

S.E. 380-150-36kV CASTRONOVO

Piano Tecnico delle Opere

Relazione smaltimento acque meteoriche

REV.	DATE	CUSTOMER – REVISION DESCRIPTION	CHECKED	APPROVED	
B	10/11/2023	Update	M. La Rovere	G. Cipolletta	
A	03/07/2023	First emission	M. La Rovere	G. Cipolletta	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> </div> <div style="width: 65%;"> <p>Customer drawing number:</p> <p>Customer Job number:</p> </div> </div>					
REV.	DATE	DESCRIPTION	COMPOSED	CHECKED	APPROVED
b	10/11/2023	Update	NEW DEV	NEW DEV	NEW DEV
a	03/07/2023	First emission	EB	NEW DEV	NEW DEV
		Project:	Format:		
Job number: RDO 22.024		SE 380-150-36kV CASTRONOVO	A4		
Drawing number: 67866b		Plant: Piano Tecnico delle Opere	Scale: -		
Filename: 67866b_Relazione smaltimento acque meteoriche		Title: Relazione smaltimento acque meteoriche	Page 1 / 4		
<p>This document contains information proprietary to SAET S.p.A. and it will have to be used exclusively for the purpose for which it has been furnished. Whichever shape of spreading or reproduction without the written permission of SAET S.p.A. is prohibit.</p>					

1. Indice	
1. Premessa	2
2. Informazioni generali del progetto	3
2.1a Dati generali del progetto.....	3
2.1b Inquadramento normativo, programmatico ed autorizzativo.....	4
3. Caratteristiche dell'area	5
4. Approccio metodologico	6
5. Calcolo degli afflussi meteorici.....	8
6. Stima dello ietogramma Chicago di progetto	9
7. Stima dell'idrogramma di piena	10
8. Volume di compensazione	21
9. DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI DRENAGGIO	22
10. IMPIANTO DI TRATTAMENTO ACQUE DI PRIMA PIOGGIA.....	23
11. Conclusioni	24

1. Premessa

La società **Renantis Sicilia s.r.l.** propone nel territorio del comune di **Castronovo di Sicilia** (PA) la costruzione della **Stazione Elettrica di Castronovo** che ha come obiettivo il miglioramento degli standard di sicurezza e di continuità di esercizio dell'area ed inoltre accoglierà la produzione derivante da impianti FER che saranno costruiti nella Sicilia occidentale.

La progettazione dell'opera è stata sviluppata tenendo in considerazione gli indicatori ambientali e territoriali, i cui risultati hanno permesso di valutare gli effetti della pianificazione elettrica nell'ambito territoriale considerato, nel pieno rispetto degli obiettivi della salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente, della protezione della salute umana e dell'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali.

Al fine di permettere il collegamento alla RTN di diversi impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile Terna ha previsto ed indicato nelle Soluzioni Tecniche Minime Generali (STMG) ricadenti nell'area la necessità di realizzare le seguenti opere RTN:

- a. Stazione elettrica AT 380-150-36kV denominata "**Castronovo**"
- b. Linee 150kV dal ricollegare alla linea 150kV compresa tra le stazioni RTN di Ciminna e Cammarata.

Secondo quanto previsto dal D.Lgs. 387/2003 e ss.mm.ii., la società proponente "Renantis Sicilia Srl (già Falck Renewables Sicilia S.r.l.)", nell'ambito del proprio progetto FER ha sviluppato ed intende portare in autorizzazione le suddette opere RTN. Il medesimo progetto sarà inoltre reso disponibile per le eventuali ulteriori iniziative di produzione la cui STMG preveda le medesime opere RTN per la connessione.

Nella presente relazione vengono descritte la metodologia, le procedure e i risultati relativi allo studio di invarianza idraulica a corredo del progetto per la realizzazione della stazione elettrica.

2. Informazioni generali del progetto

Tra le possibili soluzioni sul territorio è stata individuata l'ubicazione più funzionale che tiene conto di tutte le esigenze tecniche di connessione della stazione alla rete elettrica nazionale e delle possibili ripercussioni sull'ambiente, con riferimento alla legislazione nazionale e regionale vigente in materia.

La nuova *Stazione Elettrica 380/150/36 kV di Castronovo*, sarà ubicata nel comune di *Castronovo di Sicilia*, provincia di Palermo, a circa 8km a nord est del centro abitato. L'area interessata, in un contesto collinare, ricade in zona agricola, secondo gli strumenti urbanistici vigenti del comune di Castronovo di Sicilia.

La figura che segue mostra l'inquadramento del progetto nel contesto cartografico IGM.

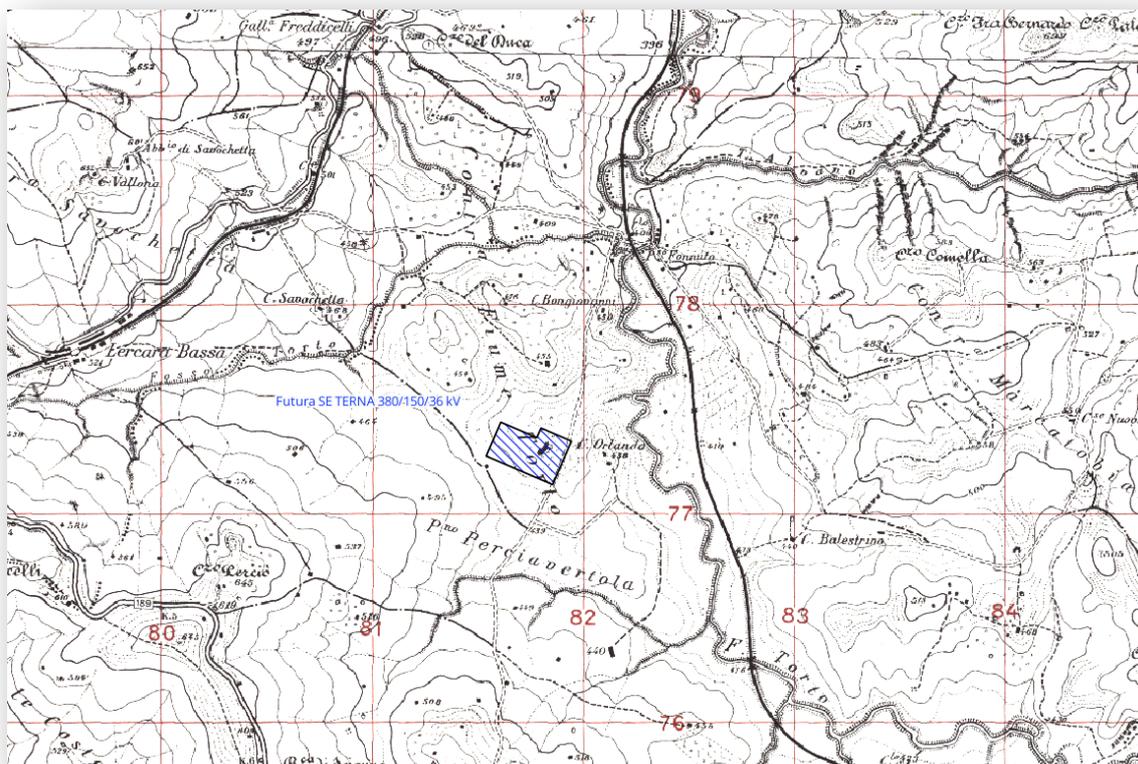


Figura 1 - inquadramento generale del progetto - estratto della carta IGM

2.1a Dati generali del progetto

Tav. A	Relazione integrativa sugli aspetti idraulici	3 di 25
--------	-----------------------------------------------	---------

Le aree occupate dalla stazione saranno dislocate all'interno delle particelle di terreno site in agro del territorio comunale di Castronovo di Sicilia (PA).

La stazione interesserà un'area di circa 66.300 m^2 (area recintata) con dimensioni massime di $(336 \times 226) \text{ m}$ circa; la superficie complessiva interessata dalle opere (area potenzialmente impegnata dai lavori) sarà di circa 100.000 m^2 . La stazione avrà il proprio piano posizionato ad una quota di $421,00 \text{ m s.l.m.}$, con le aree più sopraelevate (circa $419,30 \text{ m s.l.m.}$) e più depresse (circa $426,00 \text{ m s.l.m.}$).

L'impianto verrà delimitato da una recinzione costituita da un muro pieno in c.a. fuoriuscente dal terreno per $2,5 \text{ m}$.

L'ingresso alla stazione elettrica, sul lato est, avverrà tramite un cancello carrabile largo 7 m , di tipo scorrevole ed un cancello pedonale indipendente, largo $0,90 \text{ m}$, ambedue inseriti fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato.

A lato dell'ingresso principale, si realizzerà l'edificio "p.ti di consegna MT-TLC", per l'attestazione delle linee in media tensione di alimentazione dei servizi ausiliari di stazione e delle linee dei vettori di telecomunicazione; l'edificio avrà accesso lato interno stazione per Terna e consentirà anche l'accesso dall'esterno, per l'utilizzo da parte dei rispettivi gestori dei servizi alimentazione MT e vettori TLC.

2.1b Inquadramento normativo, programmatico ed autorizzativo

Normativa nazionale

- 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"(pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 25 del 31 gennaio 2004 - Supplemento Ordinario n. 17);
- DECRETO 19 febbraio 2007 - Ministero dello Sviluppo Economico - Decreto Ministeriale 19/02/2007 - "Criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell'articolo 7 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387."(pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 45 del 23 febbraio 2007);
- DECRETO 2 marzo 2009 - Ministero dello Sviluppo Economico - Disposizioni in materia di incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare. (pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 59 del 12 marzo 2009);
- Delibera AEEG n. 88/2007 - Disposizioni in materia di misura dell'energia elettrica prodotta da impianti di generazione;
- Delibera AEEG 150/08 - Ulteriori disposizioni in materia di misura dell'energia elettrica prodotta da impianti di generazione e in materia di misura dell'energia elettrica prodotta e immessa da impianti di produzione Cip n. 6/92;
- Decreto 10 settembre 2010 Ministero dello Sviluppo Economico. Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili (Gazzetta Ufficiale n. 219 del 18-9-2010);

Tav. A	Relazione integrativa sugli aspetti idraulici	4 di 25
--------	-----------------------------------------------	---------

- Decreto Legislativo 3 marzo 2011 n. 28 - Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE (S.O. n. 81 alla Gazzetta Ufficiale n. 71 del 28/03/2011 – In vigore dal 29/3/11)
- D.D.G. n.102 del 23/06/2021 riguardante le linee guida per la progettazione di interventi finalizzati a garantire l'invarianza idraulica.

3. Caratteristiche dell'area

L'area di intervento è composta da terreni a vocazione agricola, caratterizzata da una vegetazione rada e conformazione pressoché pianeggiante. Inoltre, all'interno dell'area non si registra la presenza di manufatti o fabbricati. In funzione dell'andamento orografico, l'area d'intervento è mostrata nella seguente immagine satellitare:



Figura 2 - Immagine satellitare area d'intervento

Dal rilevamento geologico condotto in situ e nelle aree adiacenti, dalle risultanze delle ricerche bibliografiche, dalla consultazione della carta geologica e dalle indagini condotte sul sito, risulta che l'area oggetto di studio si presenta quasi totalmente pianeggiante con pendenze massime che arrivano a $1^{\circ}/2^{\circ}$ circa con conseguente classificazione topografica del terreno: **T1**. Si può asserire che, da un punto di vista

geologico, il sito si presenta abbastanza omogeneo ed è costituito dalla presenza di depositi sedimentari di scarsa consistenza per i primi m a partire dal piano campagna.

Viste le blande pendenze, il tipo di deflusso superficiale è abbastanza lento, inoltre la litologia che caratterizza l'area in esame è relativamente permeabile.

L'estensione del lotto di terreno che compone l'area di intervento è sintetizzata nella seguente tabella:

Estensione Area Intervento					
Superficie Totale		Superficie Totale		Superficie Totale	
68552.4	m ²	6.855	ha	0.069	km ²

Tabella 1 - Estensione area d'intervento

Occorre osservare che gli interventi di progetto relativi alla realizzazione della stazione elettrica ricadono, per via della estensione degli interventi (circa 6.9 ha), nella categoria A2 "Interventi con superficie maggiore di 10.000 m²", prevista nell'ambito del D.D.G. n. 102 del 23/06/2021.

Il Progettista ha pertanto redatto il necessario studio idrologico/idraulico secondo l'approccio metodologico indicato nelle linee guida, descritto nel seguente capitolo.

4. Approccio metodologico

Dal punto di vista della gestione delle acque meteoriche, il progetto di sviluppo prevede la realizzazione di nuove superfici impermeabili con relativo sistema di smaltimento delle acque meteoriche zenitali di piattaforma, interconnesso con quello esistente.

A fronte delle problematiche legate alla disciplina regionale relativa al trattamento e smaltimento delle acque meteoriche (D.Lgs 152/06 e s.m.i), acquista importanza anche la verifica del bilancio idrogeologico del nuovo progetto che potrebbe essere assimilato alla verifica dell'invarianza idraulica facendo riferimento a quanto riportato nel *D.D.G. 102 del 23/6/2021*.

Il concetto di invarianza assume un'importanza strategica qualora il corpo ricettore sia configurato in una rete di smaltimento con limitazioni di portata di veicolazione (fiume, reticolo idrografico, reti di scolo, ecc...) ovvero per salvaguardare la capacità di deflusso della rete e impedire l'incremento della pericolosità idraulica a valle.

In tal senso, la verifica non positiva, prevede la realizzazione di opere di compensazione costituite da interventi di laminazione della portata massima con scarico dell'eventuale accumulo dopo l'evento

piovoso in maniera tale da garantire il “taglio” della punta dell’idrogramma scaricato nel corpo ricettore e garantire il rispetto delle prescrizioni dell’Ente Gestore.

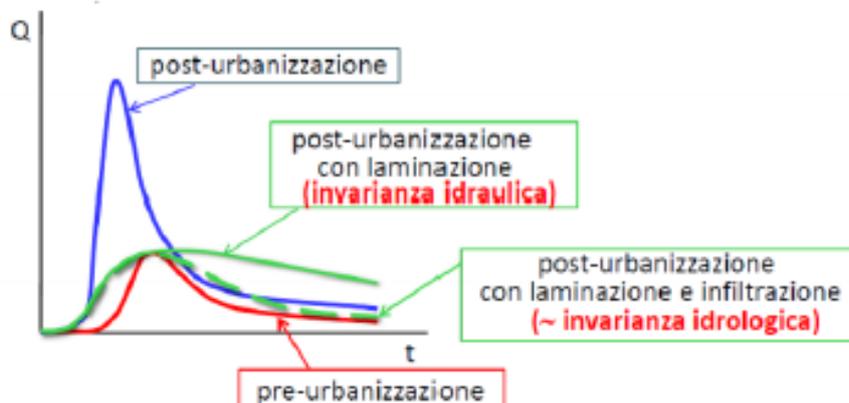


Figura 3 - Rappresentazione schematica del concetto di invarianza idraulica (da “Criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica Varese” - Geol. Marco Cinotti - Ing. Alessandro Balbo - Ing. Giacomo Galimberti)

I concetti espressi nei vari Regolamenti Regionali si differenziano in:

- **INVARIANZA IDRAULICA:** le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all’urbanizzazioni
- **INVARIANZA IDROLOGICA:** sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all’urbanizzazione;
- **DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE:** 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.

Al fine di condurre le analisi e verifiche contenute nel presente studio, il Progettista ha pertanto fatto riferimento alle linee guida *D.D.G. 102 del 23/6/2021* della Regione Sicilia.

Il primo passo nella analisi della invarianza idraulica è quello di definire la classe di appartenenza degli interventi previsti in progetto.

Gli interventi previsti all’interno della progettazione della stazione elettricariguardano la realizzazione di manufatti, della viabilità di servizio e la sistemazione di una porzione delle aree verdi

mediante la predisposizione di uno strato di ghiaia drenante. La estensione dei vari interventi così suddivisi è sintetizzata nella seguente Tabella 2:

Stato Futuro - Superfici Impermeabilizzate							
<i>Tipologia</i>	<i>Estensione</i>		<i>Estensione</i>		<i>Estensione</i>		<i>CN</i>
Manufatti	911.14	m ^q	0.09	ha	0.0009	km ^q	95
Strada asfaltata	11514.24	m ^q	1.15	ha	0.0115	km ^q	95
Ghiaia	51681.92	m ^q	5.17	ha	0.052	km ^q	85
Area a verde	4445.12	m ^q	0.44	ha	0.004	km ^q	82

Tabella 2 - Superfici impermeabilizzate previste in progetto

5. Calcolo degli afflussi meteorici

Al fine di determinare lo ietogramma Chicago, che descriva gli afflussi meteorici afferenti all'area di studio con **tempo di ritorno pari a 50 anni**, è stato utilizzato il modello probabilistico TCEV utilizzato nel progetto VAPI da CANNAROZZO M, D'ASARO F., FERRO V. "[Valutazione delle piene in Sicilia](#)", CNR-GNDICI, Palermo, 1993 per la caratterizzazione delle curve segnalatrici di probabilità pluviometrica in Sicilia, come descritto dettagliatamente nella "Relazione Idrologica e Idraulica" redatta nell'ambito del presente progetto.

In particolare, ai fini dello sviluppo della verifica dell'invarianza idraulica degli interventi previsti in progetto, sono state adottate le seguenti curve di possibilità pluviometrica, elaborate nell'ambito della analisi idrologica, relative ad eventi di pioggia di durata inferiore all'ora:

T	a	n
30	7.02	0.47
50	7.91	0.47
100	9.28	0.47
200	10.36	0.47
300	11.08	0.47

Tabella 3 - CPP per eventi inferiori all'ora

6. Stima dello ietogramma Chicago di progetto

Lo ietogramma Chicago è uno ietogramma coerente con la curva di probabilità pluviometrica. Viene chiamato Chicago perché è stato adottato da Keifer e Chu (1957) in occasione della progettazione della fognatura di Chicago. Viene considerato spesso preferibile al semplice ietogramma rettangolare perché può generare portate al colmo relativamente maggiori.

Si può ottenere facilmente da una curva di possibilità pluviometrica a due parametri del tipo $h=a\tau^n$, in cui τ è la durata della precipitazione di progetto, h è l'altezza di pioggia corrispondente, mentre a ed n sono i parametri della curva. Si ha:

$$j(t) = an((\tau - t)/r)^{n-1} \text{ quando } t < r\tau$$

$$j(t) = an\left(\frac{t-r\tau}{1-r}\right)^{n-1} \text{ quando } t > r\tau$$

Il valore di r può variare tra 0 e 1, ma in genere si utilizzano valori compresi fra 0.3 e 0.5. Nel caso in esame è stato utilizzato un valore pari a $r=0.4$ per la posizione del picco dello ietogramma ed una durata pari a 30 minuti.

Nella seguente Tabella 9 è riportato il calcolo dello ietogramma Chicago corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 50 anni, mentre nella Figura 6 seguente è riportata la corrispondente forma grafica.

durata pioggia	durata pioggia	altezza pioggia	altezza increm.	ietogr.
t	t	h_t	Δh_t	
min	ore	mm	mm	mm
1	0.0167	7.91	7.9	0.6
2	0.0333	10.96	3.0	0.6
3	0.0500	13.26	2.3	0.7
4	0.0667	15.18	1.9	0.7
5	0.0833	16.85	1.7	0.7
6	0.1000	18.36	1.5	0.8
7	0.1167	19.74	1.4	0.8
8	0.1333	21.02	1.3	0.9
9	0.1500	22.22	1.2	0.9
10	0.1667	23.34	1.1	1.0
11	0.1833	24.41	1.1	1.1
12	0.2000	25.43	1.0	1.3
13	0.2167	26.41	1.0	1.5
14	0.2333	27.34	0.9	1.9

15	0.2500	28.24	0.9	3.0
16	0.2667	29.11	0.9	7.9
17	0.2833	29.96	0.8	2.3
18	0.3000	30.77	0.8	1.7
19	0.3167	31.56	0.8	1.4
20	0.3333	32.33	0.8	1.2
21	0.3500	33.08	0.8	1.1
22	0.3667	33.82	0.7	1.0
23	0.3833	34.53	0.7	0.9
24	0.4000	35.23	0.7	0.8
25	0.4167	35.91	0.7	0.8
26	0.4333	36.58	0.7	0.8
27	0.4500	37.23	0.7	0.7
28	0.4667	37.87	0.6	0.7
29	0.4833	38.50	0.6	0.7
30	0.5000	39.12	0.6	0.6

Tabella 4 - Elaborazione ietogramma Chicago TR=50 anni

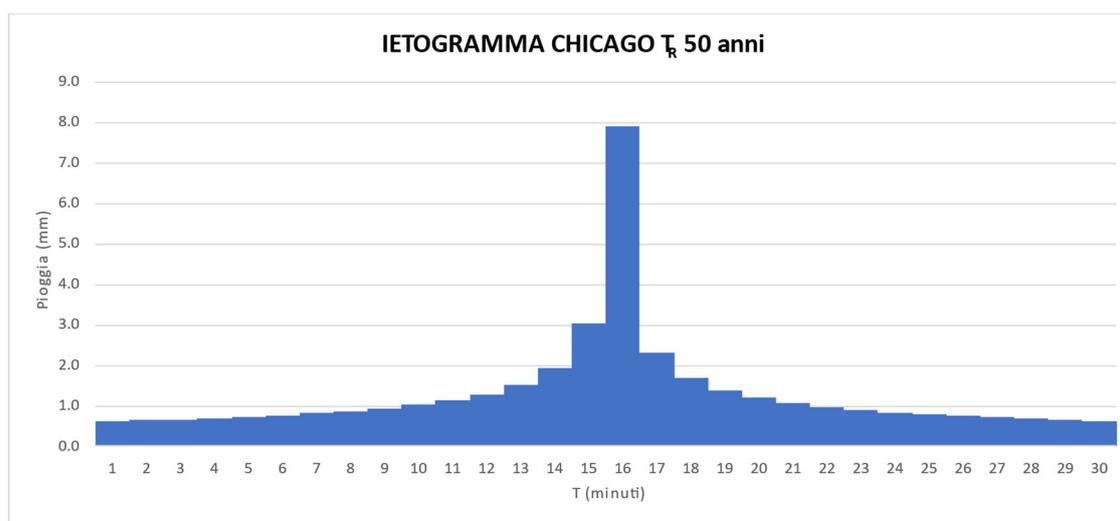


Figura 3 - Ietogramma Chicago di progetto

7. Stima dell'idrogramma di piena

Lo ietogramma Chicago di progetto è stato utilizzato come dato di ingresso per il calcolo dell'idrogramma di piena.

Al fine di effettuare il calcolo dei volumi di compensazione per garantire la invarianza idraulica degli interventi in progetto, è stato calcolato l'idrogramma di piena in condizioni attuali e future effettuando una caratterizzazione dell'area di studio nelle condizioni attuali e nelle condizioni di progetto.

Il calcolo delle perdite meteoriche, funzionale ad effettuare la determinazione delle piogge efficaci, è stato sviluppato mediante la metodologia SCS Curve Number.

Tale modello è concentrato nello spazio e nel tempo e si basa sulla semplificazione concettuale del processo idrologico. La sua formulazione deriva dall'equazione di bilancio fra i valori cumulati nel tempo dei principali termini dell'afflusso e quelli del deflusso. Si ipotizza che durante l'intero evento preso in considerazione resti invariata la seguente relazione di proporzionalità tra le perdite per infiltrazione e il deflusso superficiale:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a}$$

Dove:

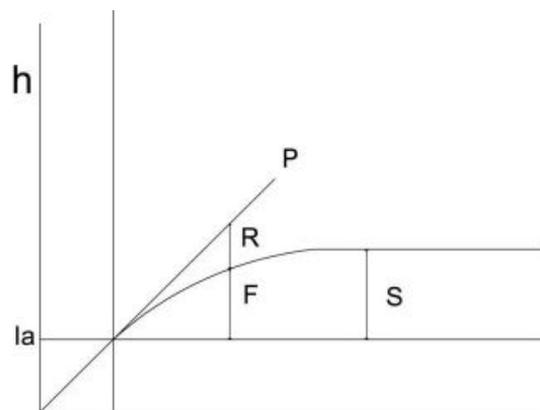
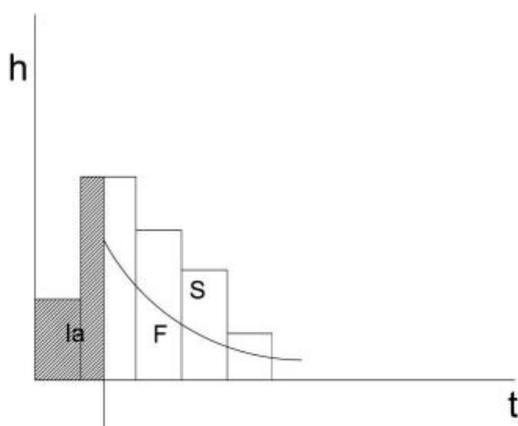
- F = perdite effettive generate durante l'evento [mm];
- S = massima capacità di ritenzione idrica del suolo [mm];
- Q = pioggia netta cumulata [mm],
- P = pioggia lorda cumulata [mm];
- I_a = perdite iniziali dovute all'intercettazione, all'infiltrazione e alla saturazione delle depressioni superficiali [mm];

Dopo una serie di passaggi ed assumendo $F=P-Q$, la pioggia netta (P_e) o deflusso superficiale (Q) risulta pari a:

$$Q = P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad \text{se } P > I_a$$

$$Q = 0 \quad \text{se } P \leq I_a$$

Per comprendere meglio il significato del parametro S e di I_a è utile ragionare in termini di altezze di pioggia in funzione dell'altezza di precipitazione.



Come si può osservare dalle figure precedenti, I_a corrisponde alla precipitazione per cui si ha l'inizio del deflusso mentre S rappresenta il volume disponibile all'interno del suolo per immagazzinare l'acqua infiltrata.

Le grandezze S ed I_a sono definite in base al parametro CN, Curve Number, tramite le relazioni:

$$S = S_0 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

$$I_a = \lambda S$$

dove S_0 è un fattore di scala, che dipende dall'unità di misura adottata e che per valori di S , F , P misurati in mm, è pari a 254 mm e λ è un coefficiente di proporzionalità di valore 0,2.

Le Linee Guida forniscono delle tabelle di valori di riferimento da utilizzare per il Curve Number in funzione delle condizioni, della tessitura, del grado di copertura vegetale e dell'uso del suolo.

Per tenere conto della diversa capacità di infiltrazione dei suoli, nei metodi SCS Curve Number i suoli sono classificati in quattro gruppi idrologici, definiti come segue:

- **Gruppo A** (basso potenziale di deflusso): Suoli con alti tassi di infiltrazione anche quando sono completamente bagnati. Questi consistono principalmente in sabbie e ghiaie profonde e ben drenate. Questi terreni hanno un alto tasso di trasmissione dell'acqua (tasso di infiltrazione finale maggiore di 7,6 mm all'ora);
- **Gruppo B**: Suoli con tassi di infiltrazione moderati quando sono completamente bagnati. Questi consistono principalmente in terreni che sono da moderatamente profondi a profondi, da moderatamente ben drenati a ben drenati con tessiture da moderatamente fini a moderatamente grossolane. Questi terreni hanno un tasso moderato di trasmissione dell'acqua (tasso di

infiltrazione finale di 3,8-7,6 mm all'ora);

- **Gruppo C:** Terreni con tassi di infiltrazione lenti quando sono completamente bagnati. Questi consistono principalmente in terreni con uno strato che impedisce il movimento verso il basso dell'acqua o terreni con tessitura da moderatamente fine a fine. Questi terreni hanno un tasso lento di trasmissione dell'acqua (tasso di infiltrazione finale 1,3-3,8 mm all'ora);
- **Gruppo D (alto potenziale di deflusso):** Suoli con tassi di infiltrazione molto lenti quando sono completamente bagnati. Questi consistono principalmente in suoli argillosi con un alto potenziale di rigonfiamento, suoli con una tavola d'acqua alta permanente, suoli con uno strato di argilla o argilla in superficie o vicino, e suoli poco profondi su materiali quasi impermeabili. Questi suoli hanno un tasso di trasmissione dell'acqua molto lento (tasso di infiltrazione finale inferiore a 1,3 mm all'ora).

Il gruppo di suolo è stato assegnato in base ai dati di tessitura forniti dal database Soil Grid di ISRIC elaborati in ambiente GIS al fine di ricavare il valore di permeabilità ed alla copertura del suolo Corine Land Cover 2018, come mostrato nella seguente Figura .

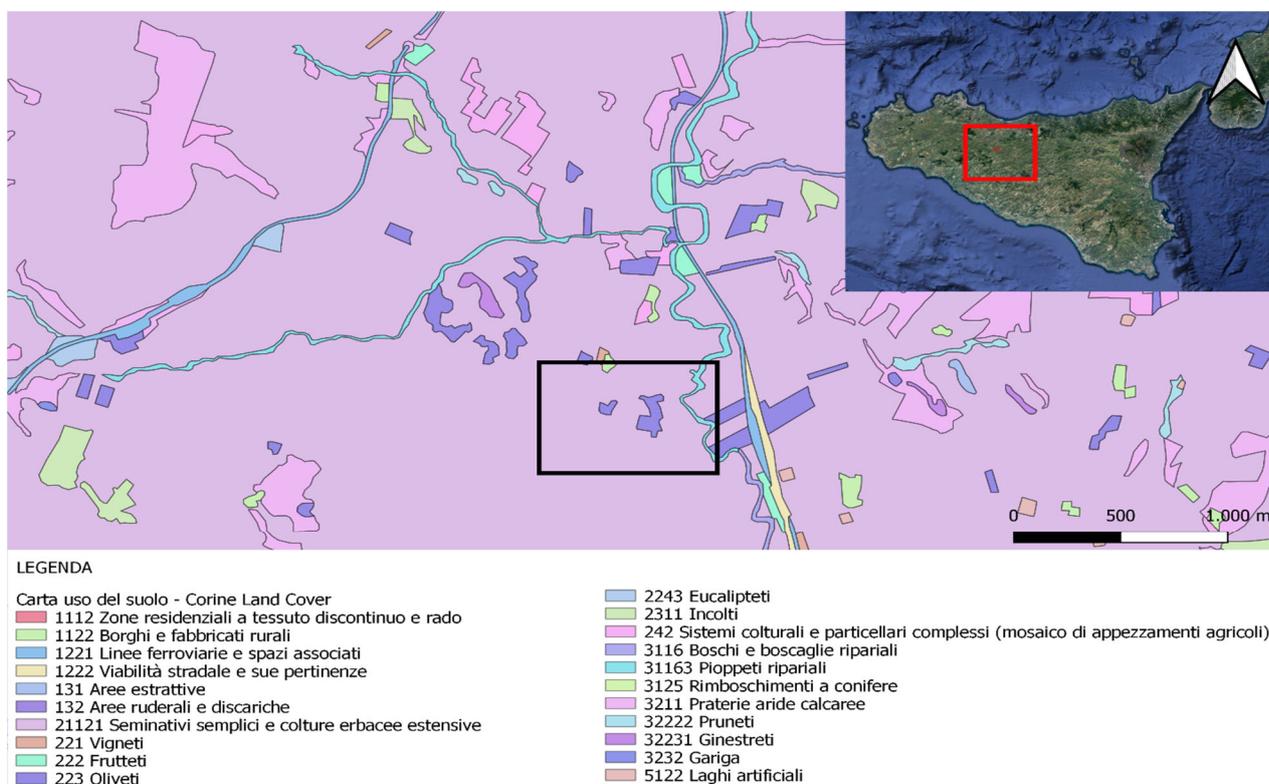


Figura 4 - Mappa dell'uso e copertura del suolo (Corine Land Cover 2018)

Il valore sintetico di curve number pari a CN=66 è stato scelto per caratterizzare il bacino di studio. Inoltre, poiché il deflusso è influenzato dall'umidità del suolo prima di un evento di precipitazione, chiamata "condizione di umidità antecedente" (AMC), il valore del Curve Number sopra indicato può anche essere definito AMC II o umidità media del suolo. Le altre condizioni di umidità sono quindi secco, AMC I e umido, AMC III. I relativi valori di CN per le diverse condizioni di umidità possono essere calcolati utilizzando le seguenti equazioni:

$$CN I = \left(\frac{4.2 \times CNII}{10 - 0.058 \times CNII} \right)$$

$$CN III = \left(\frac{23 \times CNII}{10 + 0.13 \times CNII} \right)$$

dove CN II rappresenta il valore del curve number per la condizione AMC II. La seguente tabella mostra i valori di CN relativi alle condizioni AMC:

CN	AMC		
	I	II	III
	45	66	82

Tabella 5 - Valori di CN per diverse condizioni AMC

Il modello SCS Curve Number permette di stimare la precipitazione efficace come funzione della pioggia cumulata, dell'uso del suolo e delle caratteristiche pedologiche del sito tramite l'equazione

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

dove:

- I_a sono le perdite iniziali che possono essere assunte pari a

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

- S è la massima ritenzione superficiale calcolata come

$$S = \frac{(25400 - 254 \cdot CN)}{CN}$$

Il parametro CN funzione delle caratteristiche geologico-pedologiche dei terreni costituenti il bacino descrive la capacità di infiltrazione e assorbimento della pioggia ed è oggetto di calibrazione.

Al fine di assumere un approccio di calcolo cautelativo, il Progettista ha utilizzato un valore del Curve Number pari a **CN=82**, corrispondente alla categoria aree agricole condizioni B-C, per la caratterizzazione dello **stato attuale** dell'area di progetto.

La caratterizzazione dello **stato di progetto** è stata definita effettuando una media pesata delle varie componenti che compongono l'intervento progettuale in funzione della loro estensione, imponendo per ciascuna di esse un diverso valore del Curve Number, come mostrato nella seguente tabella:

MEDIA PESATA CN - Stato Futuro				
	<i>Manufatti</i>	<i>Strada asfaltata</i>	<i>Ghiaia</i>	<i>Area a verde</i>
Area	0.0009	0.0115	0.0517	0.0044
%A	0.01	0.17	0.75	0.06
CN	95	95	85	82

Tabella 6 - Determinazione Curve Number Stato Futuro

La scelta dei diversi valori del parametro Curve Number utilizzato scaturisce da considerazioni di tipo progettuale. Per la viabilità è stato adottato un valore pari a CN=95, molto alto poiché provvista di strato bituminoso. Per le aree in ghiaia è stato adottato un valore di CN=85. Infine per i manufatti è stato utilizzato il valore di CN=95.

Il valore del Curve Number che scaturisce dal calcolo della media pesata è pari a CN=86.6, pertanto il Consulente ha adottato un valore del Curve Number totale pari a **CN=86.6** per la caratterizzazione dello **stato futuro**.

Il calcolo degli idrogrammi di piena è stato effettuato mediante l'utilizzo del software HEC-HMS utilizzando il modello di trasformazione afflussi-deflussi SCS Unit Hydrograph.

Il metodo di trasformazione afflussi-deflussi selezionato è SCS Unit Hydrograph sviluppato dal Natural Resources Conservation Service (NRCS) del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti che fornisce assistenza tecnica agli agricoltori e ad altri proprietari e gestori di terreni privati.

La forma dell'idrogramma di piena SCS è standard e dipende dall'area del bacino di studio e dal tempo di ritardo del bacino. Il tempo di ritardo (*lag time*) è calcolato come 0,6 volte il tempo di corrvazione T_c . Una stima approssimativa della portata di picco è data da:

$$Q_p = 4.3044 \times 10^{-4} \times q_u \times R \times A \times F_p$$

dove:

- Q_p è la portata di picco in m^3/s ;
- A è l'area del bacino in km^2 ;
- F_p rappresenta un fattore adimensionale di regolazione del fenomeno dei piccoli invasi;

q_u è la portata di picco unitaria ottenuta dalla seguente equazione assumendo una distribuzione delle precipitazioni Type 2 SCS comune nei tipi di precipitazione convettiva. q_u è data dalla seguente equazione:

$$\log q_u = C_0 + C_1 \times \log T_C + C_2 \times (\log T_C)^2$$

dove:

- T_C è il tempo di corrivazione in ore;
- C_0 , C_1 e C_2 sono coefficienti, relativi alla distribuzione delle precipitazioni.

Per sviluppare l'analisi di trasformazione afflussi-deflussi è stato utilizzato il software specifico dedicato HEC-HMS, che è progettato per simulare i processi idrologici completi dei sistemi idrografici dendritici.

Il software HEC-HMS permette di simulare la risposta di un bacino idrografico investito da un evento meteorico di caratteristiche note. Il funzionamento del programma è stato testato in varie zone geografiche ed è risultato utile per schematizzare una grande serie di situazioni che si possono trovare in natura, sia riferiti a grandi bacini idrografici che a piccole aree urbane o naturali.

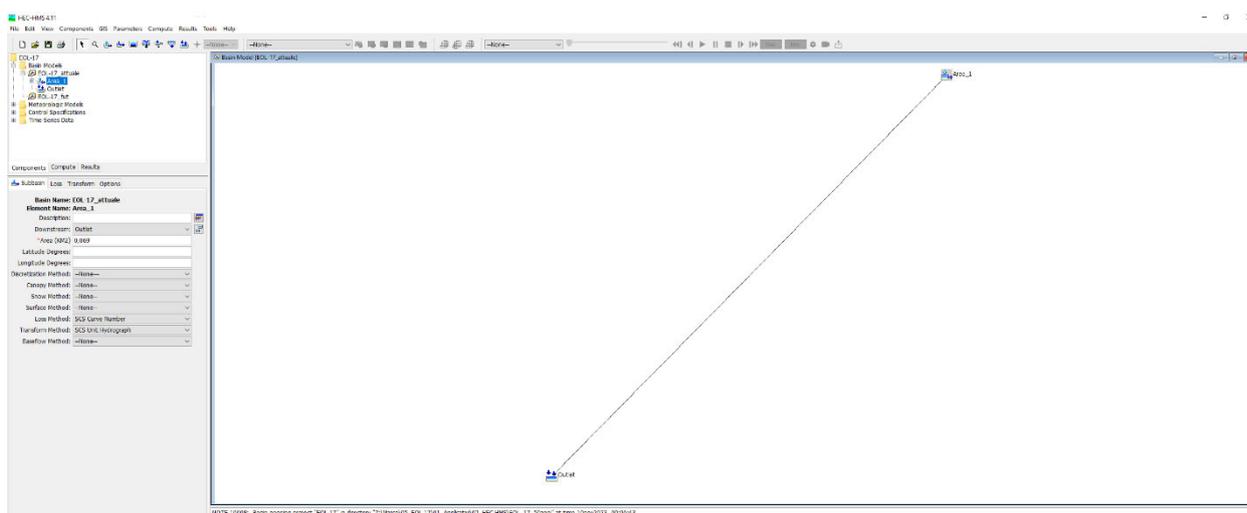


Figura 5 - Modello idrologico dell'area di studio con HEC-HMS

Gli idrogrammi calcolati dal programma possono essere utilizzati, anche in combinazione con altri software, per studiare problemi diversi come per esempio la disponibilità della risorsa idrica, il drenaggio urbano, la previsione delle piene, l'impatto dello sviluppo delle aree urbane, il progetto degli sfioratori di piena nelle dighe, la mitigazione del rischio idraulico, ecc.. Il programma è caratterizzato da un ambiente di lavoro integrato e completo di: database, utility per l'inserimento e la modifica dei dati, un motore di calcolo e un sistema di visualizzazione dei risultati. Tutte le componenti sono accessibili tramite un'interfaccia grafica molto funzionale. I dati relativi alle serie temporali sono archiviati in file in formato Data Storage System (DSS), la scrittura e la lettura dei dati vengono gestiti dal programma stesso in maniera del tutto trasparente. Il motore di calcolo deriva da oltre 50 anni di esperienza, infatti molti algoritmi che derivano dalle versioni precedenti del programma (HEC-1 1998, HEC-1F 1989, PRECIP 1989 e HEC-IFH 1992) sono stati implementati in nuove e moderne librerie di calcolo.

La rappresentazione fisica del bacino idrografico viene fatta nella schematizzazione di bacino attraverso varie componenti, come sottobacini, tronchi fluviali, giunzioni, ritenute, fuoriuscite, sorgenti e pozzi, unite tra di loro a formare una rete completa. Il software utilizza in pratica una schematizzazione a parametri concentrati del bacino idrografico, cioè il bacino idrografico viene schematizzato come un insieme di sottobacini idrografici uniti insieme tra loro dai tronchi fluviali e dalle giunzioni. Ogni sottobacino risponde all'evento pluviometrico secondo delle caratteristiche che sono del sottobacino ma che derivano dalle caratteristiche morfologiche, di uso del suolo, ecc. presenti nello stesso sottobacino. Solo in un caso, utilizzando il metodo di Clark modificato, è possibile ricorrere anche ad una schematizzazione a parametri distribuiti.

Le principali componenti disponibili per schematizzare il comportamento del bacino idrografico sono:

- calcolo della pioggia efficace;
- trasformazione afflussi-deflussi;
- propagazione della piena.

Per il calcolo della pioggia efficace sono disponibili vari metodi che permettono di simulare le perdite dovute all'infiltrazione e/o evaporazione come per esempio la perdita iniziale e costante, il metodo Curve Number del Soil Conservation Service ed il metodo di Green e Ampt.

Allo stesso modo sono disponibili vari metodi da utilizzare per trasformazione afflussi-deflussi tra i quali l'idrogramma unitario di Clark, Snyder o del Soil Conservation Service. Come già detto in precedenza è possibile utilizzare anche il metodo di Clark modificato in caso di schematizzazioni a parametri distribuiti.

Infine una varietà di modelli di calcolo sono disponibili per simulare la propagazione dell'onda di piena lungo i tronchi fluviali; si va infatti dal semplice trasferimento a metodi più complessi come quello di Muskingum-Cunge sia per canali di forma semplice che per canali di forma complessa.

All'interno del programma è presente una componente che permette di inserire, ed eventualmente analizzare, serie di dati pluviometrici in modo da ottenere le caratteristiche pluviometriche dell'evento di progetto, in pratica lo ietogramma di progetto, da inserire come dato nella modellazione. Nel caso in esame è stato inserito lo ietogramma Chicago, relativo ad un tempo di ritorno di 30 anni, riportato nella Tabella 4 sopra descritta. All'interno di questa componente è possibile utilizzare diversi metodi per l'analisi dei dati storici di precipitazione oppure utilizzare risultati derivanti da precedenti elaborazioni di serie statistiche di dati pluviometrici. È possibile inoltre selezionare diverse modalità per distribuire spazialmente la pioggia incluso il metodo dei poligoni di Thiessen (topoiet).

Una volta inseriti i dati necessari è possibile effettuare la simulazione idrologica del bacino idrografico con la possibilità di selezionare diverse durate e intervalli di simulazione. Eseguiti la modellazione è possibile visualizzare i risultati ottenuti sia in forma grafica che tabellare.

I risultati delle elaborazioni effettuate per stato attuale e stato futuro, considerando un evento di meteorico con **tempo di ritorno pari a 50 anni**, relativamente all'area oggetto di studio sono mostrati nelle seguenti figure che rappresentano gli output di calcolo del programma HEC-HMS:

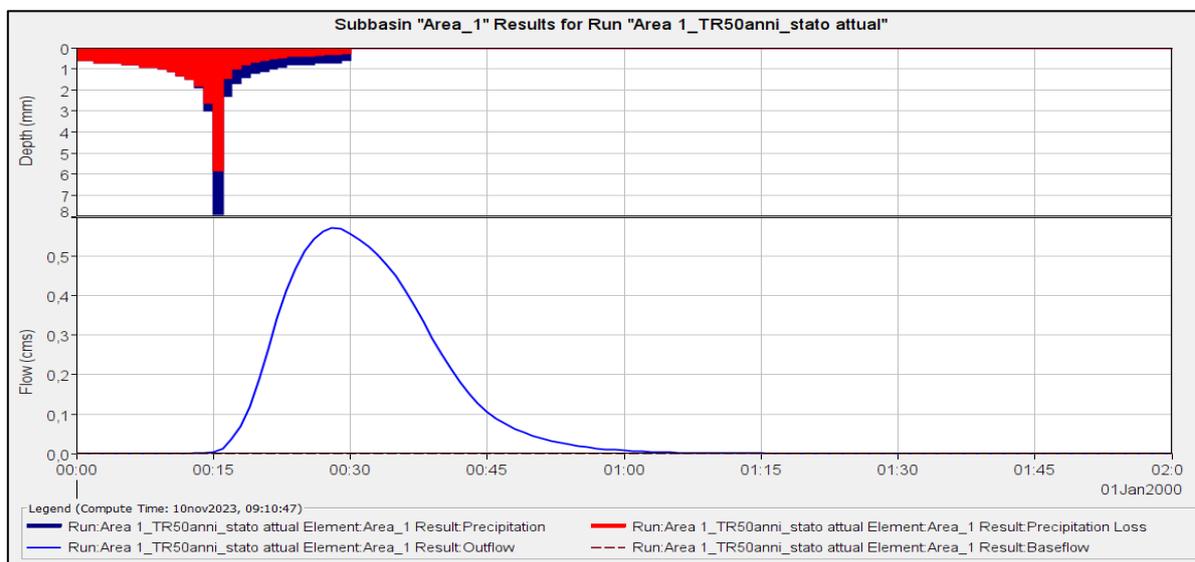


Figura 6 - Pluviogramma e Idrogramma di piena stato attuale

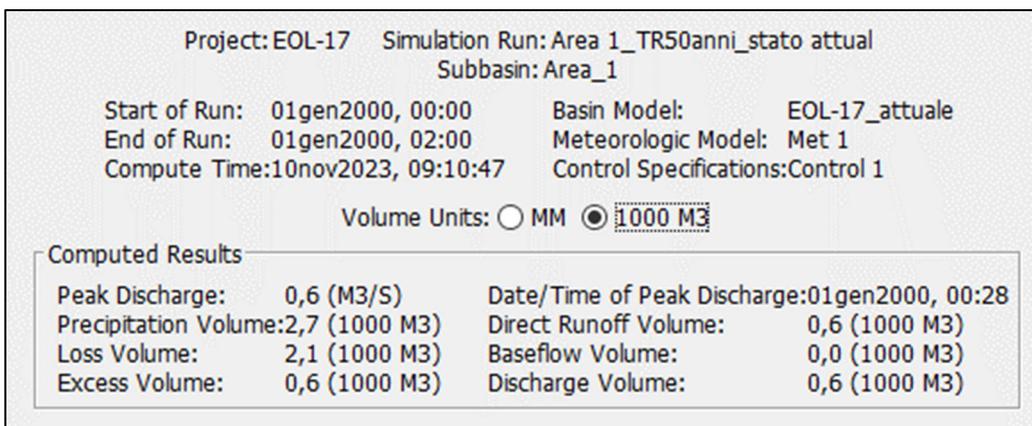


Figura 7 - Valori della portata di picco e del volume di piena stato attuale

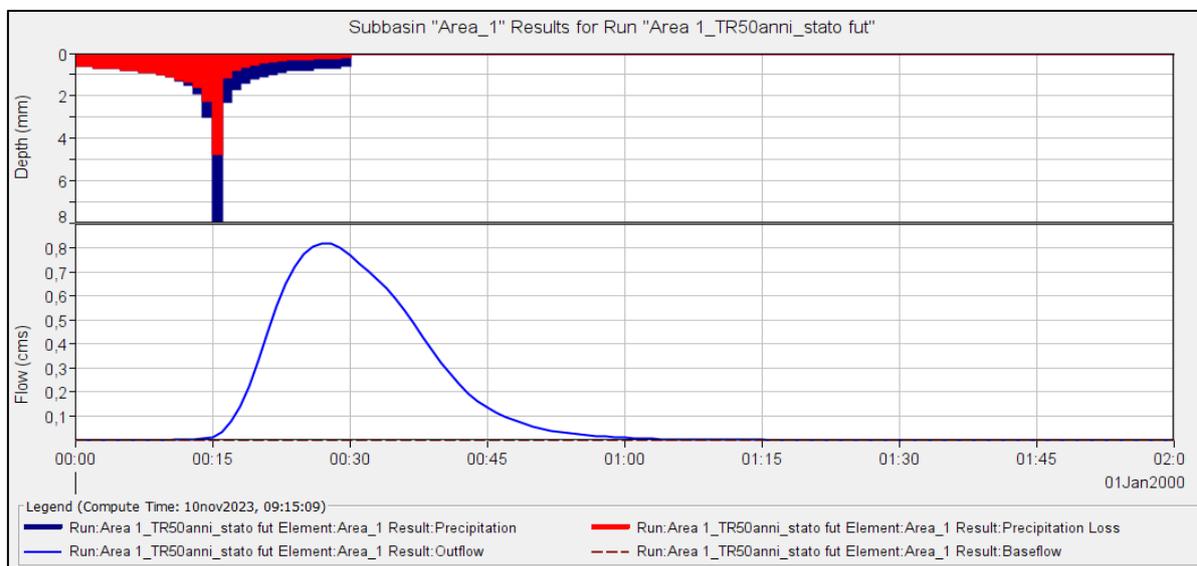


Figura 8 - Pluviogramma e Idrogramma di piena stato futuro

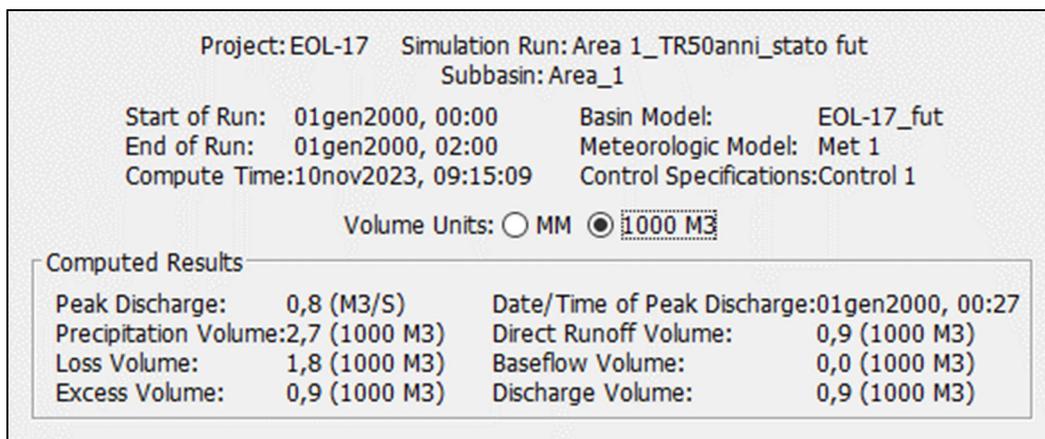


Figura 9 - Valori della portata di picco e del volume di piena stato futuro

Il volume generato dall'evento di piena, corrispondente al tempo di ritorno **TR=50 anni**, è rappresentato dall'area sottesa dall'idrogramma ed è calcolato mediante l'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = \int_0^t dq(t)$$

Come si evince dalle immagini precedenti, la differenza in termini di volume nelle due condizioni considerate è pari a 300 m³, come mostrato nella seguente Tabella 7 riassuntiva:

Area	Volume Stato Attuale	Volume Stato Futuro	ΔV	ΔV
	1000*m ³	1000*m ³	1000*m ³	m ³
AREA PTO	0.6	0.9	0.3	300

Tabella 7 - Risultati della stima dei volumi di invarianza idraulica

Al fine di garantire l'invarianza idraulica per gli interventi progettuali previsti è pertanto necessario compensare un volume totale pari a 300 m³ mediante la realizzazione di opere di laminazione e/o drenaggio.

8. Volume di compensazione

Al fine di garantire l'invarianza idraulica relativa all'insieme di interventi previsti in progetto è dunque necessario ricavare un'opera capace di raccogliere e immagazzinare un volume di deflusso pari a 300 m^3 , come calcolato nel paragrafo precedente.

Nell'ottica di ottemperare alle prescrizioni riguardanti l'invarianza idraulica degli interventi progettuali, il Progettista intende realizzare una vasca di accumulo in corrispondenza del margine di valle dell'area di progetto.

Tale vasca di accumulo sarà realizzata mediante uno scavo di profondità pari a 1.0 m e dimensioni in pianta pari a $L=20.0 \text{ m}$ e $B=15.0 \text{ m}$:

$$\text{Volume Vasca} = 1 \text{ m} \times 20 \text{ m} \times 15 \text{ m} = 300 \text{ m}^3$$

La vasca di accumulo sarà collegata alle aree di progetto attraverso un sistema di regimazione/drenaggio costituito da canalizzazioni in terrà che intercetteranno le acque di ruscellamento, recapitandole verso il ricettore finale, dove verranno smaltite per infiltrazione, vista la buona permeabilità dei suoli.

L'area d'intervento, con ubicazione della vasca di laminazione, è mostrata nella seguente immagine satellitare:



Figura 10 - Immagine satellitare area d'intervento

9. DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI DRENAGGIO

Il sistema di drenaggio della stazione, sarà costituito da elementi puntuali (pozzetti prefabbricati) e lineari (tubazioni in PEAD), aventi lo scopo di captare e convogliare le acque meteoriche nei sistemi di trattamento adeguatamente dimensionati.

Il sistema sarà dimensionato sulla base di un evento di pioggia con durata 10 min e tempo di ritorno 10 anni, previa caratterizzazione idrologica dell'area e successiva stima dei deflussi meteorici che si generano sulla superficie di progetto.

La stima della portata sarà effettuata attraverso la formula razionale

$$Q = \frac{\Phi i A}{3.6}$$

in cui:

- Φ rappresenta il coefficiente di deflusso, variabile da 0.4 (ghiaia) a 1 (superfici lastricate), in funzione del tipo di superficie dell'area scolante;

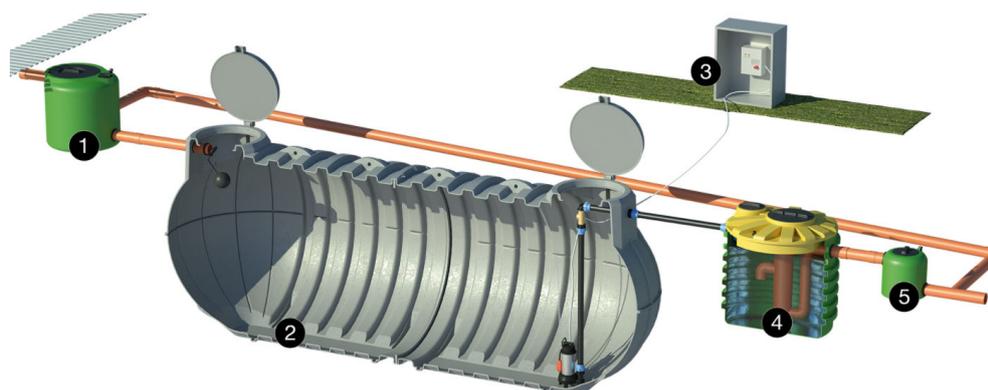
- i è l'intensità di pioggia [mm/h];
- A è la superficie di influenza dell'area scolante [Km²].

Definiti i parametri di Input (portate) e il layout finale di progetto (quote e pendenze) si procederà al calcolo idraulico degli elementi, adottando la formula di moto uniforme di Gauckler Strickler, considerando una scala di deflusso circolare per le tubazioni.

Dimensionato il sistema, i volumi raccolti e trattati saranno recapitati verso il punto di scarico finale, secondo i dettami normativi vigenti.

10. IMPIANTO DI TRATTAMENTO ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

Il sistema di raccolta delle acque meteoriche sarà comprensivo di impianto di trattamento delle acque di prima pioggia, adeguatamente dimensionato per la depurazione dei deflussi captati dal sistema.



Come da immagine sopra allegata, rappresentativa di un sistema tipo ad accumulo, l'impianto sarà costituito da:

1. **POZZETTO SCOLMATORE:** che permette la diramazione delle acque di prima pioggia nella vasca di accumulo e le acque in eccesso nella condotta BY-Pass;
2. **SERBATOIO DA ACCUMULO:** dimensionato per il trattamento delle acque di prima pioggia e dotato di una valvola di chiusura a galleggiante e da un impianto di sollevamento che recapita le acque nel comparto di depurazione;
3. **QUADRO ELETTRICO**
4. **SISTEMA DI DEPURAZIONE:** costituito da un deolatore e da un dissabbiatore

5. POZZETTO PRELIEVI FISCALI: per il prelievo di campioni di refluo all'uscita dell'impianto di depurazione;

L'impianto sarà conforme alle richieste del D.lgs 152/06 e sarà dimensionato per trattare i primi 5 mm di pioggia.

Considerato il layout della stazione, che prevede la realizzazione di superfici pavimentate di circa 11479, 57 mq (strada+ pavimentazioni poco permeabili) saranno previste n.2 vasche aventi una capacità tale da trattare i volumi di prima pioggia (5 mm) che si accumulano su una superficie di 4500 mq e di 8000 mq.

11. Conclusioni

Il presente studio riguarda l'analisi dell'invarianza idraulica relativa al progetto per la realizzazione della Stazione elettrica AT 380-150-36kV denominata "**Castronovo**" nel Comune di Castronovo di Sicilia (PA). L'area di studio comprende una superficie totale pari a 6,855 ettari.

L'analisi dell'invarianza idraulica degli interventi progettuali è stata sviluppata facendo riferimento alle linee guida *D.D.G. 102 del 23/6/2021* della Regione Sicilia.

La metodologia seguita nel presente studio riguarda il calcolo dello ietogramma Chicago, definito mediante l'utilizzo del modello TCEV, corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 50 anni, al fine di definire l'afflusso meteorico afferente all'area in esame, e l'applicazione del modello di trasformazione afflussi-deflussi SCS Curve Number, come suggerito all'interno delle Linee Guida di riferimento in materia.

Lo studio è stato condotto partendo dalla caratterizzazione dell'area in modo da definire il valore del Curve Number corrispondente allo stato attuale e dallo stato futuro di progetto. Più in particolare, per il calcolo delle altezze di pioggia efficace mediante il metodo SCS CN è stato utilizzato un valore del CN pari a 82 relativamente allo stato attuale, come suggerito nelle Linee Guida di riferimento, mentre è stata effettuata una media pesata dei valori di CN relativi agli interventi di impermeabilizzazione previsti in progetto, in modo da definire un valore del CN pari a 86.6 che caratterizza lo stato futuro.

Tali valori del parametro CN sono stati adottati nell'implementazione del modello di trasformazione afflussi-deflussi SCS Unit Hydrograph al fine di calcolare il volume di deflusso nelle condizioni attuali e future dell'area in esame. La differenza tra i valori ricavati, corrispondente al volume

necessario a garantire la invarianza idraulica degli interventi in progetto, è pari a 300 m³ per l'area di progetto.

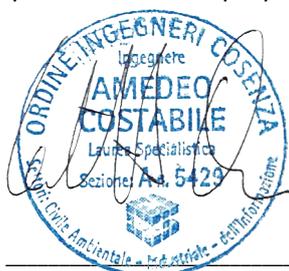
Il volume necessario a garantire l' invarianza idraulica viene garantito tramite la realizzazione della vasca di laminazione posta in prossimità della stazione elettrica di Terna S.p.a. avente dimensioni (LxBxH) pari a 20x15x1 m.

La superficie occupata dalla vasca di laminazione e dalle opere accessorie sono state incluse nell'elenco dei beni da sottoporre a vincolo preordinato all'esproprio come riportato negli elaborati denominati "65041c_Planimetria catastale con area potenzialmente impegnata Opera 1 (Stazione)" e "65085b_Elenco beni soggetti al vincolo preordinato all'esproprio e all'asservimento".

I progettisti



(dott. ing. Giovanni Guzzo Foliaro)



(dott. ing. Amedeo Costabile)



(dott. ing. Francesco Meringolo)