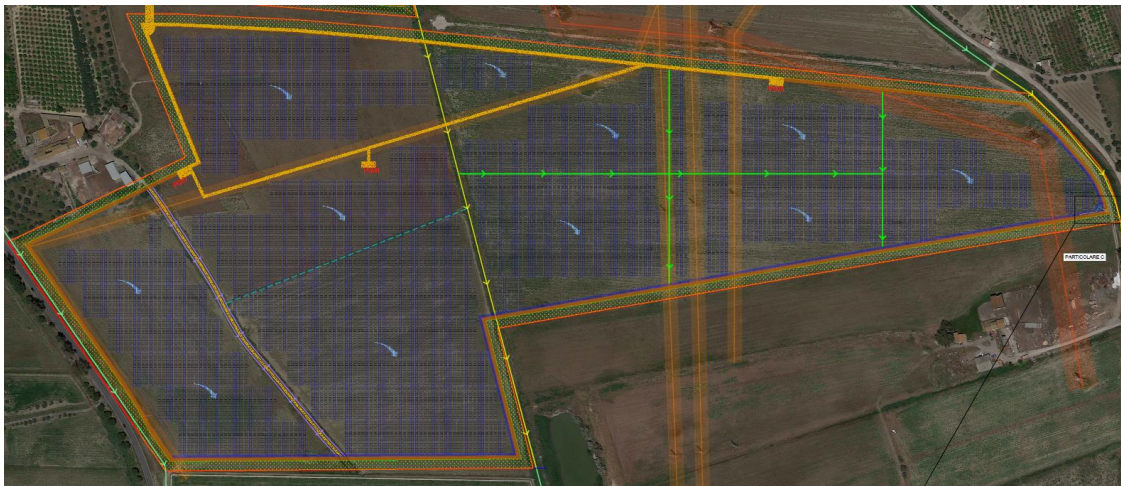


Figura 20 Sistema di drenaggio acque meteoriche – Planimetri Area Sud – Stralcio tavola progettuale



Figura 21 Particolare C – Scarico al CIR – Stralcio tavola progettuale

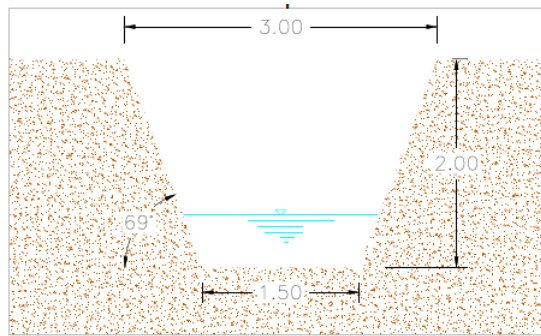


Figura 22 Canale di laminazione Gronda Sud – Sezione tipo – Stralcio tavola progettuale

CANALE DI LAMINAZIONE IN PROSSIMITA' DELLO SCARICO AL CIR - GRONDA SUD
 Profilo P3 - 1:50

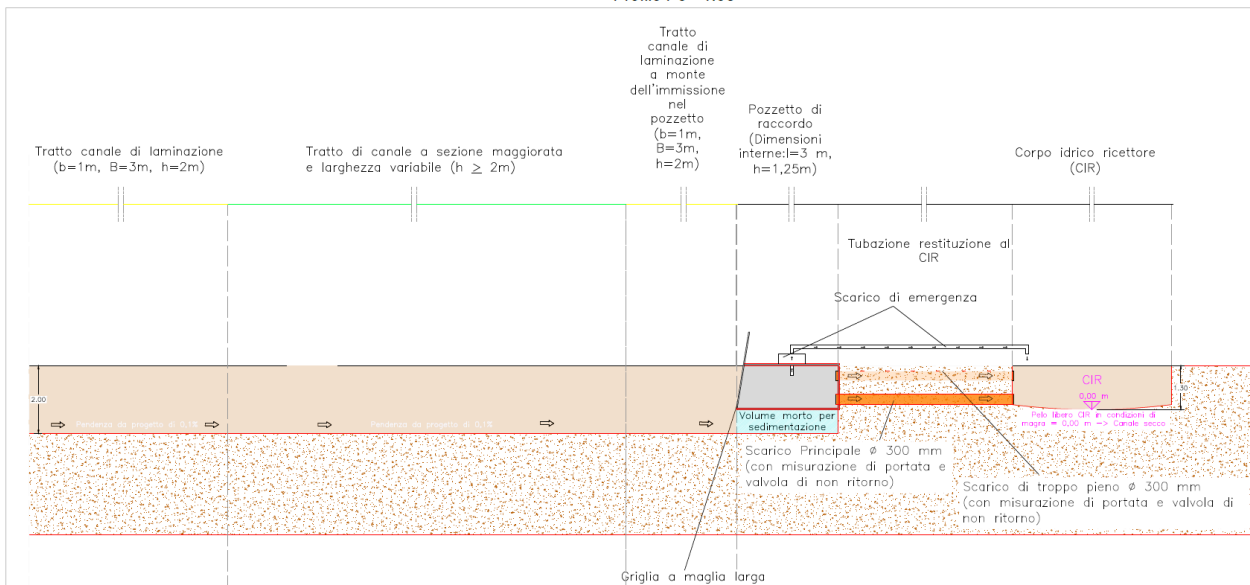


Figura 23 Canale di laminazione in prossimità dello scarico al CIR – Gronda Sud– Stralcio tavola progettuale

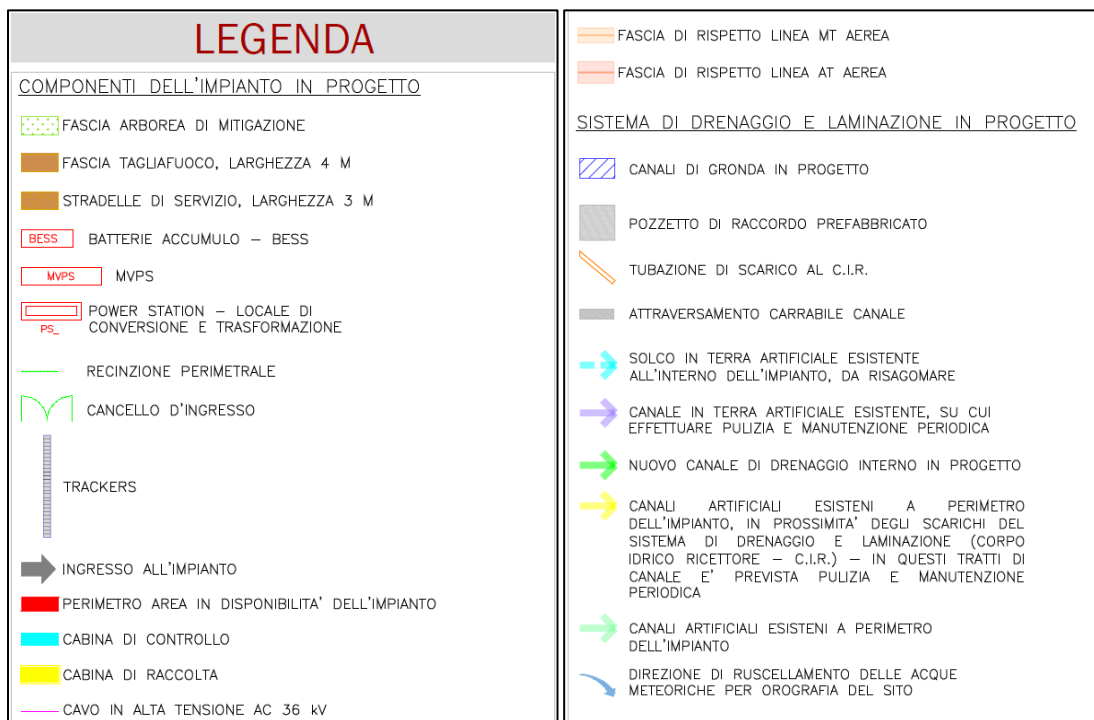


Figura 24 Legenda – Stralcio tavola progettuale

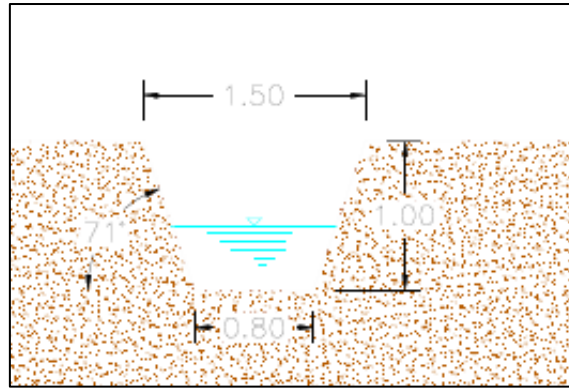


Figura 25 Sezione canali di drenaggio interni – Area Nord, Ovest e Sud – Stralcio tavola progettuale

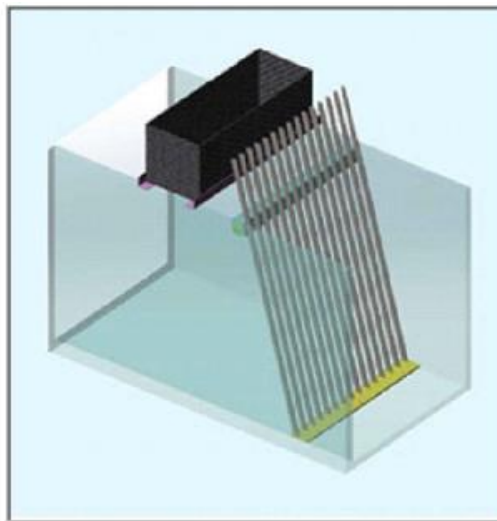


Figura 26 Modello 3D griglia a maglia larga a monte dei pozzetti – Area Nord, Ovest e Sud – Stralcio tavola progettuale

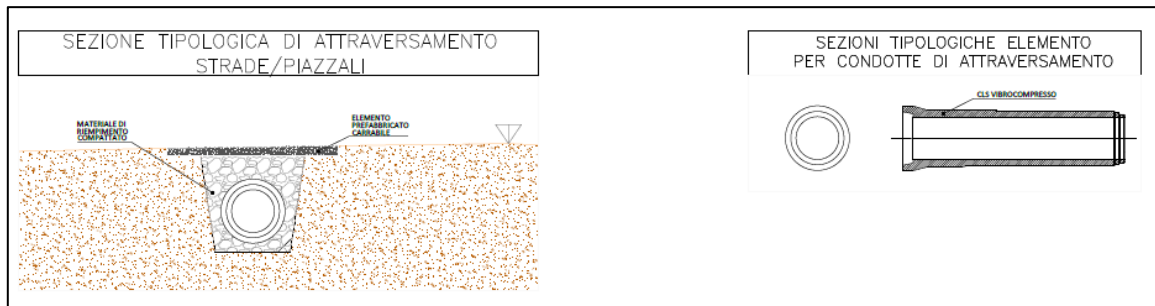


Figura 27 Sezioni tipologiche di attraversamento strade/piazzali - - Area Nord, Ovest e Sud – Stralcio tavola progettuale

Per una visualizzazione completa del sistema di drenaggio, si rimanda agli elaborati grafici dedicati.

Le verifiche idrauliche dell'opera di gronda, elemento principale del sistema di drenaggio, sono state eseguite considerando un periodo di ritorno della forzante idrologica pari a 50 anni, come richiesto al par. A.2 della D.D.G. 102/2021 per la valutazione delle condizioni limite e, a vantaggio di sicurezza, considerando il valore di portata al colmo in condizioni "post operam" trascurando gli effetti del sistema di laminazione.

Nella seguente tabella si forniscono i valori per il calcolo della portata massima affluente così calcolata e adottata per la verifica idraulica del canale con periodo di ritorno indicato e durata critica dell'evento meteorico assunta pari a 1 ora¹:

	$a_{T=50}$	n	d=t _c	i(t _c) _{T=50}	S	φ	Q ₅₀	Q ₅₀
	[m/h ⁿ]	[-]	[h]	[m/h]	[mq]	[-]	[mc/h]	[mc/s]
AREA NORD	0.09	0.29	1	0.09	177126	0.30	4782.4	1.33
AREA OVEST	0.09	0.29	1	0.09	140710	0.30	3799.2	1.06
AREA SUD	0.09	0.29	1	0.09	356333	0.30	9621.0	2.67
AREA TOTALE	0.09	0.29	1	0.09	674169	0.30	18202.6	5.06

Tabella 3 Valori di portata defluente ai canali di gronda

Costruendo la scala di deflusso di canali, adottando la ben nota formula di Chezy valida per canali a pelo libero in moto uniforme, considerando un valore del coefficiente di Chezy-Bazin pari a 1,20 (adottato in genere per canali in terra in discrete condizioni manutentive) e una pendenza media del canale dell'1‰, è possibile verificare in via speditiva l'adeguatezza delle dimensioni del canale di gronda in progetto, anche in presenza di eventi meteorici di breve durata e alta intensità, per periodo di ritorno cinquantennale.

Si riportano di seguito le scale di deflusso delle portate ottenute per i tre canali di gronda in progetto, ottenute sulla base delle ipotesi sopra descritte.

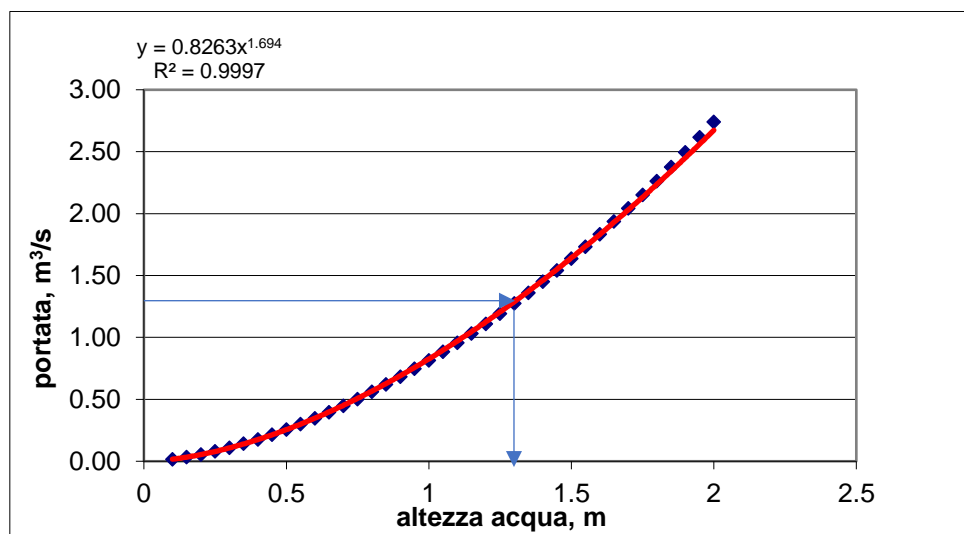


Tabella 4 Canale di gronda Area Nord: scala di deflusso in moto uniforme per sezione trapezia (formula di Chezy)

¹Tale stima è stata ottenuta dalla media dei valori calcolati adottando le ben note formulazioni di letteratura di Pezzoli, Ventura e Viparelli, considerando una lunghezza dell'asta principale di 2,5 km e una velocità di deflusso delle acque di 2 km/h, in virtù della morfologia pianeggiante delle aree di drenaggio esaminate.

Tirante idrico corrispondente ad una portata di circa 1,33 m³/s è pari approssimativamente a 1,3 m, lasciando, dunque, nel canale circa **0,7 m di franco idraulico**.

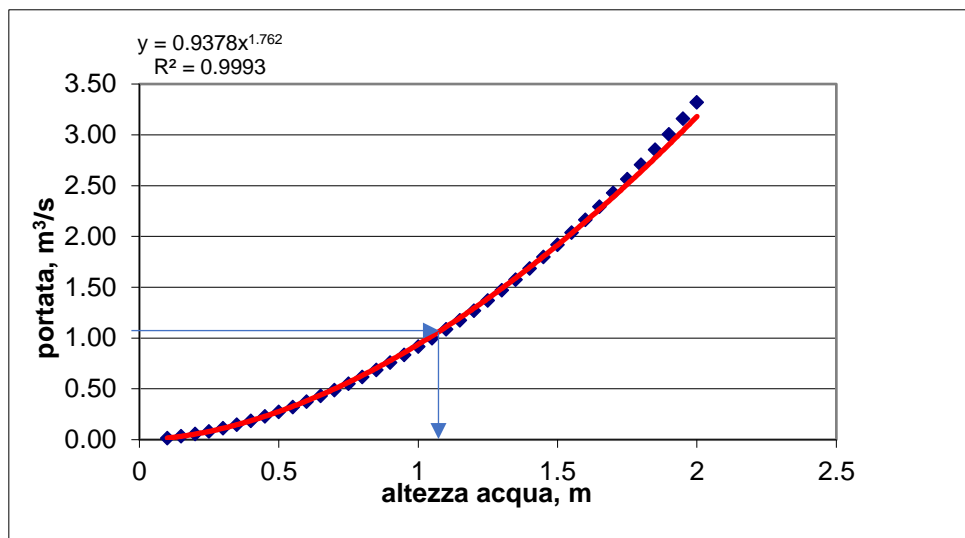


Tabella 5 Canale di gronda Area Ovest: scala di deflusso in moto uniforme per sezione trapezia (formula di Chezy)

Tirante idrico corrispondente ad una portata di circa 1,06 m³/s è pari approssimativamente a 1,1 m, lasciando, dunque, nel canale circa **0,9 m di franco idraulico**.

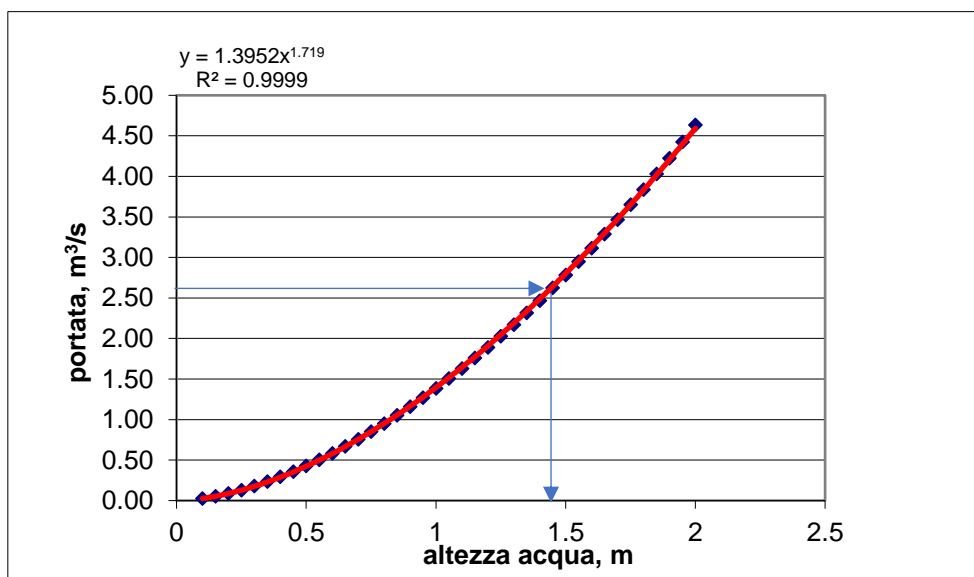


Tabella 6 Canale di gronda Area Sud: scala di deflusso in moto uniforme per sezione trapezia (formula di Chezy)

Tirante idrico corrispondente ad una portata di circa 2,67 m³/s è pari approssimativamente a 1,4 m, lasciando, dunque, nel canale circa **0,6 m di franco idraulico**.

5 PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE

Al fine di garantire la funzionalità di progetto delle opere, come previsto nell'All.2 del D.D.G. 102/2021, bisognerà prevedere un piano di manutenzione delle stesse. Verrà effettuata una pulizia periodica dei canali di gronda e di drenaggio interno, con cadenza almeno annuale ed a seguito di ogni evento meteorico particolarmente gravoso. Bisognerà prestare particolare cura, oltre che ai

pozzetti di sedimentazione, alla manutenzione della parte terminale del canale, a monte degli stessi pozzetti, zona ove si depositerà maggiormente il materiale solido grossolano trasportato dalle acque e trattenuto dalle griglie. Il progetto prevede inoltre la pulizia dei canali a perimetro dell'impianto, in prossimità dei punti di scarico del sistema di drenaggio. Anche questi ultimi tratti di canali dovranno essere sottoposti a manutenzione e pulizia periodica.

6 CONCLUSIONI

La presente relazione, nell'ambito del **“Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico denominato "LA ROSA" della potenza 44,681 MWp (40 MW in A.C.), da realizzarsi in C.da Finocchiara nel Comune di Belpasso (CT)”**, a seguito di una breve analisi topografica, geologica e idrogeologica del settore oggetto di studio, fornisce il dimensionamento delle opere necessarie per garantire l'invarianza idrologico e idraulica dell'area interessata dall'intervento, secondo i vincoli e le prescrizioni fornite nella *D.D.G. 102/2021*. In particolare, è stata applicata la procedura descritta all'Allegato 2 **“Indirizzi tecnici per la progettazione di misure di invarianza idraulica e idrologica”** della norma sopra individuata.

Le valutazioni idrologico-idrauliche eseguite, hanno consentito di individuare il volume di acque meteoriche da smaltire al fine di garantire l'invarianza idraulica dell'area che sarà occupata dai pannelli fotovoltaici, pari a circa 11.530 m³, suddivisi così come segue:

- Area Nord: 3.030 m³;
- Area Ovest: 2.406 m³;
- Area Sud: 6.094 m³.

Tale volume di laminazione sarà ottenuto dimensionando opportunamente il sistema di drenaggio in progetto, in accordo con le disposizioni dettate dalla *D.D.G. 102/2021*. Tra le varie soluzioni progettuali, si è optato per l'adozione di un sistema di drenaggio con invarianza garantita dal sovradimensionamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche.

Un siffatto sistema, è stato selezionato in luogo di un sistema di infiltrazione (quali fasce filtranti, pozzi perdenti, trincee di infiltrazione etc.), principalmente per garantire la migliore e più efficace manutenibilità delle opere stesse, in quanto appare evidente che in occasione anche di eventi di piena (con conseguente esondazione) di modesta importanza le eventuali opere destinate a garantire la suddetta invarianza mediante processi d'infiltrazione rischierebbero di vedere compromessa la relativa capacità filtrante, a causa dell'intasamento dei vuoti del materiale drenante con i limi trasportati, in grandi quantità, dagli eventi di piena.

Si prevede un sistema di drenaggio delle acque meteoriche, composto da canali di gronda disposti al perimetro dell'impianto, sui lati Sud ed Est, per la laminazione delle portate idriche meteoriche, previo scarico al Corpo Idrico Ricettore (C.I.R.). Il recapito delle acque meteoriche di ruscellamento ai canali di gronda viene assicurato dalle naturali pendenze orografiche del sito, ciò nonostante, si prevede la realizzazione di un reticolo di canali secondario interno all'impianto, che comprende la risagomatura e/o pulizia di canali esistenti e la realizzazione di nuovi canali, con lo scopo di intercettare le acque di ruscellamento e immetterle nei canali di gronda. Dalle gronde, prima dello scarico al C.I.R., le acque subiscono un processo di sedimentazione (grazie ad un ampliamento della sezione dei canali che, riducendo la velocità di flusso, favorisce la sedimentazione del trasporto solido fine) e una setacciatura (operata da una griglia a maglia larga posizionata a monte del pozzetto di raccordo di scarico al C.I.R., che trattiene la frazione più grossolana del trasporto solido). Una

seconda sedimentazione avviene all'interno dello stesso pozzetto di raccordo, da cui dipartono delle tubazioni per l'immissione controllata delle portate al C.I.R., dotate di misuratore di portata e valvola di non ritorno. Si prevede uno scarico di emergenza dal pozzetto al C.I.R., in caso di riempimento dello stesso pozzetto, mediante una pompa che, attivata da un sistema di galleggianti e sensori, prelevano l'acqua dal pozzetto e la scaricano al C.I.R.. Il progetto conta n.3 punti di scarico, uno per ogni plot dell'impianto.

In ordine a quanto previsto e descritto nella presente relazione, è possibile affermare che:

- l'intervento in oggetto rispetta il principio dell'invarianza idrologica e idraulica;
- tale intervento, vista la natura delle opere in progetto e l'entità delle lavorazioni connesse alla loro realizzazione, si inserisce perfettamente nel contesto geomorfologico e idrogeologico del settore interessato, non modificando l'equilibrio idraulico del territorio in esame e consentendo il corretto smaltimento delle acque meteoriche.