

Impianto agro-fotovoltaico "Polmone" Comune di Ramacca (CT)

Proponente



SORGENIA LEO S.r.l
Via Algardi, 4 – 20148 Milano
tel. 02 671941 – fax 02 67194210
<http://www.sorgenia.it>
PEC sorgenia.leo@legalmail.it



STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA NUOVA SE BELPASSO 380

Progettista



Tiemes Srl
Via R. Galli 9 – 20148 Milano
tel. 024983104/ fax. 0249631510
[http://](http://www.tiemes.it)

0	07/03/2024	Prima emissione	RZ	CM	
Rev.	Data emissione	Descrizione	Preparato	Approvato	
CODICE					
Origine File: 21047RMC.PD.R.30.00 – Studio di invarianza idraulica nuova SE Belpasso 380		Commessa	Proc	Tipo doc	Num
		21047	PD	R	30
		RMC			00
Proprietà e diritti del presente documento sono riservati – la riproduzione è vietata / Ownership and copyright are reserved – reproduction is strictly forbidden					

INDICE

1	PREMESSA	4
2	SCOPO	6
3	PROPONENTE	6
4	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	7
4.1	INTERVENTO N.1 – MODIFICA DEI RACCORDI S.T. A 380 kV IN ENTRA-ESCI ALLA NUOVA SE.....	9
4.2	INTERVENTO N.2 – REALIZZAZIONE SE “BELPASSO 380” DI TRASFORMAZIONE 380/150/36 kV.....	10
4.3	INTERVENTO N.3 – COSTRUZIONE DI UNA CABINA DI SEZIONAMENTO DELLA SOCIETÀ SORGENIA LEO SRL	11
5	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E NORMATIVO	13
5.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	13
5.2	DESCRIZIONE DEI LUOGHI.....	15
5.3	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	19
5.4	INQUADRAMENTO PAI.....	20
6	STUDIO IDROLOGICO	21
6.1	PLUVIOMETRO DI MINEO	21
6.2	PREMESSA	24
6.3	LEGGE DI PIOGGIA DI GUMBEL.....	25
6.3.1	<i>Metodologia di calcolo</i>	25
6.3.2	<i>Risultato delle elaborazioni</i>	26
6.3.3	<i>Pluviogramma sintetico</i>	29
6.4	PROCEDURA VA.PI.....	31
6.4.1	<i>Metodologia di calcolo</i>	31
6.4.2	<i>Risultato delle elaborazioni</i>	35
6.5	CONFRONTO TRA I RISULTATI.....	39
7	DEFINIZIONE CLASSE INTERVENTO PER STUDIO INVARIANZA IDRAULICA	41
7.1	PREMESSA SULLA PROPOSTA PROGETTUALE.....	41
7.2	INDICAZIONI TECNICO – NORMATIVE	43
8	STIMA DELLA PORTATA DI PIENA	45
8.1	DATI MORFOLOGICI E TEMPO DI CORRIVAZIONE	45
8.2	METODO S.C.S.....	46
8.2.1	<i>CN – Stato attuale</i>	50
8.2.2	<i>CN – Stato di progetto</i>	51
8.2.3	<i>Modello SCS – CN</i>	52
8.2.4	<i>Sintesi dei risultati</i>	62
8.3	CONFRONTO PORTATE DI MASSIMA PIENA	63
9	CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE	64
9.1	METODO SEMPLIFICATO DELLE PIOGGE	64
9.1.1	<i>Premessa</i>	64
9.1.2	<i>Risultati del calcolo del coefficiente medio ponderale</i>	67
9.1.3	<i>Calcolo volume di invaso</i>	67

10	TIPOLOGIA DI SISTEMA DI LAMINAZIONE ADOTTABILE.....	69
11	CONCLUSIONI.....	71

1 Premessa

La società Sorgenia Leo Srl, d'ora in avanti il Proponente, intende realizzare un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare nel comune di Ramacca (CT) dotato di un sistema di accumulo elettrochimico per lo stoccaggio dell'energia elettrica. Le opere connesse per il collegamento dell'impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) ricadono all'interno nei comuni di Ramacca e Belpasso in provincia di Catania.

L'impianto che si intende realizzare, denominato "Polmone", avrà una potenza elettrica di picco pari a circa 18,683 MW e verrà installato su un terreno di estensione circa 41 ha individuato ai fogli catastali 61 p.lle 24, 50, 242 e 62 p.lle 6, 93, 94, 95, 122, 118 e 165 del Comune di Ramacca. L'impianto sarà dotato di un sistema di accumulo per lo stoccaggio dell'energia elettrica con potenza di immissione e prelievo dalla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) pari a 14 MW.

Il parco fotovoltaico sarà integrato da una serie di interventi agricoli, volti a favorire la redditività e la produttività dei suoli agricoli, in modo tale da garantire la coesistenza dell'agroecosistema produttivo agricolo con quello industriale derivante dalla produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica. In particolare, il progetto agricolo prevede l'insediamento di un gregge di circa 300 capi ovini da latte e la coltivazione del terreno libero dalle strutture a prato-pascolo (seminato con specie erbacee generalmente polifite di durata 5-7 anni), ed utilizzato per il pascolamento e la produzione di foraggi conservati. Verrà inoltre adottato un sistema di agro-zootecnia 4.0 che consentirà di monitorare in tempo reale gli animali al pascolo.

Data la potenza dell'impianto, superiore ai 10.000 kW, il servizio di connessione sarà erogato in alta tensione (AT), ai sensi della Deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 23 luglio 2008 n.99 e s.m.i.

Le opere progettuali sono quindi sintetizzate nel seguente elenco:

- Impianto fotovoltaico: costituito da 33'664 moduli in silicio monocristallino da 555 Wp per un totale di 18'683,52 kW, 575 inseguitori solari monoassiali del tipo "double-portrait", 4 power station (unità di conversione c.c./c.a. e trasformazione BT/MT), cabina di smistamento, cabina ausiliari, distribuzione cavidotti interni all'area in BT e MT, trasformatore MT/36 kV;

- Sistema di accumulo elettrochimico: costituito da 8 pacchi batteria in soluzione container da 3,5 MWh ciascuno, 2 PCS (Power Conversion System) per la conversione c.c./c.a. e trasformazione BT/MT;
- Impianto di rete per la connessione alla RTN: consistente in una nuova SE di trasformazione 380/150/36 kV denominata "Belpasso 380" da inserire in entra-esce sulla linea RTN "Chiaramonte Gulfi – Paternò";
- Impianto di utenza per la connessione alla RTN: consistente nella rete di terra, nella rete di comunicazione in fibra ottica, cabine di sezionamento e nel cavidotto a 36 kV interamente e sviluppato prevalentemente al di sotto della viabilità esistente per il collegamento in antenna con la sezione a 36 kV della futura Stazione Elettrica (SE) denominata "Belpasso 380".

I progetti del tipo in esame rispondono a finalità di interesse pubblico (riduzione dei gas ad effetto serra, risparmio di fonti fossili scarse ed importate) ed in quanto tali sono indifferibili ed urgenti, come stabilito dalla legge 1° giugno 2002, n. 120, concernente "Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997" e dal D.Lgs. 29 dicembre 2003, n.387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" e s.m.i..

L'utilizzo di fonti rinnovabili comporta infatti beneficio a livello ambientale, in termini di tonnellate equivalenti di petrolio (TEP) risparmiate e mancate emissioni di gas serra, polveri e inquinanti.

2 Scopo

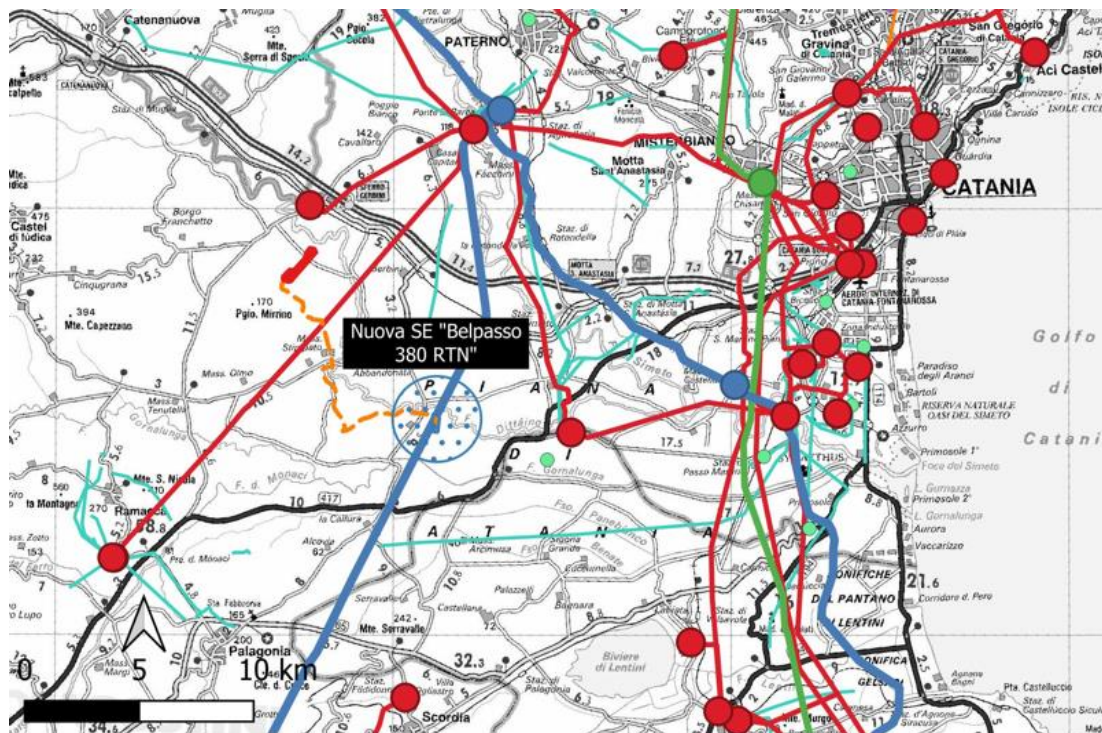
Il presente elaborato costituisce la relazione d'invarianza idraulica redatta ai sensi dell'Allegato n. 1 "Indirizzi applicativi invarianza idraulica e idrologica" (protocollo n° 6834 del 11/10/2019) della D.D.G. n.102 del 23/06/2021 relativa ad il progetto di una nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione 380/150/36 kV denominata "Belpasso 380" da realizzare nel comune di Belpasso (CT) da inserire in modalità entra-esce sulla linea RTN esistente a 380 kV "Chiaramonte Gulfi – Paternò", e la modifica dei raccordi a 380 kV singola terna in entra-esce alla stazione.

3 Proponente

Il soggetto proponente del progetto in esame è Sorgenia Leo S.r.l., interamente parte del gruppo Sorgenia Spa, uno dei maggiori operatori energetici italiani. Il Gruppo è attivo nella produzione di energia elettrica con oltre 4'750 MW di capacità di generazione installata e oltre 400'000 clienti in fornitura in tutta Italia. Efficienza energetica e attenzione all'ambiente sono le linee guida della sua crescita. Il parco di generazione, distribuito su tutto il territorio nazionale, è costituito dai più avanzati impianti a ciclo combinato e da impianti a fonte rinnovabile, per una capacità di circa 370 MW tra biomassa ed eolico. Nell'ambito delle energie rinnovabili, il Gruppo, nel corso della sua storia, ha anche sviluppato, realizzato e gestito impianti di tipo fotovoltaico (ca. 24 MW), ed idroelettrico (ca.33 MW). In quest'ultimo settore, Sorgenia è attiva con oltre 75 MW di potenza installata gestita tramite la società Tirreno Power, detenuta al 50%. Il Gruppo Sorgenia, tramite le sue controllate, fra le quali Sorgenia Leo S.r.l., è attualmente impegnata nello sviluppo di un importante portafoglio di progetti rinnovabili di tipo eolico, fotovoltaico, biometano, geotermico ed idroelettrico, caratterizzati dall'impiego delle Best Available Technologies nel pieno rispetto dell'ambiente.

4 Descrizione del progetto

L'intervento consiste nel realizzare una nuova Stazione Elettrica di trasformazione 380/150/36 kV denominata "Belpasso 380" da realizzare nel comune di Belpasso (CT) in agro da inserire in modalità entra-esce sulla linea RTN esistente a 380 kV "Chiaramonte Gulfi – Paternò", e la modifica dei raccordi a 380 kV singola terna in entra-esce alla stazione nonché la cabina di sezionamento della società Sorgenia Leo srl, posta in adiacenza alla SE.



Legenda:

- | | | |
|---|-------------------------------------|------------------|
| Area impianto agro-fotovoltaico "Polmone" | Infrastrutture RTN esistenti | Linee RTN |
| Impianto di rete per la connessione | Cabina Primaria 150 kV | 70 kV |
| Area SE Belpasso 380 RTN | Stazione Elettrica 220 kV | 150 kV |
| Impianto di utenza per la connessione | Stazione Elettrica 380 kV | 220 kV |
| Tracciato cavidotto 36 kV di connessione impianto-stallo stazione | Cabina Primaria 70 kV | 380 kV |
| | Altro | Linee MT e BT |

Figura 4-1 – Inquadramento opere di rete ed utenza per la connessione e infrastrutture esistenti

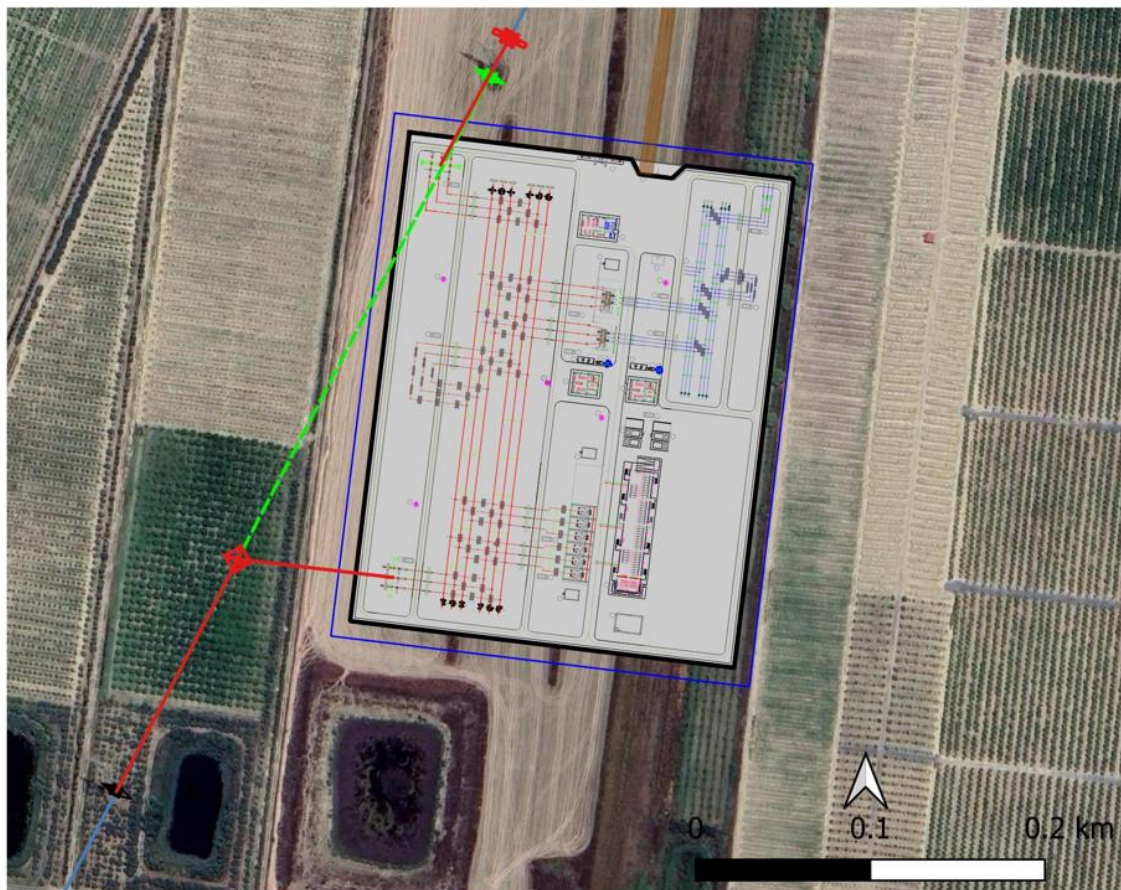
L'impianto agro-fotovoltaico "Polmone", che il proponente intende realizzare, sarà collegato in antenna alla sezione a 36 kV della futura SE. Le opere descritte nel seguito consentiranno di connettere la centrale fotovoltaica e una pluralità di altri impianti FER alla RTN.

Le opere facenti parte dell'impianto di rete per la connessione ricadono interamente nel comune di Belpasso (CT), e sono sintetizzabili in:

- **Intervento N.1** – Smantellamento di un sostegno 380 kV a singola terna e di circa 300 metri di linea aerea per realizzare due nuovi sostegni 380 kV a singola terna necessari per il collegamento in entra-esce sulla nuova SE;
- **Intervento N.2** – Costruzione di una nuova Stazione Elettrica di trasformazione 380/150/36 kV da realizzare in entra-esce sulla linea RTN S.T. (singola terna) a 380 kV "Chiamonte Gulfi – Paternò".
- **Intervento N.3** - Costruzione di una cabina di sezionamento della società Sorgenia Leo srl.

4.1 Intervento N.1 – Modifica dei raccordi S.T. a 380 kV in entra-esci alla nuova SE

L'intervento N.1 consiste nella variazione del tracciato della linea aerea per realizzare un collegamento in entra-esci sulla nuova SE di Belpasso. Il progetto prevede lo smantellamento del sostegno esistente n.34 e l'inserimento sul tracciato dell'elettrodotto esistente, di due nuovi sostegni P.33/1 e P.33/2 rispettivamente del tipo EA30 e EP24.



Legenda:

Opere di rete RTN	— Sostegni esistenti
— Sostegni da realizzare	— Linea esistente "Chiamonte Gulfi - Paternò"
— Linea da realizzare	— Strada di accesso
— Linea da smantellare	— Recinzione stazione
— Sostegni da smantellare	— Confine esterno stazione

Figura 4-2 – Tratto di linea da smantellare e posizione nuovi sostegni

I nuovi raccordi in entra-esce a semplice terna della serie a 380 kV saranno denominati Raccordo Destro "Paternò-Belpasso" e Raccordo Sinistro "Belpasso-Chiaramonte", e si attesteranno ai portali della futura Stazione Elettrica di Belpasso 380/150/36 kV.

I nuovi sostegni impiegati saranno analoghi a quelli già presenti sulla linea esistente del tipo a traliccio tronco piramidale, con altezze utili in coerenza con l'andamento orografico e altimetrico del terreno. Il nuovo elettrodotto sarà costituito da una palificazione a semplice terna armata con due terne di fasi ciascuna composta da un conduttore di energia e con una corda di guardia, fino al raggiungimento dei sostegni capolinea.

La realizzazione dell'elettrodotto aereo è divisa in tre fasi principali:

1. Esecuzione delle fondazioni dei sostegni;
2. Montaggio dei sostegni;
3. Messa in opera dei conduttori e delle funi di guardia.

Saranno allestiti dei cosiddetti "microcantieri" nelle zone localizzate da ciascun sostegno. Il materiale proveniente dagli scavi, previo accertamento durante la fase esecutiva, sarà utilizzato per il rinterro degli scavi. Saranno eseguiti appositi campionamenti e il materiale non conforme sarà destinato ad idonea discarica, in conformità con la normativa vigente. Nel complesso i tempi di realizzazione di un sostegno non superano il mese e mezzo, tenuto conto anche della sosta necessaria per la stagionatura dei getti.

4.2 Intervento N.2 – Realizzazione SE "Belpasso 380" di trasformazione 380/150/36 kV

L'intervento N.2 consiste nella realizzazione di una nuova Stazione Elettrica di trasformazione 380/150/36 kV, denominata "Belpasso 380" da realizzare nel comune di Belpasso (CT) in agro in terreni censiti al N.C.T. al foglio 103 p.lle 366, 367 e 368. L'areale interessato dall'opera, ovvero la nuova SE e l'area circostante riservata per esigenze di servizio e manutenzione, occuperà una superficie complessiva di circa 7,3 ha.

L'opera è necessaria per immettere l'energia elettrica prodotta dall'impianto agro-fotovoltaico "Polmone", e di una pluralità di altre iniziative di produzione da FER, all'interno della rete di trasmissione nazionale.

La STMG elaborata da Terna per la connessione del parco agro-fotovoltaico "Polmone" CP 202200414 prevede che la centrale fotovoltaica venga collegata in antenna a 36 kV sulla nuova SE di trasformazione RTN 380/150/36 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN 380 kV "Chiamonte Gulfi – Paternò". Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in antenna a 36 kV per il collegamento della centrale sulla Stazione Elettrica della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

Per l'accesso alla stazione elettrica verrà utilizzata la strada locale interpodereale (sterrata di circa 500m) che costeggia, in direzione Est/Ovest quasi interamente pianeggiante, il Fiume Dittaino fino allo sbocco sulla Strada provinciale n. 74 II, in prossimità del Ponte sul Fiume. Le caratteristiche della strada (larghezza media carrabile 4,00m) garantiscono l'accessibilità diretta dei mezzi ai luoghi interessati dal posizionamento della nuova Stazione previo minimi interventi di adeguamento o ampliamento della stessa. In particolare, per la strada (sterrata) si provvederà all'allargamento del sedime stradale di almeno 1 metro, ripulendo la parte esistente incolta e cespugliata, e provvedendo, laddove sia necessario, al rinterro con materiale di scavo e alla compattazione del terreno per uno spessore dell'ordine di almeno 50 cm, di modo tale da presentare caratteristiche idonee al transito di mezzi pesanti e d'opera, impegnando le particelle 232, 231 e 45 del foglio catastale n. 103 del comune di Belpasso (CT). Sarà realizzata anche una strada di accesso dalla strada interpodereale esistente fino al cancello di accesso alla stazione elettrica.

Inoltre, attorno all'area recintata della stazione dovrà essere realizzata, per esigenze di servizio e manutenzione, una strada perimetrale di larghezza circa 10 m, tale da consentire anche le opere di realizzazione e l'eventuale tracciato di linee con ingresso in cavo.

In considerazione dello studio idraulico bidimensionale eseguito e al fine di mettere in sicurezza la stazione elettrica rispetto alle quote di piena centennali, si prevede la sopraelevazione della stazione elettrica fino alla quota di 34,00 m s.l.m.

4.3 Intervento n.3 – Costruzione di una cabina di sezionamento della società Sorgenia Leo srl

Nei pressi della SE Belpasso 380/150/36 kV sarà posizionata una cabina utente di sezionamento del cavidotto AT 36 kV, prima della consegna su scomparto dedicato 36 kV.

Nelle immagini seguenti è riportata la cabina di sezionamento.

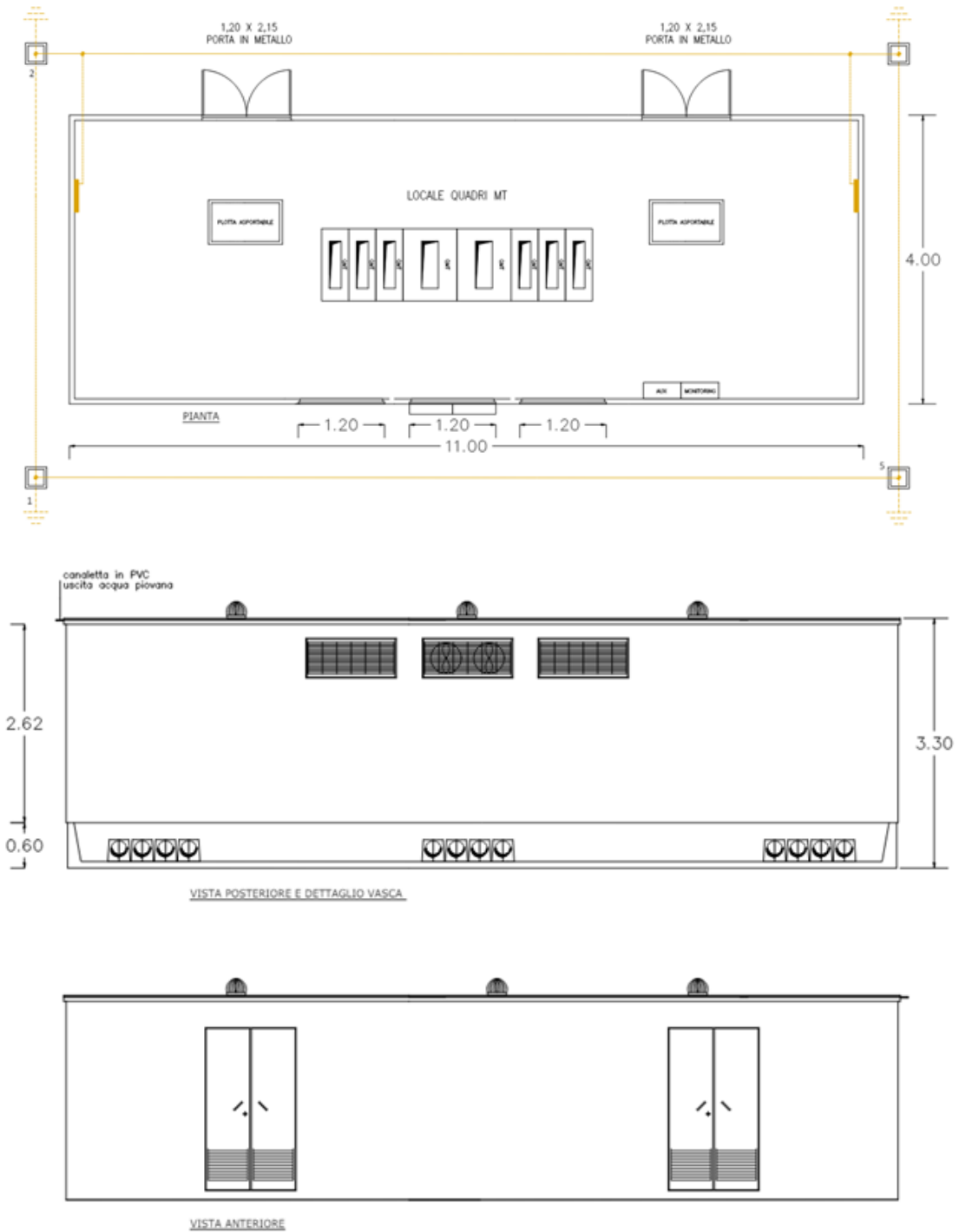


Figura 4-3 – Cabina di sezionamento Sorgenia Leo srl

Tale cabina avrà la funzione di effettuare il parallelo tra le linee AT in arrivo dal parco agrofotovoltaico, sezionare il cavo e permettere la ripartenza dello stesso verso la sezione 36 kV della SE Terna.

5 Inquadramento geografico e normativo

5.1 Inquadramento geografico

Le opere in progetto interessano il solo comune di Belpasso (CT) e sarà ubicata in prossimità dell'elettrodotto a 380 kV denominata Chiaramente G. – Paternò.

Per l'accesso alla stazione elettrica verrà utilizzata la strada locale interpodereale (sterrata di circa 500 m) che costeggia, in direzione Est/Ovest quasi interamente pianeggianti, il Fiume Dittaino fino allo sbocco sulla SP 74 II, in prossimità del ponte sul fiume.

Intorno all'area recintata della stazione dovrà essere realizzata, per esigenze di servizio e manutenzione, una strada perimetrale di larghezza circa 10 m, tale da consentire anche le opere di realizzazione dell'eventuale traliccio di linee con ingresso in cavo.

Il terreno si sviluppa tra 34 e 33 m s.l.m.

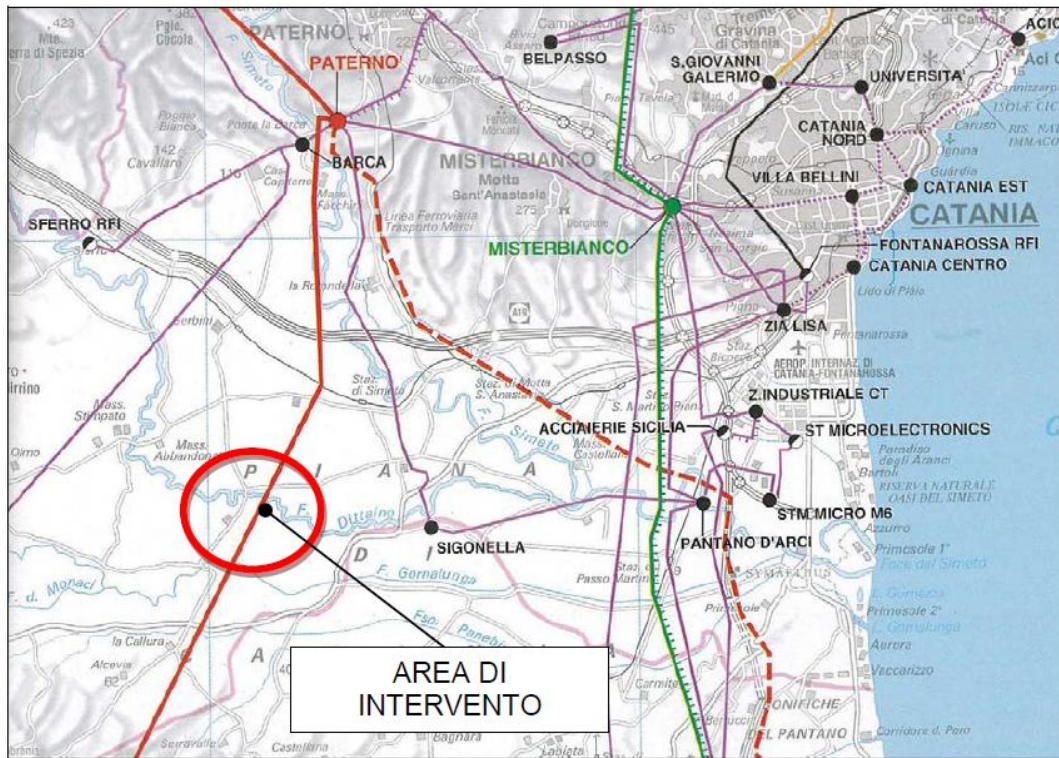


Figura 5-1 – Inquadramento dell’area di intervento

Nelle immagini seguenti vengono riportati gli inquadramenti delle opere in progetto su CTR e ortofoto.

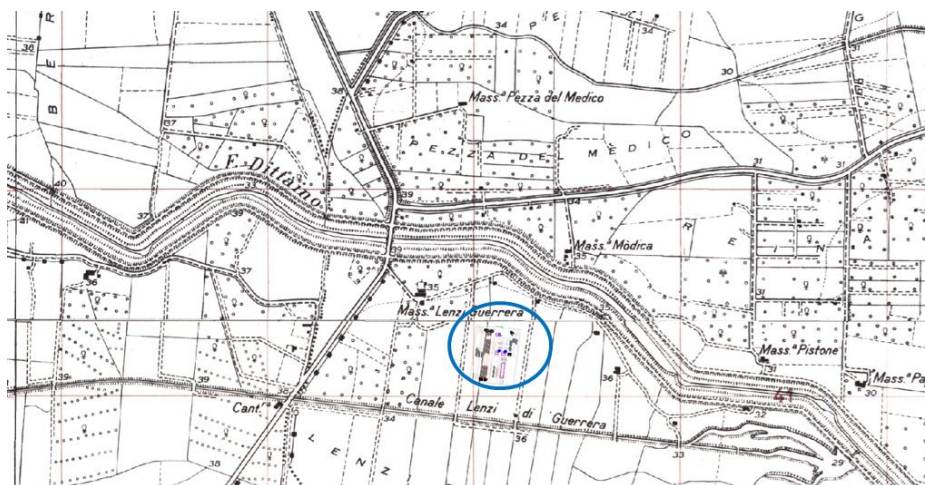


Figura 5-2 – Inquadramento area di impianto su CTR



Figura 5-3 – Opere in progetto su ortofoto

5.2 Descrizione dei luoghi

Di seguito vengono mostrate delle immagini dello stato attuale dei luoghi.

Attualmente sono presenti 4 canali nell'area di progetto:

- 2 canali ad est e Ovest dell'area (linee rosse)
- 2 canali interni al terreno. (linee blu)

Tutti i canali di drenaggio si sviluppano in direzione Nord-Sud scaricando le acque raccolte nel corso d'acqua presente nell'area a sud dell'impianto (linea arancione). Lo sbocco di questo canale è il fiume Dittaino.



Figura 5-4 – Planimetria su ortofoto lotto di terreno nuova SE

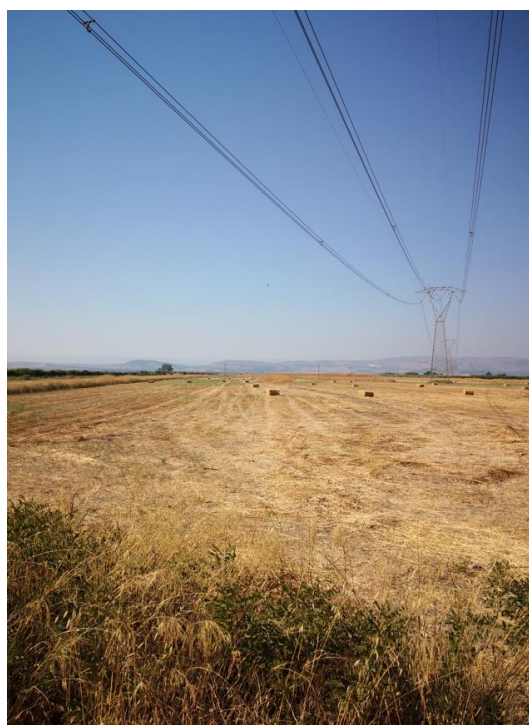




Figura 5-5 – Ripresa da sud lotto di terreno nuova SE

5.3 Inquadramento idrografico

Sono presenti 5 corsi d'acqua che si sviluppano in prossimità dell'area di progetto:

- Nord – fiume Dittaino (linea blu)
- Est – canale di drenaggio dei terreni (linea rossa)
- Ovest - canale di drenaggio dei terreni (linea rossa)
- Interni al campo – 2 canali di drenaggio
- Sud- canale di drenaggio (Canale Lenzi di Guerra, linea arancione) a circa 150 m dall'area in progetto.

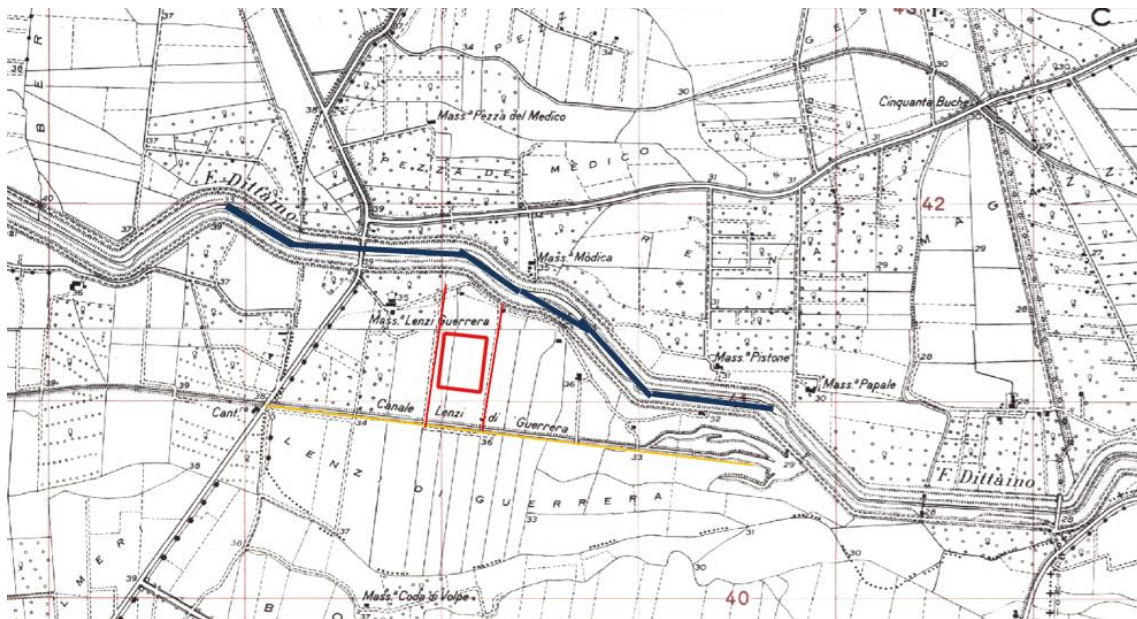


Figura 5-6 – Inquadramento reticolo idrografico presso l'area di impianto

5.4 Inquadramento PAI

L'area di impianto è contraddistinta da una pericolosità idraulica P1.



Legenda:

Opere di rete RTN

- Sostegni da realizzare
- Linea da realizzare
- Linea da smantellare
- Sostegni da smantellare
- Linea esistente "Chiaramonte Gulfi - Paternò"
- Strada di accesso
- Confine esterno stazione

Pericolosità Idraulica

- P1
- P2
- P3
- P4

Figura 5-7 – Opere in progetto su carta PAI pericolosità idraulica

6 Studio idrologico

6.1 Pluviometro di Mineo

In prossimità dell'area di impianto non sono presenti pluviometri aventi dati di pioggia per un numero sufficiente di anni. Per tale motivo è stato utilizzato quello del pluviometro di Mineo, distante circa 30 km dall'area di progetto, che presenta una serie storica di dati di oltre 50 anni.

I dati disponibili sono i seguenti:

anno	n°	Durate				
		1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2015	1	32,6	33	41	52	66,4
2014	2	18,2	23	39	50,4	58
2013	3	33	34,2	39,6	43	45,4
2011	4	39	81,2	84,6	86,4	87
2010	5	14	19	37,8	56	69,6
2008	6	47,6	51	60,2	70,2	72,6
2003	7	70	150	177,4	222	249,4
2002	8	52	58,4	58,4	58,4	58,4
2001	9	41,6	46,2	47,8	47,8	50,2
1999	10	31,8	47,4	87	98	107
1998	11	32,6	32,8	32,8	32,8	32,8
1997	12	47,8	53,8	54	54	54
1996	13	18	40	74	110,4	193,6
1995	14	23	23	23	29,8	33,2
1994	15	18	27,2	28	38,6	41,8
1993	16	33,6	37,4	39,2	58,4	109,4
1992	17	76,4	84,2	84,2	84,2	89
1991	18	28,6	32,6	41	60	89,8
1990	19	21,8	37,4	40,4	41	58
1989	20	30,2	32,2	32,2	32,2	45,2
1988	21	41,8	58,6	72	78,6	79,8
1987	22	42,6	55	55	55	55
1986	23	22,4	32	47,5	65	104,2
1985	24	20	41,6	51,6	99,6	154,2
1984	25	12,2	17,4	25,8	38,4	66,8
1983	26	38,2	58,4	69	78,4	87,8

1981	27	35,2	38,2	38,2	38,2	38,2
1980	28	27,2	34,8	34,8	41,2	46
1979	29	26,4	43,4	43,4	43,4	70,8
1978	30	23,6	23,6	23,6	25	25,4
1977	31	7,4	10	15,8	18,6	27,8
1976	32	35,4	49,6	58	104,2	134,2
1974	33	42,6	43	43	43	43,8
1973	34	29,4	37,4	60,2	72,8	99,2
1972	35	29	36,4	40,6	62	66,2
1971	36	41,6	72,6	87,6	111,8	118
1970	37	20	23,4	35	44,2	73,6
1969	38	30,2	50,6	72,8	98,4	172,2
1968	39	42,8	43,4	43,6	43,6	71,5
1967	40	24,6	24,6	27,4	37,6	64
1964	41	39,8	43	62,8	105,8	138,4
1963	42	49,6	53	53,6	53,6	75,8
1962	43	17,8	34,4	44,2	45,8	50,2
1961	44	49,4	51,4	51,4	51,4	51,4
1960	45	40	70,4	108,4	131	148,4
1959	46	45,4	51,8	51,8	51,8	51,8
1958	47	40	69,6	115,2	125,6	126,2
1957	48	30,6	61,4	93,6	144	17,6
1956	49	26,8	29,8	32,6	39,2	39,6
1955	50	43	46	46	50,2	54,4
1954	51	20,4	38,6	42,8	51,6	86,2
1951	52	59,2	62,8	66,2	84	142,8

Tabella 6-1 – Dati pluviometrici stazione pluviometrica Mineo – Serie di 52 osservazioni tra il 2016 e il 1951

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	52	52	52	52	52
Somma dei dati	1764.4	2350.2	2835.1	3458.6	4192.3
Valore minimo	7.4	10.0	15.8	18.6	17.6
Valore massimo	76.4	150.0	177.4	222.0	249.4
Valore medio	33.93	45.20	54.52	66.51	80.62
Dev. standard	13.82	21.90	27.80	36.45	46.17
Coeff. variazione	0.407	0.484	0.510	0.548	0.573
Coeff. asimmetria	0.740	2.268	2.065	1.917	1.482

Tabella 6-2 – Dati statistici stazione pluviometrica Mineo

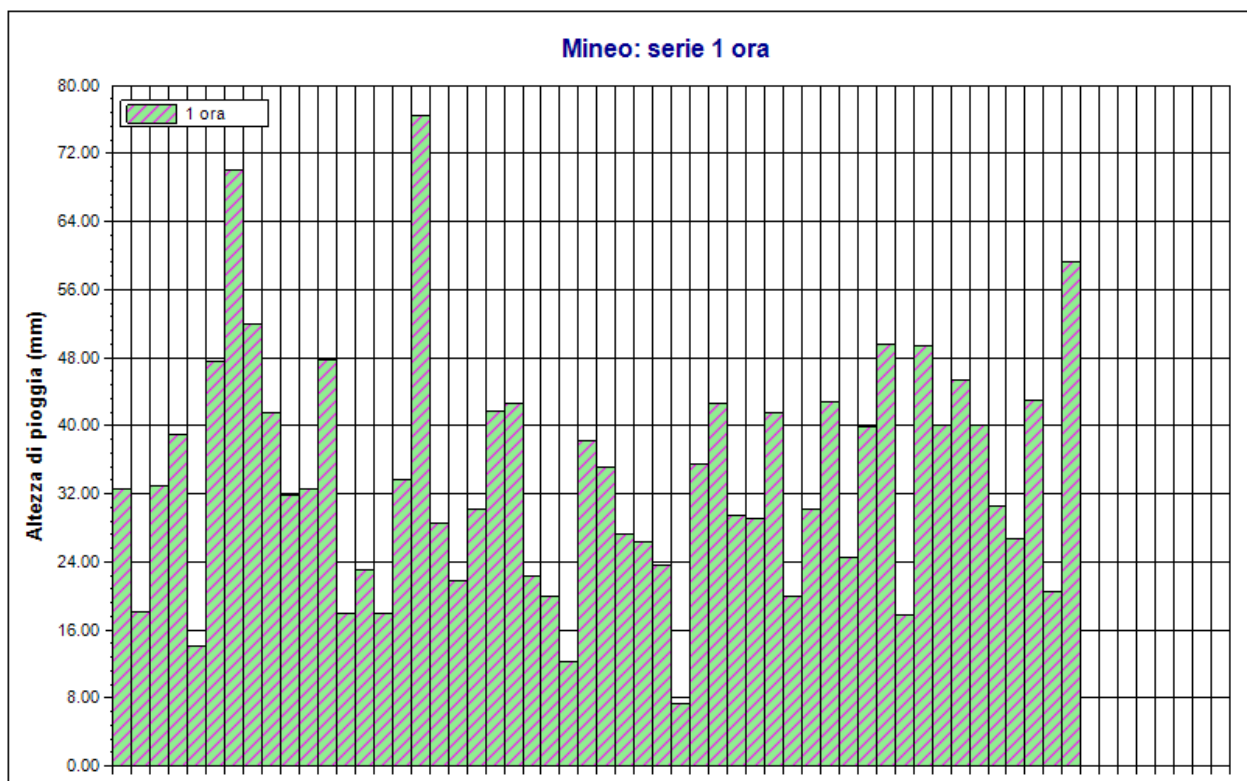


Figura 6-1 – Altezze di pioggia per durata di 1 ora

6.2 Premessa

Lo studio idrologico si basa sulla definizione delle curve di possibilità pluviometrica relative all'area di progetto attraverso 2 distinte metodologie:

1. **Legge di pioggia di Gumbel**: per diverse durate e tempi di ritorno sono state ricavate altezze di pioggia partendo dai dati pluviometrici della stazione di Mineo;
2. **Metodo VA.PI sulla Valutazione delle Piene in Italia**: ha come obiettivo la regionalizzazione delle piogge intense su tutto il territorio nazionale secondo criteri omogenei (utilizza un'elaborazione di 3° livello in cui tutti i parametri sono stati stimati con tecniche di analisi regionale

Le curve di possibilità pluviometrica, ricavate con i vari metodi, avranno la seguente forma:

$$h = a * d^n$$

Dove:

- h è l'altezza di pioggia relativa ad una ceca durata con un prestabilito tempo di ritorno;
- d è la durata dell'evento;
- a e n sono i parametri della curva

Nella stima delle portate utili alle verifiche di compatibilità idraulica e al dimensionamento della rete di smaltimento delle acque è stata considerata la curva di possibilità pluviometrica, derivante da ciascuna metodologia applicata, che produce il massimo risultato.

6.3 Legge di pioggia di Gumbel

6.3.1 Metodologia di calcolo

Per stimare la legge di pioggia si ipotizza che le altezze di precipitazione massime annuali per diverse durate, si distribuiscono secondo la legge di Gumbel

$$\varphi(h) = e^{-e^{-\alpha*(h-\varepsilon)}}$$

I parametri ε ed α sono legati alla media h e allo scarto quadratico medio σ della x dalle relazioni:

$$\alpha = \frac{1.283}{\sigma}$$

$$\varepsilon = \eta - 0,45 * \sigma$$

Per la stima dei due parametri si utilizza il metodo dei momenti ottenendo:

$$\alpha = \frac{1.283}{s}$$

$$\varepsilon = M - 0,45 * s$$

Dove s e M indicano i momenti campionari del primo e secondo ordine. Utilizzando la relazione tra probabilità di superamento e periodo di ritorno:

$$T \leq \frac{1}{1-P}$$

Applicando passaggi matematici si ottiene la seguente relazione:

$$h = M - s * \left[0.45 + 0.78 * \ln \ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]$$

Mediante tale relazione, per ciascuno valore di tempo di ritorno T , si ottengono cinque valori di h corrispondenti alle durate pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore; i punti (t,h) individuano una curva con tempo di ritorno fissato, chiamata curva di possibilità pluviometrica per un determinato tempo di ritorno

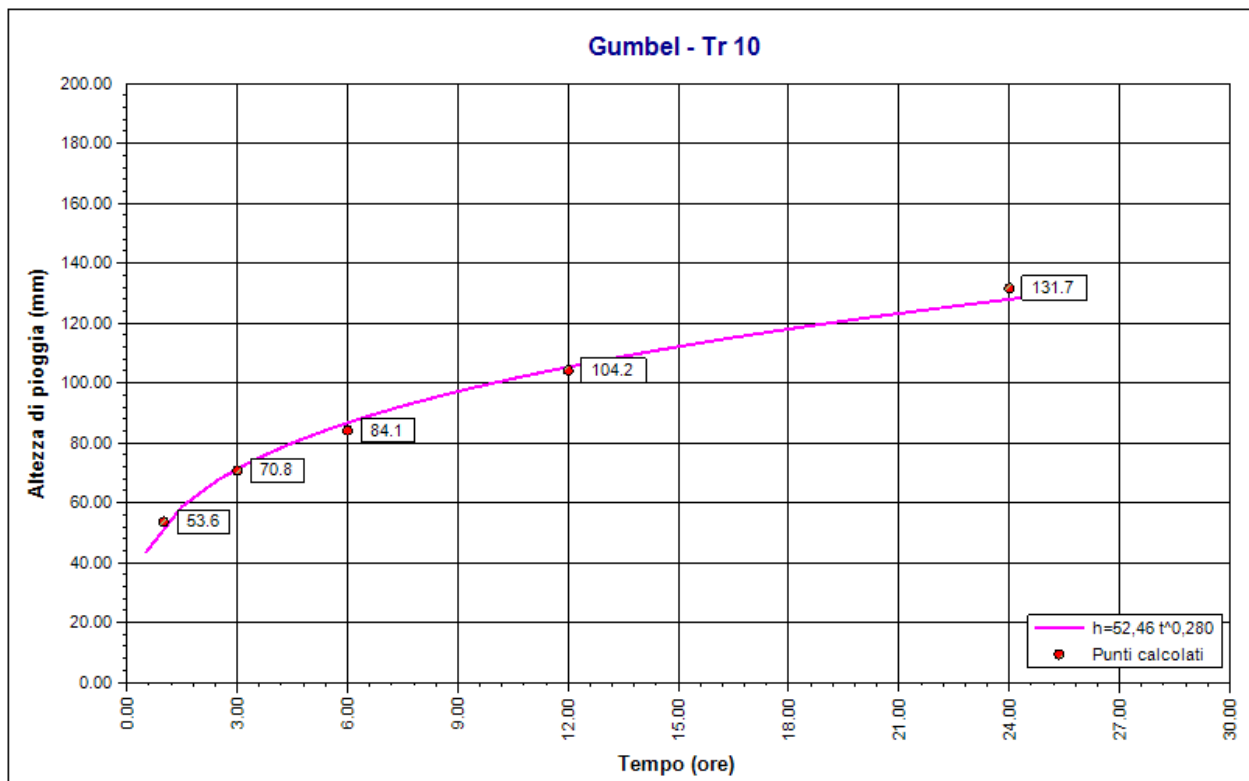
L'insieme dei punti così individuati verrà interpretato da una legge di tipo monomia

$$h = a * t$$

dove a ed n sono parametri caratteristici della stazione e verranno stimati per i diversi tempi di ritorno T .

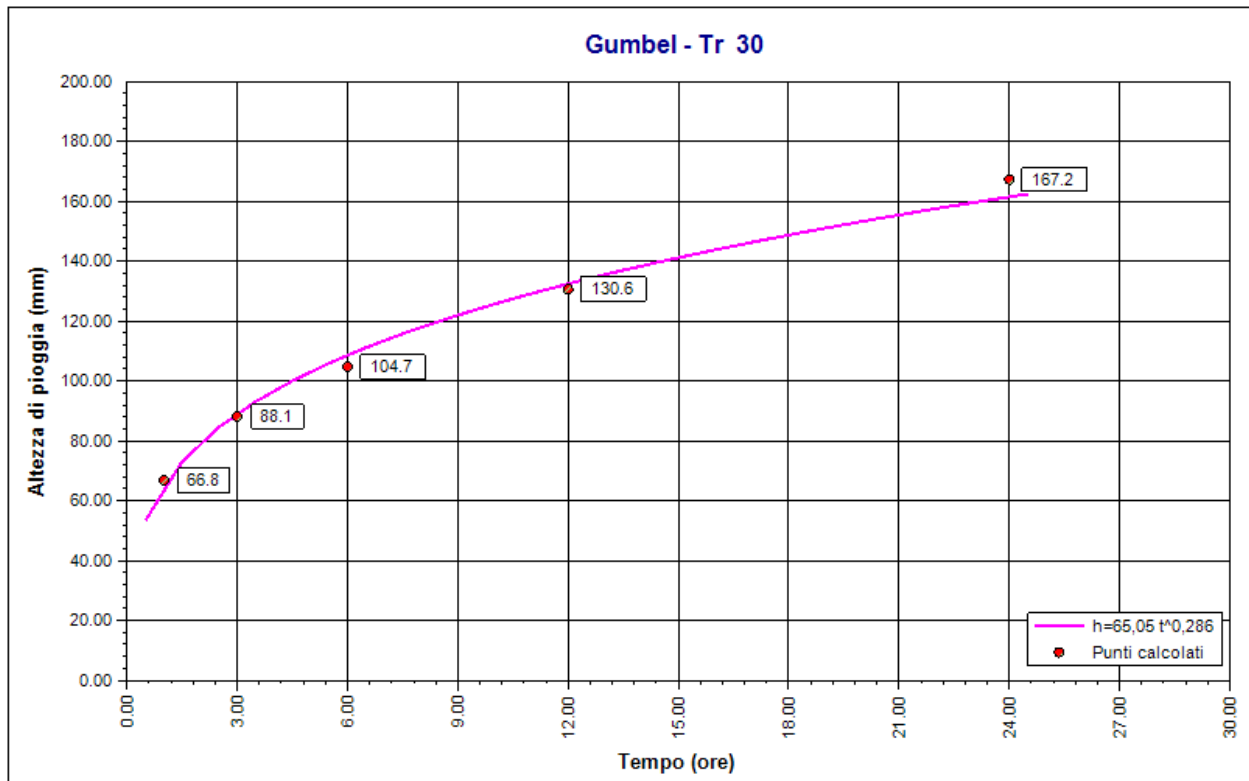
Di seguito vengono riportate le curve di possibilità pluviometrica della stazione di Mineo per i tempi di ritorno analizzati.

6.3.2 Risultato delle elaborazioni



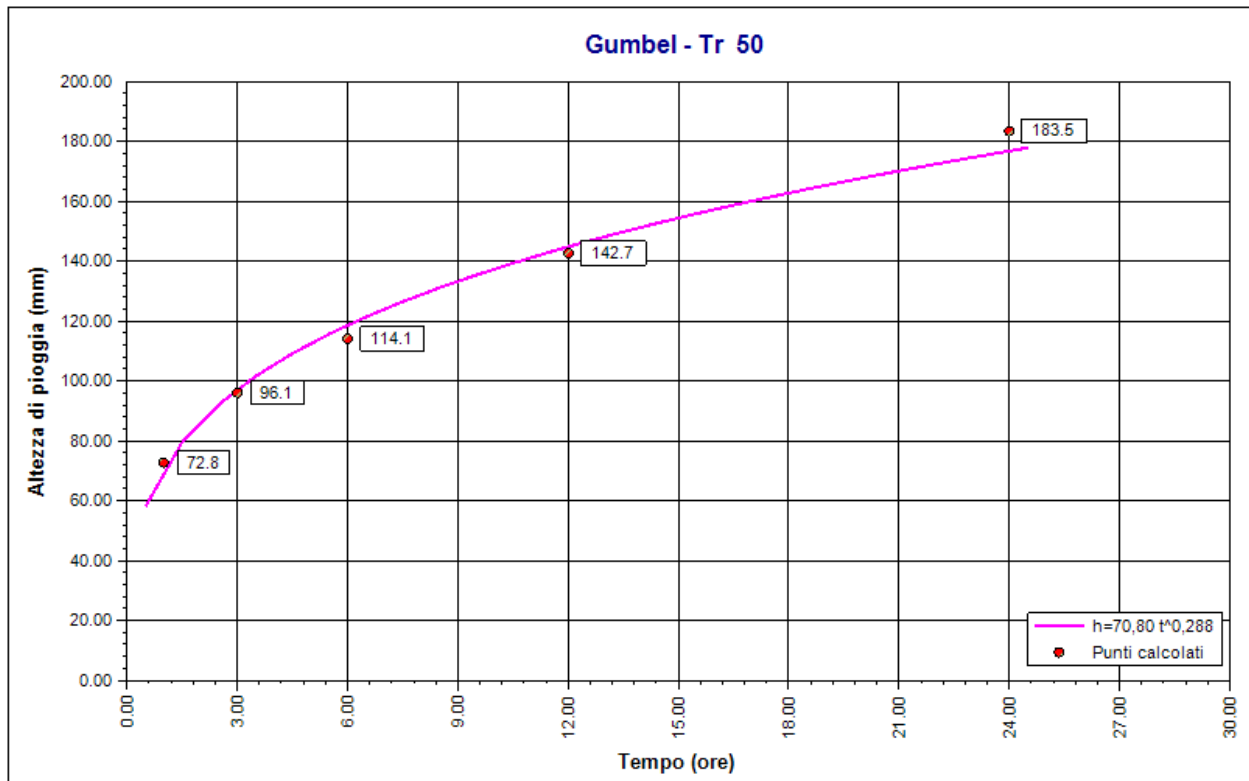
Coefficients curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
52.46	0.28	1.00	$h(t) = 52,5 t^{0,28}$

Tabella 6-3 – Mineo – Curva di possibilità pluviometrica T=10 anni



Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
65.05	0.29	1.00	$h(t) = 65,1 t^{0,286}$

Tabella 6-4 – Mineo – Curva di possibilità pluviometrica T=30 anni



Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
70.80	0.29	1.00	$h(t) = 70,8 t^{0,288}$

Tabella 6-5 – Curva di possibilità pluviometrica T=50 anni

Di seguito vengono indicati i parametri della curva di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno e le altezze di poggio di pioggia (in mm) per alcune durate di tempo.

METODO	Tr	a	n	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
GUMBEL	10	52,46	0,28	53,61	70,75	84,14	104,17	131,66
	30	65,05	0,286	66,75	88,15	104,73	130,64	167,23
	50	70,8	0,288	72,75	96,08	114,13	142,72	183,47

Tabella 6-6 – Altezze pioggia e parametri curva possibilità pluviometrica Mineo

6.3.3 Pluviogramma sintetico

Di seguito si riportano i pluviogrammi sintetici relativi alla distribuzione di Gumbel con tempi di ritorno di 10, 30 e 50 anni. La durata dell'evento di pioggia è pari 60 minuti. Il tipo di ietogramma considerato è quello Chicago con picco pari a 0.4 rispetto alla durata dell'evento. L'intervallo di discretizzazione è pari a 5 minuti.

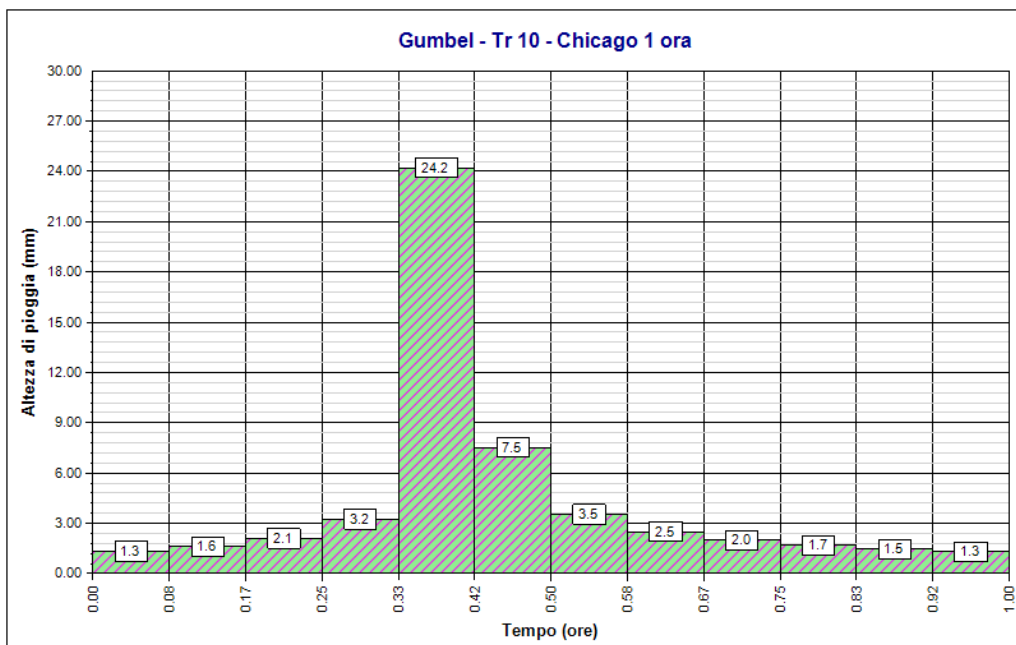


Figura 6-2 – Mineo – Pluviogramma sintetico Gumbel T=10 anni

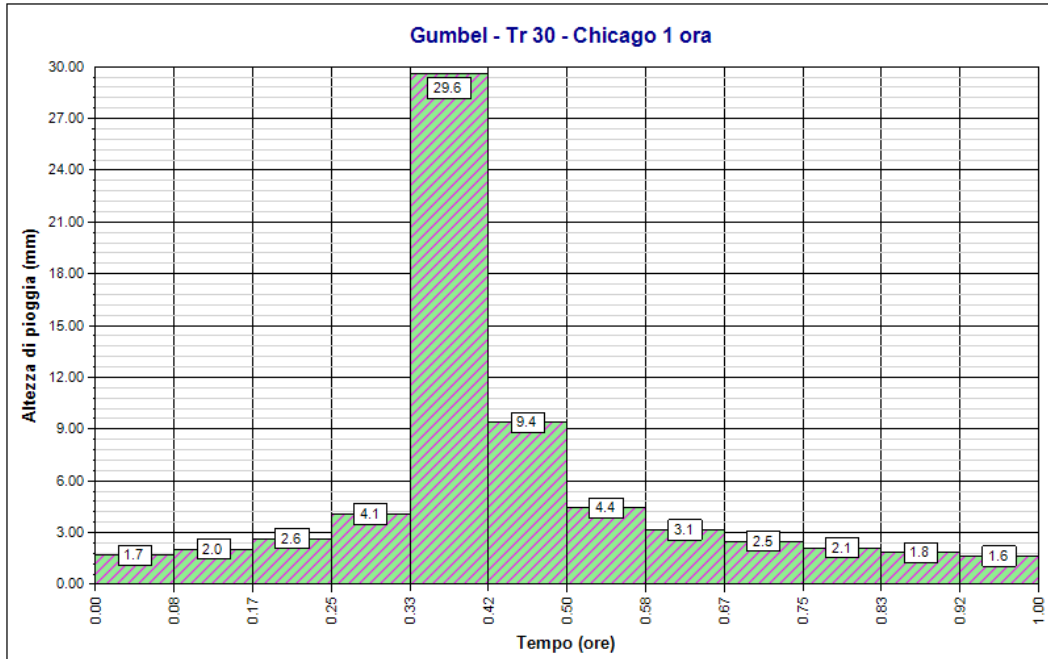


Figura 6-3 – Mineo – Pluviogramma sintetico Gumbel T=30 anni

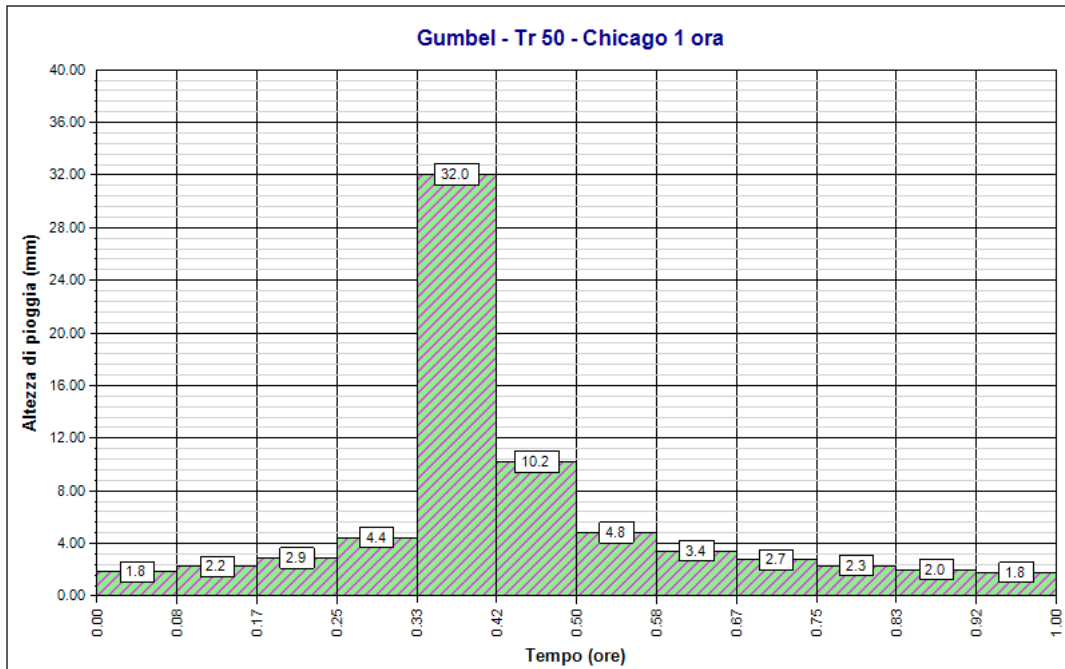


Figura 6-4 – Mineo – Pluviogramma sintetico Gumbel T=50 anni

6.4 Procedura VA.PI

6.4.1 Metodologia di calcolo

Il modello TCEV (*Two Component Extreme Value Distribution*) permette di determinare le altezze di pioggia h e le relative intensità i , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto dal progetto VAPI.

La regionalizzazione delle piogge mira a superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica (spesso costituita da singole serie di durata limitata e poco attendibili per le elaborazioni statistiche), utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni.

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel. La prima, denominata *componente base*, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (*componente straordinaria*) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti (appartenenti ad una differente fenomenologia meteorologica). La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto.

Per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica si farà pertanto riferimento alla procedura descritta nel progetto VAPI Sicilia (*Ferro e Cannarozzo, 1993*) utilizzando la modellazione introdotta da Conti et al., 2007.

In sintesi i parametri da utilizzare per l'approccio TCEV sono quattro Λ^* , Λ_b , θ^* e $\theta_{b,d}$.

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali si individua:

- Nel *primo livello di regionalizzazione*, regioni omogenee rispetto ai due parametri Λ^* e θ^* , da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente di asimmetria;
- Il *secondo livello di regionalizzazione* individua sottozone omogenee rispetto al parametro di scala Λ_b , (dipendente dal fattore di crescita che dipende dal tempo di ritorno) da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente di variazione;

- Il *terzo livello di regionalizzazione* individua sottozone omogenee rispetto alla dipendenza del parametro $\theta_{b,d}$ e quindi della media $\mu_{h,d}$ e da altre grandezze relative al sito di misura.

In base ai dati disponibili, al 1° livello di regionalizzazione, è stata identificata una dipendenza unica per tutta la regione dei parametri di forma Λ^* e θ^* dalla durata d :

$$\theta^*(d) = 1.95 + 0.0284 * d$$

$$\Lambda^*(d) = 0,175 * d^{0.301}$$

Al 2° livello è stata fatta una suddivisione dell'isola in 3 sottozone omogenee, in cui il parametro Λ_b varia con la durata d secondo le seguenti espressioni:

$$SZO A \rightarrow \Lambda_b = 14.55 * d^{0.2419}$$

$$SZO B \rightarrow \Lambda_b = 12.40 * d^{0.1802}$$

$$SZO C \rightarrow \Lambda_b = 11.96 * d^{0.0960}$$

La curva di crescita $K_t(d)$, valida per $T \geq 10$ anni, assume la seguente espressione approssimata:

$$SZO A \rightarrow K_t(d) = 0.5391 - 0.001635 * d + (0.0002212 * d^2 + 0.00117 * d + 0.9966) * \log T$$

$$SZO B \rightarrow K_t(d) = 0.5135 - 0.002264 * d + (0.0001980 * d^2 + 0.00329 * d + 1.0508) * \log T$$

$$SZO C \rightarrow K_t(d) = 0.5015 - 0.003516 * d + (0.0003720 * d^2 + 0.00102 * d + 1.0101) * \log T$$

Come mostrato nella seguente figura, l'area di progetto ricade all'interno della SZO C (colore verde).



Figura 6-5 – Inquadramento dell’area di impianto in base alla suddivisione in sottozone omogenee del progetto VA.PI

Al 3° livello di regionalizzazione, per il calcolo della precipitazione indice $\mu_{h,d}$ sono state definite le seguenti relazioni, distinte per durate di pioggia superiori o inferiori ad 1 ora:

- a) Per $d \geq 1$ ora

$$\mu_{h,d} = a * d^n$$

in cui d è espressa in ore. I parametri a e n sono stati valutati nelle 155 stazioni di misura pluviografiche mediante regressione ai minimi quadrati in campo logaritmico. Per la loro stima sono fornite delle mappe iso-parametriche

- b) Per $d < 1$ ora

$$\mu_{h,d} = 0.208 * a * d^{0.386}$$

In cui d è espressa in minuti. Tale espressione è stata ricavata analizzando i dati forniti nella Tab. V degli Annali Idrologici, relativi alle precipitazioni di breve durata e notevole intensità, che costituiscono un complesso di 191 stazioni con 354 dati.

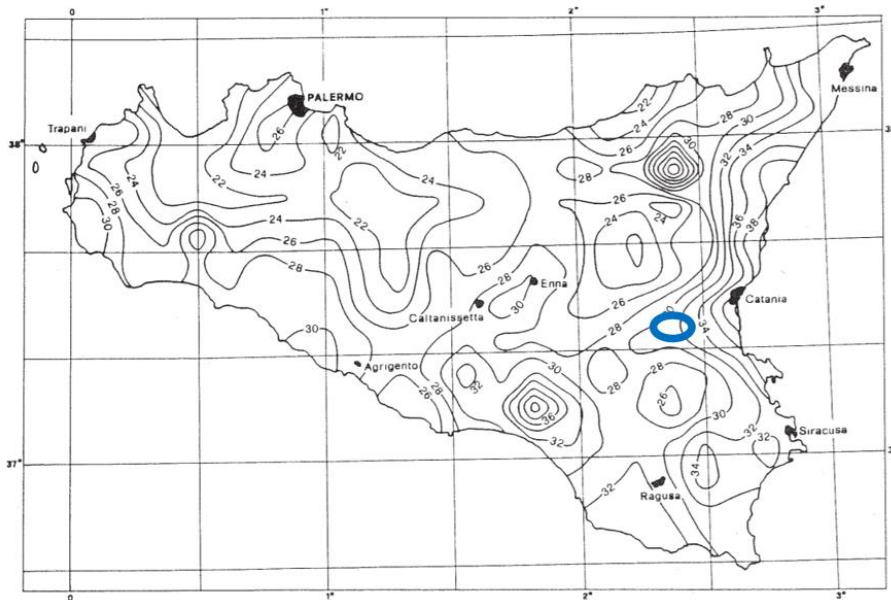


Figura 6-6 – Mapa iso-parametrica “a” del metodo VA.PI – 3° livello di regionalizzazione

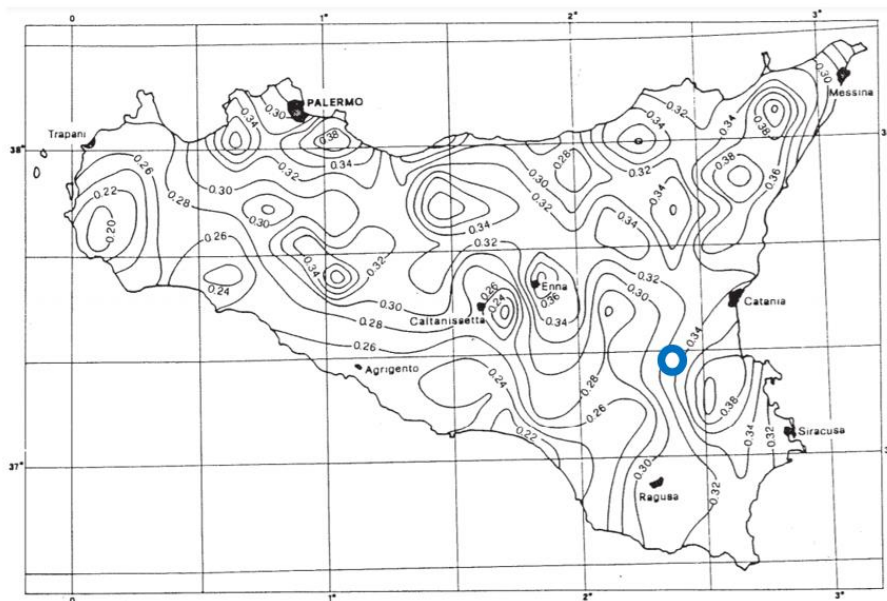


Figura 6-7 – Mapa iso-parametrica “n” del metodo VA.PI – 3° livello di regionalizzazione

6.4.2 Risultato delle elaborazioni

Sono state assunte come durate delle piogge 1, 3, 6, 12 e 24 ore e anche 34 minuti (tempo di corrivazione, calcolato nei paragrafi successivi), 15, 30 e 45 minuti. I tempi di ritorno considerati sono 10, 30 e 50 anni. Dall'analisi delle mappe iso-parametriche (vedi Figura 6-6 e Figura 6-7) sono stati selezionati i valori dei parametri "a" ed "n".

Tr [anni]	10				
d [ore]	Kt[-]	a	n	μ h,d	h [mm]
0,25	1,511	32,00	0,386	18,93	28,61
0,50	1,510	32,00	0,386	24,74	37,37
0,75	1,510	32,00	0,386	28,93	43,68
1,00	1,509	32,00	0,32	32,00	48,30
3,00	1,507	32,00	0,32	45,48	68,56
6,00	1,510	32,00	0,32	56,78	85,73
12,00	1,535	32,00	0,32	70,87	108,81
24,00	1,666	32,00	0,32	88,47	147,40

Tabella 6-7 – Metodo VA.PI con tempo di ritorno pari a 10 anni

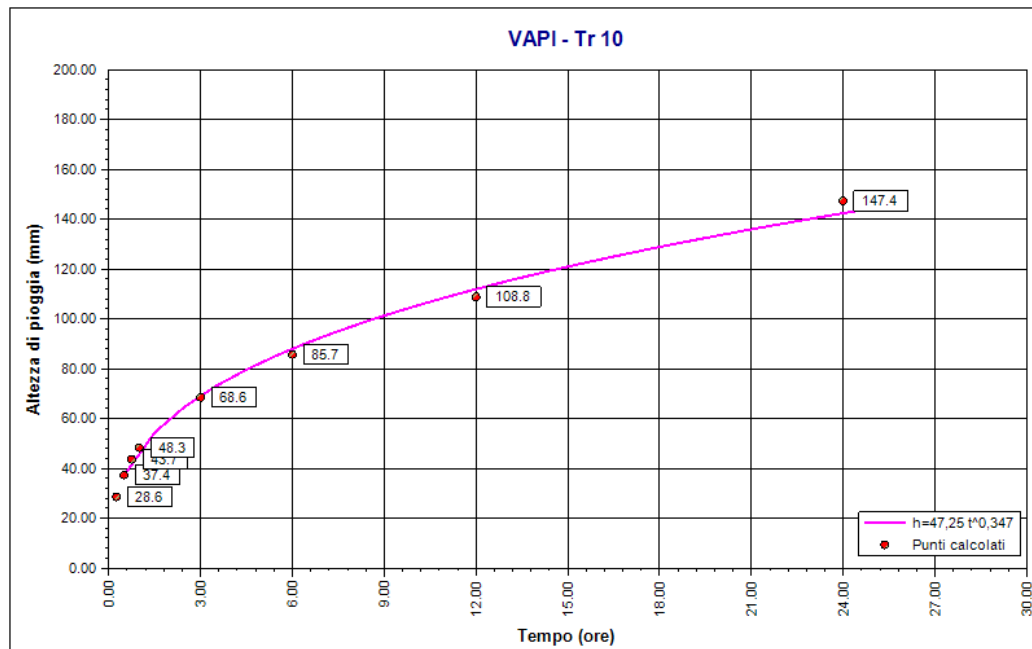
Tr [anni]	30				
d [ore]	Kt[-]	a	n	μ h,d	h [mm]
0,25	1,993	32	0,386	18,93	37,73
0,50	1,993	32	0,386	24,74	49,30
0,75	1,992	32	0,386	28,93	57,64
1,00	1,992	32	0,32	32,00	63,75
3,00	1,992	32	0,32	45,48	90,62
6,00	2,001	32	0,32	56,78	113,62
12,00	2,049	32	0,32	70,87	145,19
24,00	2,262	32	0,32	88,47	200,11

Tabella 6-8 – Metodo VA.PI con tempo di ritorno pari a 30 anni

Tr [anni]	50				
d [ore]	Kt[-]	a	n	μ h,d	h [mm]
0,25	2,217	32	0,386	18,93	41,98
0,50	2,217	32	0,386	24,74	54,84
0,75	2,217	32	0,386	28,93	64,13
1,00	2,216	32	0,32	32,00	70,93
3,00	2,218	32	0,32	45,48	100,88
6,00	2,230	32	0,32	56,78	126,59
12,00	2,287	32	0,32	70,87	162,11
24,00	2,539	32	0,32	88,47	224,63

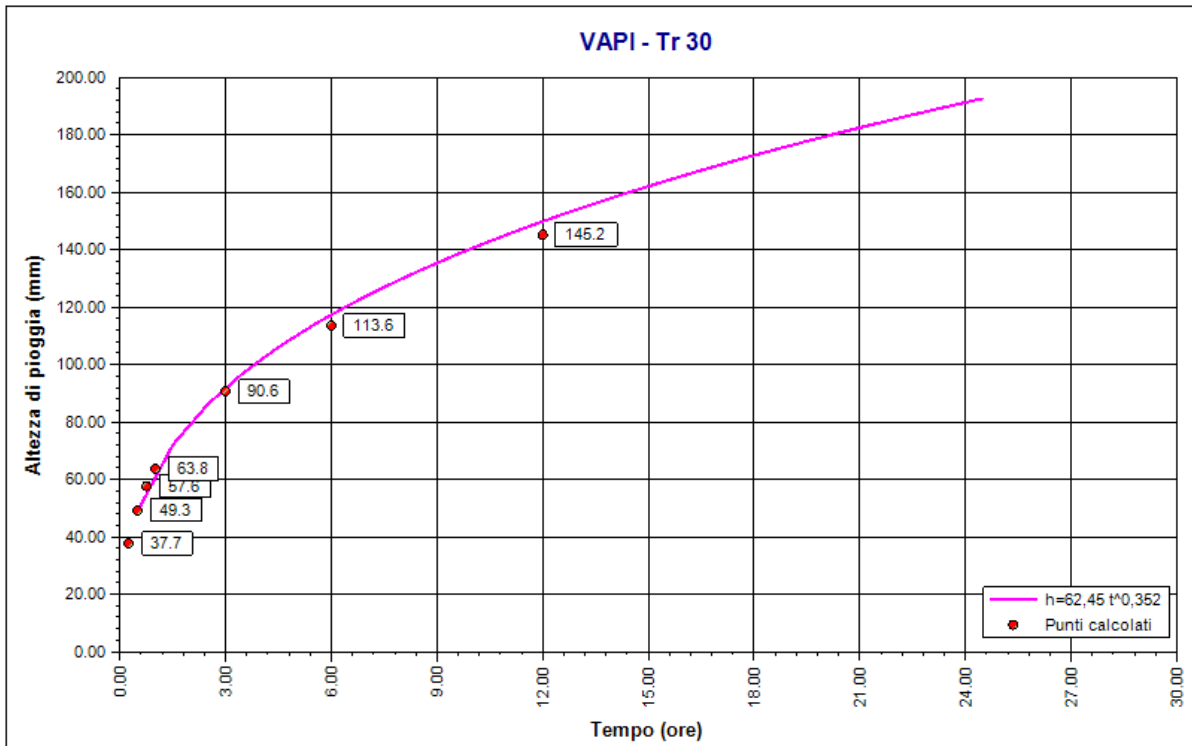
Tabella 6-9 – Metodo VA.PI con tempo di ritorno pari a 50 anni

A partire dalle altezze di pioggia indicate nelle Tabella 6-7, Tabella 6-8 e Tabella 6-9, attraverso il software Runoff Lab della società Geostru, sono stati ricavati i parametri delle curve di possibilità pluviometrica per i tempi di ritorno utilizzati nelle tabelle.



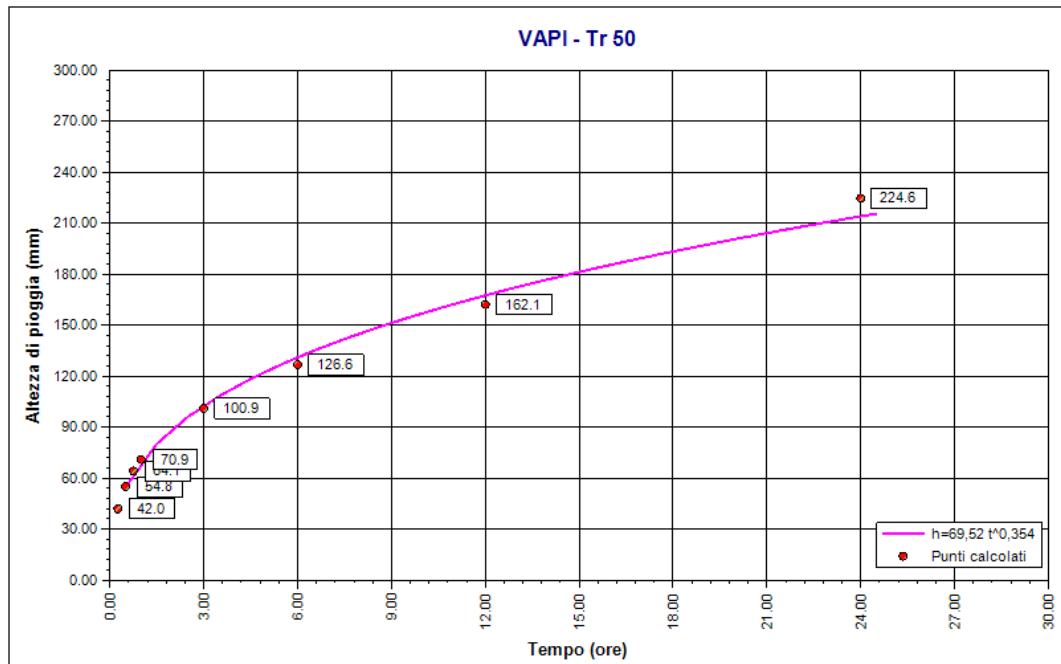
Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
47.25	0.35	1.00	$h(t) = 47,2 t^{0,347}$

Tabella 6-10 – VAPI – Curva di possibilità pluviometrica T=10 anni



Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
62.45	0.35	1.00	$h(t) = 62,4 t^{0,352}$

Tabella 6-11 – Curva di possibilità pluviometrica T=30 anni



Coefficients curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
69.52	0.35	1.00	$h(t) = 69,5 t^{0,354}$

Tabella 6-12 – VAPI – Curva di possibilità pluviometrica T=50 anni

6.5 Confronto tra i risultati

In base ai dati ricavati dalle elaborazioni dei paragrafi precedenti, i dati ottenuti mostrano che i valori maggiormente cautelativi si ottengono con la procedura VA.PI di 3° livello.

METODO	Tr	a	n	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
VA.PI	10	47,25	0,347	48,30	68,56	85,73	108,81	147,40
	30	62,45	0,354	63,75	90,62	113,62	145,19	200,11
	50	69,52	0,354	70,93	100,88	126,59	162,11	224,63
GUMBEL	10	52,46	0,28	53,61	70,75	84,14	104,17	131,66
	30	65,05	0,286	66,75	88,15	104,73	130,64	167,23
	50	70,8	0,288	72,75	96,08	114,13	142,72	183,47

Tabella 6-13 – Altezze pioggia per durate di diverse e parametri curva possibilità pluviometrica Mineo e VAPI in base al metodo applicato

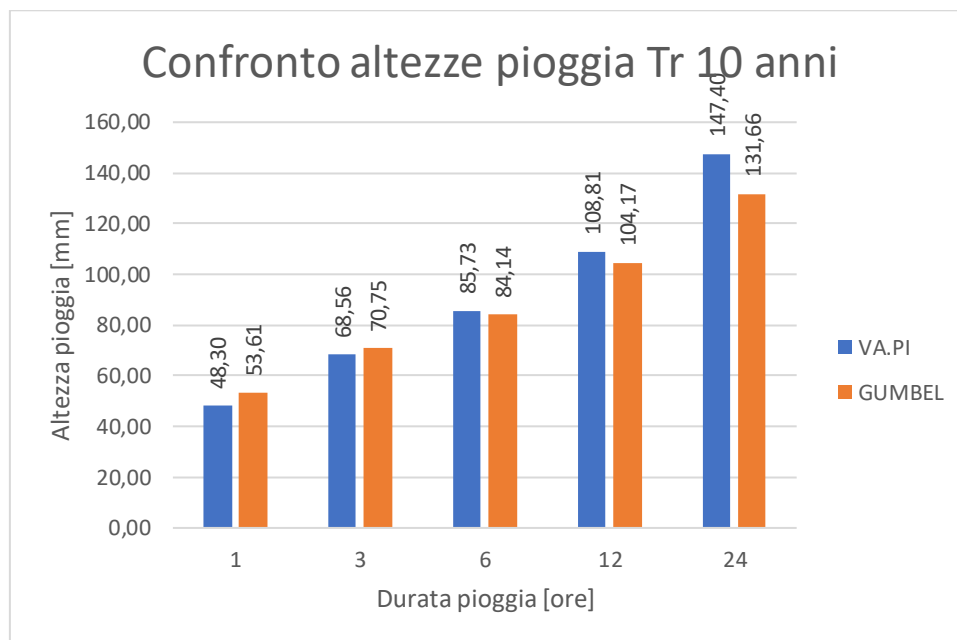


Figura 6-8 – Piogge per tempi di ritorno di 10 anni e durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore a seconda del metodo utilizzato

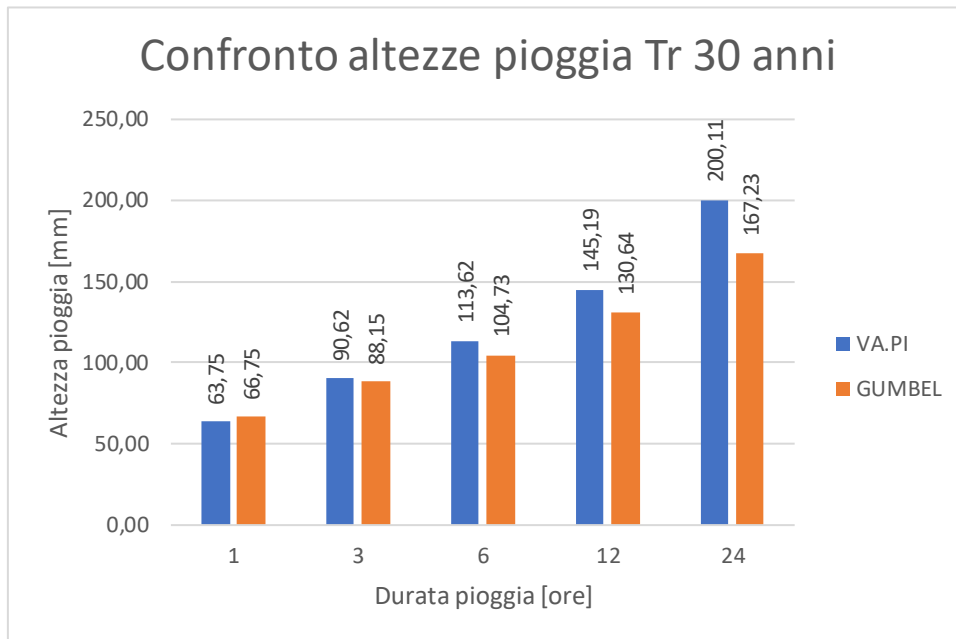


Figura 6-9 – Piogge per tempi di ritorno di 30 anni e durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore a seconda del metodo utilizzato

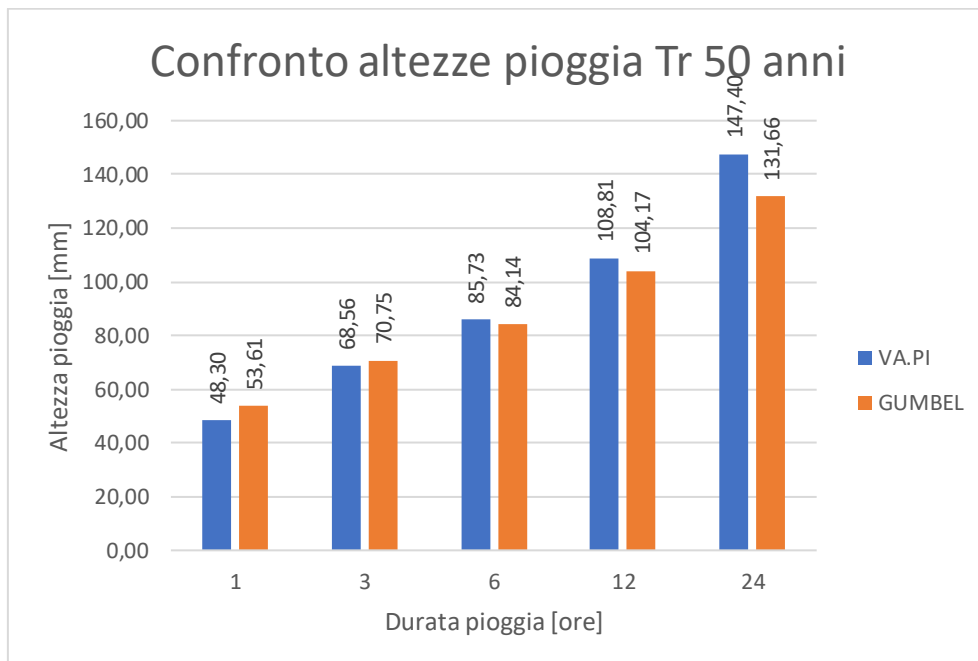


Figura 6-10 – Piogge per tempi di ritorno di 50 anni e durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore a seconda del metodo utilizzato

7 Definizione classe intervento per studio invarianza idraulica

7.1 Premessa sulla proposta progettuale

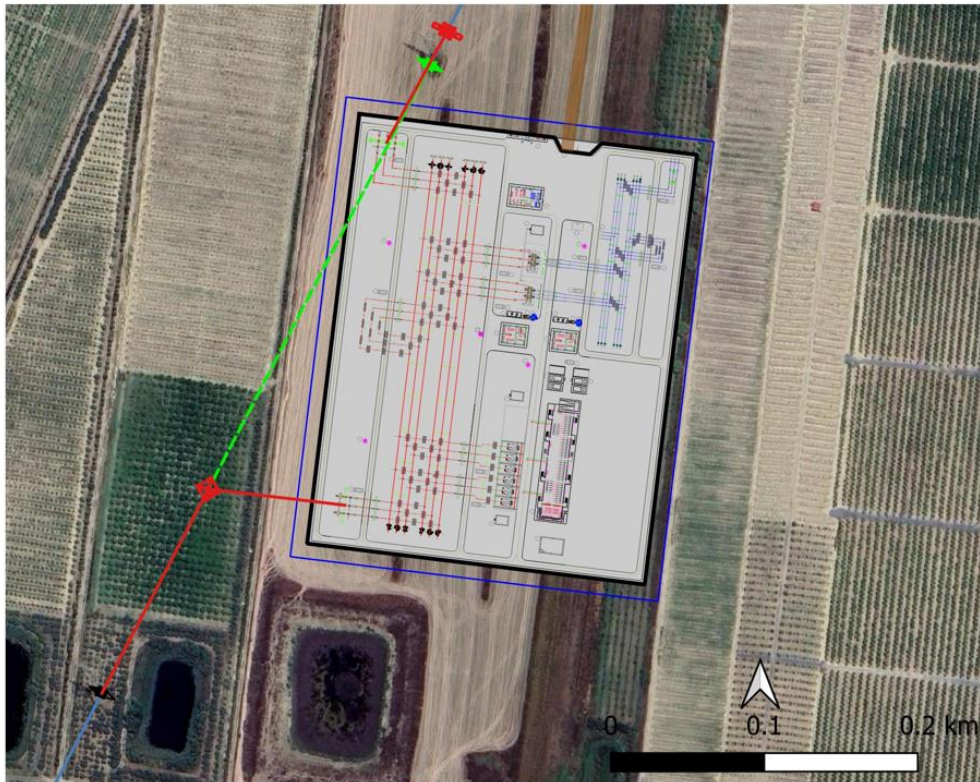
L'area di intervento ha una superficie catastale di circa 7,3ha.

Le fondazioni delle varie apparecchiature saranno realizzate in conglomerato cementizio armato.

Le strade e i piazzali interni di servizio destinate alla circolazione interna saranno pavimentate con binder e tappetino di usura in conglomerato bituminoso e delimitate da corsoli in cordoli in calcestruzzo prefabbricato.

Le strade perimetrali saranno in misto granulare/batture in terra.

Le aree interessate dalle apparecchiature elettriche saranno sistemate con finitura a ghiaietto.



Legenda:

- | | |
|---------------------------|---|
| Opere di rete RTN | — Sostegni esistenti |
| — Sostegni da realizzare | — Linea esistente "Chiaramonte Gulfi - Paternò" |
| — Linea da realizzare | — Strada di accesso |
| — Linea da smantellare | — Recinzione stazione |
| — Sostegni da smantellare | — Confine esterno stazione |

Figura 7-1 – Inquadramento dell'area di impianto

Di seguito uno schema riepilogativo relativo all'area di impianto.

terreno	47770	mq
strada asfaltate	12280	mq
Strada perimetrale	10600	mq
impianti tecnologici	2170	mq
TOTALE	72820	mq

Tabella 7-1 – Riepilogo aree impianto

7.2 Indicazioni tecnico – normative

Secondo la normativa siciliana, Allegato n. 1 “Indirizzi applicativi invarianza idraulica e idrologica” (protocollo n° 6834 del 11/10/2019) della D.D.G. n.102 del 23/06/202 i criteri da seguire per la valutazione dell’invarianza idraulica di un progetto sono i seguenti:

“...

- 1** *Nelle zone di trasformazione con superficie minore o uguale a 10000 m², si applicano i requisiti minimi per la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane. Il volume complessivo dei predetti sistemi non potrà essere inferiore a 500 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile interna alle suddette zone, ad esclusione delle superfici permeabili destinante a verde e non compattate.*
- 2** *Nel caso di modesti interventi per una superficie inferiore a 1000 m², si farà ricorso all’installazione di pozzi perdenti per un volume di 5 m³ per ogni 100 m² di superficie da verificare, preliminarmente, mediante un test di infiltrazione in situ.*
- 3** *Per gli interventi con superficie maggiore di 10000 m² si dovrà elaborare lo studio sull’invarianza idraulica e idrologica.*

Nei calcoli idrologici, finalizzati alla determinazione degli idrogrammi netti, la valutazione delle perdite idrologiche può essere effettuata in via semplificativa adottando i noti metodi di trasformazione afflussi-deflussi (metodo razionale, metodo SCS, metodo del CN, ecc) per quelle trasformazioni a basso coefficiente di deflusso medio ponderale post intervento ($\varphi_{medio} < 0,5$), ossia per le aree trasformate complessivamente permeabili, o attraverso metodi da modellazione

numerica (SWMM, HEC-HMS, etc) per i casi di alto coefficiente di deflusso medio della trasformazione ($\varphi_{medio} > 0,5$), ossia per aree ad elevata impermeabilizzazione del suolo.

Il tempo di ritorno delle piogge da adoperare nel calcolo dei volumi (laminazione/infiltrazione) è pari a 30 anni, nel rispetto dei franchi di sicurezza, mentre il tempo di ritorno di 50 anni dovrà essere utilizzato per la verifica delle opere in condizioni limite e per il dimensionamento e la verifica delle eventuali misure locale anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.

Nei calcoli idraulici, lo studio dei corpi idrici superficiali e il dimensionamento dei canali di drenaggio potranno essere sviluppati in via semplificata adottando il moto uniforme solo nei casi più elementari mentre, per i casi più complessi e comunque per quelli in aree con alto coefficiente di deflusso medio ponderale ($\varphi_{medio} > 0,5$), si adotterà il calcolo in condizioni di moto permanente anche con l'ausilio di modellazione numerica (HEC-RAS, SWIMM, ecc).

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.

È richiesta la relazione di un tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione delle valutazioni idrologiche, e dei calcoli idraulici. Nella progettazione delle soluzioni tecniche che prevedano l'utilizzo di sistemi vegetativi per la laminazione, l'infiltrazione e la fitodepurazione delle acque di drenaggio superficiale, è altresì necessaria la collaborazione con esperti nel settore delle sistemazioni agro-forestali.

..."

8 Stima della portata di piena

8.1 Dati morfologici e tempo di corrivazione

Il bacino considerato è quello che include il perimetro della Stazione Elettrica.

La modellazione dell'area è stata condotta in modo da definire il percorso delle acque di ruscellamento ed il tempo di corrivazione per l'area in esame.

Viene assegnato al bacino un tempo caratteristico, definito di corrivazione, che corrisponde teoricamente al tempo necessario affinché una particella d'acqua caduta sui punti più distanti della superficie scolante raggiunga la sezione di chiusura.

Il tempo di corrivazione può essere stimato con diverse formule, in questo caso è stata scelta quella di Kirpich, valore per bacini con estensione inferiore a 20 km².

La formula è la seguente

$$t_c = 0.000325 * \left(\frac{L}{\sqrt{i}}\right)^{0.77}$$

Dove:

- t_c è il tempo di corrivazione espresso in ore
- L è la lunghezza dell'asta principale espressa in metri
- i è la pendenza media dell'asta principale

TEMPO CORRIVAZIONE		
Hmax	34	m slm
Hmin	33	m slm
delta H	1	m
L	320	m
i	0,30%	-
tc	0,25	ore
	15	minuti

Tabella 8-1 – Riepilogo caratteristiche bacino

8.2 Metodo S.C.S.

Il metodo di Soil Conservation Service è una procedura che consente la ricostruzione delle piene nei bacini idrografici.

Il metodo consente sia la semplice determinazione del volume della piena o della portata al colmo sia la completa ricostruzione dell'idrogramma di piena.

Per la determinazione del volume di piena il metodo si fonda sull'ipotesi che sia sempre valida la seguente relazione:

$$\frac{V}{P_n} = \frac{W}{S}$$

Dove:

- V è il volume di deflusso
- P_n è la precipitazione netta
- W è l'invaso del suolo (volume idrico effettivamente immagazzinato nel suolo)
- S è il valore massimo del suddetto invasivo.

La precipitazione netta si ottiene sottraendo alla precipitazione totale P le perdite iniziali (I_a) dovute all'immagazzinamento superficiale, imputabili per esempio, alla presenza sulla superficie del bacino di zone che, per loro morfologia, consentono l'accumulo idrico, all'intercettazione operata dalla copertura vegetale presente e all'infiltrazione prima della formazione del deflusso.

La precipitazione netta si ripartisce completamente tra il volume di deflusso superficiale e l'invaso del suolo:

$$P_n = V + W$$

Sostituendo il valore di W ricavato in precedenza, si ottiene:

$$V = \frac{P_n^2}{P_n + S}$$

Le perdite iniziali sono espresse dalla relazione in pratica costante per ogni tipo di bacino

$$I_a = 0.2 * S$$

E tenendo conto che

$$P_n = P - I_a$$

Si ottiene

$$V = \frac{(P - 0.2 * S)^2}{P + 0.8 * S}$$

L'applicazione dell'espressione ottenuta presuppone, oltre la conoscenza della precipitazione totale P la stima del massimo invaso S del suolo che, teoricamente, può assumere tutti i valori positivi compresi tra 0 (superficie perfettamente impermeabile) e infinito (nessuna formazione di deflusso superficiale).

La valutazione di S viene condotta mediante la seguente relazione:

$$S = 25.4 * \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

in cui figura un parametro CN, denominato curve number, che assume valori compresi tra 100 e 0.

Il CN rappresenta l'attitudine del bacino esaminato a produrre deflusso e si stima, sulla base dei valori riportati in un'apposita tabella, in relazione alle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale presenti nel bacino.

La stima del CN presuppone, inizialmente, la determinazione del gruppo idrologico di ciascun suolo ricadente nel bacino e, all'interno di ciascun gruppo, l'individuazione di aree omogenee per destinazione d'uso, sistemazione e condizione idrica.

A ciascuna area omogenea, di nota superficie, viene attribuito l'appropriato CN sulla base di quelli riportati in letteratura; il valore di CNb dell'intero bacino si ottiene come media pesata, con peso la superficie, dei valori stimati per le singole aree omogenee.

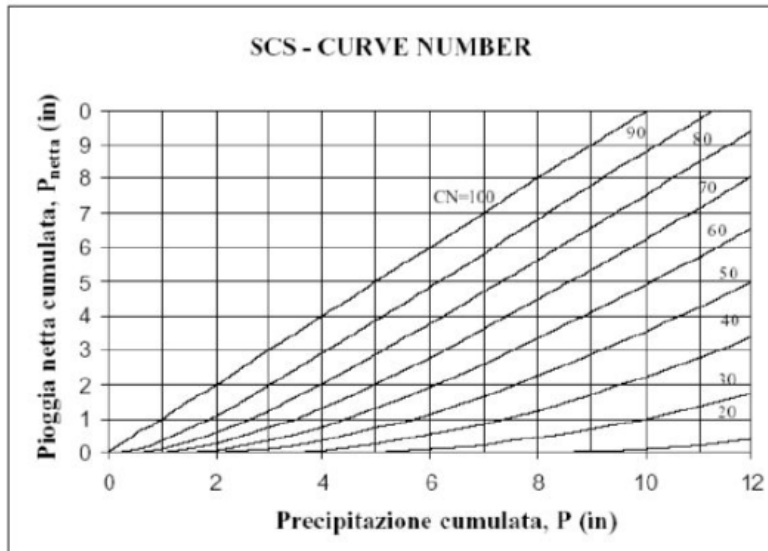


Figura 8-1 – Rapporto tra pioggia cumulata e pioggia netta in funzione del CN

Per la stima del CN si distinguono i seguenti quattro gruppi idrologici denominati A, B, C e D.

Gruppo A: Bassa capacità di formazione del deflusso. Suoli con elevata infiltrabilità anche in condizioni di completa saturazione. Si tratta di sabbie o ghiaie profonde molto ben drenate. La conducibilità idrica alla saturazione è elevata.

Gruppo B: Suoli con modesta infiltrabilità se saturi. Discretamente drenati e profondi sono caratterizzati da una tessitura medio-grossa e da una conducibilità idrica non molto elevata.

Gruppo C: Suoli con bassa infiltrabilità se saturi. Sono per lo più suoli con uno strato che impedisce il movimento dell'acqua verso il basso (a drenaggio impedito) oppure suoli con tessitura medio-fine e bassa infiltrabilità. La conducibilità idrica è bassa.

Gruppo D: Suoli ad elevata capacità di formazione del deflusso. Appartengono a questo gruppo i suoli ricchi di argilla con capacità rigonfianti, i suoli con uno strato di argilla presso la superficie, i suoli poco profondi su substrati impermeabili. La conducibilità idrica è estremamente bassa.

Valori del parametro CN (adimensionale)	← Tipo idrologico Suolo →			
	A	B	C	D
↓ Tipologia di Uso del Territorio				
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area imperm. 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m ² (area imperm. 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500+1000 m ² (area imperm. 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000+1500 m ² (area imperm. 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500+2000 m ² (area imperm. 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000+5000 m ² (area imperm. 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000+10000 m ² (area imperm. 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade,	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89

Tabella 8-2 – Valori di CN – II

Il metodo tiene anche conto delle condizioni di umidità del suolo antecedenti all'inizio dell'evento (Antecedent Moisture Conditions, AMC) e a tal fine va precisato che i valori di CN riportati si riferiscono a condizioni medie del parametro AMC denominate AMCII.

La definizione di AMC richiede la determinazione della precipitazione totale caduta nei cinque giorni precedenti l'evento in esame che consente di definire la condizione di umidità antecedente l'evento (AMCI, AMCII, AMCIII).

Definizione delle condizioni di umidità antecedenti l'evento (AMC).

AMC	Periodo Vegetativo	Riposo Vegetativo
I	Altezze di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento minore di 35 mm	Altezze di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento minore di 13 mm
II	Altezze di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento minore tra 35 e 53 mm	Altezze di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento minore tra 13 e 28 mm
III	Altezze di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento maggiore di 53 mm	Altezze di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento maggiore di 28 mm

Per condizioni antecedenti l'evento molto umide, AMC III, o molto asciutte, AMC I, si possono derivare i relativi valori di CN, determinati con le tabelle del precedente paragrafo e riferiti ad una condizione media di umidità (classe II) usando rispettivamente:

$$CN (I) = \frac{4.2 * CN (II)}{10 - 0.058 * CN (II)}$$

$$CN (III) = \frac{23 * CN (II)}{10 + 0.13 * CN (II)}$$

In sintesi, una volta determinato il curve number CN, con S e la possiamo calcolare la pioggia netta.

La pioggia lorda deve essere calcolata mediante l'analisi idrologica.

8.2.1 CN – Stato attuale

Per individuare il valore del CN è necessario caratterizzare il suolo da un punto di vista geopedologico, ovvero valutare il tipo di suolo sul quale si intende intervenire e l'uso che ne viene fatto.

Si è scelto di attribuire al suolo tipologia C come indicato nella relazione geologica

Ad ogni classe viene associato un valore del CN nella condizione AMC II (Antecedent Moisture Condition, ovvero la condizione di umidità del suolo in funzione della precipitazione antecedente di 5 giorni) che verrà pesato sulle superfici così da ottenere un valore caratteristico per l'intera area di intervento.

All'interno dell'area di impianto sono presenti le seguenti tipologie di area:

- Terreno

Per lo scenario ante-operam un valore identificativo del CN per l'interna lottizzazione mediante media pesata sulle aree.

Tipo terreno	Codice UDS	S [mq]	CN [-] - D
terreno	Coltivazioni in presenza di pratiche di conservazione del suolo	72820	78
		CN - II AO	78

Tabella 8-3 – Valori di CN in funzione del tipo di suolo allo stato attuale

Dalla combinazione dell'attribuzione della classe di tipo di suolo e dell'uso del suolo, tramite la tabella UDS sopra riportata, è possibile stimare il valore di CN-II medio dell'intera lottizzazione in oggetto allo stato attuale. Il valore è sopra riportato ed è pari a 78.

Tale valore deve essere poi convertito in CN-IIIa (AMC III), più cautelativo rispetto alla condizione II, secondo quanto previsto dalla metodologica proposta dal Soil Conservation Service (SCS):

$$CN (III) = \frac{23 * CN (II)}{10 + 0.13 * CN (II)} = 89,07$$

8.2.2 CN – Stato di progetto

Con la medesima procedura descritta al paragrafo precedente, si deve determinare il valore CN nella configurazione di progetto in quanto gli interventi previsti modificano inevitabilmente l'utilizzo del suolo.

Lo stato finale prevede la realizzazione di un Stazione Elettrica che è composta da fondazione impermeabili delle varie strutture, strada interna asfaltata, strada perimetrale battuta in terra e materiale ghiaioso in prossimità delle apparecchiature elettriche

È prevista una corrispondenza tra le varie tipologie di copertura e il parametro CN, per cui è possibile ottenere anche nello scenario post-operam un valore identificativo del CN per l'intera lottizzazione mediante media pesata sulle aree.

Tipo terreno	Codice UDS	S [mq]	CN II -C
terreno	spazi aperti erbosi con manto erboso superiore al 75% dell'area	47700	79
Strada perimetrale	Strada battuta in terra	10600	87
Strada asfaltata	Strada pavimentate o asfaltate dotate di drenaggio	12280	98
impianti tecnologici	Parcheeggi, tetti, autostrada.	2170	98
		CN II	83,93

Dalla combinazione dell'attribuzione della classe di tipo di suolo e dell'uso del suolo, tramite la tabella UDS sopra riportata, è possibile stimare il valore di CN-II medio dell'intera lottizzazione in oggetto allo stato progetto. Il valore è sopra riportato ed è pari a 83,93.

Tale valore deve essere poi convertito in CN-IIIa (AMC III), più cautelativo rispetto alla condizione II, secondo quanto previsto dalla metodologica proposta dal Soil Conservation Service (SCS):

$$CN (III) = \frac{23 * CN (II)}{10 + 0.13 * CN (II)} = 92,3$$

8.2.3 Modello SCS – CN

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

R è il deflusso fino all'istante t (mm)

P è la precipitazione fino all'istante t (mm)

S sono le perdite fino all'istante t (mm)

Viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite S e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione, S' (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso R nota la precipitazione P e la massima infiltrazione S' .

Considerando che un'aliquota di P si invasa nelle depressioni superficiali o si infila prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S'} [mm]$$

essendo Ia (mm) la perdita iniziale (*Initial abstraction*).

L'unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione S' (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove CN (*Curve Number*) è un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

La trasformazione afflussi-deflussi, quindi, è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo t_{LAG} (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario.

Il parametro di t_{lag} è stato calcolato attraverso la formula di Mokus

$$t_{lag} = 0.6 * t_{corrivazione}$$

Con $t_{corrivazione}$ il tempo di corrivazione calcolato nel paragrafo 8.1.

t_{lag} è pari a 0,15 ore.

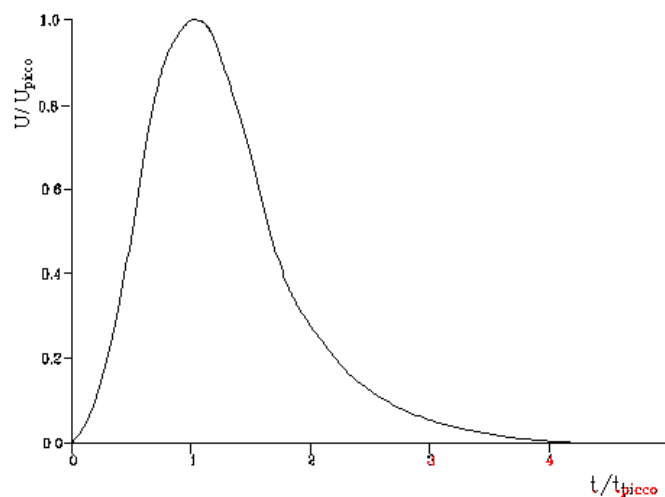
L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove t_{picco} è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario, Δt è l'intervallo di calcolo espresso in ore, U_{picco} è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in $m^3/s/mm$ e A è l'area del sottobacino misurata in km^2 .

Il valore di Δt utilizzato è pari a 5 minuti.



Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove $Q(i)$ è la portata alla fine dell'intervallo i -esimo, $U(j)$ è la j -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura, e $P(i)$ è la pioggia netta all'intervallo i -esimo.

8.2.3.1 Idrogramma tempo di ritorno 10, 30 e 50 anni – stato attuale con Gumbel

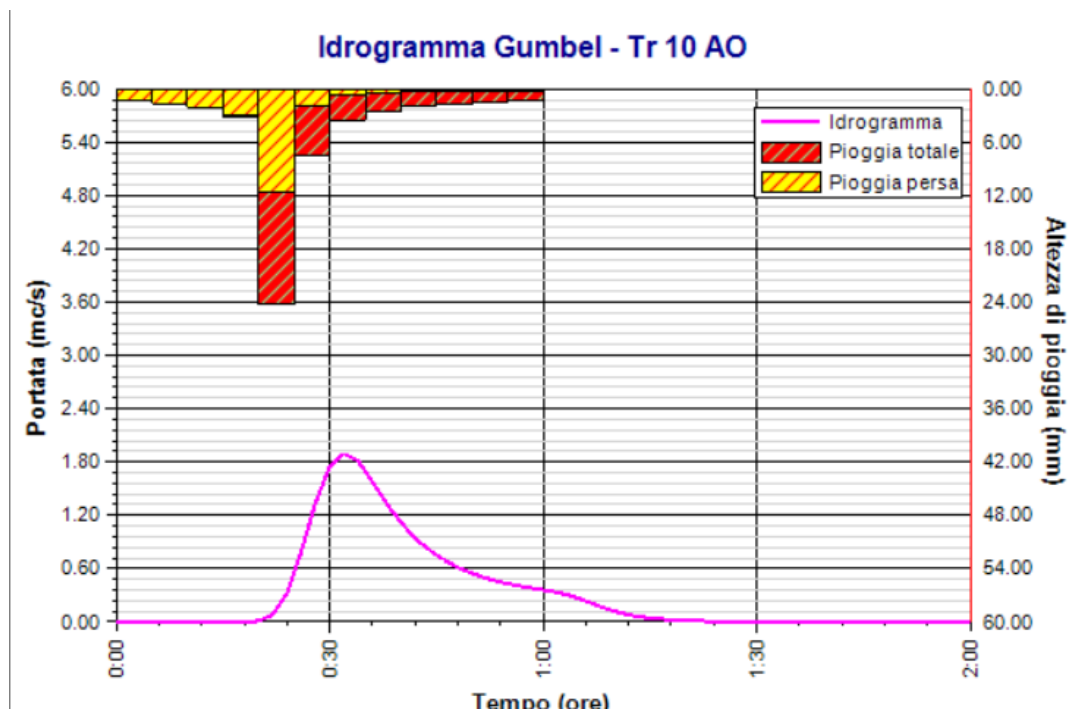


Figura 8-2 – Idrogramma SCS-CN da Gumbel iniziale CN 89.07 Tr 10

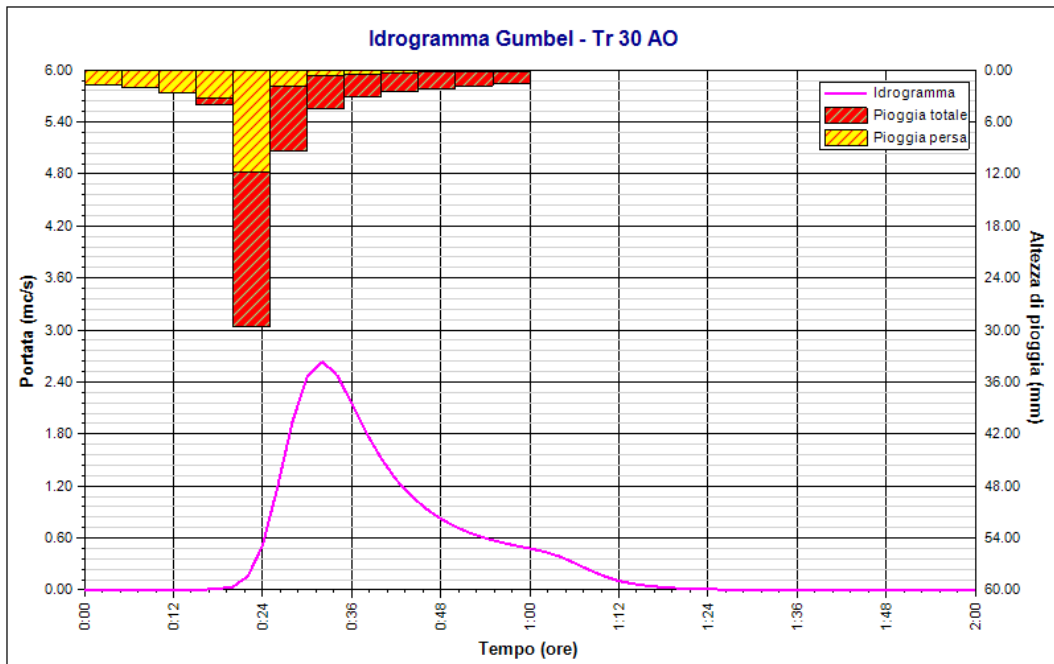


Figura 8-3 – Idrogramma SCS-CN da Gumbel iniziale CN 89.07 Tr 30

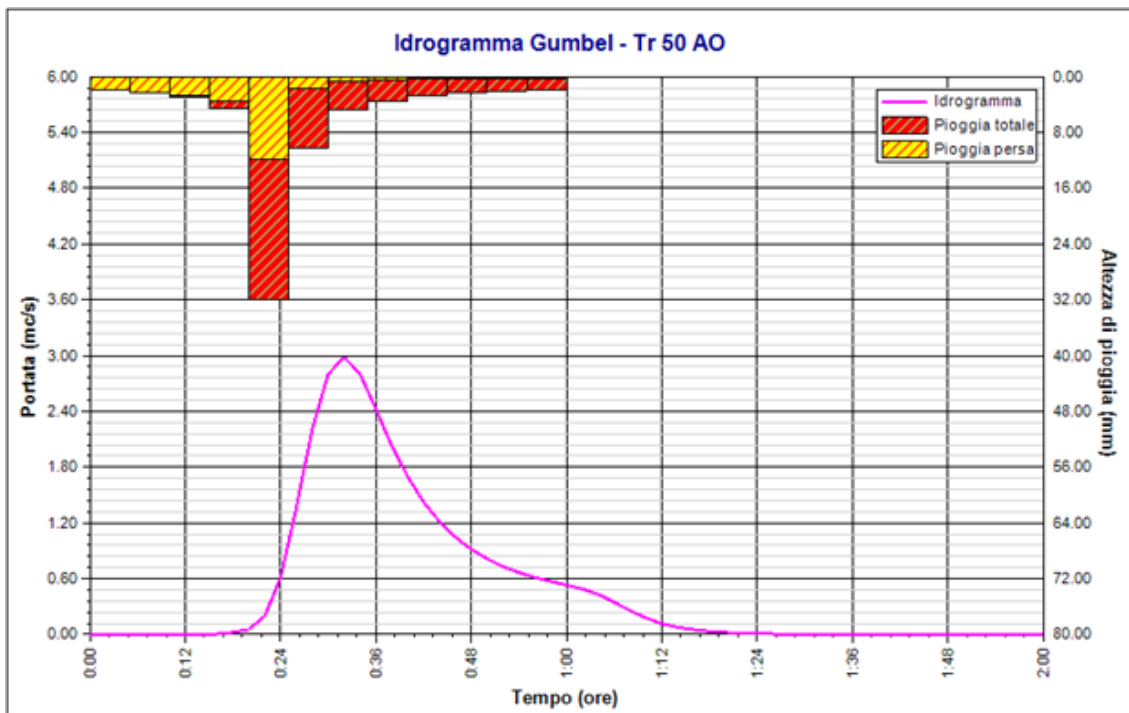


Figura 8-4 – Idrogramma SCS-CN da Gumbel iniziale CN 89.07 Tr 50

8.2.3.2 *Idrogramma tempo di ritorno 10, 30 e 50 anni – stato di progetto con Gumbel*

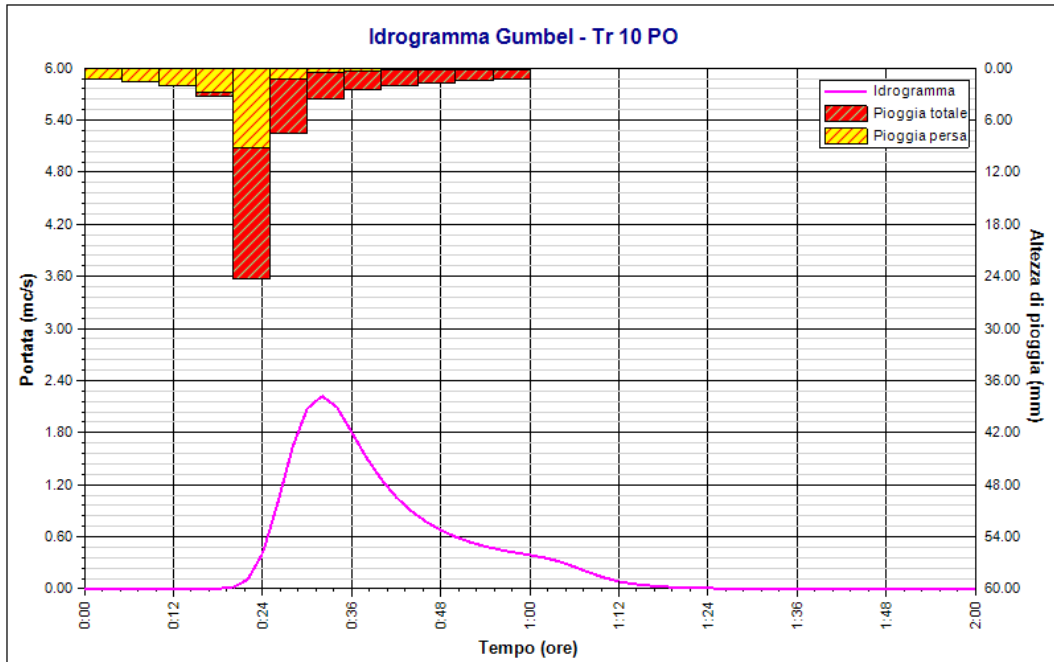


Figura 8-5 – Idrogramma SCS-CN da Gumbel finale CN 92.3 Tr 10

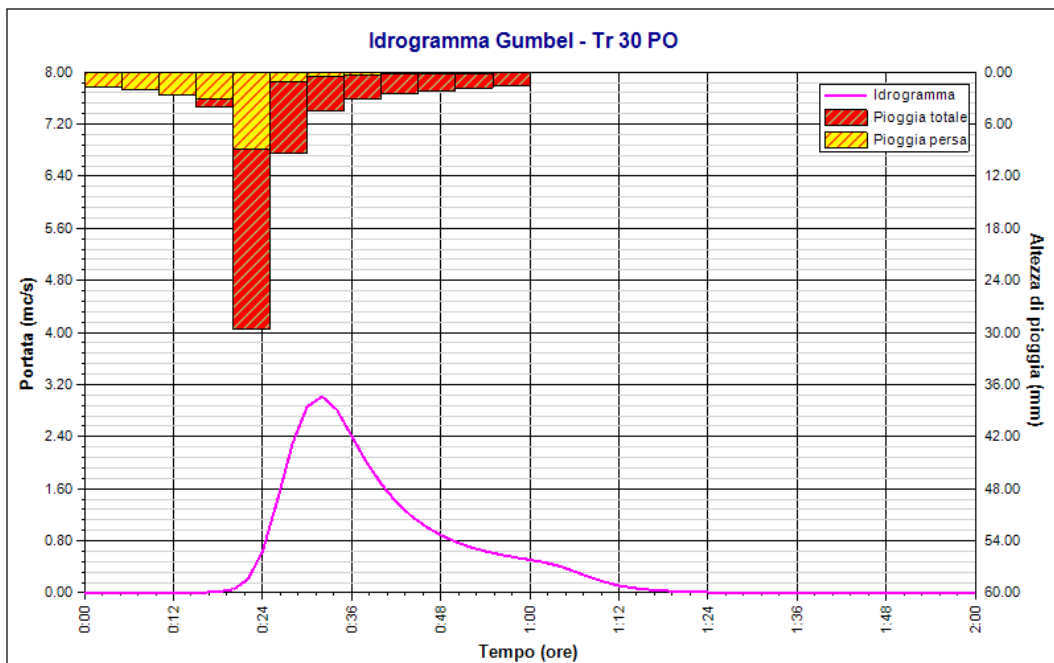


Figura 8-6 – Idrogramma SCS-CN da Gumbel finale CN 92.3 Tr 30

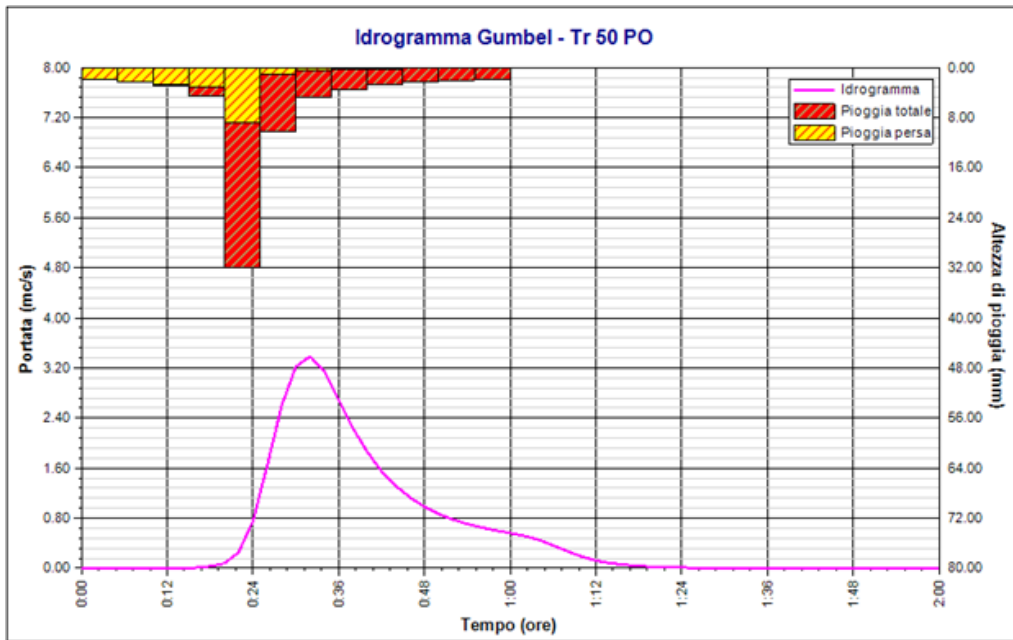


Figura 8-7 – Idrogramma SCS-CN da Gumbel finale CN 92.3 Tr 50

8.2.3.3 *Idrogramma tempo di ritorno 10, 30 e 50 anni – stato attuale con VAPI*

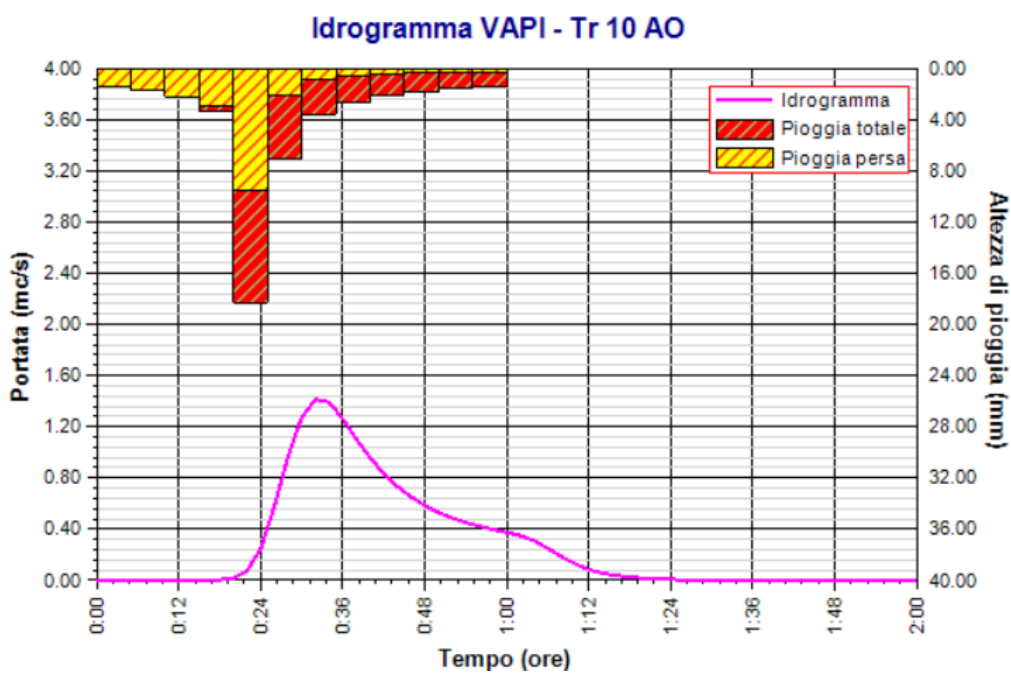


Figura 8-8 – Idrogramma SCS-CN da VAPI iniziale CN 89.07 Tr 10

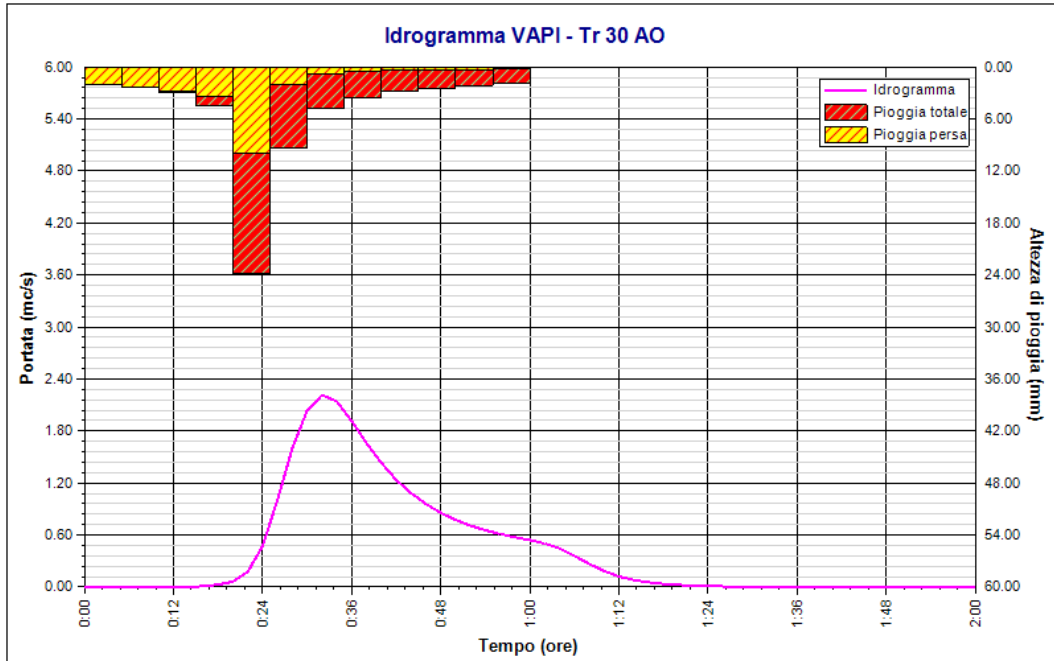


Figura 8-9 – Idrogramma SCS-CN da VAPI iniziale CN 89.07 Tr 30

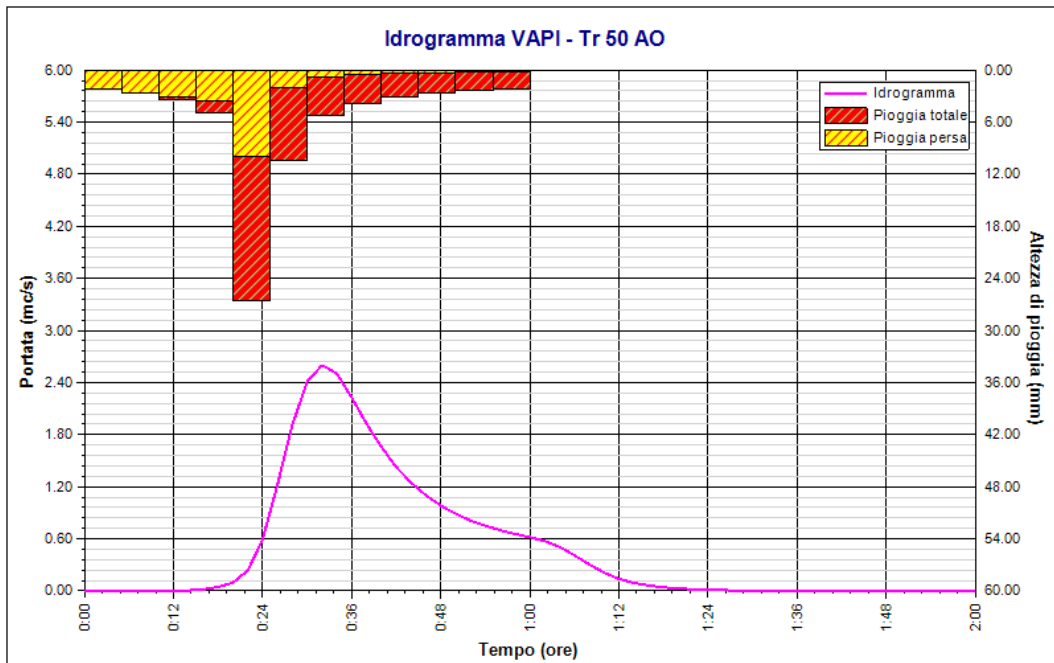


Figura 8-10 – Idrogramma SCS-CN da VAPI iniziale CN 89.07 Tr 50

8.2.3.4 *Idrogramma tempo di ritorno 10, 30 e 50 anni – stato di progetto con VAPI*

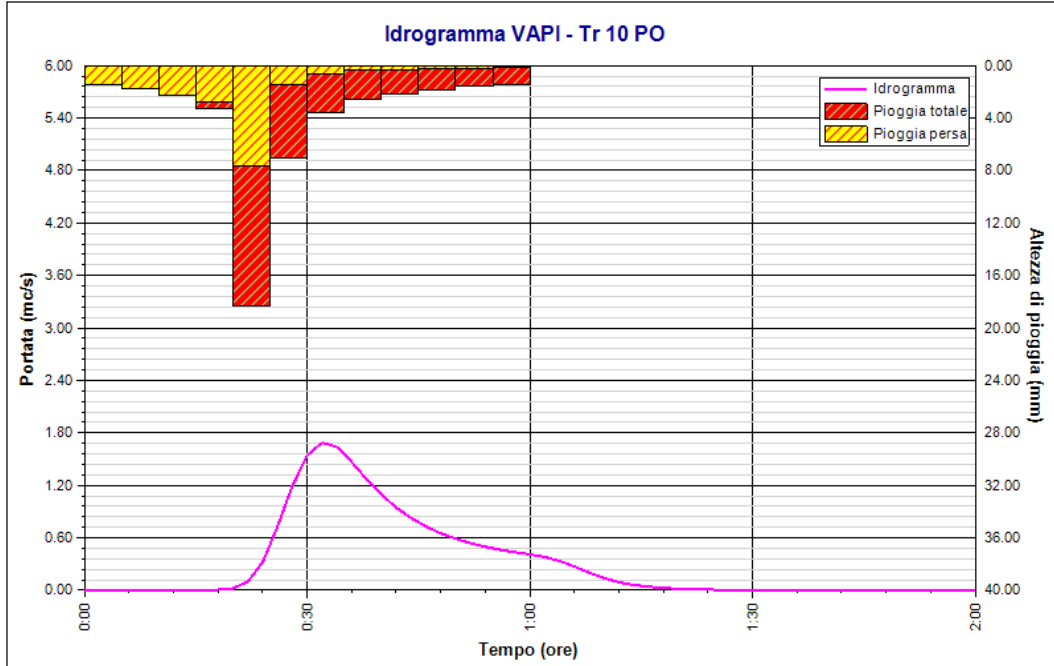


Figura 8-11 – Idrogramma SCS-CN da VAPI finale CN 92.3 Tr 10

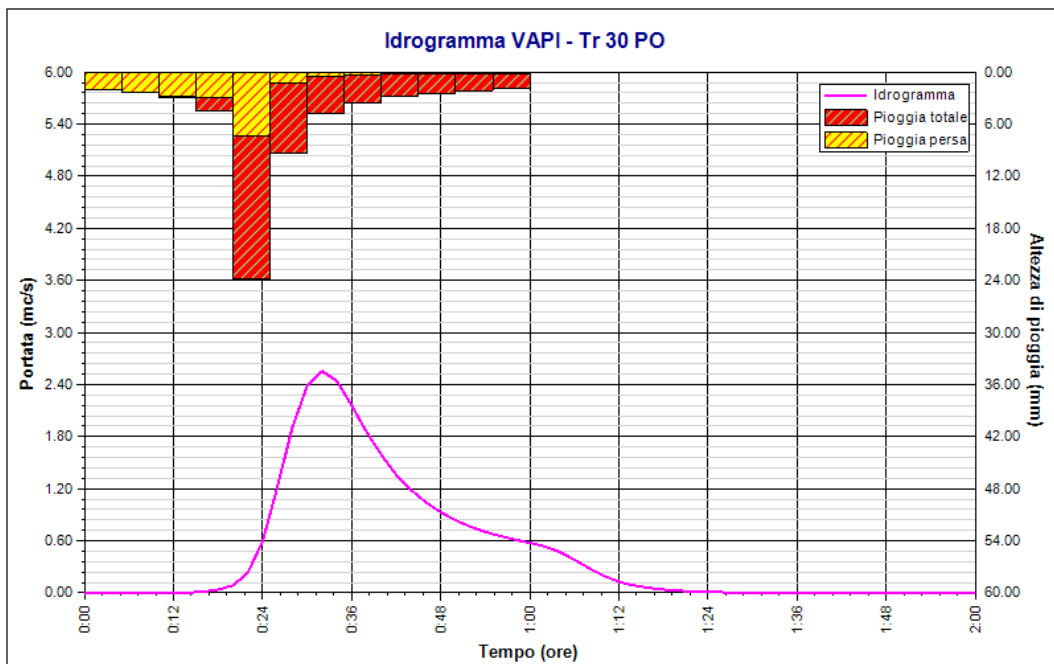


Figura 8-12 – Idrogramma SCS-CN da VAPI finale CN 92.3 Tr 30

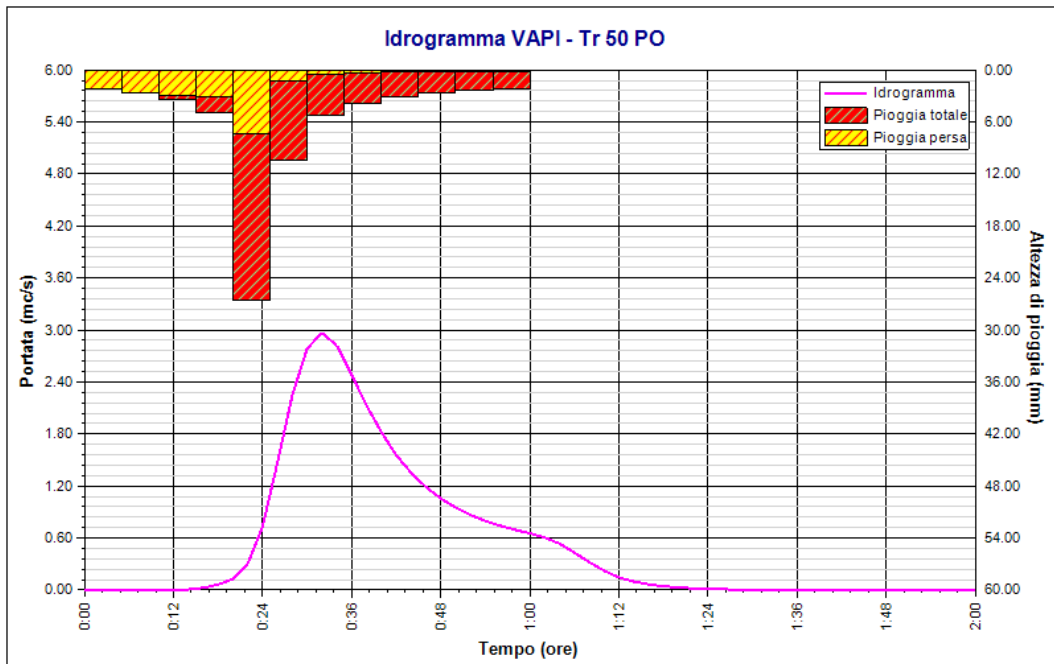


Figura 8-13 – Idrogramma SCS-CN da VAPI finale CN 92.3 Tr 50

8.2.4 Sintesi dei risultati

Di seguito la tabella riepilogativa con i risultati del modello utilizzato con le 2 diverse curve di possibilità pluviometrica.

Parametro	AO - Tr 10	AO - Tr 30	AO - Tr 50	PO - Tr 10	PO - Tr 30	PO - Tr 50	U.M.
Portata massima	1.89	2.63	2.98	2.22	3.02	3.39	mc/s
Istante picco	0.533	0.533	0.533	0.533	0.533	0.533	ore
Istante picco	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	minuti
Durata totale evento	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	ore
Volume afflusso	4	5	6	4	5	6	mc x 1000
Volume deflusso	2	3	4	3	4	4	mc x 1000
Altezza afflusso	52.464	65.052	70.800	52.464	65.052	70.800	mm
Altezza deflusso	28.681	39.568	44.687	32.810	44.382	49.764	mm
Coeff. deflusso	0.55	0.61	0.63	0.63	0.68	0.70	-
Coeff. udometrico	23.68	32.94	37.28	27.77	37.72	42.32	mc/s/kmq

Tabella 8-4 – Risultati modello SCS -CN – Gumbel per tempi di ritorno di 10, 30 e 50 anni

Parametro	AO - Tr 10	AO - Tr 30	AO - Tr 50	PO - Tr 10	PO - Tr 30	PO - Tr 50	U.M.
Portata massima	1.41	2.21	2.6	1.69	2.56	2.97	mc/s
Istante picco	0.533	0.533	0.533	0.533	0.533	0.533	ore
Istante picco	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	minuti
Durata totale evento	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	ore
Volume afflusso	4	5	6	4	5	6	mc x 1000
Volume deflusso	2	3	3	2	3	4	mc x 1000
Altezza afflusso	47.247	62.450	69.520	47.247	62.450	69.520	mm
Altezza deflusso	24.339	37.278	43.540	28.131	41.963	48.561	mm
Coeff. deflusso	0.52	0.60	0.63	0.60	0.67	0.70	-
Coeff. udometrico	17.68	27.67	32.51	21.10	31.95	37.09	mc/s/kmq

Tabella 8-5 – Risultati modello SCS -CN – VAPI per tempi di ritorno di 10, 30 e 50 anni

8.3 Confronto portate di massima piena

Le elaborazioni condotte hanno mostrato come i due metodo probabilistici utilizzati nei calcoli risultano essere del medesimo ordine di grandezza. Nelle verifiche idrauliche che verranno descritte nei prossimi paragrafi verranno utilizzati, in maniera cautelativa, i risultati più gravosi.

GUMBEL				
Tr [anni]	Qt AO [m3/s]	Qt PO [m3/s]	QAO - QPO [m3/s]	QAO - QPO [l/s]
10	1,89	2,22	0,330	330
30	2,63	3,02	0,390	390
50	2,98	3,39	0,410	410

VAPI				
Tr [anni]	Qt AO [m3/s]	Qt PO [m3/s]	QAO - QPO [m3/s]	QAO - QPO [l/s]
10	1,41	1,69	0,280	280
30	2,21	2,56	0,350	350
50	2,60	2,97	0,370	370

Tabella 8-6 – Tabella riepilogativa portate ante e post operam con Tr 10, 30 e 50 anni

9 Calcolo volume di laminazione

9.1 Metodo semplificato delle piogge

9.1.1 Premessa

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 ($\varphi_{medio} < 50\%$) adottando il *metodo semplificato delle piogge* secondo cui il volume di laminazione è espresso dalla seguente relazione:

$$V_{MAX} = 10 * S * \varphi_{medio} * a * \left(\frac{Q_{IMP}}{2.78 * S * \varphi_{medio} * a * n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - 3.6 * Q_{IMP} \\ * \left(\frac{Q_{IMP}}{2.78 * S * \varphi_{medio} * a * n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Dove:

- V_{MAX} è il volume di invaso necessario per non superare la portata limite allo scarico espressa in m^3
- S è la superficie scolante a monte della vasca/invaso di laminazione espressa in ettari;
- φ_{medio} è il coefficiente di deflusso medio ponderale dell'area di progetto;
- a ed n parametri delle curve di possibilità pluviometrica
- Q_{IMP} è la portata limite allo scarico corrispondente ad un coefficiente udometrico pari a 20 l/s per ettaro di superficie impermeabilizzata dall'intervento di urbanizzazione. Tale valore limite è ridotto a 10 l/s per ettaro impermeabilizzato qualora lo scarico avvenga all'interno di aree a pericolosità P3 e P4 del P.A.I espressa in l/s;

Per il calcolo del coefficiente di deflusso φ sarà possibile adoperare una metodologia approfondita basata sulle più diffuse formule dei manuali tecnici di idrologia e idraulica, che tengono in considerazione l'umidità iniziale del terreno (grado di saturazione), la porosità, la pendenza, la copertura vegetale, ecc. (ad es.: metodo del Curve Number, equazione di Horton, metodo Green-Ampton, metodo Kennessey, ecc.).

Nei prossimi capitoli verranno mostrati i risultati che corrispondono all'utilizzo dei parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica ricavate dal modello VAPI e dalla distribuzione di Gumbel come mostrate nel paragrafo 6.5. In alternativa, si dovranno utilizzare i seguenti coefficienti φ per tipologia di suolo

- Strada sterrata 0.6
- Strada pavimentata 0.9
- Impianti tecnologici 1.0
- Terreno ante e post operam 0.6

I parametri sopra indicati sono stati ricavati dall'"Allegato 1 al Regolamento recante disposizioni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica" della Regione Friuli-Venezia Giulia

TABELLA DEI VALORI DI RIFERIMENTO DEI COEFFICIENTI DI AFFLUSSO Ψ
 DA UTILIZZARE NEI METODI DI CALCOLO

Uso del suolo	Ψ
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 (es. parcheggi grigliati drenanti)	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
Tipologia urbana	Ψ
Costruzioni dense	0.80-0.90
Costruzioni spaziate	0.70-0.80
Aree con grandi cortili e giardini	0.50-0.60
Quartieri urbani con fabbricati radi	0.30-0.50
Zone a villini	0.30-0.40
Giardini, prati e zone non destinate a costruzioni e a strade	0.20-0.30
Parchi e boschi	0.10-0.20

9.1.2 Risultati del calcolo del coefficiente medio ponderale

Stato attuale:

Cdef AO		
tipo	S [mq]	Fi [-]
terreni	72820	0,6

Stato di progetto:

Cdef PO		
tipo	S [mq]	Fi [-]
terreni	47770	0,6
strada sterrata	10600	0,6
Strada asfaltata	12280	0,9
impianti tecnologici	2170	1
Stot	72820	
Cdef tot	0,66	-

Il coefficiente di deflusso da utilizzate per il calcolo del volume d'invaso è pari alla differenza tra il valore ante e post operam. Il risultato è pari a 0,06.

9.1.3 Calcolo volume di invaso

Di seguito si riportano i risultati ottenuti con il metodo VAPI e utilizzando la distribuzione di Gumbel.

VAPI		
a	62,45	mm/h ⁿ
n	0,354	
S	7,282	ha
qu,lim	20	l/s*haIMP
Qu,lim	9,10	l/s
W0	292,81	m3
Cdef PO	0,06	

GUMBEL		
DATI		
a	65,05	mm/h ⁿ
n	0,286	
S	7,282	ha
qu,lim	20	l/s*haIMP
Qu,lim	9,10	l/s
W0	282,20	m ³
Cdef PO	0,06	

Il volume di laminazione da realizzare sarà pari a circa 293 m³.

10 Tipologia di sistema di laminazione adottabile

Al fine di garantire l'invarianza idraulica relativa all'insieme di interventi previsti in progetto, risulta necessario ricavare un'opera capace di raccogliere ed immagazzinare un volume di deflusso pari a circa 292 m³, come calcolato e rappresentato nel precedente capitolo.

Come dimostrato dalle analisi idrologiche e idrauliche, per compensare i volumi in eccesso provenienti dalle nuove trasformazioni del suolo, si rende necessaria la messa in opera di sistemi di attenuazione e di mitigazione.

In particolare, il volume in esubero dovrà essere regimato attraverso la realizzazione di invasi o bacini di laminazione opportunamente dimensionati e tali da non modificare la portata dello stato attuale dell'area, garantendo il principio dell'invarianza idraulica.

Nel caso specifico, il volume in esubero a seguito della trasformazione del suolo risulta pari a circa 293 m³, che dovrà essere regimato attraverso la realizzazione di vasche di accumulo la cui funzione è quella di trattenere l'acqua che defluisce in superficie durante gli eventi meteorici, per rilasciarla quindi gradualmente nel canale adiacente all'area della SE.

Il documento della Commissione Europea (2014) "*Una guida in supporto della selezione, della progettazione e della realizzazione delle Misure di Ritenzione Naturale delle Acque in Europa*", propone metodi che, ripristinando il funzionamento naturale degli ecosistemi, favoriscono la mitigazione dei cambiamenti climatici e migliorano lo stato generale dei corpi idrici, contribuendo così anche al raggiungimento di alcuni degli obiettivi previsti da diverse politiche dell'Unione Europea.

Nel caso specifico, il volume di laminazione necessario alla garanzia dell'invarianza idraulica potrà essere ricavato con un serbatoio interrato modulare del tipo Inifintitank o similare posto nella zona a Sud della SE, fuori dalla recinzione.

L'interrimento dell'opera sarà dell'ordine dei 30-40 cm rispetto al piano campagna.

Il manufatto avrà lunghezza di 75 m, altezza 2,20 m e larghezza di 2,20 m per un volume totale di 360 m³.



Figura 10-1 – Esempio di Infinititank o similare

Il sistema di raccolta delle acque meteoriche della SE intercetterà le acque e le convoglierà presso il serbatoio. A seguito dell'evento meteorico, lo scarico delle acque avverrà mediante un sistema di pompaggio verso il canale Lenzi di Guerrera, posto a circa 150 m a sud della SE.

La portata massima scaricabile dal manufatto è data dalla seguente formula:

$$Q_{u,lim} = 20 \frac{l}{s * ha_{imp}} * S [ha] * C_{def,PO} = 20 \frac{l}{s * ha_{imp}} * 7,28 ha * 0,06 \cong 9,1 \frac{l}{s}$$

La condotta di scarico non recapiterà direttamente nel ricettore finale ma in un pozzetto di disconnessione in modo tale poter monitorare le portate scaricate.

A monte e valle della vasca sarà installata una strumentazione di monitoraggio che permetterà di monitorare gli afflussi e i deflussi della vasca.

Lo svuotamento della vasca, utilizzando la portata massima scaricabile, risulta essere

$$T_{svuotamento} = \frac{W_{vasca}}{Q_{u,lim}} = \frac{360 m^3}{\frac{9,1 m^3}{1000 s}} \cong 11 ore$$

Il tempo di svuotamento risulta essere inferiore alle 48 ore, valore massimo indicato nella normativa di settore.

Prima dell'immissione nel ricettore le acque passeranno attraverso delle vasche diseolatrici per evitare lo sversamento di inquinanti.

11 Conclusioni

Il presente studio riguarda l'analisi dell'invarianza idraulica relativa al progetto di una nuova SE di trasformazione 380/150/36 kV denominata "Belpasso 380" nel comune di Belpasso (CT).

L'area di studio possiede una superficie totale pari a circa 72.820 mq circa.

L'analisi dell'invarianza idraulica degli interventi progettuali è stata sviluppata seguendo i riferimenti di indirizzo in materia, e la legislazione vigente (Allegato n. 1 "Indirizzi applicativi invarianza idraulica e idrologica" (protocollo n° 6834 del 11/10/2019) della D.D.G. n.102 del 23/06/2021)

La metodologia seguita riguarda il calcolo delle massime piogge e delle massime portate utilizzando diversi metodi per confronto e scegliendo sempre il valore più cautelativo ottenuto.

Il volume di laminazione è stato calcolato attraverso il metodo semplificato delle piogge, come indicato nella normativa regionale (Allegato n. 1 "Indirizzi applicativi invarianza idraulica e idrologica" (protocollo n° 6834 del 11/10/2019) della D.D.G. n.102 del 23/06/2021).

Il volume necessario a garantire l'invarianza idraulica degli interventi in progetto è pari a circa 293 m³.

Il principio di invarianza idraulica verrà garantito dalla realizzazione di un serbatoio interrato del tipo Infinitanko o equivalente di circa 360 m³ posto nella zona a sud della SE, fuori dall'area recintata.

L'interrimento sarà dell'ordine dei 30-40 cm rispetto al piano campagna.

Il manufatto avrà lunghezza di 75 m, altezza 2,20 m e larghezza di 2,20 m per un volume totale di 360 m³.

La portata massima ammissibile allo scarico è pari a 9,1 l/s.

Lo scarico avverrà mediante un sistema di pompaggio verso il canale Lenzi di Guerrera, posto a circa 150 m a sud della vasca.

Il tempo di svuotamento risulta essere inferiore a 48 ore, valore massimo indicato nella normativa di settore.

Il sistema di raccolta delle acque meteoriche convoglierà le portate al serbatoio di accumulo previo passaggio delle vasche diseolatrici per evitare lo sversamento di inquinanti.

Sarà installato un sistema di monitoraggio degli afflussi e deflussi dal serbatoio.

INDICE DELLE FIGURE

Figura 4-1 – Inquadramento opere di rete ed utenza per la connessione e infrastrutture esistenti	7
Figura 4-2 – Tratto di linea da smantellare e posizione nuovi sostegni	9
Figura 4-3 – Cabina di sezionamento Sorgenia Leo srl	12
Figura 5-1 – Inquadramento dell'area di intervento	14
Figura 5-2 – Inquadramento area di impianto su CTR.....	14
Figura 5-3 – Opere in progetto su ortofoto.....	15
Figura 5-4 – Planimetria su ortofoto lotto di terreno nuova SE.....	16
Figura 5-5 – Ripresa da sud lotto di terreno nuova SE	18
Figura 5-6 – Inquadramento reticolo idrografico presso l'area di impianto.....	19
Figura 5-7 – Opere in progetto su carta PAI pericolosità idraulica.....	20
Figura 6-1 – Altezze di pioggia per durata di 1 ora	23
Figura 6-2 – Mineo – Pluviogramma sintetico Gumbel T=10 anni.....	29
Figura 6-3 – Mineo – Pluviogramma sintetico Gumbel T=30 anni.....	30
Figura 6-4 – Mineo – Pluviogramma sintetico Gumbel T=50 anni.....	30
Figura 6-5 – Inquadramento dell'area di impianto in base alla suddivisione in sottozone omogenee del progetto VA.PI	33
Figura 6-6 – Mappa iso-parametrica "a" del metodo VA.PI – 3° livello di regionalizzazione	34
Figura 6-7 – Mappa iso-parametrica "n" del metodo VA.PI – 3° livello di regionalizzazione	34
Figura 6-8 – Piogge per tempi di ritorno di 10 anni e durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore a seconda del metodo utilizzato	39
Figura 6-9 – Piogge per tempi di ritorno di 30 anni e durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore a seconda del metodo utilizzato	40
Figura 6-10 – Piogge per tempi di ritorno di 50 anni e durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore a seconda del metodo utilizzato.....	40
Figura 7-1 – Inquadramento dell'area di impianto.....	42
Figura 8-1 – Rapporto tra pioggia cumulata e pioggia netta in funzione del CN.....	48
Figura 8-2 – Idrogramma SCS-CN da Gumbel iniziale CN 89.07 Tr 10	55
Figura 8-3 – Idrogramma SCS-CN da Gumbel iniziale CN 89.07 Tr 30	56
Figura 8-4 – Idrogramma SCS-CN da Gumbel iniziale CN 89.07 Tr 50	56
Figura 8-5 – Idrogramma SCS-CN da Gumbel finale CN 92.3 Tr 10.....	57
Figura 8-6 – Idrogramma SCS-CN da Gumbel finale CN 92.3 Tr 30.....	57
Figura 8-7 – Idrogramma SCS-CN da Gumbel finale CN 92.3 Tr 50.....	58
Figura 8-8 – Idrogramma SCS-CN da VAPI iniziale CN 89.07 Tr 10.....	58
Figura 8-9 – Idrogramma SCS-CN da VAPI iniziale CN 89.07 Tr 30.....	59
Figura 8-10 – Idrogramma SCS-CN da VAPI iniziale CN 89.07 Tr 50	59
Figura 8-11 – Idrogramma SCS-CN da VAPI finale CN 92.3 Tr 10.....	60

Figura 8-12 – Idrogramma SCS-CN da VAPI finale CN 92.3 Tr 30.....	60
Figura 8-13 – Idrogramma SCS-CN da VAPI finale CN 92.3 Tr 50.....	61
Figura 10-1 – Esempio di Infinititank o similare.....	70

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 6-1 – Dati pluviometrici stazione pluviometrica Mineo – Serie di 52 osservazioni tra il 2016 e il 1951.....	22
Tabella 6-2 – Dati statistici stazione pluviometrica Mineo	23
Tabella 6-3 – Mineo – Curva di possibilità pluviometrica T=10 anni.....	26
Tabella 6-4 – Mineo – Curva di possibilità pluviometrica T=30 anni.....	27
Tabella 6-5 – Curva di possibilità pluviometrica T=50 anni.....	28
Tabella 6-6 – Altezze pioggia e parametri curva possibilità pluviometrica Mineo	28
Tabella 6-7 – Metodo VA.PI con tempo di ritorno pari a 10 anni.....	35
Tabella 6-8 – Metodo VA.PI con tempo di ritorno pari a 30 anni.....	35
Tabella 6-9 – Metodo VA.PI con tempo di ritorno pari a 50 anni.....	36
Tabella 6-10 – VAPI – Curva di possibilità pluviometrica T=10 anni.....	37
Tabella 6-11 – Curva di possibilità pluviometrica T=30 anni.....	37
Tabella 6-12 – VAPI – Curva di possibilità pluviometrica T=50 anni.....	38
Tabella 6-13 – Altezze pioggia per durate di diverse e parametri curva possibilità pluviometrica Mineo e VAPI in base al metodo applicato	39
Tabella 7-1 – Riepilogo aree impianto.....	43
Tabella 8-1 – Riepilogo caratteristiche bacino	45
Tabella 8-2 – Valori di CN – Il.....	49
Tabella 8-3 – Valori di CN in funzione del tipo di suolo allo stato attuale	51
Tabella 8-4 – Risultati modello SCS -CN – Gumbel per tempi di ritorno di 10, 30 e 50 anni.....	62
Tabella 8-5 – Risultati modello SCS -CN – VAPI per tempi di ritorno di 10, 30 e 50 anni.....	62
Tabella 8-6 – Tabella riepilogativa portate ante e post operam con Tr 10, 30 e 50 anni	63