

COMUNE DI GELA

- PROVINCIA REGIONALE DI CALTANISSETTA -

RELAZIONE IDRAULICO – IDROLOGICA INVARIANZA IDRAULICA

Progetto Definitivo

Progetto per la realizzazione di impianto agro - fotovoltaico sito in località Timpazzo su un lotto di terreno distinto al N.C.T. Foglio 14 Particelle 1- 2- 3 - 5 - 7 - 12 – 14 – 16 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – 22 – 23 – 24 – 25 – 30 – 38 – 50 – 51 – 52 – 53 – 60 – 62 – 63 – 65 – 69 - 74 - 72 ed al Foglio 52 Particelle 9 - 83- 101- 102- 150- 151- 154 – 256

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*



COMUNE DI GELA

- PROVINCIA REGIONALE DI CALTANISSETTA -

RELAZIONE IDRAULICO – IDROLOGICA INVARIANZA IDRAULICA

Progetto definitivo

Progetto per la realizzazione di impianto agro - fotovoltaico sito in località Timpazzo su un lotto di terreno distinto al N.C.T. Foglio 14 Particelle 1- 2- 3 - 5 - 7 - 12 – 14 – 16 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – 22 – 23 – 24 – 25 – 30 – 38 – 50 – 51 – 52 – 53 – 60 – 62 – 63 – 65 – 69 - 74 - 72 ed al Foglio 52 Particelle 9 - 83- 101- 102- 150- 151- 154 – 256

Premessa

Il presente lavoro costituisce parte integrante di un progetto per la realizzazione di un impianto agro - fotovoltaico, sito nel territorio comunale di Gela in contrada Timpazzo su un lotto di terreno distinto al N.C.T. Foglio 14 Particelle 1- 2- 3 - 5 - 7 - 12 – 14 – 16 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – 22 – 23 – 24 – 25 – 30 – 38 – 50 – 51 – 52 – 53 – 60 – 62 – 63 – 65 – 69 - 74 - 72 ed al Foglio 52 Particelle 9 - 83- 101- 102- 150- 151- 154 – 256, e delle annesse opere di connessione, eseguito per conto della ditta: *HorizonFirm S.r.l.*



Il presente elaborato è stato redatto per la valutazione dell'invarianza idraulica, in osservanza al D.D.G. 102 del 23/06/2021 del Dipartimento Regionale dell'Urbanistica e dell'Autorità di Bacino.

L'Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente, in rispetto di quanto previsto dalla *Direttiva Comunitaria 2007/60/CE* del 27/10/2007, relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi alluvioni, ha predisposto un quadro di riferimento per la gestione dei fenomeni alluvionali, con la redazione del "*Piano di Gestione del Rischio Alluvioni*" (P.G.R.A.).

Il P.G.R.A. persegue l'obiettivo, così come previsto nell'art. 1 comma 1 della "*Direttiva 2007/60/CE*", di ridurre le conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali derivanti dalle stesse alluvioni anche al fine dello sviluppo sostenibile della comunità.

Il P.G.R.A. è stato redatto ai sensi dell'*art. 7 del D. Lgs 49/2010* nell'ambito delle attività di pianificazione di cui agli artt. 65, 66, 67 e 68 del *D. Lgs. 152/2006*, e ss.mm.ii., ed è stato definitivamente approvato con *Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 07/03/2019* pubblicato sulla *G.U.R.I. n.198 del 24/08/2019*.

Successivamente, a seguito dell'istituzione dell'Autorità di Bacino Distretto Orografico della Sicilia, è stata emanata la Circolare *prot. n. 6834 del 11/10/2019 – Attuazione delle misure della Pianificazione distrettuale relativa all'applicazione dei principi di invarianza idraulica – indirizzi applicativi*, senza che siano stati però emanate direttive di indirizzo ne linee guida tecniche per la redazione dei suddetti studi di invarianza idraulica.

Di recente, con *Decreto 23 giugno 2021 - Principio di Invarianza idrologica ed idraulica – congiunto tra A.R.T.A. e Presidenza – Pubblicato sulla G.U.R.S. parte I n. 30 del 16/07/2021*, nell'*Allegato 2* sono stati emanati gli "*Indirizzi tecnici per la progettazione di misure di invarianza idraulica e idrologica*".

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 da realizzare;
2. inquadramento idrologico;
3. obiettivi;
4. studio idrologico;
5. computo volumi di compensazione per l'invarianza idraulica;
6. descrizione delle opere di laminazione;
7. conclusioni.



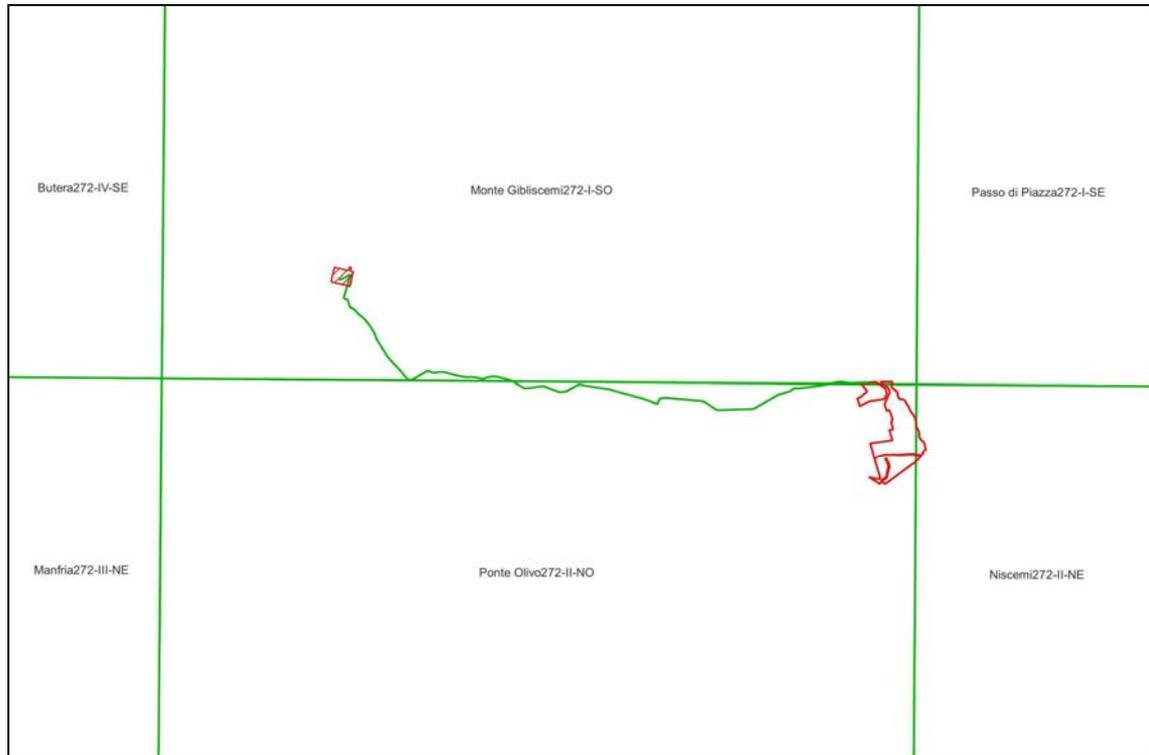
1. Inquadramento dell'area

L'area oggetto del presente studio è localizzata nel settore centro meridionale della Sicilia.

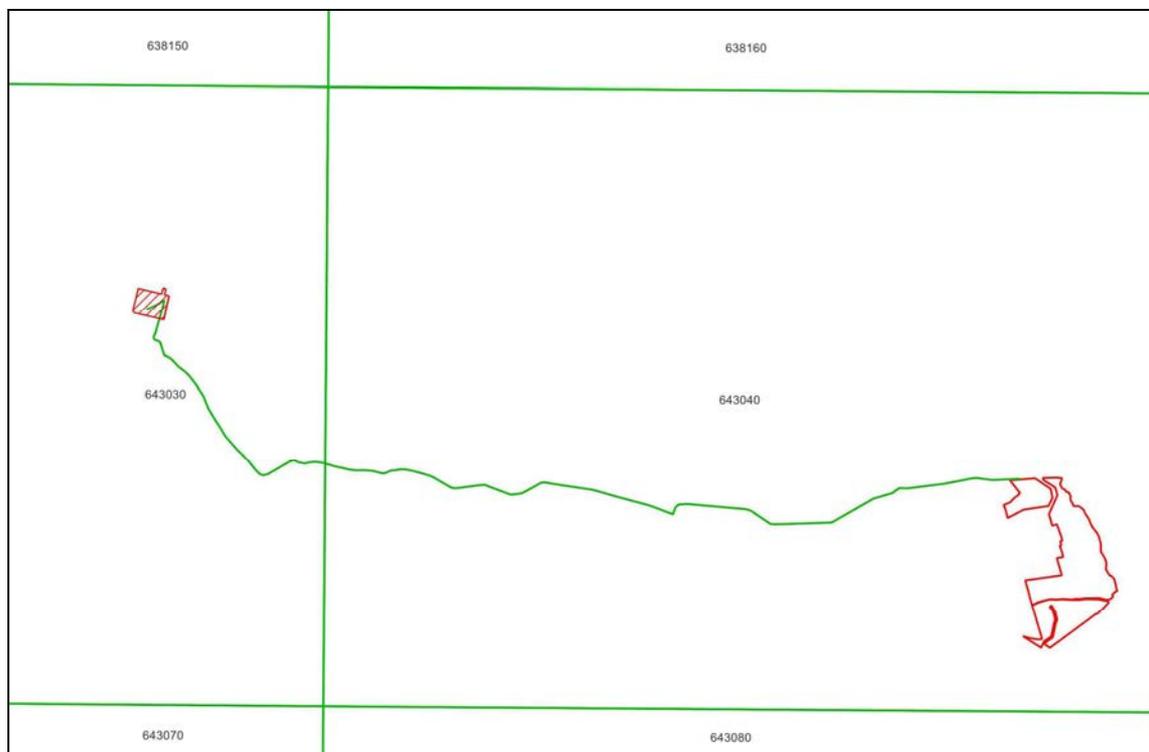
In dettaglio ci troviamo su un'area, facente parte del territorio comunale di Gela e ricadente nella contrada denominata *Timpazzo*.



Topograficamente, il sito rientra nelle Tavole "Ponte Olivo", Foglio n° 272, Quadrante II, Orientamento N. O., redatte dall'I.G.M.I. alla scala 1:25.000, mentre la sottostazione elettrica ricade sulla Tavole "Monte Gibilscemi", Foglio n° 272, Quadrante I, Orientamento S. O., redatte dall'I.G.M.I. alla scala 1:25.000, inoltre l'impianto ricade nella Sezione 643040 della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000 e la SSE ricade nella Sezione 643030 della Carta Tecnica Regionale.



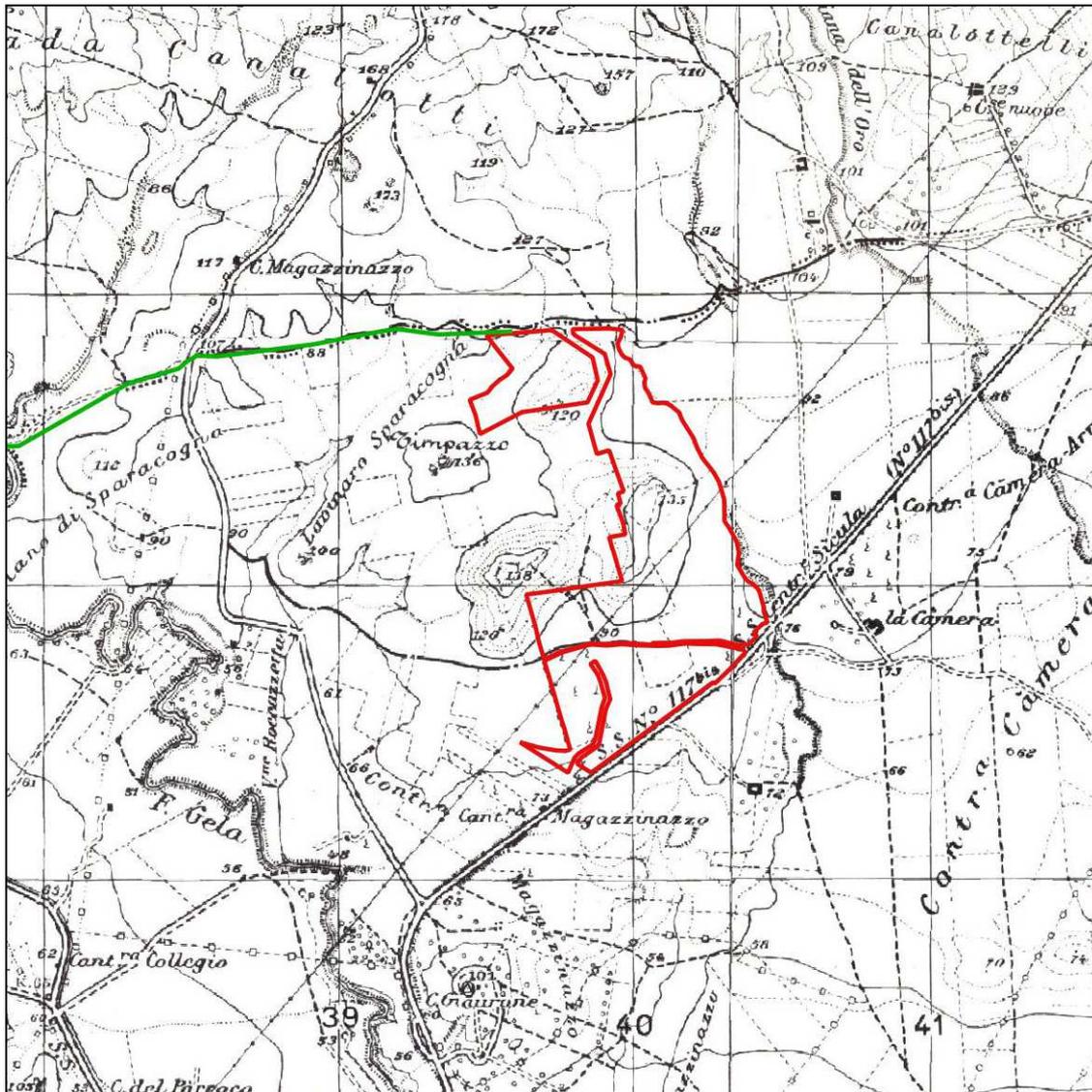
Quadro unione tavolette in scala 1:25.000



Quadro unione CTR in scala 1:10.000



Inoltre la centrale verrà collegata in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) a 220/150/36 kV della RTN, da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 220kV “Chiamonte Gulfi - Favara”.

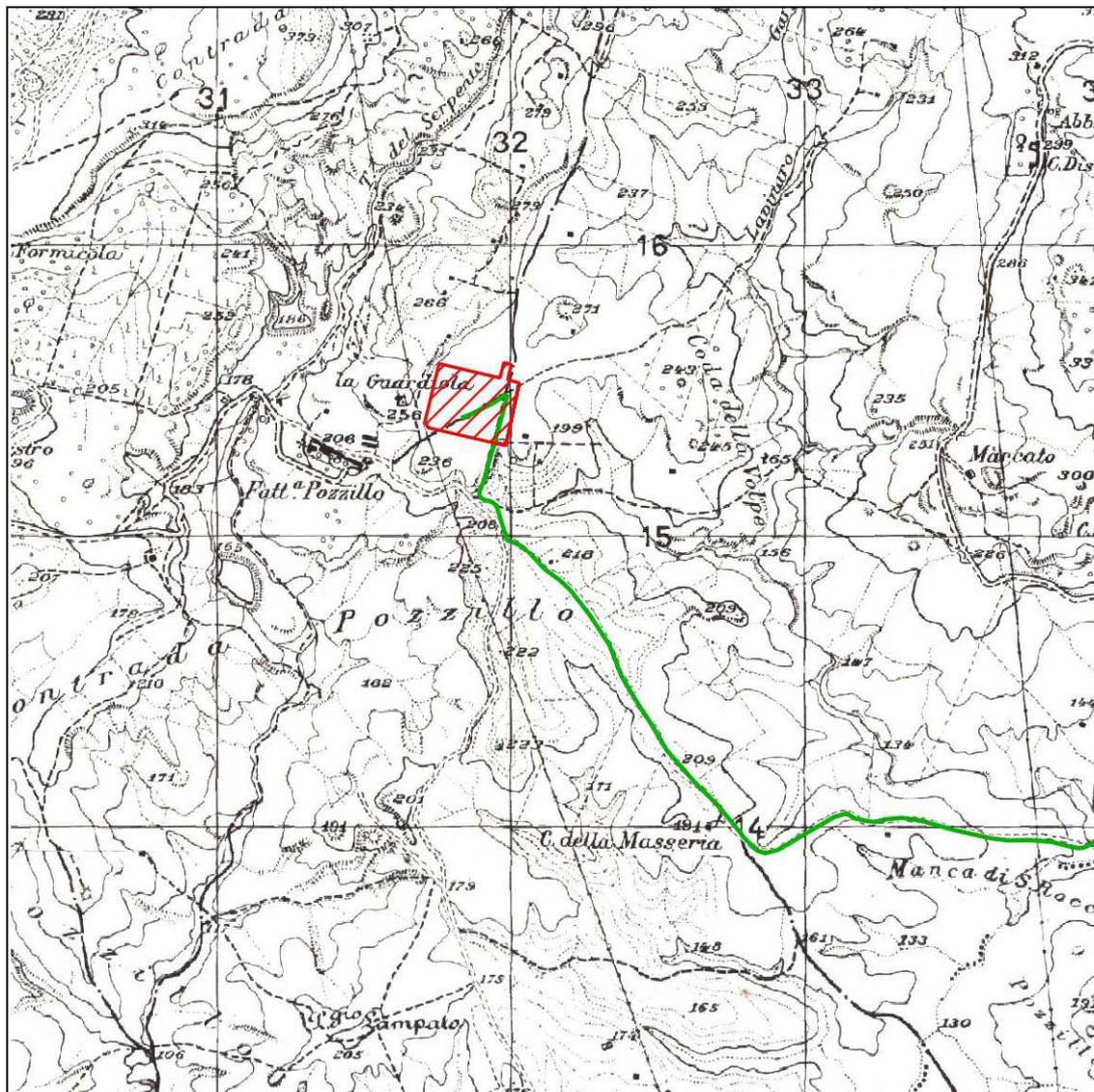


Stralcio topografico in scala 1:25.000 – Area impianto

Il sito d’impianto è posto ad un’altitudine media di 120 m s l m, dalla forma poligonale irregolare, suddiviso in 3 plot.



L'area è facilmente raggiungibile tramite viabilità pubblica e pertanto non è necessario realizzare ulteriori opere di viabilità d'accesso. L'accesso ai tre plot può avvenire alternativamente da una bretella della Strada Statale 117 bis Centrale Sicula a Sud, o dalla Strada Provinciale 190 a Nord.



Stralcio topografico in scala 1:25.000 – Area SSE

L'estensione complessiva del terreno è di circa 66,55 ha, di questi circa 62,73ha costituiscono la superficie del sistema agrivoltaico (S_{tot}) mentre la superficie totale



dell'ingombro dell'impianto agrivoltaico (S_{pv}) risulta pari a circa 13,07 ha. Di conseguenza il LAOR (*Land Area Occupation Ratio*), definito dalle linee guida ministeriali come il rapporto S_{pv}/S_{tot} , è pari al 19%.

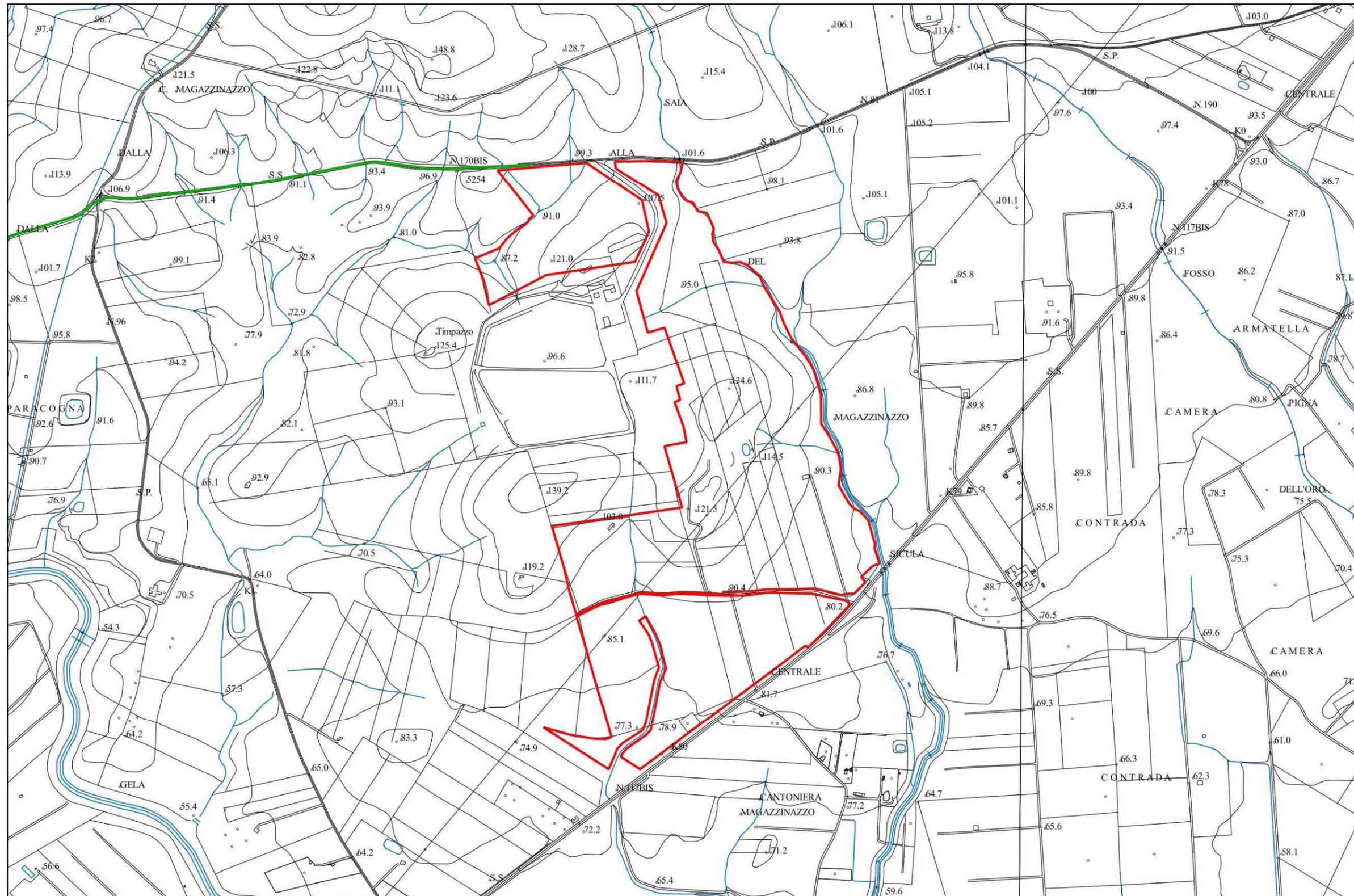
Tutto l'impianto sarà delimitato da una recinzione schermante costituita da diverse specie arbustive ed arboree con funzione di mitigare la vista dell'impianto dall'esterno. La recinzione sarà fissata a dei paletti in acciaio infissi al terreno, lungo la quale verranno predisposte apposite aperture per consentire alla fauna strisciante di passare liberamente. I cancelli d'ingresso saranno realizzati in acciaio del tipo scorrevole.

L'impianto progettato si avvale sia di strutture fotovoltaiche sub verticali fisse che avranno un'altezza minima da terra di circa 2,30 m e un'altezza massima di circa 4,15 m, considerando un'inclinazione dei pannelli di 45° rispetto all'orizzontale.

All'interno dell'area d'impianto sono previste n. 7 container Hi-Cube 40' come locali conversione-trasformazione, n. 7 cabine prefabbricate servizi ausiliari, n. 11 Locali tecnici e n. 1 Locale di Raccolta 36kV. Tutte le cabine saranno poste su fondazioni prefabbricate in cemento armato.

In riferimento ai movimenti di terra si eseguiranno solamente scavi a sezione obbligata per l'alloggiamento dei cavidotti alla profondità di circa 1,50 m e scavi in cui inserire le fondazioni prefabbricate dei locali tecnici di supporto all'impianto. Gran parte della terra verrà riutilizzata per rinterro e ricolmo degli scavi, parte del materiale verrà utilizzato per ripianamenti che saranno comunque limitati e tali da non alterare l'orografia attuale dello stato dei luoghi di progetto.

Inoltre, l'area interessata dal progetto abbraccia la Discarica Timpazzo, attualmente in attività, nella quale sono stati rilevati negli anni livelli di CSC (*Concentrazioni Soglia di Contaminazione*) delle matrici ambientali superati i quali è necessaria la caratterizzazione del sito e l'esecuzione di un'analisi di rischio sito-specifica finalizzata al calcolo delle concentrazioni soglia di rischio (CSR).



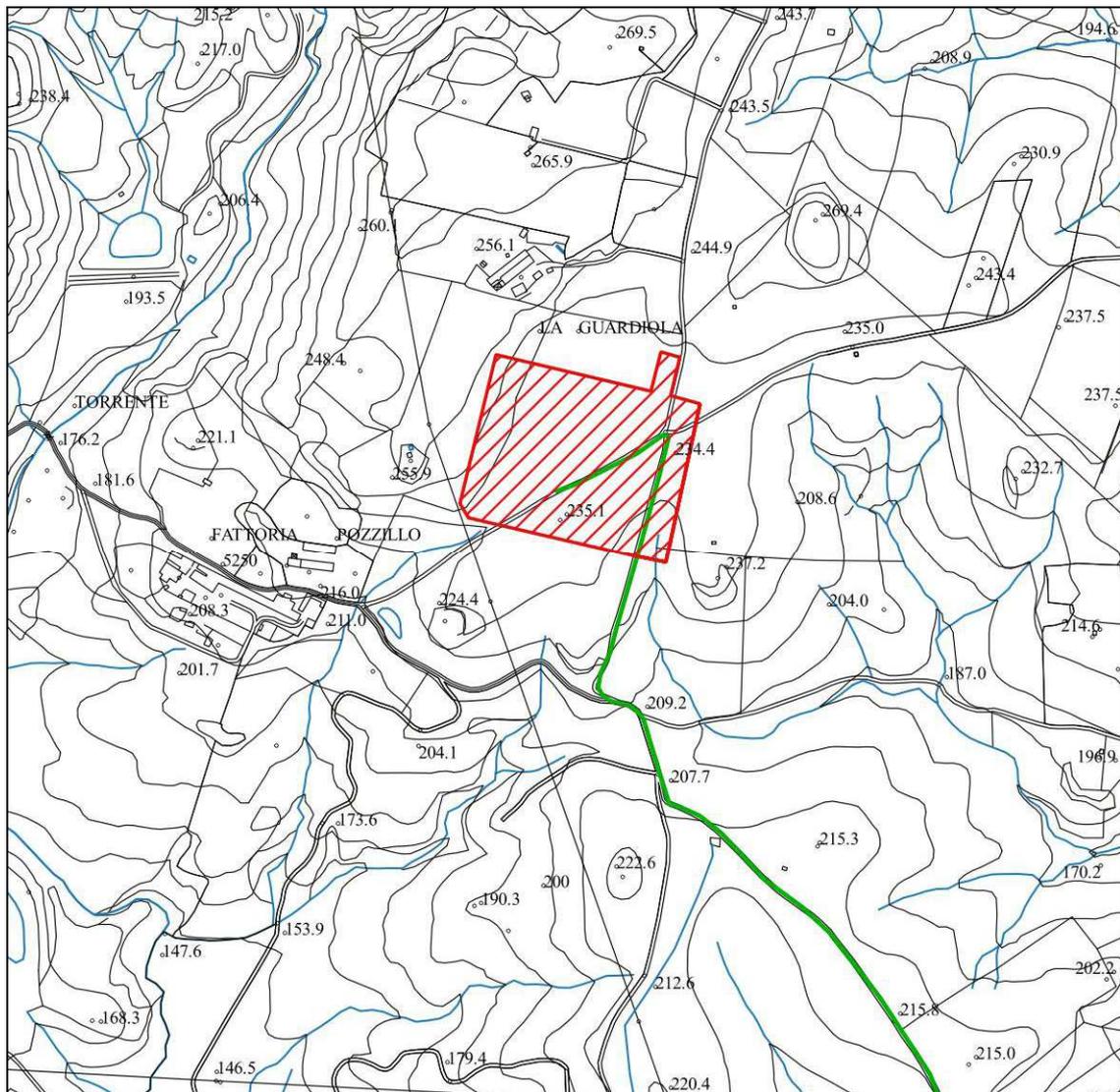
Stralcio CTR in scala 1:10.000 – Area impianto



Ortofoto in scala 1:10.000 – Area impianto



Per tale motivo, la volontà di riprendere la vocazione agricola dell'area deve combinarsi con la volontà di introdurre coltivazioni per uso non alimentare, nonché coltivazioni con abilità di fitorimediazione, in modo da ripulire il suolo da eventuali metalli pesanti.

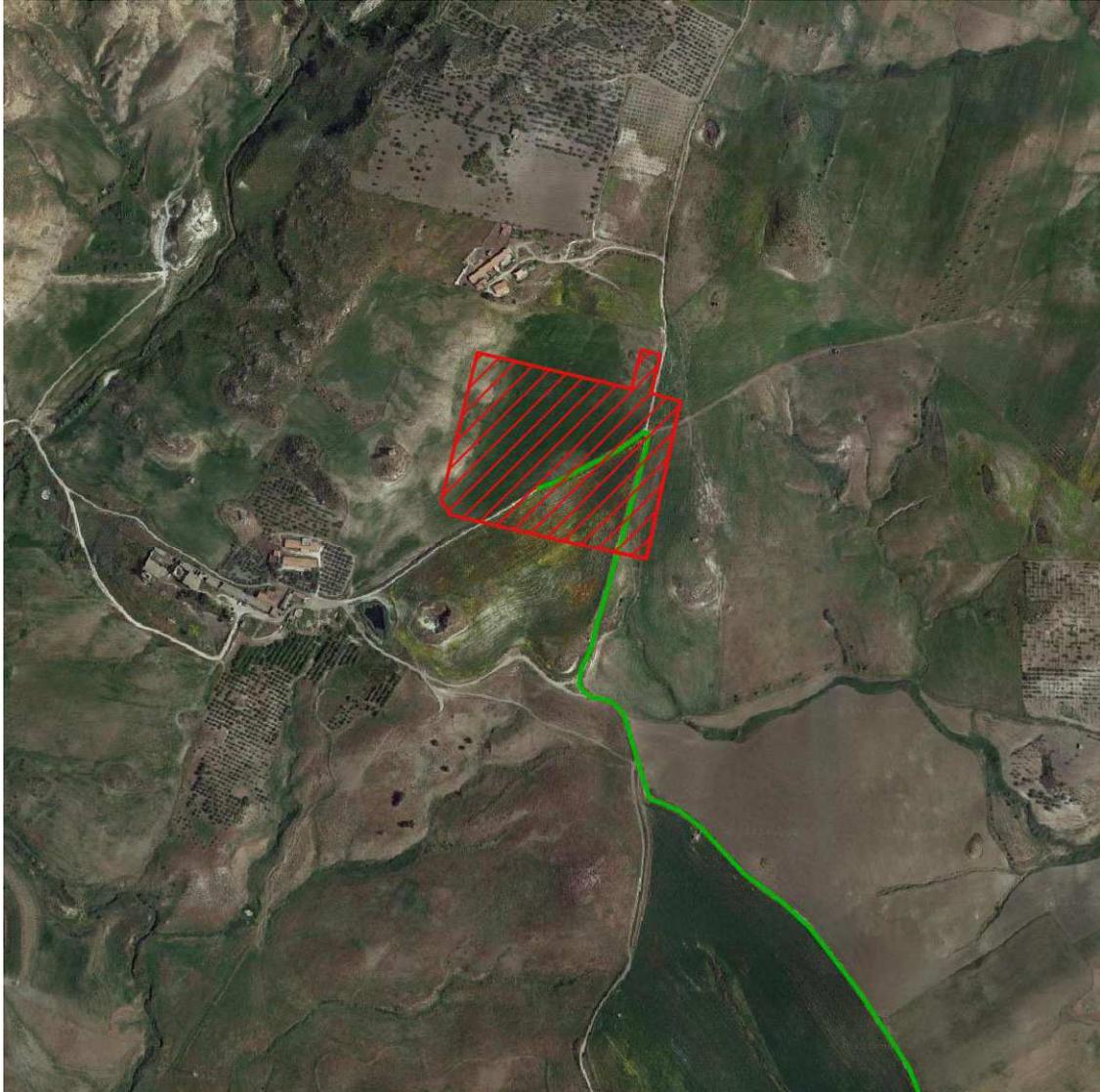


Stralcio CTR in scala 1:10.000 – SSE

Le installazioni agricole potranno produrre un vantaggio produttivo, specialmente negli ambienti a clima mediterraneo e con ridotte disponibilità irrigue,



grazie al miglioramento dell'umidità del suolo connessa alle fasce d'ombra e alla riduzione del fabbisogno idrico delle vegetazioni.



Ortofoto in scala 1:10.000 – SSE

La presenza dell'impianto agrivoltaico si pone come un miglioramento dal punto di vista naturalistico in quanto la maggior diversificazione di condizioni edafiche, termiche e luminose consentirebbe inoltre di aumentare la biodiversità e di offrire condizioni di maggior comfort e riparo per la fauna e per la tutela delle specie impollinatrici.



2. Inquadramento idrologico

L'area territoriale si trova tra il bacino del Fiume Gela e il bacino del Torrente Comunelli è localizzata a sud-ovest dei Monti Erei; questi ultimi, che dalla Catena delle Madonie scendono verso SSE fino all'altopiano Ibleo, costituiscono lo spartiacque naturale della Sicilia centro-meridionale tra i bacini idrografici i cui corsi d'acqua hanno foce nel Mare Ionio e quelli che sboccano nel Mar Mediterraneo - Canale di Sicilia.

Nello specifico, la suddetta area territoriale rappresenta la porzione più orientale dei bacini oggetto del presente piano ed occupa una superficie complessiva di 88,74 Km².

L'area in esame ha una forma triangolare con la base in corrispondenza della costa meridionale; i bacini idrografici con i quali confina sono, procedendo in senso orario, i seguenti:

- nel settore orientale - Bacino del Fiume Gela;
- nel settore occidentale - Bacino del Torrente Comunelli.

Tale zona è per lo più drenata da brevi incisioni torrentizie che quasi tutto l'anno sono in regime di magra. Ciò dipende principalmente dalle condizioni climatiche, caratterizzate da brevi periodi piovosi e da lunghi periodi di siccità che determinano nell'area una generale caratterizzazione stagionale dei deflussi superficiali.

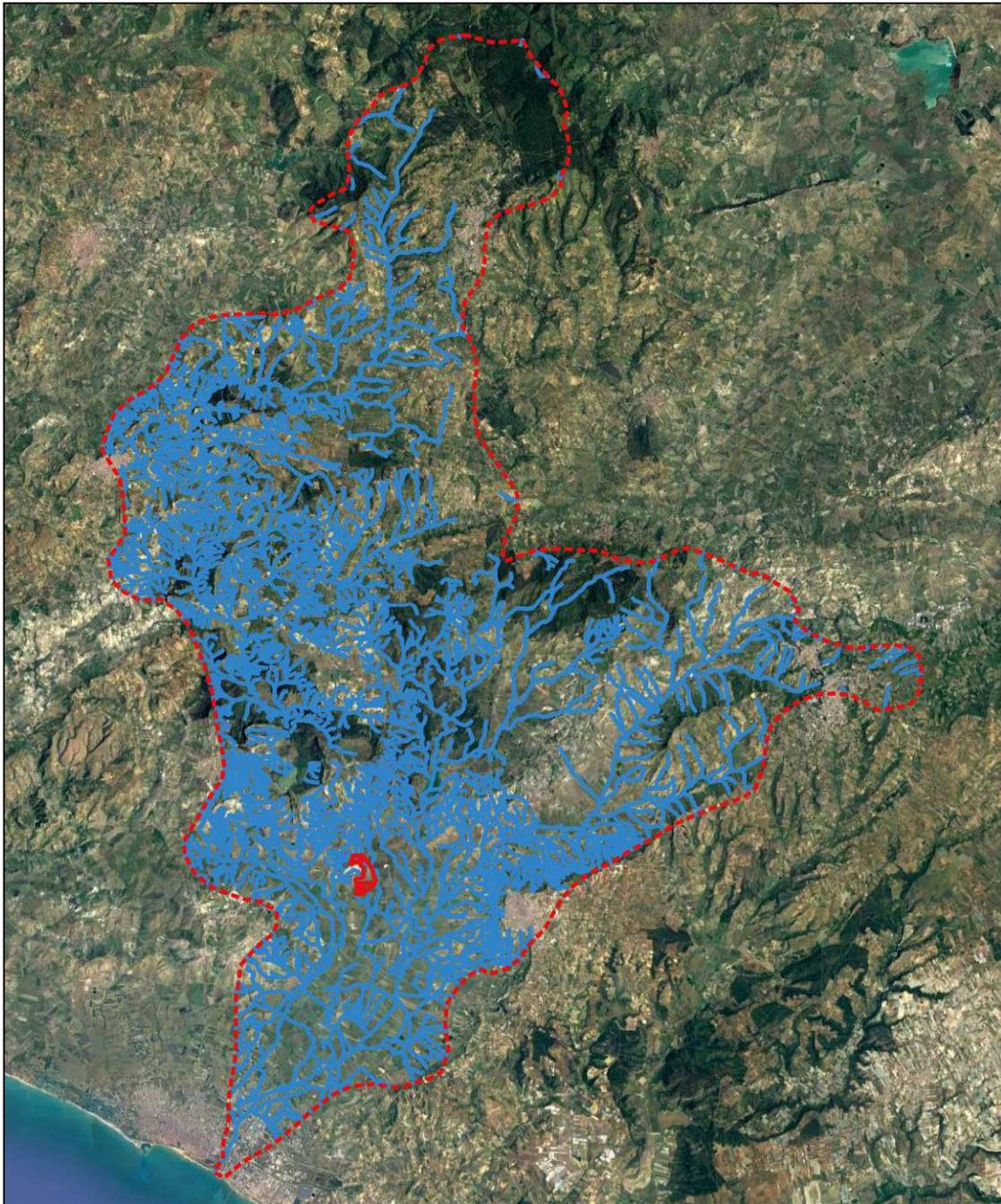
Occorre comunque ricordare che la densità di un reticolo idrografico è condizionata dalla natura dei terreni affioranti, risultando tanto più elevata quanto meno permeabili sono questi ultimi e quindi maggiormente diffuso è il ruscellamento superficiale.

Il reticolo idrografico superficiale, data la natura dei terreni affioranti (per lo più caratterizzati da permeabilità primaria per porosità) e per le caratteristiche climatiche della zona, risulta complessivamente assai poco sviluppato; esso inoltre denota una modesta capacità filtrante dei terreni affioranti e quindi una discreta capacità di smaltimento delle acque di ruscellamento superficiale.

Più specificatamente, essendo la capacità filtrante dei terreni funzione della granulometria e della eterogeneità dei singoli granuli, nei depositi terrosi che affiorano



estesamente nella pianura alluvionale di Gela si assiste ad una variabilità sia verticale che orizzontale della permeabilità in funzione della prevalenza o meno della frazione pelitica.



Bacino idrografico



Il regime pluviometrico dell'area segue più o meno lo stesso andamento di quello termico, ovvero si rileva una zona meridionale, quella prossima alla costa, caratterizzata da una piovosità leggermente più bassa che nel resto dell'area in esame.

I mesi più piovosi sono ovunque quelli invernali (dicembre e gennaio), con valori medi di piovosità di 65,2 mm, mentre quelli meno piovosi sono quelli estivi (giugno e luglio) con valori medi di piovosità di 4,5 mm.

L'anno più piovoso è stato il 1976 quando si è registrata una piovosità media annua per l'intera zona di 71,1 mm di pioggia. L'anno meno piovoso è stato il 1977 con una piovosità media annua per l'intera zona di 18,3 mm. Concludendo, i dati pluviometrici esaminati individuano un clima di tipo temperato mediterraneo, caratterizzato da precipitazioni concentrate nel semestre autunno-inverno e molto scarse nel semestre primavera-estate.



3. Obiettivi

L'Ufficio della Presidenza della Regione Sicilia tramite l'Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Sicilia – Servizio 1 – Tutela delle risorse idriche, con la *Circolare prot. n. 6834 del 11/10/2019 - Attuazione delle misure della Pianificazione distrettuale relativa all'applicazione dei principi di invarianza idraulica – indirizzi applicativi*, ed in ultimo con il Decreto 23 giugno 2021 - Principio di Invarianza idrologica ed idraulica, ha stabilito gli indirizzi tecnici per la progettazione di misure di invarianza idrologica ed idraulica.

Nel presente paragrafo, si riferiscono le scelte metodologiche e progettuali adottate per il dimensionamento dei dispositivi atti a garantire l'invarianza idraulica nella trasformazione edilizia in progetto.

Nello specifico, è stato limitato al massimo l'impermeabilizzazione del lotto di progetto attraverso l'inserimento di aree a verde pertinenziali ed aree ad elevata permeabilità per i percorsi stradali e altri accorgimenti che saranno definiti in seguito.

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.

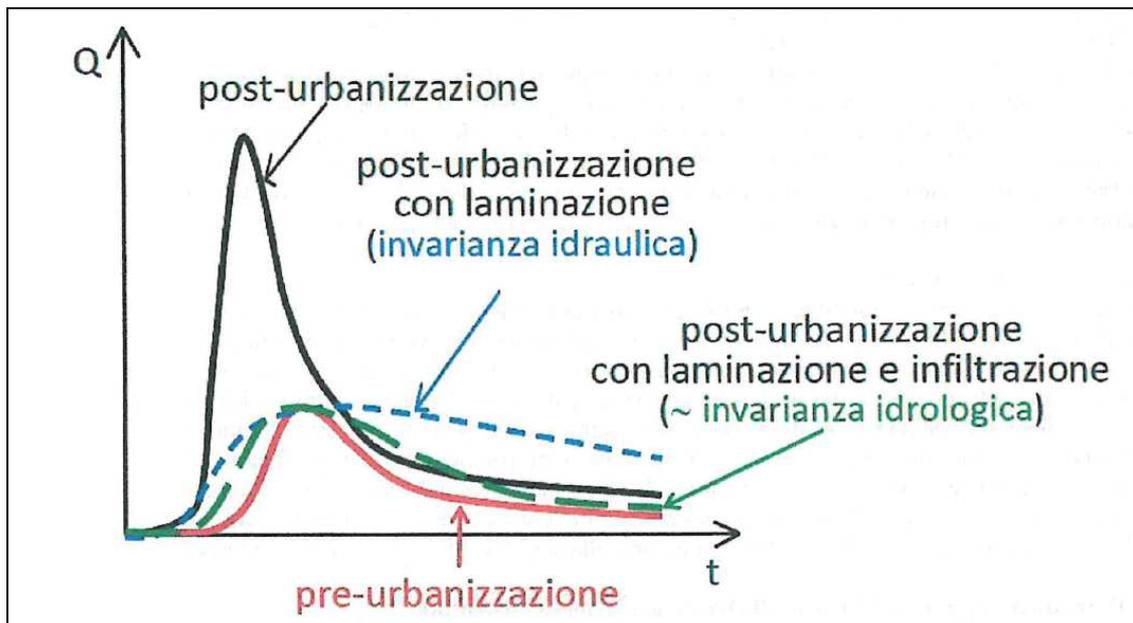
Tecnicamente l'invarianza idraulica si ottiene, prevalentemente, con la laminazione dei volumi di piena.

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.

In Figura 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



4. Studio idrologico

Il progetto di parco fotovoltaico prevede 3 sottocampi:

- Sottocampo 1 di estensione pari a 0.075 km²;
- Sottocampo 2 di estensione pari a 0.369 km²;
- Sottocampo 3 di estensione pari a 0.119 km²;



Ubicazione dei sottocampi



L'obiettivo dello studio idrologico è quello di stimare l'idrogramma di piena relativo ad una data sezione del corso d'acqua in esame e per fissato tempo di ritorno. In particolare, a causa della mancanza di portate (o altezze idrometriche) registrate, è stato utilizzato un metodo indiretto in cui il legame funzionale $Q = Q(T)$ è stato determinato a partire dall'informazione pluviometrica disponibile per il bacino interessato. L'utilizzo dei metodi indiretti richiede la definizione e la messa a punto di opportuni modelli matematici di tipo deterministico della trasformazione afflussi-deflussi, definiti come modelli di piena. Per il loro utilizzo, è necessario valutare tre elementi fondamentali:

- gli eventi meteorici, che rappresentano i dati di input e vengono dati mediante ietogrammi sintetici di progetto per fissato tempo di ritorno;
- la valutazione delle perdite idrologiche, al fine di calcolare le piogge nette che rappresentano l'aliquota di pioggia lorda che effettivamente determina deflusso;
- il meccanismo di trasferimento dei deflussi alla sezione di interesse con conseguente calcolo della portata di piena.

Nel caso in esame, verrà utilizzato un tempo di ritorno pari a 30 anni.

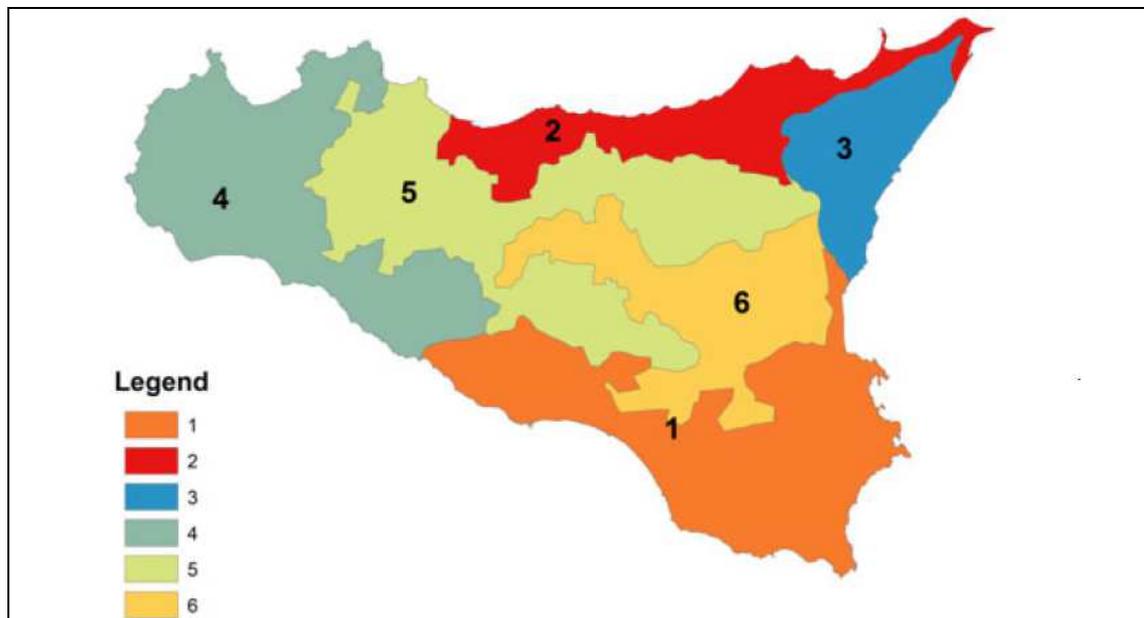
A causa del deficit di serie storiche di portate (o altezze idrometriche) nel sito in esame gli idrogrammi sono stati ricavati attraverso un metodo indiretto in cui il legame funzionale $Q = Q(T)$ è stato determinato a partire dall'informazione pluviometrica.

Innanzitutto, si è stimata la Curve di Probabilità Pluviometrica (CPP) mediante il metodo GEV (Generalized Extreme Value - Jenkinson, 1955). I relativi parametri per il bacino in esame sono stati ottenuti dallo studio di Forestieri et al. (2018) che fornisce a livello regionale, per 6 sottozone omogenee della Sicilia, i valori dei parametri (K_T , a_{24} ed n) che consentono di ottenere una stima dell'altezza di massima intensità $h_{d,T}$ per fissata durata d e fissato tempo di ritorno T attraverso la relazione di seguito riportata, nell'ipotesi che le precipitazioni seguano la legge di invarianza di scala temporale e adottando la legge di distribuzione GEV:

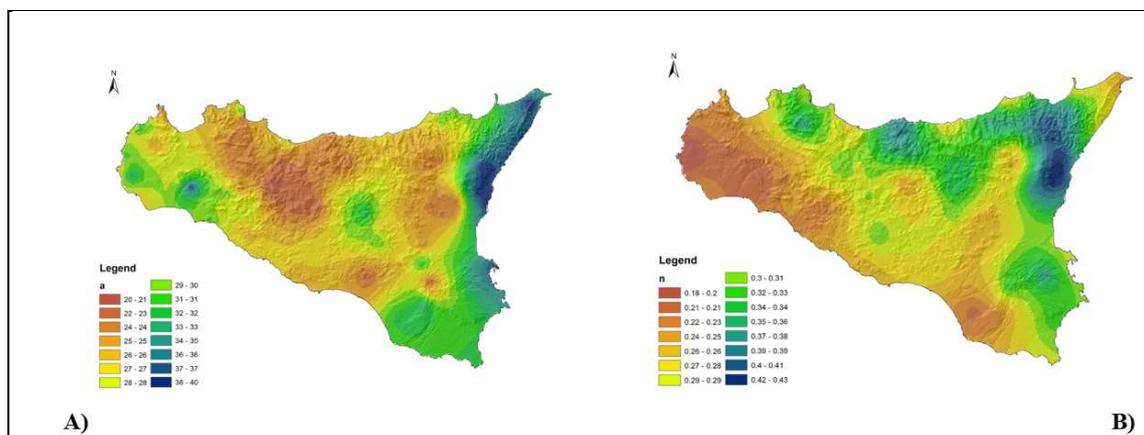
$$h_{d,T} = K_T a_{24} \left(\frac{d}{24} \right)^n$$

in cui:

- $K_T = a \ln(T) + b$: rappresenta il coefficiente di scala, detto anche coefficiente di crescita regionale. Questo dipende dal tempo di ritorno (T) e dalla zona omogenea di riferimento (a,b), Figura7;
- d : rappresenta la durata dell'evento, espressa in ore, e posto pari al tempo di corrivazione;
- a_{24} e n : rappresentano due parametri sito-specifici. Per la Sicilia, questi sono stati forniti da Forestieri et al. (2016), mediante mappe in formato raster ottenute dall'interpolazione spaziale dei valori a_{24} ed n rilevati per i siti strumentati.



Zone omogenee Sicilia (primo livello di regionalizzazione)



Valori di a_{24} e n per la Sicilia (Secondo livello di regionalizzazione)



Secondo la regionalizzazione di Forestieri et al. (2016), l'area in studio ricade interamente nella Regione 1, per la quale sono stati identificati i parametri a, b, a_{24}, n riportati in Tabella 1. In Figura 4 si riportano le CPP ottenute per i tre diversi tempi di ritorno. Queste sono espresse mediante la classica legge di potenza:

$$h_{d,t} = a d^n$$

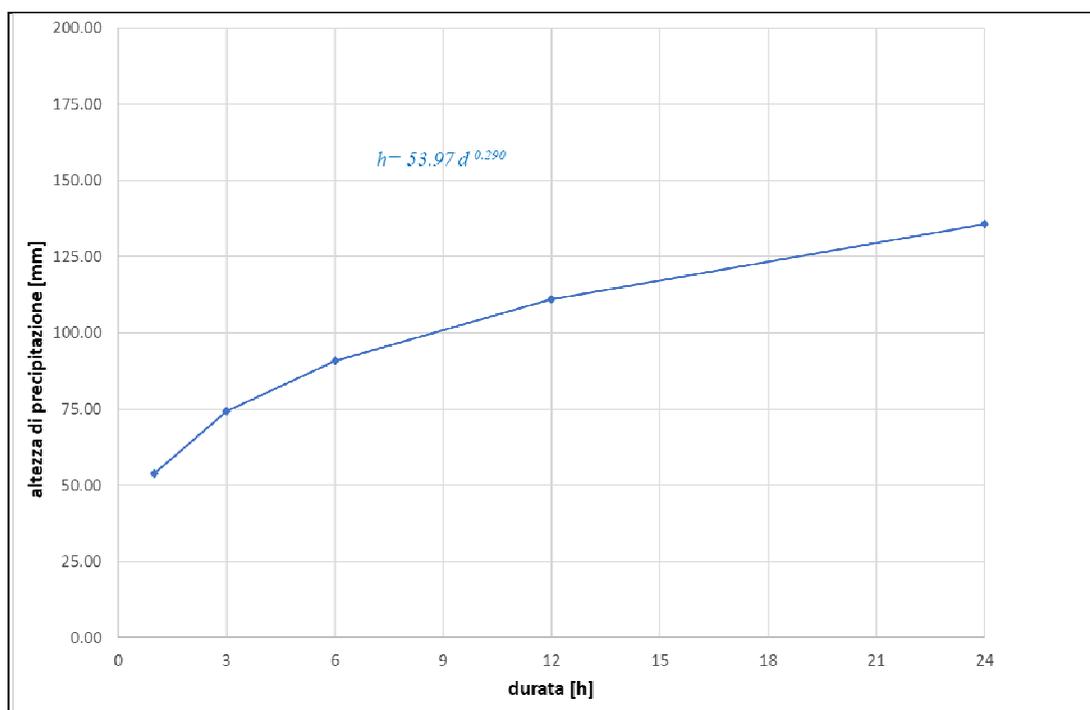
nella quale $a = \frac{K_T a_{24}}{24^n}$.

GELA zona 1				
Primo livello di regionalizzazione K_T [anni]			Secondo livello regionalizzazione	
a	b	K_{30}	a_{24}	n
0.5011	0.4545	2.16	25	0.29

Regionalizzazione per la determinazione della CPP

a	n
53.97	0,290

Parametri CPP



CPP per $T = 30$ anni



Successivamente è stato necessario calcolare il tempo di corrivazione, ottenuto mediante la relazione di D'Asaro - Agnese, per ciascuna delle due aree di progetto.

$$t_c = 0.43 \frac{\sqrt{A}}{v}$$

In cui:

- A: rappresenta l'area di progetto;
- v: rappresenta la velocità della corrente supposta pari a 1 m/s.

La relazione ha restituito i tempi di corrivazione riportati in Tabella.

ID Sottocampo	S [kmq]	v [m/s]	t _c [h]	t _{min}
1	0.075	1	0.12	7.07
2	0.369	1	0.26	15.67
3	0.119	1	0.15	8.90

Tempi di corrivazione

Dal momento che i parametri della CPP sono costruiti considerando una durata minima dell'evento di pioggia pari ad 1 ora, e la durata dell'evento (posta pari al tempo di corrivazione) è inferiore all'ora è necessario correggere il valore dell'altezza di pioggia tramite la formula di Ferreri-Ferro:

$$h_{tc} = h_{60} d \left(\frac{t_c}{60} \right)^{0.368}$$

Dove:

- h₆₀ rappresenta l'altezza di pioggia per una durata dell'evento pari ad 1 ora;
- t_c rappresenta il tempo di corrivazione espresso in minuti

I valori di altezza di pioggia corretti sono riportati in Tabella.

SOTTOCAMPO	QUANTILE [mm]
1	24.56
2	32.93
3	26.74

Quantili trentennali corretti



5. Computo volumi di compensazione per 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, nello specifico, ad esempio la viabilità interna sarà costruita con materiale permeabile in modo da diminuire il naturale deflusso delle acque ed evitare l'effetto barriera

Il volume di laminazione verrà ottenuto mediante il metodo semplificato delle piogge, così come descritto nel punto A.4 del D.D.G. del 23/06/2021.

In particolare, il metodo proposto si prefigge la stima del volume d'invaso necessario per garantire l'invarianza idraulica ricalcando il procedimento esposto nel testo *"Sistemi di fognatura. Manuale di progettazione"* (CSDU – HOEPLI, Milano, 1997).

La procedura si basa sulla sola curva di possibilità pluviometrica, sulle caratteristiche di permeabilità della superficie tributaria e sulla portata massima, supposta costante, che si vuole avere allo scarico del sistema.

La risposta idrologica del sistema è quindi estremamente semplificata trascurando tutti i processi di trasformazione afflussi-deflussi (Routing): permane unicamente la determinazione della precipitazione efficace (separazione dei deflussi) ottenuta con il metodo del coefficiente di afflusso.

Tale ipotesi semplicistica implica che le portate in ingresso al sistema di invaso siano sovrastimate e di conseguenza, nel caso si riesca a garantire la costanza della portata massima allo scarico, anche i volumi di laminazione risulteranno sovrastimanti e



cautelativi. Per contro, l'ipotesi di portata costante risulta accettabile solo per piccole luci di scarico.

Si presenta ora il metodo e le sue equazioni applicati al caso che si intenda utilizzare la formulazione classica (italiana) a due parametri (a, n) della curva di possibilità pluviometrica:

$$h = a * t^n$$

dove h è l'altezza di pioggia (mm) corrispondente a un evento di durata t.

Da queste posizioni deriva che il volume di pioggia entrante nel sistema di invaso in conseguenza ad un evento pluviometrico di durata t si può esprimere:

$$V_n = S * \varphi * h(t) = S\varphi a t^n$$

Dove φ è il coefficiente di afflusso e S la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso.

Il volume in uscita dal sistema nello stesso intervallo t di tempo sarà invece:

$$V_{OUT} = Q_{IMP} * t = u_{IMP} * t$$

dove Q_{IMP} e u_{IMP} sono rispettivamente la portata e il coefficiente udometrico imposti allo scarico.

Il volume invasato al tempo t sarà allora dato dalla differenza dei volumi in ingresso e in uscita dal sistema:

$$V = V_{IN} - V_{OUT} = S * \varphi * a * t^n - Q_{IMP} * t$$

Si tratta ora di trovare la durata di pioggia t_{cr} che massimizza il volume invasato V_{max} derivando l'espressione precedente. Analiticamente la condizione di massimo è così espressa:

$$t_{cr} = \left(\frac{Q_{IMP}}{S * \varphi * a * n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

e quindi il volume da assegnare al sistema di invaso sarà:

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

In cui:

- S è la superficie drenante espressa in [ha];



- a: rappresenta il quantile di pioggia t-ennale per un evento con durata pari al tempo di corrivazione, espresso in [mm]. È ottenuto correggendo la CPP mediante la relazione di Ferreri-Ferro dal momento che il tempo di corrivazione è inferiore all'ora;
- n: è l'esponente della CPP;
- Q_{IMP} è la portata limite ammessa allo scarico espressa in [l/s]. Valore corrispondente ad un coefficiente udometrico pari a 20 l/s per ettaro di superficie impermeabilizzata dall'intervento di urbanizzazione;
- ϕ : è il coefficiente di deflusso, posto pari a 0.30, così come indicazioni nell'allegato A della DGRV 2948 e nel documento "criteri e procedure per il rilascio di concessioni, autorizzazioni, pareri, relativi ad interventi interferenti con le opere consorziali, trasformazioni urbanistiche, e sistemazioni idraulico-agrarie", approvato con Delibera CdA n. 84/C-12 del 27 agosto 2012; aggiornato con Delibera CdA n. 013/C-16 del 25 gennaio 2016;
- V_{MAX} : è il volume di laminazione espresso in [m³], se il primo membro viene moltiplicato per 10 e il secondo membro viene moltiplicato per 3.6.

Nella tabella di seguito rappresentata, si riportano il valore di laminazione minimi ottenuti per i lotti di progetto.

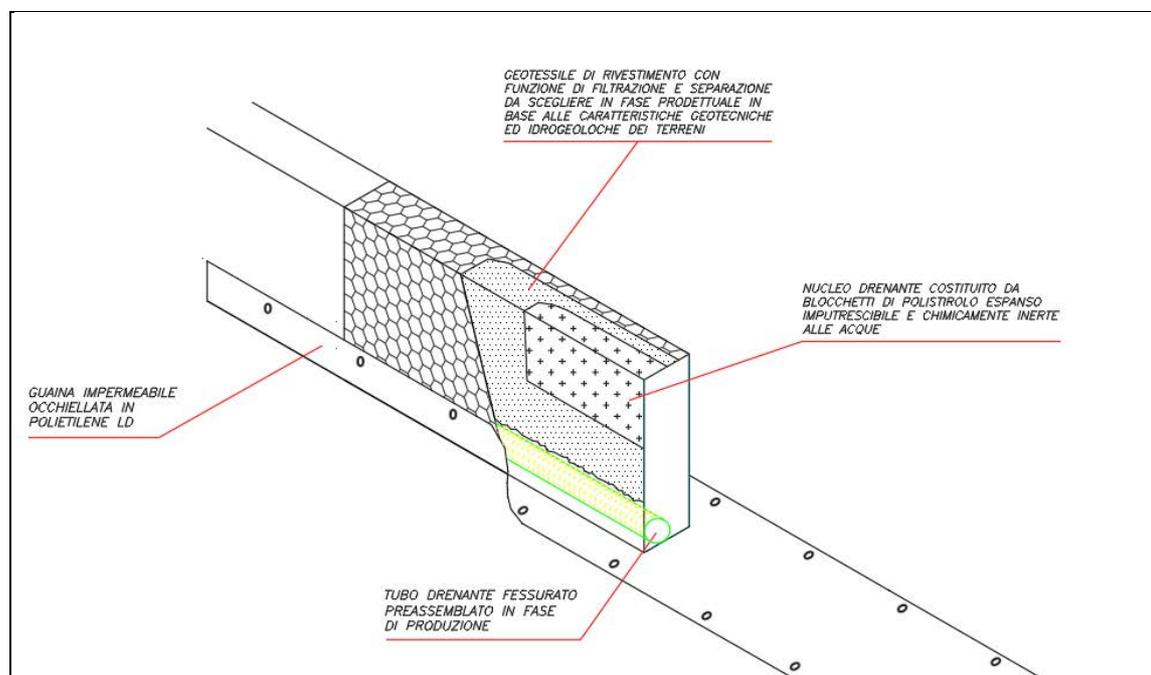
	S [ha]	Φ [-]	a [mm]	n	Q_{imp} [l/s]	V [m ³]
SOTTOCAMPO 1	7.50	0.08	24.56	0.29	150.00	28.18
SOTTOCAMPO 2	36.90	0.37	24.56	0.29	738.00	1307.62
SOTTOCAMPO 3	11.90	0.12	24.56	0.29	238.00	85.66

Volume di laminazione

6. Descrizione delle opere di laminazione

Nei punti più a valle delle trincee drenanti, verranno disposte delle vasche di laminazione aventi volumi complessivi pari a quelli riportati in Tabella.

Il recapito alle vasche di laminazione avverrà mediante l'utilizzo di trincee drenanti prefabbricate poste sulle linee preferenziali di deflusso ad una profondità di 0.80 m dal piano campagna.



Caratteristiche del pannello drenante prefabbricato

Il pannello drenante è costituito da uno scatolare esterno in rete metallica a doppia torsione rivestito con geotessile ritentore e separatore. Il nucleo drenante è costituito da “ciottoli” di polistirolo non riciclato, impurrescibile, insolubile e chimicamente inerte alle acque. Il pannello presenta al proprio interno, preassemblato, un tubo microforato con diametro pari a 160 mm.

I principali vantaggi nell'utilizzo di una trincea drenante prefabbricata rispetto le classiche trincee drenanti sono:

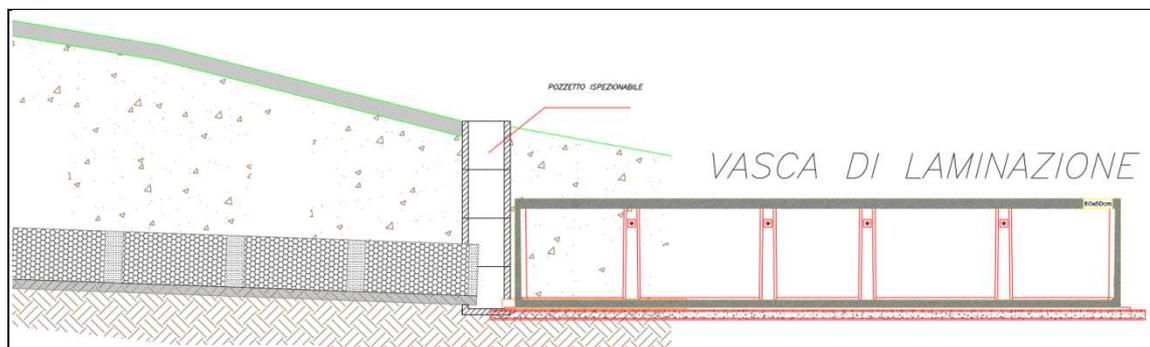


- riduzione dei volumi di scavo: i pannelli drenanti prefabbricati si assemblano a bordo scavo e vengono successivamente calati nella trincea dall'esterno. Pertanto le operazioni che portano le maestranze in scavo possono considerarsi praticamente nulle; non essendoci quindi la necessità di lavorare con le maestranze dentro lo scavo, gli stessi possono essere ridotti al minimo, in funzione delle condizioni di stabilità dei terreni stessi. tale situazione si riflette su una minore quantità di terreno che dovrà essere movimentata sia in fase di scavo che in fase di riporto. Si può stimare una riduzione dei volumi variabile da circa il 50% a circa i 2/3 di materiali inerti e terrigeni trasportati o movimentati;
- maggiore velocità di posa: i pannelli drenanti prefabbricati possono essere posati, nella maggior parte delle condizioni di terreno e di scavo, alla medesima velocità di avanzamento dell'escavatore nell'apertura della trincea. Dall'esperienza maturata nei 15 anni di utilizzo di tale tecnologia si può affermare che la produttività media anche in condizioni logistiche difficili si attesta circa dai 50 ai 150 metri al giorno (in funzione della stabilità dello scavo e della profondità dello stesso).
- gestione di cantiere: i materiali preassemblati consentono di avere aree di cantiere pulite e sgombrare da grandi quantità di inerti, questo consente di fare a meno di aree di stoccaggio, carico e scarico materiali inerti e terrigeni.
- effetti sulla viabilità di cantiere e del suo intorno: avendo l'opportunità di evitare frequenti passaggi di camion per gli approvvigionamenti si può ovviare ad un gran numero di disagi a carico della viabilità e della popolazione locale. Gli effetti immediati sono la riduzione del traffico pesante sulle strade, l'assenza di strade sporche, fangose e sdruciolevoli in caso di pioggia e polverose col secco e la riduzione degli ammaloramenti del manto stradale dati da passaggi frequenti di camion a pieno carico.
- ottimizzazione del volume drenante: La necessità di realizzare degli scavi in sicurezza per costruire una trincea tradizionale (si lavora sempre con maestranze all'interno dello scavo) implica un utilizzo consistente e spropositato in termini di volumi di materiale drenante (pietrame). Spesso quindi si realizzano dei



drenaggi con una volumetria di pietrame fortemente ingiustificata e sovradimensionata rispetto all'effettiva quantità di portata idraulica da smaltire. Una ricerca sperimentale quinquennale condotta tra 2009 e 2014 - effettuata in collaborazione con l'Università di Bologna e la Regione Emilia Romagna - ha evidenziato la piena compatibilità in termini di portata idraulica tra una trincea tradizionale ed una trincea prefabbricata con sistema Gabbiodren (trincea tradizionale 1,70mc/ml mentre trincea Gabbiodren 0,30mc/ml), a parità di condizioni idrogeologiche e geomorfologiche (. Ciò consente di affermare che la realizzazione di una trincea Gabbiodren consente di ridurre la quantità di materiale drenante a parità di Efficienza idraulica.

L'acqua stoccata nelle vasche di laminazione verranno smaltite, entro le 48 ore successive all'evento di pioggia, all'interno dei corpi ricettori naturali esistenti in prossimità dell'area d'impianto, con pompe di sollevamento e a portata minima, tale da non interferire con il drenaggio esistente.



Sezione tipologica sistema di laminazione





7. Conclusioni

Nel presente elaborato, in ottemperanza a quanto disposto dalla Circolare prot. n. 6834 del 1/10/2019 – Attuazione delle misure della Pianificazione distrettuale relativa all'applicazione dei principi di invarianza idraulica – indirizzi applicativi, nonché in rispetto di quanto disposto di recente, con Decreto 23 giugno 2021 - Principio di Invarianza idrologica ed idraulica – congiunto tra A.R.T.A. e Presidenza – Pubblicato sulla G.U.R.S. parte I n. 30 del 16/07/2021, 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 1422 mc e nello specifico 28 mc per il sottocampo 1, 1307 mc per il sottocampo 2 e 85 mc per il sottocampo 3.



Si è previsto quindi di installare batterie di vasche di laminazione nei punti indicati in planimetria.

Il recapito alle vasche di laminazione avverrà, mediante l'utilizzo di trincee drenanti prefabbricate poste sulle linee preferenziali di deflusso ad una profondità di 0.80 m dal piano campagna.

L'acqua stoccata nelle vasche di laminazione verranno smaltite, entro le 48 ore successive all'evento di pioggia, all'interno dei corpi ricettori naturali esistenti in prossimità dell'area d'impianto, con pompe di sollevamento e a portata minima, tale da non interferire con il drenaggio esistente.

Termini Imerese, Novembre 2023



Il Geologo
(Dott. Ignazio Giuffrè)